

116132
-02

과
제
명

LPWA 네트워크와 머신러닝
기반 스마트농장 관리플랫폼
개발

최종보고서

2018

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

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

첨단생산기술개발 사업 제2차 연도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-002571-01

과제명 LPWA 네트워크와 머신러닝 기반
스마트농장 관리플랫폼 개발 최종보고서

2018.12.28

주관연구기관 / (주)씨슬프라이머스
협동연구기관 / 한경대학교
/ (주)대산정밀
위탁연구기관 / 나루농업컨설팅(주)

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

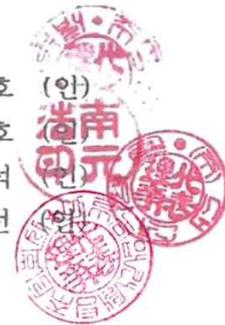
제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “LPWA 네트워크와 머신러닝 기반 스마트 농장 관리 플랫폼 개발” (개발기간 : 2016.12.5 ~ 2018.12.4)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019.01.05.

주관연구기관명 : (주)세슬프라이머스 (대표자) 이관호 (인)
협동연구기관명 : 한경대학교 (대표자) 남원호
(주)대산정밀 (대표자) 윤정석
나루농업컨설팅(주) (대표자) 이범선



주관연구책임자 : 이관호

협동연구책임자 : 남원호/윤정석/이범선

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	116132-02	해 당 단 계 연 구 기 간	2017.12.5.~ 2018.12.4	단 계 구 분	2/2
연구사업명	단 위 사 업	농식품창업, 벤처지원 R&D 바우처 시범사업			
	사 업 명	LPWA 네트워크와 머신러닝 기반 스마트 농장 관리 플랫폼 개발			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	LPWA 네트워크 스마트 농장 시스템 및 미들웨어 개발			
연구책임자	이관호	해당단계 참여연구원 수	총: 16명 내부: 16명 외부: 0명	해당단계 연구개발비	정부:164,000천원 민간:540,000천원 계:218,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 16명 내부: 0명 외부: 0명	총 연구개발비	정부:300,000천원 민간:100,000천원 계:400,000천원
연구기관명 및 소속부서명	주관기관 (주)세슬프라이머스			협동기관 (주)대산정밀 한경대학교	
국제공동연구	상대국명: (해당없음)			상대국 연구기관명: (해당없음)	
위탁연구	나루농업컨설팅(주)			연구책임자: 이범선	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반 등급, 상업화 기술
-------------------------	---------------

특허출원 3건, 기술실시 2건

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호		특허 -201 8-00 6291 1 특허 -201 7-00 7289 5									

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)	보고서 면수 1
---	-------------

〈요약문〉

연구의 목적 및 내용	LPWA 네트워크와 머신러닝 기반 스마트 농장 관리 플랫폼 개발				
연구개발성과	<ol style="list-style-type: none"> 1. LPWA 네트워크와 머신러닝 기반 스마트 농장 플랫폼 2. 농업관리 머신러닝 자료기반 구축 및 고품질 재배기술 제공 및 최적 수확시기 예측 3. 스마트 농장 관리 웹 및 모바일 서비스 				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ol style="list-style-type: none"> 1. LPWA 네트워크 재배관리 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 주요 환경정보(온/습도, CO2, 토양 수분, 토양 양분 등) 장거리-무선 측정 • 스마트 밸브 활용 관수제어 및 전력스위치 활용 전력공급 장거리-무선 제어 • 최적 재배기술 운영, 수확량 및 최적 수확시기 예측을 위한 원격관리 기능 • (위탁) 머신러닝 기반 스마트 농장구축 및 사업화 방안 수립 • 파일럿 플랜트 활용 시스템 실증 및 지역개발 사업 등 정책 사업화 방안 수립 2. 머신러닝 활용 수확예측 서비스 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 머신러닝 기반 고품질 재배기술 제공 및 최적 수확시기 예측 • 재배관리 및 최적 수확시기 예측 연구 조사 • 머신러닝 활용을 위한 재배관리 및 최적 수확시기 예측 자료기반 구축 • 재배관리 및 최적 수확시기 예측을 위한 머신러닝 모형 및 • 모형평가방법 선정 3. 농장 커뮤니티 기반 플랫폼 서비스 및 재배관리 정보 서비스 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 웹/앱 기반의 재배 환경 정보 모니터링 및 데이터 표출 기능 • 표준 재배기술, 생육환경정보, 머신러닝 기반 고품질 재배기술 및 • 수확시기 예측 등을 활용한 작물관리 의사결정 기술 개발 • 앱/웹 기반의 농장 커뮤니티를 통한 정보 공유 및 정보 교환 체계 구축 • 재배관리의 라이프 사이클에 대한 스마트 관리 기능 				
국문핵심어 (5개 이내)	저전력 장거리 통신	멀티네트워크 연동	머신러닝	수확예측	재배관리
영문핵심어 (5개 이내)	LPWA				

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

<목 차>

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발 목적

가. 연구개발 개요

나. 핵심기술

1-2. 연구개발의 필요성

가. 시장 환경 분석

나. 국내 농업 현황

다. 기술적 측면

라. 경제 산업적

마 사회문화적 측면

1-3. 연구개발 범위

가. 연구 목표 및 내용

나. 기관별 세부 연구목표

다. 기대성과 및 활용방안

2. 연구수행 내용 및 결과

2-1. 개발 목표 및 내용

가. 개발 목표

나. 개발 내용 및 범위

2-2. 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계

가. 연구개발 추진방법

나. 추진체계

2-3. 추진 일정

가. 1차 년도 추진일정

나. 2차 년도 추진일정

2-4. 연구범위 및 연구수행 방법

가. 연구범위 및 연구수행 방법

2-6. 연구개발 내용

가. 환경 분석 내용

나. 스마트팜 정의 및 개괄

- 다. LPWA 네트워크 스마트팜 시스템 및 미들웨어 개발
- 라. LPWA 네트워크 기반 지능형 재배관리 시스템 시범운영 및 사업화
- 마. 머신러닝 활용 수확예측 서비스 개발
- 바. 국내 농산물 가격 정보 현황
- 사. 온실 환경 제어를 위한 데이터베이스 설계 및 작물 프로파일
- 아. 스마트 농장 커뮤니티 기반 플랫폼 서비스 및 재배관리 서비스 개발

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 연구개발 개발성과

- 가. 연구목표 및 달성도
- 나. 개발내용 요약

3-2. 과제 개발 성과

- 가. AlphaFarm 시제품 개발
- 나. 스마트 농장 기반 인프라 시스템 설계 및 프로토타입 개발
- 다. 머신러닝 관련 DB구축 및 모형개발

3-3. 연구성과

- 가. 국내외 논문 게재
- 나. 국내 및 국제학술회의 발표
- 다. 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)
- 라. 기술거래(이전) 등
- 마. 사업화 투자실적
- 바. 사업화 현황

3-4. 사업성과 및 매출실적

- 가. 사업화 성과
- 나. 사업화 계획 및 매출 실적

3-5. 목표 달성여부

- 가. 성과목표에 대한 자체평가
- 나. 정량적 목표달성 점검결과

3-6. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

- 가. 목표 미달성 사유 및 차후대책

4. 연구결과의 활용 계획 등

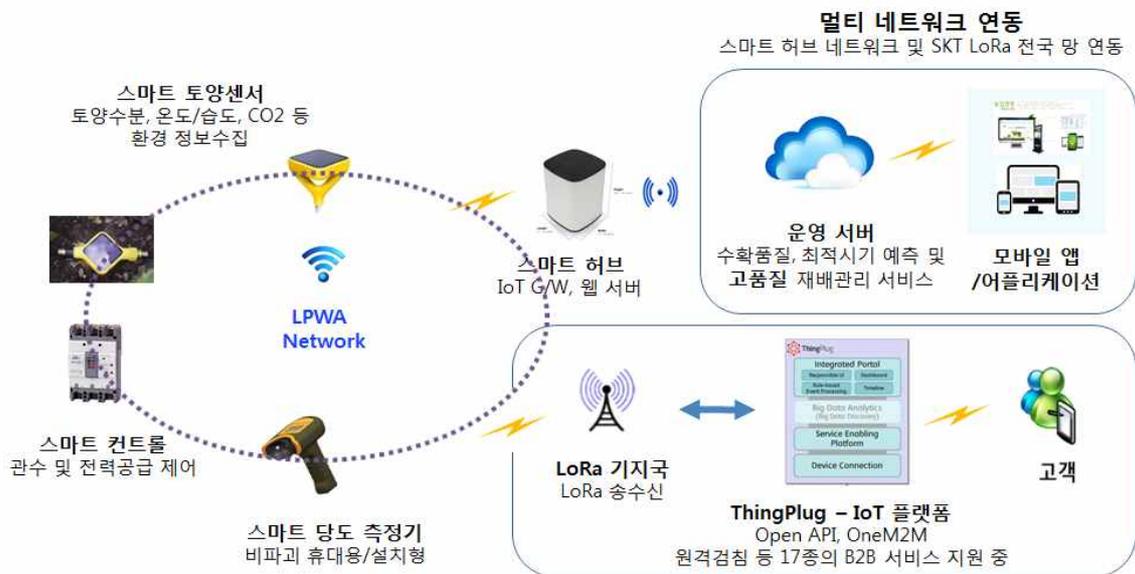
- 가. 연구개발성과
- 나. 활용계획 및 기대효과

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발 목적

가. 연구개발 개요

머신러닝 기술과 LPWA(Low Power Wide Area) 네트워크 기술을 기반으로 약 10Km 이상의 송수신 거리를 가진 스마트 센서 및 스마트 컨트롤 장치를 통해 재배지 식물의 당도(품질), 생육환경정보(온도/습도, CO2, 토양 수분/양분 등)를 감지하여 실시간/자율적으로 고품질 재배기술 정보제공과 관수 및 전력공급 제어 등의 서비스 제공으로 노동력 투입을 최소화하고 단순 반복적인 작업을 자동화하여 투입 비용 최소화와 수확품질 제고에 기여하는 스마트 농장용 지능형 재배관리 시스템을 개발 하고 자 함



★ LPWA : Low Power Wide Area의 약어로 저전력으로 장거리 송수신이 가능한 사물인터넷 전용 통신기술
 <그림> 스마트 농장용 지능형 재배관리 시스템

나. 핵심기술

멀티 네트워크 연동 및 스마트 허브 : 독자적인 멀티 프로토콜 기술 개발을 통해 스마트 토양센서 등 각 LPWA 네트워크 장치들은 자사의 로컬 서비스 플랫폼 뿐 아니라 SKT 사의 IoT 전용 플랫폼에도 연동할 수 있어 각 디바이스 별로 독립적으로 운용이 가능한 차별성이 있으며, 스마트 허브 내에 웹서버 기능을 구현하여 별도의 운영서버 없이도 인터넷을 통한 원격관리가 가능함

- 머신러닝 기반 수확예측 : 재배환경정보, 작물 성장정보, 농산물 유통정보 등 재배관리 자료기반을 구축하고 Deep Learning등의 최신 머신러닝 엔진을 활용하여 세계 최초로 수확품질 및 수확시기 예측모형을 개발하고 자 함. 기존 연구되어온 다양한 예측기법들 대비 20% 이상 향상된 약 90% 수준의 정확도 달성을 목표로 함

- 고품질 재배관리 기술 : 표준 재배기술, 생육환경정보, 머신러닝 기반 고품질 재배기술 및 수확시기 예측 등을 활용한 세계 최고 수준의 작물 재배관리 의사결정 시스템을 개발하고 자 함. 이러한 재배관리 운영 효과로 고품질 작물의 30% 증가를 목표로 함

1-2. 연구개발의 필요성

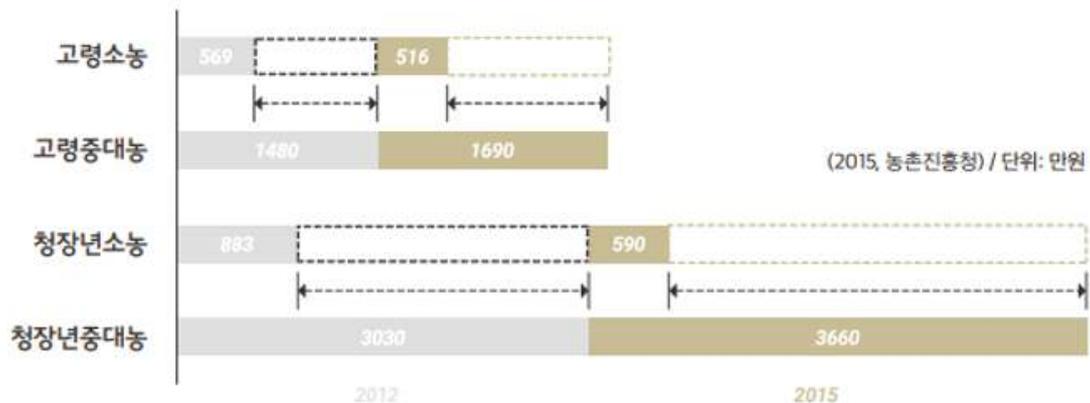
가. 시장 환경 분석

- 4차 산업혁명이 세계적 화두로 떠오르고 있으며 1차 산업인 농업 분야에서도 4차 산업혁명의 대표 기술들이 접목되어 단기간에 융복합 미래 산업으로 전환 될 것으로 예상됨. 4차 농업기술은 사물인터넷과 빅데이터 분석 기술, 인공지능 등이 접목된 신 농업 기술이 될 것이며 이는 생산자에게 생산성 증대뿐 아니라 소득 향상과 재배의 자동화 등 만족도를 높여줄 수 있음. 또한 이러한 농업의 4차 산업혁명에서는 생산 시스템부터 유통, 소비까지 전 과정의 디지털화와 지능정보화를 뜻하며 농사 기술의 주관적이고 추상적이던 경험치와 감각에서 벗어나 센서와 네트워크 기술을 기반으로 계량화되고 농작업의 전문성은 개인의 노하우에 의존하지 않고 AI로 지능화되고 로봇으로 자동화될 것으로 예상됨
- 국내의 경우 농촌진흥청에서 2020년 완료를 목표로 ‘한국형 스마트팜’을 개발해 왔으며 지난해 ‘1세대 모델’을 개발해 농업 현장에 보급하고 있음. 이 기술은 환기, 보온, 습도, 이산화탄소 배출량 조절 등의 기능을 포함함. ‘1세대 스마트팜 모델’의 경영 성과를 보면 일반 온실에 비해 약 20~ 40% 수확량이 증가함. 농업 경지가 협소한 국내의 경우 ICT를 기반으로 시설 농축산업에서 활로를 찾을 수밖에 없고 4차 산업혁명과 AI, 머신러닝 등의 기술은 이러한 요구를 충족 시켜줄 것으로 보임
- 세계적 추세를 보았을 때 네덜란드 등 4차 농업기술을 선도하는 선진국에서는 이미 기상정보, 성장상황, 빅데이터를 통한 실시간 가격 정보 등 우리나라 보다 한발 앞선 기술을 확보하고 있음. 한국농촌진흥청은 2018년까지 생체 정보와 생육 모델에 대한 AI 분석을 토대로 다양한 스마트팜 소프트웨어와 서비스 개발에 집중해 ‘2세대 스마트팜 모델’을 내놓을 계획임. 이를 위해 기존 연구팀을 기업, 대학, 민간연구소, 농업인 등 194명으로 구성된 종합연구단을 출범했으며 이러한 연구는 시장상황에 맞춰 작물의 생육 속도를 조절하는 ‘생산 혁명’을 이룰 수 있을 것으로 예상됨
- ‘2세대 모델’은 앞선 1세대 모델보다 기술적으로 한 층 더 높은 수준을 이룰 것이며 본 연구에서는 그 중 한 부분인 작물의 성장시기별 판단, 최적의 수확시기 산정 기술에 대해 연구하고자 함. 작물 성장시기 판단은 작물 성장시기별 환경조성 등을 통해 최상의 작물재배와 최적의 수확시기 산정에 도움을 줄 것으로 예상됨.
- 현재 국내 농가에 적용되고 있는 스마트 농업 시스템은 국외 스마트 농가 관리 시스템과 비교했을 때 초보적인 수준임. 본 연구에서는 국내의 1세대 스마트 농업 기술의 발전을 위해 최고 수확품질 및 최적 수확시기 예측이 가능한 머신러닝 기술 적용 가능성에 대해 검토해 보고자 함

나. 국내 농업 현황

1) 농가소득 및 도농 양극화

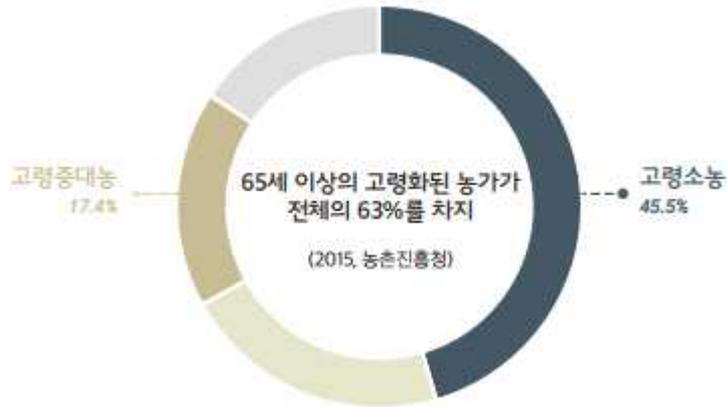
- 2015년 기준 농가의 연평균 소득은 전국 가구의 70% 수준에 불과 하며, 전년 대비 증가한 농민 소득은 정부 지원을 통한 이전소득 증가에 의한 결과임. 농민의 소득 중 농업 소득은 30%에 불과하며, 농업 외 소득이 40%, 이전 소득이 21%를 차지하고 있음. 이는 농업이 그 자체의 자생력을 잃어가고 있음을 의미함
- 도시와 농촌 사이가 아닌 농촌 내에서의 양극화 역시 심화되고 있는 실정임. 소농의 평균농업소득은 계속적으로 감소하는 반면 중대농의 평균농업소득은 크게 증가하여 그 격차가 6 배를 초과함. 우리나라 농가 중 75%를 차지하는 소농의 소득감소는 심각한 문제임



<그림> 농가 구성별 소득 수준(농촌진흥청, 2015)

2) 농가인구

- 현재 농촌마을은 고령화와 과소화의 위기에 처해있음. 상대적으로 젊은 연령층의 사람들이 이농하며 많은 지역이 소멸될 위기에 처함. 2015년 기준 농가 인구는 256만9천명으로 전체 인구의 5.1%의 수준에 불과함. 고령인구(65세 이상) 비중은 38.4%로 70대 이상이 차지하는 비중이 가장 높고 증가 추세를 보이는데, 60대 이하 인구는 계속 감소함. 이는 농촌이 고령화의 위기에 처해있지만 농업을 이어갈 다음 세대가 없음을 의미함



<그림> 농가 구성 비율(농촌진흥청, 2015)

3) 농산물 수급 불균형 및 식량 자급률

- 식량작물을 재배하는 노지의 면적 중 81%가 벼를 재배하는 데 사용되고 있으며 그 생산량은 전체 식량작물 생산량의 89%에 육박하는 비중을 차지함. 채소 중에는 배추와 수박이 과실 중에는 감귤이 차지하는 비중이 크나 전체 밭작물의 공급은 불안정함. 이러한 불균형의 원인은 생산량에 대한 정보화가 미흡하고 단기적인 생산 목표치를 세우고 관리하기 때문임.
- 우리나라는 OECD 국가 중 최하위권의 식량자급률을 보임. 2010년 54.1%에서 2011년 45.2%로 대폭 하락한 후 50% 선을 넘지 못하다가, 2015년 겨우 50.2%를 기록함. 그러나 이는 작물의 생산성 증가가 아닌 먹거리 다양화 등에 의한 식량 소비량 감소에 의한 것임. 쌀의 식량자급률은 100%를 웃도는 수준이지만 쌀을 제외한 나머지 품종의 식량자급률은 3.7%로 심각한 수준임



<그림> 국내 식량 자급률 추이

다. 기술적 측면

- 국내 농업 ICT 융복합 산업 경쟁력 확보가 필요하나 파프리카, 딸기 등 온실 ICT 보급 확산

중이나 네덜란드 제품과 경합 및 기술력에서 열위 상태이며 국내 생육 Data 기반 생육관리 모델 개발이 필요한 시점임

- 사물인터넷의 발전 방향은 사물의 물리적 정보를 센싱하고 모니터링 하는 것에서 업그레이드하여 머신러닝, 클라우드 기술 등과 결합하여 상황을 분석, 더 나은 의사결정을 지원하고 이를 통해 다양한 산업에서 고도의 지능화된 시스템을 구축, 생산성을 개선하며 업무 효율화, 성능 개선 등을 모색하고 있음
- 사물인터넷 전용 통신 기술인 LPWA는 장거리, 저 전력 등 성능에서 뿐 아니라 보안성, 안전성 측면에서도 우수하여 스마트 팜 등 농업 환경에 적합한 네트워크 기술로써 향후 글로벌 진출에 유리한 고지를 확보하기 위해 관련 제품 및 차별화된 서비스 개발이 요구됨
- 농업과 ICT 융합 기술은 기존의 농업 재배 기술에 정보화 기술, 자동제어 기술, 분석 및 예측 기술을 농업에 융합시켜서 농업의 생산, 유통, 소비의 농업 라이프 사이클의 과정에 생산성과 효율성 및 품질향상 등과 같은 고부가 가치 창출이 필요

라. 경제 산업적

- 국내 농업 ICT 시장은 연평균 20%의 증가 추세가 이어져 2020년에는 농업으로 설치된 IoT 장치가 약 7,500만 개에 도달할 것으로 예측되며 관련 무선장비, 급수시설, 어플리케이션 개발이 폭발적으로 증가될 것으로 예상됨
- 미래 국가의 사활은 식량 자급자족에 좌우됨. 현재·우리나라 식량자급률은 22%대에 불과하며 80% 가까이를 외국에서 수입하고 있어 배나 트럭을 통해 식량을 운반할 때 들어가는 에너지와 비용도 막대하며 식량 무기화에 대비하여 첨단 재배 시스템을 통해 시급히 식량 자급률을 높여야 함
- 세계의 곡물 시장규모는 1조 4,000억 달러로서 이러한 곡물이 2000년대 이후 전 세계적으로 재고율 하락이 장기화 되고 인구의 증가 및 생활 여건의 발전으로 향후 심각한 식량 부족 상태가 예측되며 이에 따라 세계 각국은 곡물의 생산성 제고 및 품질향상 방안을 확보하기 위해 농업 ICT 융복합 기술이 요구되며, 이에 따라 농업 방식의 변화를 통해 고부가 가치 창출이 추구됨

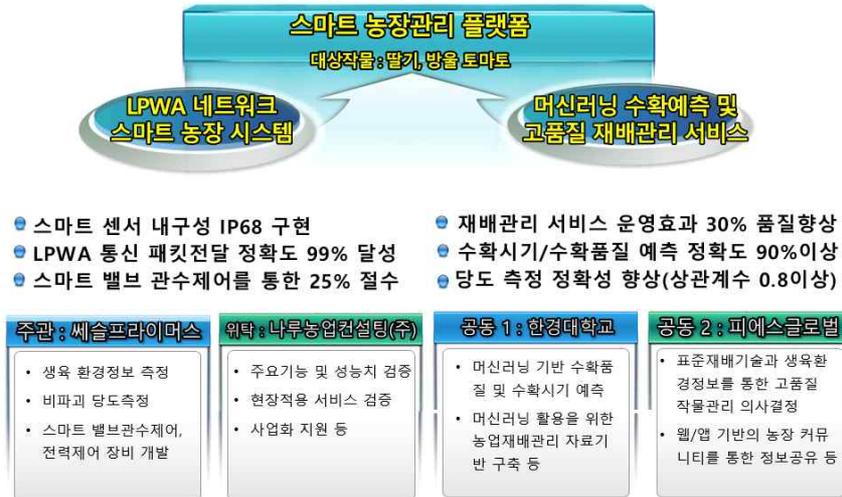
마. 사회문화적 측면

- 빠른 고령화와 더불어 농촌 노동력 감소로 농업에 첨단 ICT 장치 및 지능화된 서비스 도입이 시급한 실정
 - 농촌 65세 이상 인구비중 증가 : ('00) 14.7% → ('05) 18.6% → ('10) 20.9%

1-3. 연구개발 범위

가. 연구 목표 및 내용

1) 과업의 최종 연구목표



<그림> 스마트 농장관리 플랫폼

나. 기관별 세부 연구목표

1) 주관연구기관(씨슬프라이머스)

가) LPWA 네트워크 스마트 농장 시스템 및 미들웨어 개발(SYS H/W, S/W)

나) 스마트 농장관리 시스템 구성 및 기능

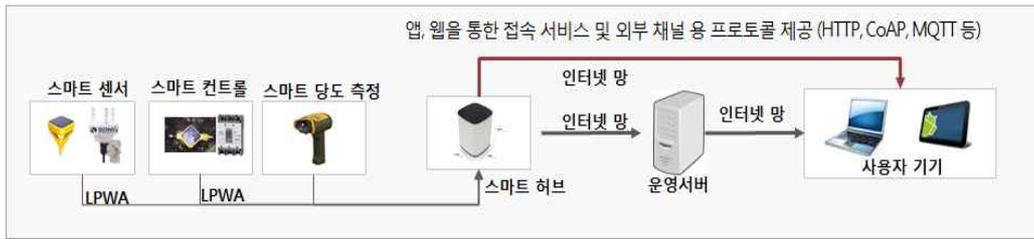
<표> 시스템 구성 및 기능

항목		기능	차별성 (LPWA 통신 외)
스마트 허브		Gateway (LPWA to IP 네트워크)	영상취득
스마트 토양센서		토양 수분/양분, 온/습도, CO2	솔라 셀, 일사량 측정
스마트 컨트롤	슬레노이드 밸브	관수제어	솔라 셀, 유량측정 센서
	전력 스위치	원격 전력공급 제어, 누전차단	미터링
스마트 당도 측정기		작물 당도 측정	비파괴 휴대용 및 설치형
웹서버		앱, 웹을 통한 접속 서비스 및 외부 채널 용 프로토콜 제공 (HTTP, CoAP, MQTT 등)	보급형 서비스 구현 (w/o 운영서버)

다) 미들웨어 구성 및 역할

미들웨어 모듈은 어플리케이션 영역(앱, 웹)에서 접근과 접속할 수 있도록 내부 알고리즘을 통해서 신뢰

성 있는 서비스를 제공하며 외부 단일화된 채널에서 접근 할 수 있는 프로토콜을 제공함(HTTP, CoAP, MQTT)



<그림> LPWA 네트워크와 머신러닝 기반 스마트 농장 플랫폼 개발

라) 주요 기능 (또는 규격)

- 주요 환경정보(토양 수분, 양분, 온/습도, CO2) 측정 기능
- 스마트 밸브 활용 관수제어 및 전력스위치 활용 전력공급 제어 기능
- 비파괴형 당도 측정 기능, 휴대 및 설치 형으로 운영 기능
- 멀티 네트워크 연동 및 스마트 허브 내 웹서버 구현

마) 주요 평가 항목

<표> 평가항목

평가항목 (주요성능 Spec)	단위	전체 비중 (%)	세계최고 수준 보유국/보유기업 (/)	연구개발 전 국내수준	개발 목표치	평가방법	비고
			성능수준	성능수준			
Data Backing System - API 처리속도	req/sec	10	(미국/구글) 300	300	350	TTA V&V	정량
패킷 전달 정확도	%	10	-	90	99	TTA V&V	
관수제어를 통한 절수 효과	%	15	(미국/CropX) 25	-	25	공인 인증기관	
고품질 재배관리 운영효과	%	20	(이스라엘/ 히브리농대) 40	농식품부 (15년말) 25	30 (고품질 증가)	시범운영서비스 결과로 검증	
최적 수확시기/수확품질 예측 정확도	%	20	-	-	90	시범운영서비스 결과로 검증	
측정 신뢰성	상관도	15	-	0.75 (해아림)	0.8	공인 인증기관	
멀티 네트워크	연동성	10	-	-	구현	공인 인증기관	정성

바) 핵심 기술

- 로컬 네트워크 및 인터넷 망 연결이 가능한 멀티 네트워크 연동기술
- 고품질 재배기술 제공, 최적 출하시기 예측 정보 제공하는 머신러닝 엔진 기술

사) 적용범위(또는 서비스)

- 축적된 최적 생육데이터 정보를 공개하여 누구든 열심히 하면 고품질 농산물을 최소비용으로 생산할 수 있도록 함

- 지능형 재배관리 시스템의 주요구성 요소인 “장치(Device), 네트워크, 플랫폼, 서비스” 등은 전체 ICT 분야에 활용되고 있는 기본 구조로서 장치(Device)와 플랫폼 튜닝으로 스마트 홈, 스마트 빌딩 등 다양한 서비스에 적용할 수 있음
- 당 시스템의 스마트 센서, 스마트 컨트롤 장치 등은 멀티 네트워크 연동이 가능하여 독립적인 상품으로 사업화 가능함

2) 위탁연구기관(나루농업컨설팅)

가) 주요 기능 검증

- LPWA 네트워크 기반 지능형 재배관리 시스템 시범운영
- 스마트 농장 지능형 재배관리 시스템 시작품 시범운영 기능 검증 (센싱기능, 지능적 관수제어 기능, 전력공급 제어기능 등 검증)

나) 주요 성능치 검증

- 스마트 농장 지능형 재배관리 시스템 시작품 성능 검증지표 설정
- 스마트 농장 지능형 재배관리 시스템 시범운영 효과 검증 (단위면적당 수확량, 노동력 등)

다) 핵심기술 검증

- 최적재배기술, 생육상태 분석 정보제공과 관수 및 전력공급을 최적화 제어하는 머신러닝 엔진 기반 지능화 기술 검증
- 작물 재배를 통하여 축적된 생육데이터, 기상 등 환경정보를 활용하여 농산물
- 직접생산하며, 최적 재배기술 운영, 수확량 및 최적 수확시기 예측 등 지능적 로직 검증
- 노동력 절감, 생산성 향상 지표 검증

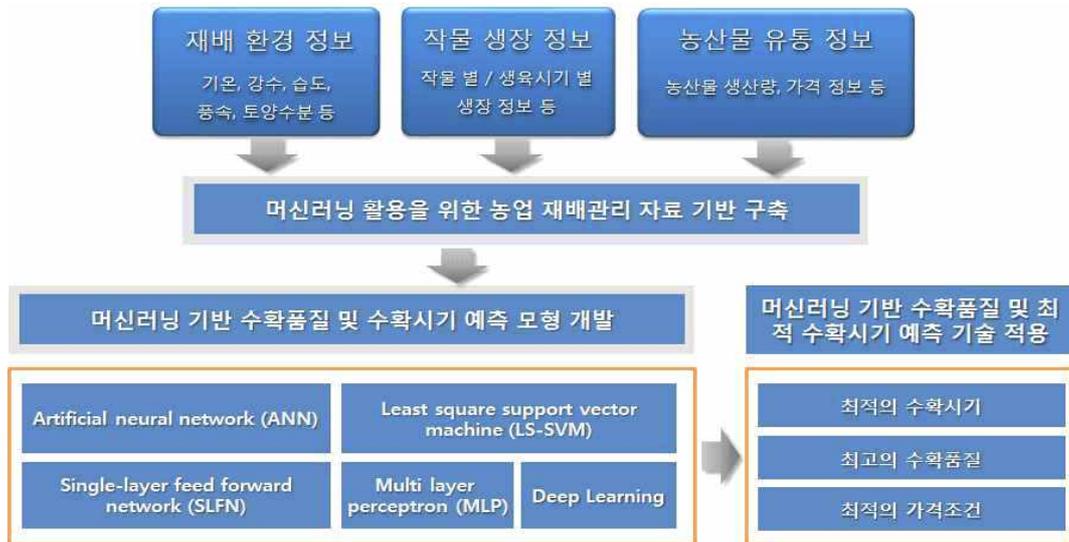
라) 현장 적용 서비스 검증

- 파일럿 플랜트를 활용하여 시작품을 설치하고 이의 실용성을 방물토마토, 딸기 등을 스마트 농장에서 재배하며 실증적 검증
- 스마트 농장 지능형 재배관리시스템 PC 어플, 모바일 앱 시작품 검증(최적재배기술 정보, 생육정보 제공 기능 및 원격관리기능 등 실용성 검증)

3) 참여연구기관(한경대학교)

가) 연구 목표

본 연구는 농업분야에서 인공지능 기술의 접목을 통해 인간의 판단을 대체함에 따라 고부가가치화에 따른 TensorFlow를 이용한 머신러닝 기반 작물의 최고 수확품질 및 최적 수확시기 예측과 작물의 생장시기별 판단, 최적의 수확시기 산정 기술 적용 가능성에 대해 연구하고자 함. 따라서 최종적으로 농업관리 머신러닝 활용 수확예측 서비스 개발을 목표로 함



<그림> 연구 목표 및 내용 개조도

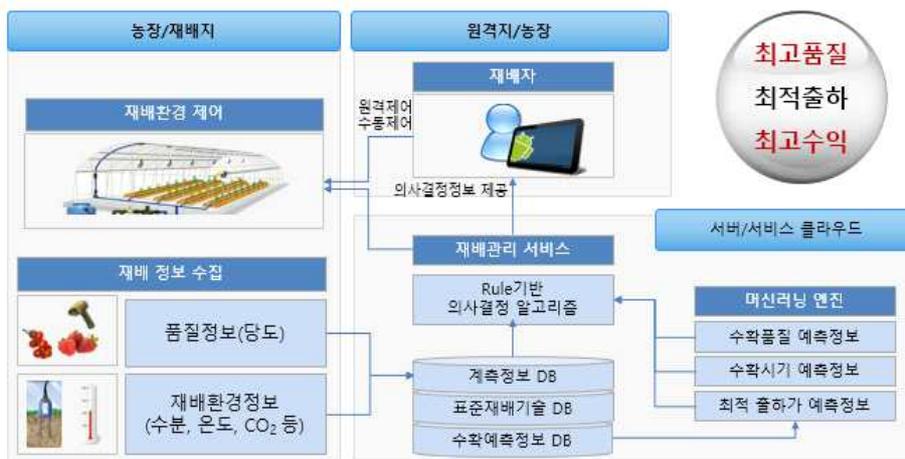
나) 연구 방향

머신러닝 활용 수확예측 서비스 개발을 위하여 세부적으로는 농업 및 재배관리 머신러닝 연구 동향 조사 및 사례분석과 머신러닝 활용을 위한 농업 및 재배관리 자료기반을 구축하고자 함. 이를 통해 농업 및 재배관리를 위한 머신러닝 모형 및 모형평가방법을 선정하고자 함

4) 참여연구기관(대산정밀)

스마트 농장 커뮤니티 기반 플랫폼 서비스 및 재배관리 서비스 개발

- 재배정보 DB, 재배환경 정보, 수확예측 정보를 활용하여 고품질 재배관리 의사결정



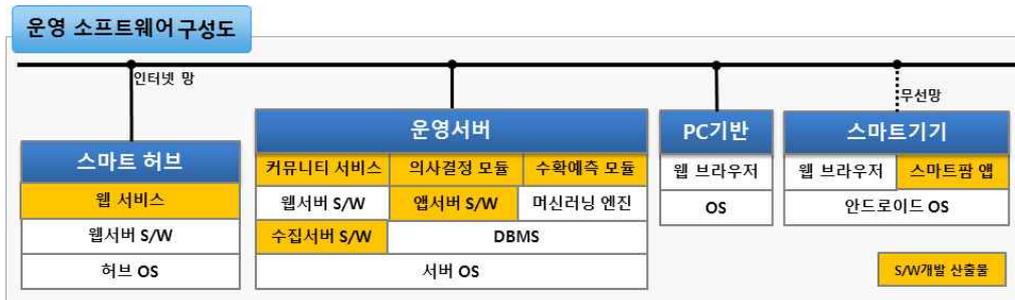
<그림> 스마트 농장 플랫폼 서비스

가) 주요 기능

- 웹/앱 기반의 재배 환경 정보 모니터링 및 데이터 표출 기능
- 표준재배기술과 생육환경정보를 통한 작물 관리 기능
- 앱/웹 기반의 농장 커뮤니티를 통한 정보 공유 및 정보 교환 체계 구축
- 재배관리의 라이프 사이클에 대한 스마트 관리 기능

나) 소프트웨어 산출물

- 데이터 수집 S/W
- 앱/웹 서비스 S/W
- 커뮤니티 서비스
- 고품질 재배관리 의사결정 모듈
- 스마트팜 앱 S/W(안드로이드용), 스마트팜 웹 서비스



<그림> 운영 소프트웨어 구성도

다. 기대성과 및 활용방안

1) 기대 성과

가) 기술적 측면

- Third Party 업체들의 참여 유도 및 농업 ICT 분야의 생태계 조성
- 공개소프트웨어(Open Source Software) 기반으로 Platform 구성(안)을 마련
- 다수의 개발자가 쉽게 이해하고 개발 가능한 Platform으로 활용
- ICT 기술을 활용한 생산·물류·유통·판매 시스템 구축하여 Platform Business 활성화
- 표준재배정보 및 재 가공된 정보를 어느 누구나 활용 가능한 형태로 제공
- 시스템 특허 및 관련 기술 및 소규모 pilot plant 개도국 수출
- 작물별 환경 및 생육 정량화 기술(온도, 습도, CO2)을 통한 생육 모니터링 및 제어기술력 향상
- Business Platform 적용을 통한 대규모 농업단지, 클러스터 기반기술 확보
- Cloud 환경에서 IoT, Web·Mobile 들을 모두 적용 가능한 통합 플랫폼 기술 확보
- 과학적 원리에 근거한 알고리즘을 통한 농업 분야 머신러닝 분석 기술 확보

나) 경제적·산업적 측면

- 클러스터 기반의 안정 작물생산 및 고부가가치화 활용기술 보유에 따른 시장선점

- 고부가가치 작물 생산에 따른 스마트 농장 상용화 보급 및 관련 산업 활성화에 기여
- ICT기반 스마트 농장 구축에 따른 농촌 일자리 창출
- 에너지 고 효율화를 통한 경제적 손실절감 및 주년 안정생산을 통한 농업법인 소득 증대

2) 활용방안

가) 스마트 농장 관리시스템 수요처 확대

- 그동안 ICT 융복합 사업수혜로 첨단시설농업 경영 법인이 증가했지만 농작물 재배 생산성은 크게 증대되지 못하였고 첨단 시설농업의 과도한 투자대비 수익실현은 아직도 낮은 현실
- 기존기술 대비 월등한 가성비를 구현하여 내수시장 확대 및 글로벌 시장 진출에 성공 가능성 높음

나) 머신러닝 기반 농업기술의 선진화 가속

- 자율주행 자동차, 증권사 투자자문 등 다양한 분야에 머신러닝 인공지능 도입되어 분야 별 전문가들의 일자리가 위협을 받고 있는 실정
- 이와는 달리 인공지능 농사관리 기술은 농업인구 감소 및 고령화와 낙후된 농업기술의 혁신을 위해 빠른 보급이 필요하며 농업을 고부가가치 산업으로 포지셔닝 할 수 있는 기회요소로 볼 수 있음
- 스마트 농장이 확대될수록 많은 생육 데이터가 축적되고 분석되어 서비스 고도화가 가능하고 토착화된 첨단기술을 확보하여 세계시장 경쟁우위 유지 가능

2. 연구수행 내용 및 결과

2-1. 개발 목표 및 내용

가. 개발 목표

1) 기관 별 목표

- 주관연구기관(세슬프라이머스) : LPWA 네트워크 기반 지능형 재배관리 시스템 상품화 개발
- 위탁연구기관(나루농업컨설팅) : LPWA네트워크 기반 지능형 재배관리 시스템 성능 검증
- 참여기관(대산정밀) : 스마트 농장 커뮤니티 기반의 플랫폼 및 서비스 개발
- 참여기관(한경대학교) : 머신러닝 예측 모형의 적용 및 상품화 검증

2) 항목별 목표 및 상세 내용

〈표〉 연구개발 목표

년차 구분	연구개발 목표	개발내용 및 범위	담당 기관			비고
			주관사	공동 1	공동 2	
1년차 [시제품 R&D]	연구개발 수행계획 수립	계획수립 및 자료조사	○			
		서비스 요구사항 정의	○			
	기초 설계	IoT 허브 및 웹서버	○			
		클라우드 서버			○	생육정보 DB
		머신러닝 엔진		○		
		센서 및 컨트롤 장치	○			
		유저인터페이스			○	
	시제품 제작	핵심부품 구매	○			
		시제품 완성	○			
	레퍼런스 사이트 시험	레퍼런스 구축	○			농업컨설팅 회사
생육환경 및 농업자산 운용 데이터 수집			○	○		
모니터링 결과 분석 및 머신러닝 알고리즘 보완			○	○		
2년차 [제품개발 R&D]	디바이스 디자인 커스터마이징	외관 디자인 및 부품 실장성 검토	○			
	제품 개발	Pilot 제품 제작	○			
		단위 기능 시험	○	○	○	
		신뢰성 및 호환성 시험	○	○	○	외부 기관
	공인 인증	BMT 및 인증시험	○			단위 장치
	단위 장치 사업화 준비	영업 대상 및 서비스 방안 수립	○			SK텔레콤 협업 추진
		물량 예측 및 평가 결정	○			스마트센서, 컨트롤 등
	시범 운영서비스 준비	Action plan 수립	○			
Check List 작성		○			리스크 관리	
실증 D/B 구축	모니터링 및 분석 데이터 수집	○		○		
* 참조 종료 1년차 [사업화]	시범운영 서비스	최적 재배기술 운영, 수확량 및 최적 수확시기 예측, 농업자산 운용 효율화	○	○	○	
	시스템 사업화	LPWA 네트워크 스마트농장 시스템	○	○	○	

나. 개발 내용 및 범위

1) 주관연구기관 (씨솔프라이머스)

- 스마트 농장관리 시스템 사업화 제품 개발
 - Pilot 제품 제작, 단위 기능 시험, 신뢰성 및 호환성 시험
 - 공인 인증 : BMT 및 인증시험 (단위 장치)
 - 단위 장치 사업화 준비 : 영업 대상 및 서비스 방안 수립, 물량 예측 및 평가 결정 등
- 시범 운영서비스 준비 : Action plan 수립, Check List 작성

- 실증 D/B 구축 : 모니터링 및 분석데이터 수집, 적용효과 분석 등



<그림> 단계별 개발 목표

2) 위탁연구기관(나루농업컨설팅)

- 스마트 농장 활용 파일럿 플랜트 설계
- 지능형 재배관리시스템 성능검증 계획 수립
- 지능형 재배관리시스템 현장설치 및 운영
- 스마트팜 활용 지능형 재배관리 시범사업 기획

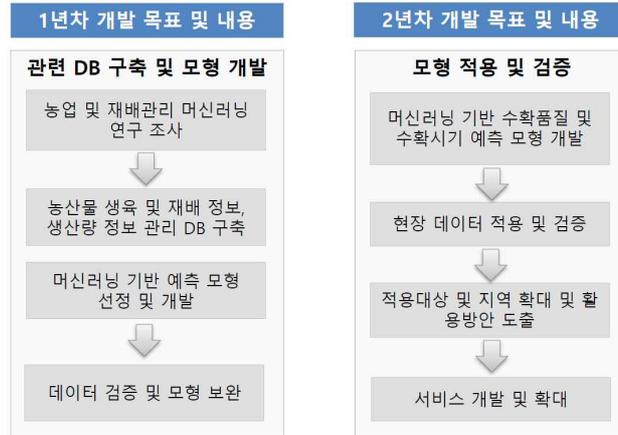


<그림> 시범운영 기술 검증 계획

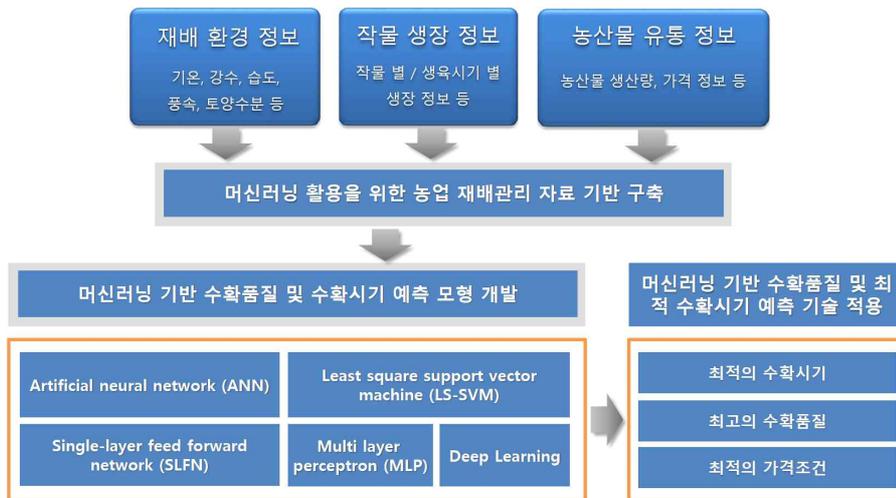
3) 공동연구기관(국립한경대학교)

- 재배환경 및 수확량의 관계 분석
 - 측정 데이터에 기반 한 재배환경 및 수확량, 품질과의 상관관계 분석
 - . 대상작물의 재배환경 및 품질에 대한 생육단계별 기초자료 구축
 - . 수확량 및 가격, 품질에 대한 통계자료 구축
 - 머신러닝 기반의 수확품질 및 수확시기 예측 모형 개발
 - . 최적의 머신러닝 기반 예측 모형 개발
 - 현장 데이터 적용 및 검증
 - . 머신러닝 기반의 수확품질 및 수확시기 예측 기술 적용
 - . 현장 데이터를 활용한 머신러닝 기반 예측 모형 검증

- . 대상작물의 생육단계에 따른 실제 수확량 데이터 활용에 따른 모형 검증
- 적용대상 및 지역 확대 및 활용 방안 도출
 - . 수확시기, 수확품질, 가격조건 도출을 위한 머신러닝 기반 예측모형 활용방안 도출



<그림> “머신러닝 엔진 활용 수확예측 서비스 개발” 연차별 목표 및 내용



<그림> “머신러닝 엔진 활용 수확예측 서비스 개발” 연구 내용

4) 공동연구기관(대산정밀)

- 스마트 팜 서비스를 위한 플랫폼을 설계하고 개발한다.
- 주관기관 과업의 내용을 반영하고 전체 시스템이 원활히 운영될 수 있도록 한다.
- 현장에 설치 및 시범운영을 통해 개발된 기능 및 제어가 원활히 작동되는 것을 확인하고, 시스템을 고도화 한다.



〈그림〉 년차별 개발 목표

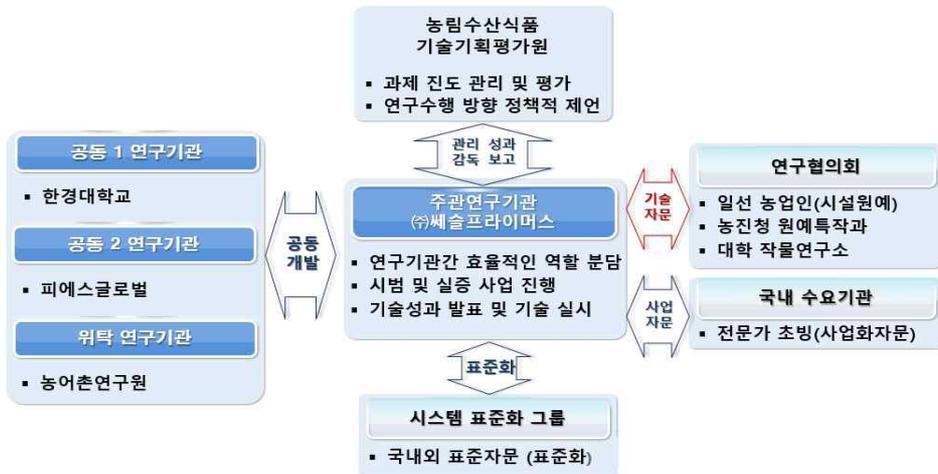
- 스마트 팜 플랫폼 설계 및 개발
 - 플랫폼 서비스 개발 및 관련 API 공유
 - 머신러닝 결과 데이터 연계
- 웹/앱 기반의 재배관리 및 정보 공유 서비스 개발
 - 계측정보 데이터 모니터링 기능, 생산정보, 유통정보 조회 기능
 - 재배관리서비스 기능, 원격제어 기능
- 현장 실시간 정보의 모니터링 및 분석 정보 표출
 - 재배관리 의사결정 기능 개발 적용

2-2. 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계

가. 연구개발 추진방법

- 추진전략의 기본방침
 - 기존 농업에 대한 범부처의 관련정책, 현장수요, 기 개발된 기술 등을 유기적으로 연계활용
 - 더불어 에너지, 수자원, 농기계, 농업시설 등 농업자산의 효율화 운영을 위한 공유경제 개념의 ICT 융·복합 서비스 방안을 발굴하고 하고 자 함
- 주관연구기관과 참여기관과의 유기적인 연계를 통한 연구 추진
 - 전체 워크숍을 개최하여 개발기술과 개발방향에 대한 이해도를 극대화하여 개발 인력 간 정보교류가 활성화 되도록 하고 연구조직 간의 정기회의를 진행하여 연구 진행사항 보고, 기술 교류, 학술 교류, 문제점과 해결점 토의 등 상호 Feedback을 실시함
- 산학연 공동연구 추진
 - (주)씨슬프라이머스, 인공지능 알고리즘 분야 최고의 연구기관인 국립한경대학교, ICT 프로그램 분야에 뛰어난 실적을 보유한 피에스글로벌 등이 전문분야 별로 참여하여 유기적으로 기술개발과 적용·개선을 체계적으로 추진함으로써 개발제품의 상용화 개발 추진
- 전문가, 일선 농업인, 정부부처 관계자가 참여하는 연구협의회 운영
 - 실제 현장에 접목시키는 시범 운영서비스를 실시하는 연구로서 연구소, 대학교, 전문기업의

전문가는 물론 해당 전문분야의 교수 및 중앙부처 관련 부서, 일선 현장의 농업인(시설원예)으로 구성된 실무위원회를 운영하여 효율적이고 현장 실용적인 연구로 진행



<그림> 연구개발 추진 방법

- 시험포 활용 주요 기능 검증
 - 개발 시제품 설치, 환경정보 수집능력 검토
 - 환경에 따른 각 제어기기 작동 확인
 - 환기(천창, 측창, 배기팬), 보온(커튼), 난방(보일러, 솔레노이드 밸브, 3-way 밸브), 관수(펌프, 솔레노이드 밸브), 차광(커튼), CO2(밸브, CO2발생기)
- 제품 성능 검증
 - 개발 시제품 성능검증
 - 환기부분 : 천창 및 측창 작동 위치 설정, 작동 속도 및 범위(각도, 거리), 영향값
 - 습도, 일사, Dead band 설정
 - 보온부분 : 커튼 작동위치 (층별, 측커튼 등, 권취 또는 예인식), 작동속도 및 위치제어 영향값 - 습도, 외부온도, 일사량, Dead band 설정
 - 난방부분 : 온풍보일러 작동, 온수 펌프 작동, 온수 3-way 밸브 작동 - 온수온도 제어 구역제어 valve 작동, 영향값 - 습도, 누적일사량, 외부온도, Dead band 설정
 - 관수부분 : 관수펌프 작동, 구역제어 valve작동, 영향값 - 일사, 시간
 - 차광부분 : 차광커튼 작동 위치, 작동속도 및 위치제어, 영향값 - 일사량, 내부온도 Dead band 설정
 - CO2부분 : CO2 밸브 작동, CO2 발생기 영향값 - 일사량, 온도, 습도, 풍속, 창문개도
 - 시제품 성능 정보 피드백
 - 성능에 대한 피드백을 통해 프로그램 수정 및 제품 성능 향상
- 머신러닝 지능화 기술 검증
 - 최적재배기술, 생육상태 분석 정보제공과 관수 및 전력공급을 최적화 제어하는 머신러닝 엔진

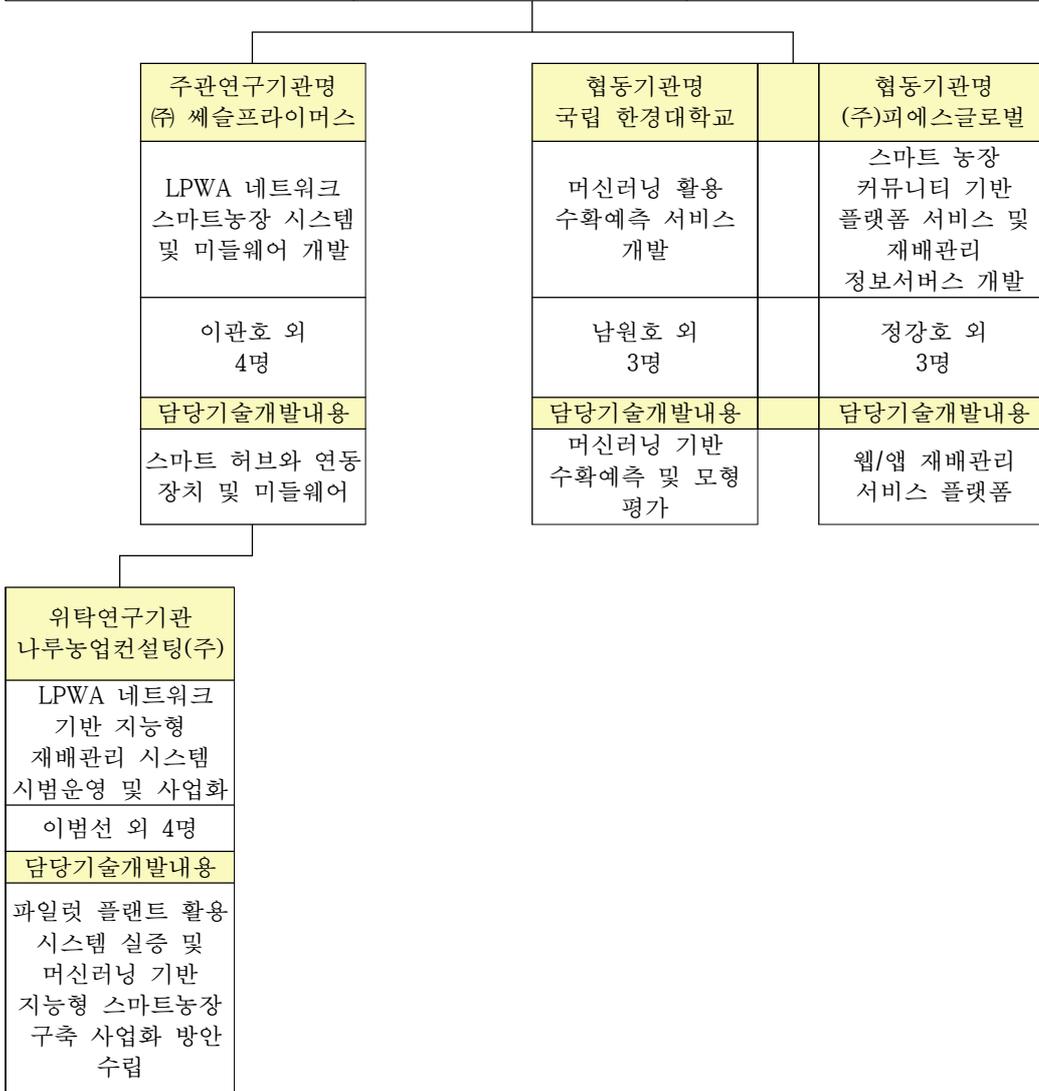
기반 지능화 기술 검증

- 작물 재배를 통하여 축적된 생육데이터, 기상 등 환경정보를 활용하여 농산물 직접생산하며, 최적 재배기술 운영, 수확량 및 최적 수확시기 예측 등 지능적 로직 검증
- 노동력 절감, 생산성 향상 지표 검증

나. 추진체계

연구개발과제		총 참여 연구원
과제명	LPWA 네트워크와 머신러닝 기반 스마트농장 관리플랫폼 개발	주관연구책임자 이관호 외 총 16명

기관별 참여 현황		
구분	연구기관수	참여연구원수
대기업		
중견기업		
중소기업	3	12
대학	1	4
국공립(연)		
출연(연)		
기타		



2-3. 추진 일정

가. 1차 년도 추진일정

〈표〉 1차 년도 추진일정

(1)차년도																
일련 번호	연구내용	추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	계획수립 및 자료조사	■														주관
2	시제품 제작		■	■	■	■	■	■	■	■						주관
3	성능평가 및 기능검증 시험								■	■	■	■	■			주관
4	농업 및 재배관리 머신러닝 연구조사	■	■	■												한경대
5	농산물 생육 및 재배 정보, 생산량 정보관리 DB구축			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			한경대
6	머신러닝 기반 예측 모형 선정 및 요소 개발					■	■	■	■	■	■	■	■			한경대
7	자료조사 및 계획 수립	■	■	■												대신정 밀
8	시스템/DB/화면/의 사결정/기능설계			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			대신정 밀
9	프로토타입 개발									■	■	■	■			대신정 밀
10	파일럿 플랜트 구 축	■	■	■												나루농 업
11	시험대상작물 선정 및 재배 준비				■	■										나루농 업
12	파일럿 플랜트 실 증 시험					■	■	■	■	■	■	■	■			나루농 업
13	단위 제품, 단위기 능 테스트									■	■	■	■			공통
14	1차년도 보고서 작 성											■	■			공통
15	1차년도 완료보고, 성과발표												■			공통

나. 2차 년도 추진일정

<표> 2차 년도 추진일정

(2)차년도															
일련 번호	연구내용	추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	기능 정확도검증	■	■	■											주관
2	내구성 및 호환성 시험		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	주관
3	인증시험 (규격, BMT 등)			■	■	■	■	■	■						주관
4	운영 플랫폼 개발	■	■	■	■	■	■								대신정 밀
5	시범서비스 운영						■	■	■	■	■	■	■	■	대신정 밀
6	수확량 및 수확시기 예측모형 개발	■	■	■	■	■	■								한경대
7	머신러닝 지능화 기술검증	■	■	■	■	■	■								한경대
8	시범포 활용 주요 기능 검증	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	나루농 업
9	제품성능 검증		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	나루농 업
10	머신러닝 지능화 기술검증			■	■	■	■	■	■						나루농 업

2-4. 연구범위 및 연구수행 방법

가. 연구범위 및 연구수행 방법

〈표〉 연구 수행 방법

연구 범위	연구 수행 방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
	효과적인 마케팅을 위한 제품 브랜드 전략수립	농장관리 플랫폼 AphaFarm은 다음과 같은 4가지 장치로 구성 ① Web Server 및 G/W역할을 하는 AlphaCon ② 각종 부하를 제어하는 레고형 블록설계 방식의 AlphaRel (A: DC24V, B: AC380V, C: AC220 등) ③ 정밀 환경정보를 측정하는 AlphaSen (온습도, CO ₂ , 토양양분/수분, 결로 등) ④ 기상정보 및 태양광 전력을 공급하는 AlphaStation
고품질 재배관리 시스템 개발	경쟁제품 조사 및 제공서비스 분석을 통한 제품사양 보완	① 열악한 비닐하우스 환경(고온, 다습 등)에서 견딜 수 있는 고 신뢰성 센서와 시스템 - 수명이 짧고 전기 스파크가 발생하는 기계식 접점 Relay 방식의 시퀀스제어 대신 반도체 소자와 고 정밀 PCB 설계기술 활용하여 안전성과 경제성을 동시에 제공 - 고장 유무 자가진단 기능, 원격 S/W 업그레이드 및 자동 보정기능 등을 통해 고장을 방지하며, 다중 보호 회로를 통해 장비의 불량을 원천 방지 ② 레고형 블록설계 기법과 최신 IoT 전용 무선통신 기술을 적용하여 꼭 필요한 기능만 맞춤형으로 최소의 비용과 최적의 공간에 설치 가능 (단동형 및 소규모 연동형 대상) ③ 태양광 발전이 가능한 외부 기상대를 통한 정확한 기상감지 및 전력공급으로 에너지 최적화를 통한 재배비용 최소화
	당도 측정기 정확도 분석 및 당도계 개발업체 미팅을 통한 유효성 검토	① 영상이미지 분석 대비 정확도 떨어짐 ② 당도계 수요 및 시장규모 축소 ③ 외부기상 측정 및 태양광 발전 모듈 개발필요성

<p>래퍼런스 사이트 구축</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 파일럿 플랜트 선정 및 계획 수립 - 지능형 재배관리 시스템 성능 검증 계획 수립 - 지능형 재배관리 시스템 현장설치 및 운영 	<ul style="list-style-type: none"> - 전남대학교 농생명대학 부속 농장내 파일럿 플랜트 선정 - 각종 시설동작을 위한 기자재 설치 및 기본 환경센서 설치 및 환경요소 수집 - 딸기, 토마토, 파프리카 시험재배 진행
<p>시스템 설계 및 DB, 화면 설계</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 시장의 제품을 조사 분석하여 설계에 반영 - 시스템의 구성요소인 하드웨어, 소프트웨어 현황 파악 - DB설계서를 작성하고 DB설계의 표준인 ER 다이어그램으로 작성 	<p>시스템 설계</p> <ul style="list-style-type: none"> - 시스템 구성 설계 - 하드웨어 선정, 운영체제 선정 - DBMS선정 <p>설계서 작성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 테이블정의서, ER다이어그램 작성 - 화면 설계서 작성 <p>시스템 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> - 하드웨어 도입(서버, 랙) - 운영체제설치 (Windows Server Std.) - 프로그램설치(MySQL DBMS, Tomcat WAS 등)
<p>프로토 타입 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 계측센서의 계측정보를 수집하기 위해 통신 프로토콜을 조사 및 선정 - 정의된 프로토콜에 따라 수집서버 SW 프로토타입 코딩 룰기반의 의사결정 알고리즘 정의하고 SW 프로토타입으로 코딩 	<ul style="list-style-type: none"> - 설계서를 기반으로 DB구축, 웹 화면 개발 - 수집서버 S/W프로토타입을 개발하고 도입된 서버에 설치하여 테스트 진행 - 샘플 데이터셋을 기준으로 DBMS에 저장 - 웹서비스를 개발하고 DBMS에 저장된 계측정보를 모니터링하는 프로토 타입 개발
<p>머신러닝 연구조사 및 선정 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 관련 보고서 및 논문을 조사 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내외 연구사례 및 활용도에 대한 조사 및 분석 수행 - TensorFlow를 통해 딸기 및 토마토의 이미지 처리 및 분석 테스트 수행
<p>생육정보, 재배관리정보 DB구축</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 선정된 작물에 대한 생육정보, 재배정보, 가격정보 조사 분석 - 시계열적 및 정량적으로 조사된 정보의 데이터셋 구축 	<ul style="list-style-type: none"> - 연도별, 지역별 토마토와 딸기의 월별 가격을 조사 - 조사된 가격정보를 통해 가격 데이터셋 구축 - 딸기의 생육정보와 품질기준을 조사하고 기준에 따른 특정 조사

2-6. 연구개발 내용

가. 환경 분석 내용

1) 현황조사

가) 경쟁제품 조사 및 제공 서비스, 기능 분석

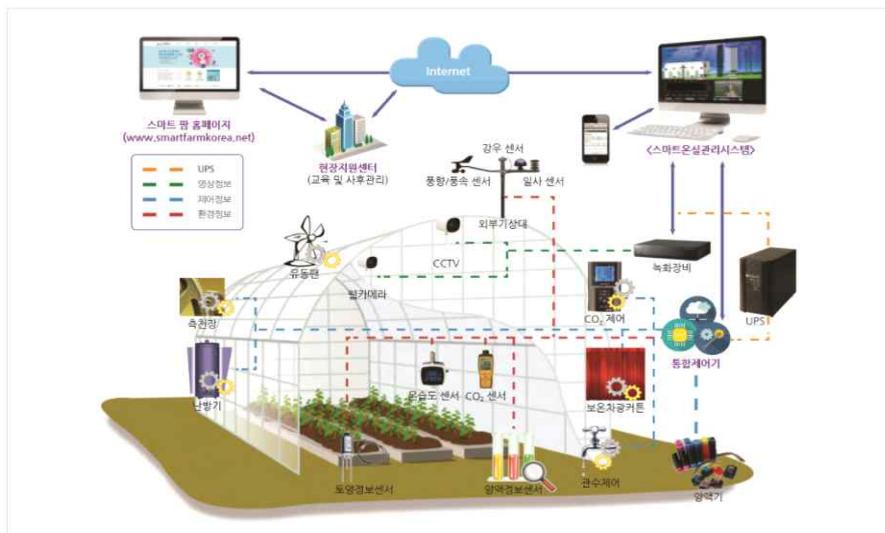
- 스마트팜의 구성 및 주요 구성요소 (EPIS, 농림수산식품교육문화정보원)

(정의) PC 또는 모바일을 통해 온실의 온습도, 이산화탄소 등을 모니터링하고 창문 개폐, 영양분 공급 등을 원격자동으로 제어하여 재배하는 작물의 최적 생육환경을 유지 관리할 수 있는 농장

<표> 주요구성 요소

구분		세부내역
환경센터	내부	온도, 습도, CO2, 토양수분(토경), 양액측정센서 (양액농도, EC, 산도(PH), 수분센서(배지)) 등
	외부	온도, 습도, 풍향/풍속, 강우, 일사량 등
영상장비		적외선 카메라, DVR(녹화장비) 등
시설 별 제어 및 통합관리		환기, 난방, 에너지절감 시설, 차광커튼, 유동팬, 온수/난방수 조절 모터제어, 양액기 제어, LED 등
최적 생육환경 정보관리 시스템		실시간 성장환경 모니터링 및 시설물 제어 환경 및 생육정보 DB 분석 시스템

- 구성도



<그림> 스마트팜 구성도

2) 경쟁제품 조사

- 현재 상용화된 대부분의 스마트 팜 장비들의 주요기능은 상기 EPIS에서 정의한 것과 기본적으로 큰 차이가 없으며, 아래는 기능 및 완성도 측면에 우수한 국내 제품 중 하나인 우성하이테크의 스마트 팜 시스템의 구성도임.
- 인터넷 환경에서 원격제어가 가능하나 릴레이 등을 포함한 별도의 로컬 컨트롤러가 필요한 구성이며 사용가능한 센서의 최대 개수에도 제한이 있어 확장성은 상대적으로 부족한 것으로 판단됨
- 우성하이테크의 팜시스 콘트롤러에는 다음과 같이 통합형과 분리형이 있으며 통합형은 주문형 제품으로 차광커튼용 개폐기 등의 환경조절 기계장치들이 내장된 형태이고, 분리형은 릴레이 출력만을 제공하는 방식으로 별도 로컬 컨트롤러에 연결하여 사용된다.
- 규모가 큰 스마트팜의 경우 시설 추가 등의 변동사항이 별로 없어 통합형을 적용할 수 있으나 기계적 접점 방식의 릴레이 적용으로 수명제약이 있고 수많은 전력선을 일일이 배선하는 방식으로 제작에만 일주일 이상 소요되며 고장이 나도 수리가 어려운 단점이 있다.
- 분리형의 경우 가격 및 규모 면에서 소규모 스마트팜에 적합한 방식이나 별도의 로컬 컨트롤러가 반드시 필요한 구조로 장비 간 매칭 이슈 등이 발생할 수 있어 설치 및 운영에 단점이 있을 수 있다.

가) 팜시스 콘트롤러 시스템 구성



나) 팜시스 컨트롤러

팜시스 컨트롤러

팜시스 컨트롤러는 자체의 임베디드 컴퓨터와 릴레이보드, 센서정보 수신장치, 마그네틱 콘택트 스위치, 수동운전 스위치, 출력단자 등이 일체로 구성된 통합형(Integrator Type)과 임베디드 컴퓨터와 릴레이 보드로 구성된 분리형(Component Type)이 있습니다.

1. 통합형(인TEGR이터 Type)

시설원에 현장의 기계장치 수량·용량에 맞추어 제작하는 주문형 제품으로 자체의 임베디드 컴퓨터와 릴레이 보드, 센서정보 수신장치, 전기를 공급하는 마그네틱 콘택트 스위치, 수동운전 스위치, 출력단자 등이 일체로 구성된 장치로 출력 단자에 환경조절용 기계장치를 직접 연결할 수 있습니다.



2. 분리형(컴퍼넌트 Type)

팜시스 시스템의 규격화된 제품으로 자체의 임베디드 컴퓨터와 릴레이(Relay)보드, 센서정보 수신장치로 구성되어 있으며 이 장치의 릴레이 출력 단자에 해당 로컬 컨트롤러를 연결할 수 있습니다.

이 센트럴 컨트롤러는 20개의 출력채널(정역제어: 10채널 & ON/OFF: 10채널)을 가지고 있습니다.



3) 제공 서비스 및 기능 분석

가) 제공 서비스 분석

- 우성하이텍과 같은 기존의 시스템들은 계획된 생육환경 값의 설정에 따라서 제어하는 단순 조건 방식으로 본과제의 목표인 인공지능과 결합한 고품질 재배관리 서비스 및 최적 수확 시기 예측 기능이 상용화 된 사례는 없음
- 한국농촌경제연구원이 분석한 시설원에 R&D 방향은 생육환경 모니터링을 통한 데이터 수집과 이를 통한 최적 생육모델을 제공하는 것으로 기계학습을 통한 예측정확도 향상은 본 과제 등을 통해 추가로 구현해야 할 발전의 방향으로 판단됨

* 스마트 팜 운영실태 분석 및 발전방향 연구(한국농촌경제연구원, 2016)

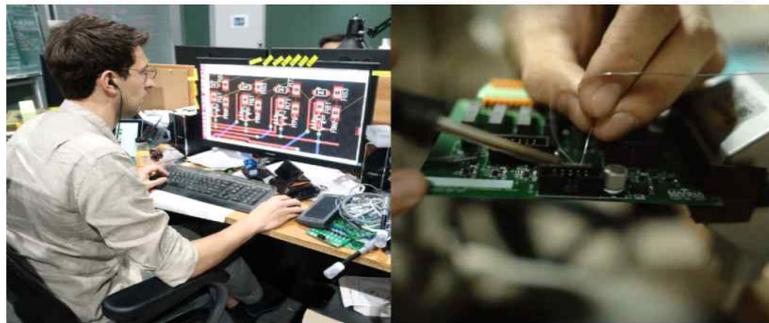


<그림> 스마트팜 운영실태

- 스마트 팜이 앞으로 지향해야 할 발전방향 및 서비스 모델은 플랫폼 비즈니스의 구축으로 판단됨. 최근 아쿠아포닉스 농법을 개선하여 스마트팜을 구축하고 뿌리채소 재배와 유통까지 직접하고 있는 아래 “만나 씨이에이”의 사례는 농업분야 새로운 패러다임이 탄생한 것으로 볼 수 있다. 당 과제를 통해 개발된 장치와 서비스를 활용하여 현재 뿌리채소에 한정되어 플랫폼을 일반 작물로 확대시키고 작물 혹은 스마트 팜 장비만의 판매 비즈니스에서 플랫폼을 운영하고 수출하는 모델로 발전시키고자 함

우리는 보급형 스마트팜 기술을 개발하는 농업벤처회사 MannaCEA입니다.

직접 지은 스마트팜에서 정성껏 재배된 고품격 채소는 '만나박스'라는 이름으로 회원님들께 정직하게 유통되고, 이 수익을 통해 우리는 더 나은 스마트팜 기술을 연구하고 보급합니다.



'만나박스'를 통해 보여주시는 회원님들의 성원과 믿음은 더 많은 농민들이 만나농장에 참여할 수 있게 하고, 농가들이 함께 키워낸 만나의 채소는 다시 '만나박스'라는 이름으로 공정하게 유통되며 모두가 상생하는 선순환구조를 만듭니다.

나) 기능분석

- 현재 우리 농촌은 논밭 중심의 전통적인 농가의 영농 환경이 악화됨에 따라, 고소득 작물의 안정적인 재배가 가능한 비닐하우스의 보급이 급증하는 추세이나 상대적으로 스마트 팜의 보급은 성장세가 주춤하고 있는 실정임. 최근 시설재배(딸기) 농가를 상대로 실시한 설문조사 결과에 의하면 스마트 팜 보급에 있어 주된 장애 요인은 아래와 같음

- ① 높은 시설비 부담(24%), ② 설치 업체의 사후관리 미흡(19%), ③ 잦은 고장(16%), ④ 관리기술 미흡(15%)

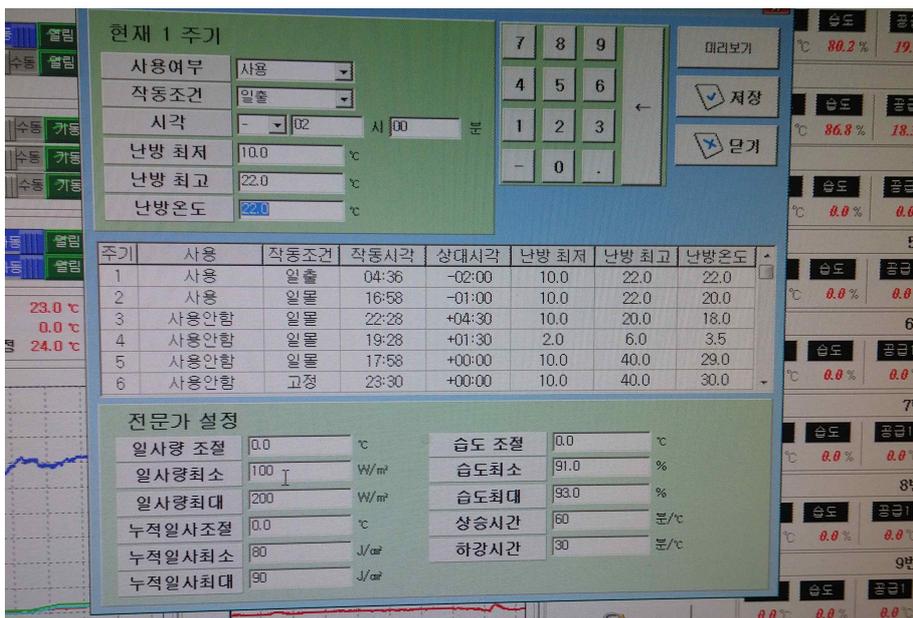
- 즉, 스마트팜의 보급 확대를 위해서는 열악한 비닐하우스 환경(고온, 다습 등)에서 장기간 견딜 수 있는 고 신뢰성의 센서와 시스템 개발이 중요하고 고객 맞춤형 시스템 도입을 통한 높은 시설비 부담을 낮출 수 있는 방안이 필요함.

다) 그린씨에스(마그마)

- 환경제어 및 양액제어를 위해 딸기재배에 많이 도입되어 있으며 온실제어를 위한 센서, 제어반, 관리 소프트웨어로 구성
- 커튼, 창, 습지, CO2, 급수, 양액 제어를 내부 및 외부 환경요소에 의해 수행
- 재배자가 설정정한 설정값과 실시간 측정값을 사용하여 자동제어를 수행



<그림> 마그마 시스템 화면



<그림> 마그마 시스템 설정 화면

라) 국내 재배관리 시스템 검토 결과

- 국내의 시스템은 시설원예(시설재배)를 기준으로 시스템을 구현하고 있으며, 이것은 환경에 대한 모니터링과 제어가 용이하기 때문이다. 본 과업에서도 동일하게 시설 재배를 기준으로 하고 있다,
- 인터넷 환경에서 원격 관리가 가능하며, 향후 점차적으로 다른 시스템들도 원격관리를 지원하게 될 것이다. 본 과업에서도 계측정보의 모니터링과 제어 기능에 대해 인터넷 환경에서 웹/앱의 개발을 통해 가능하도록 도출할 예정이다.
- 시설 재배에 대한 환경정보 모니터링과 시설의 원격제어 같은 기본적인 기능들은 본 과업과 동일하나 재배환경을 제어하고 최적/최상의 수확과 가격을 확보하기 위한 재배관리 알고리즘에 대한 적용과 판단 기준은 기존의 시스템과의 차별점이다. 기존의 시스템들은 계획된 생육환경 값의 설정에 따라서 제어하는 단순 조건 방식이며, 본 과업의 목표는 다양한 환경인자에 대한 조합과 머신러닝 엔진에서 분석된 결과를 통해 제어를 수행하며, 수확시기를 예측하여 제공함으로써 재배자에게 수익이 발생하도록 하는 시스템을 연구 개발하도록 한다.

4) 스마트 농장관리 플랫폼 활용방안 분석

가) 미국 스마트 팜 현황 분석

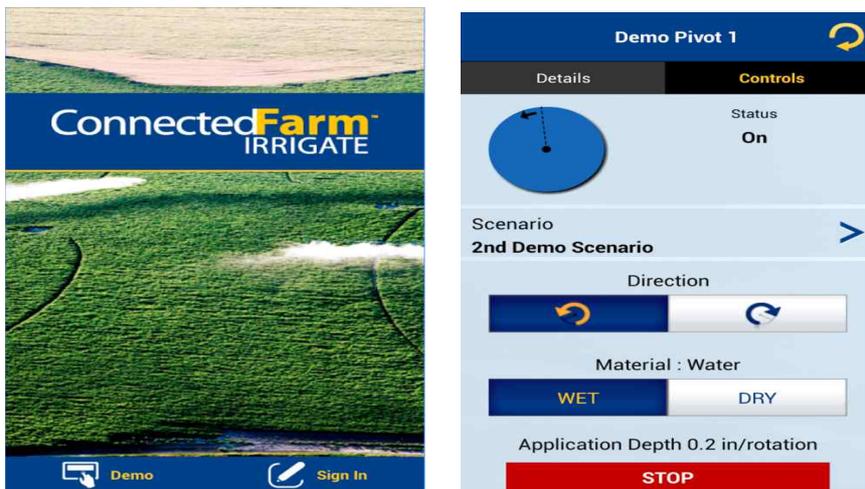
- 미국은 우주 탐사선에서 사용할 클로렐라 등 미생물을 생산하기 위해 식물공장 개념을 최초로 도입했다. 이후 소련과 우주를 향한 치열한 경쟁에서 우주인들에게 공급될 식량 목적으로 식물공장 개발에 뛰어들었다.
- 1960~1970년대에는 General Electric 과 GM 등에서 완전제어형식 물공장 연구를 수행했다. 토지가 매우 넓은 미국의 농업 현실에서 이러한 식물공장은 경제성이 떨어져 실용화까지는 이루어지지 않았다. 1990년대부터는 NASA 등에서 폐쇄 생태계 생명유지시스템(CELSS)에서의 작물생산시스템에 관한 연구를 계속하고 있다.
- 최근에는 도심에서 생산하는 수직농장(vertical farm) 개념이 도입되면서 도심 혹은 도심주변에 식물공장을 건설하고 있다. 일본의 수직농장이 2~3층의 단층구조로 되어 있는 반면, 미국의 수직농장은 대부분이 고층의 대규모 형태이다. 미국은 남극 McMurdo 기지에 애리조나대가 지원하는 200m² 규모의 식물 공장을 운영하여 토마토, 오이, 고추, 상추, 딸기 등을 매월 140kg 생산/공급하고 있다.
- 컬럼비아대 건축학과, 일리노이대 연구팀, 미턴 건축사무소는 공동으로 고층 건물 방식을 채택한 수직형 식물농장(vertical farm) 개발에 착수하였다. 풍력 및 태양력 등 신재생에너지를 사용하고 고층의 설계로 재배면적이 증가하였다. 재배작물의 수확량은 동일 면적의 야외 농경지보다 10배 수확량이 많으며, 30층짜리의 경우 5만명에게 평생 공급할 수 있다.
- 화이트팜(White Phalm)사에서 제너럴밀즈의 식물공장생산시스템을 인수한 뒤 심야전기를 이용하여 상추, 시금치 등과 허브류를 생산하였다. 재배면적이 4,800m²에 달하고 16개의 재배라인을 갖고 있으며, 생산된 농산물은 슈퍼마켓과 유니티드항공사의 기내식으로 사용되고 있다.
- Trimble사의 Irrigate-IQ Precision Irrigation Solution은 PC환경과 스마트기기의 앱환경에 회전형 관개(pivot irrigation) 시스템을 모니터링 하고 제어 할 수 있다. 회전의

속도, 가동 상태(on/off), 전압, 압력 등을 모니터링하고 회전형 관개를 원격으로 가동하고 방향을 설정한다.(<http://www.trimble.com/Agriculture/iiq-monitor-control.aspx>)

- 용수공급, 비료공급 또는 유출 등을 높은 수준의 어플리케이션을 위해 Variable rate irrigation(VRI)의 계획을 구현한다. Trimble사는 VRI를 구현하기 위해 여러 가지 솔루션을 제공하고 있으며, PurePixel 솔루션은 작물의 건강상태 이미지를 통해 어떤 농지가 VIR의 대상이 되는지 보여준다.
- Soil information system은 정확한 토양도와 Soil information system으로부터 생성된 지형을 통해 농지의 다양성을 설명할 수 있다. RainWave Contour Map은 Rainwave percipitation 모니터링 솔루션을 통해 강우의 기록을 축적하여 관리자가 최근의 강우가 발생한 지역의 관개 계획을 변경할 수 있도록 한다.



<그림> Trimble사의 정밀농업 솔루션 화면



<그림> Trimble사의 관개 관리 앱 화면

나) 일본 스마트 팜 현황 분석

- 일본은 1970년대부터 식물공장 연구를 추진하였고, 정부가 식물공장의 활성화를 위해 건설비를 지원하여 상업화가 가장 많이 진전되었다. 일본의 식물공장 발전과정을 살펴보면 유럽

에서 1960년대에 식물공장 연구가 활발하게 진행된 것에 자극 받아 1974년 히타치 중앙연구소 에서 신사업으로 식물공장을 제안하여 샐러드 채소로 성장 데이터를 측정하면서 연구가 시작 되었다. 1983년 시즈오카현 미우라농원에서 처음으로 식물공장이 상용화되었다. 평면식과 입체 삼각형의 두 가지 재배시스템을 개발하여 고압나트륨램프를 사용하여 1일 400주 정도의 무농약 양상추를 생산하여 슈퍼마켓에 판매했다.

- 1992년부터 농림수산성의 시설원에 보조사업을 받아 TS 팜 플랜트가 전국적으로 보급되기 작되었다. 사업의 중심이 된 후쿠시마현 TS 팜은 건물면적 2,000m², 재배실면적 1,390m² 에서 샐러드 채소를 1일 약 4,500주 생산하여 외식업체 등에 납품할 정도로 수익을 창출했다. 식물 공장 시설보조사업은 2000년 12월에 중단되었으나, 보조금 지원으로 2005년까지 전국에 약 30 개소의 식물공장이 운영되었다. 2000년대 들어 LED 및 HEFL(하이브리드 전극형 광램프) 식물공장이 실용화되었다.



<그림> 스마트팜 시장규모

- 일본 정부는 지역경제 활성화 차원에서 식물공장사업을 추진하고 있으며, 최근에는 기후변화 대응의 주요 대안으로 사업을 진행 중임. 경제산업성과 농림수산성이 협력하는 농상공연 계를 추진하여 식물공장사업을 추진하고 있다. 현재 빛, 물, 공기 등을 고도로 억제하여 야채 및 꽃을 키우는 식물공장은 현재 400 곳에 달하고 있다. 비료성분을 포함한 배양액을 사용하여 재배하면서 LED 등을 활용하는 '인공광형'이 주류를 이루고 있다. 고에너지 비용과 설비 및 운영비 등 고비용 문제 해결이 관건이다.
- (주)미라이는 광원으로 형광등을 사용하고 엽채류를 재배하면서 인터넷 판매를 하고 있으며, EC, pH등 배양액 관리기술도 자체 개발하여 당도 등 맛을 향상시켰다. 현재 1일 1만 주의 상추 생산이 가능한 시설을 2곳에서 가동하고 있고, LED 등 '인공광형' 식물공장에 특화하여 남극기지, 한국, 몽골, 홍콩 등으로 수출하였다.
- 도쿄드림은 1997년 식물공장을 설립했고 재배시설은 큐피(주)가 개발한 TS팜이며 종자나비료의 공급, 재배 기술의 지도, 기계·시설의 점검 등은 큐피주식회사의 플랜트 기술 등의 연수를 받고 있다. 스시전문점이나 도시락, 샌드위치점, 인터넷쇼핑, 고급 슈퍼 등에서 판매되고 있다
- CCS는 LED 조명기기 제조업체로 자회사인 'Fairy Angel'을 설립하여 교토시에서 식물공장 병설 레스토랑을 운영하고 있다. 미쓰비시화학과 공동으로 태양전지를 이용한 식물공장시스템을 실용화하기 위한 실증실험에 착수하였다.

- 스프레드(Spread)사는 식물공장에 참여하여 프릴양상추, 로미엔양상추, 상추 등을 생산하여 대형마트나 호텔에 납품하고 있다. 2016년 1월 교토에 세계 최대의 로봇식물공장을 건립하여 일 3만주, 연 1,000만주의 상추를 생산할 계획이다.
- 한편, 일본의 IT 업체들은 정밀한 공정관리 기술을 적용하여 식물공장에서 고부가가치 청정 야채를 재배하고 있다. 무균 환경에서 수경재배하기 때문에 살충제 같은 농약을 전혀 쓰지 않아, 식물공장 재배 작물은 씻지 않고 바로 먹거나 요리할 수 있다. 식물공장 야채 가격은 밭이나 비닐하우스에서 키운 것보다 비싸지만 상품성이 충분하고, 식물공장시스템을 판매하는 쪽에도 사업기회가 있다. 도시바, 후지쓰, 샤프 등이 식물공장을 신성장 동력으로 육성하고 있으며, 식물공장사업은 고령화로 일손이 부족해지는 농업 문제를 푸는 데 도움이 될 전망이다.
- 도시바는 요코스카(横須賀)의 플로피 디스크를 생산하던 공장을 식물공장으로 개조하여 시금치와 상추 등 야채를 재배하고 있다. 슈퍼마켓, 편의점, 식당에 출하되고 있으며, 본격적으로 완전인공광 식물공장 생산을 시작했다. (2016년 사업 철수)
- 파나소닉은 후쿠시마 공장의 디지털카메라 생산을 중지하고 식물공장으로 전환했다. 2014년 초 싱가포르 서부산업단지에 LED 광과 양액으로 무와 배추를 재배하는 실내농장을 짓고 생산에 착수했다. 2014년 7월 일식 레스토랑에 상업판매를 개시하였고, 2014년 11월부터는 슈퍼 등에서도 판매하고 있다. 2015년 11월에는 싱가포르 현지에서 생산한 상추와 겨자재, 파프리카를 슈퍼마켓의 신선식품 코너에서 판매하여 가격은 비싸지만 신선하고 맛있다는 평가를 받고 있다.
- 후지쓰는 후쿠시마의 휴대전화용 반도체를 생산하던 공장에서 상추를 재배하고 있으며, 90g 한 봉지를 일반 상추의 약 2배 값인 500 엔에 판매하고 있다.
- 샤프는 두바이에서 실내 딸기 공장을 운영하여 중동시장을 겨냥해 가동하고 있다. NEC는 인도 푸네 지역에 온실형 공장을 지어 딸기를 재배하는데, 일본에서 원격 제어한다.
- 쇼와社は 도쿄 남서부 가나가와현 가와사키시 공장지대에 있는 쇼와전공의 스마트팜 연구소를 설립하였다. 1939년 설립된 쇼와전공은 종업원만 1만명이 넘는 석유화학과 알루미늄, LED 분야의 강자다. 쇼와는 2013년 11월부터 연구원 10명이 양상추 등을 기르며 300㎡의 소규모스마트팜을 운영하고 있다. 후지쓰나 파나소닉과 마찬가지로 LED 소자를 생산하는 쇼와는 이미 산업용과 가정용 LED를 개발했지만 스마트팜에만 맞는 전용 LED 개발을 통해 수출을 모색하고 있다. 예를 들어 상추가 좋아하는 LED, 토마토가 좋아하는 LED 등 식물이 자라는 데 필요한 최적의 빛깔과 광량, 밝기 등을 연구하고 있다. 쇼와는 LED 관련 특허도 확보했다. 650나노미터(nm)의 적색광을 12시간, 450나노미터(nm)의 청색광을 12시간씩 교대로 비출 경우 식물의 재배 속도가 빨라진다는 ‘시교법’을 특허로 인정받았다. 이 기법을 사용할 경우 통상 형광등으로 42일 걸리던 양상추 수확이 32일 만에 가능해진다. 쇼와는 이 같은 LED 기술을 바탕으로 다른 기업과 컨소시엄을 구성해 2012년 아랍에미리트에 스마트팜 플랜트를 수출하는 데 참여했다.

다) 유럽 스마트 팜 현황 분석

- 식물공장의 효시는 1957년 덴마크 크리스텐센 농장에서 태양광을 이용하여 온실에서의 새싹 채소(cress)를 재배한 것이다. 이 채소는 새싹으로 먹는 탓에 파종 1주일 후 수확했다.

당시 이 공장의 특징은 평면 시설에 컨베이어 시스템으로 작물을 운반했고, 태양광의 보조 광원으로 고압나트륨램프를 사용했다. 북구 특유의 일조시간이 짧은 데서 발전해온 보광형(補光型)의 식물생산에서 유래된다.

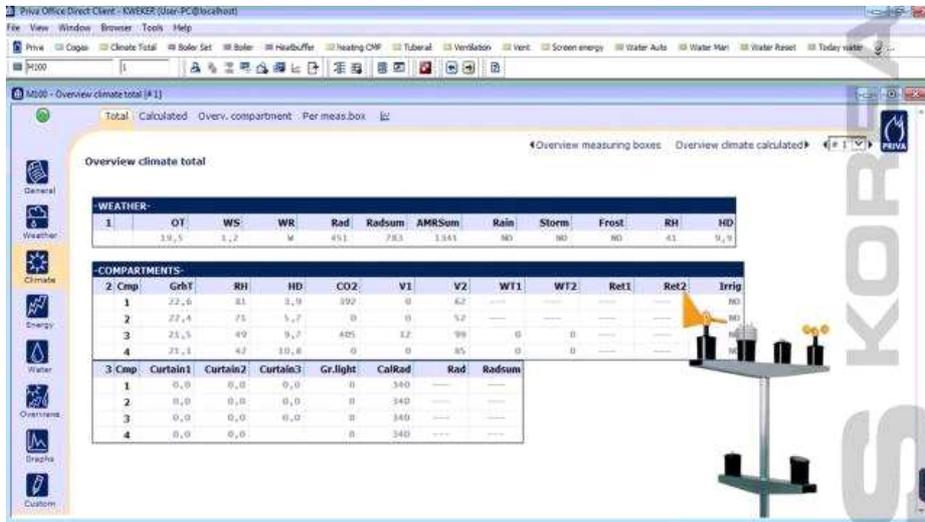
- 유럽의 대표적인 식물공장으로는 스웨덴에서 개발한 ‘Swedeponic’ 시스템과 벨기에 Hortiplan사에서 개발한 ‘재배자동이송시스템(Hortiplan System: Mobile Gulley System)’으로 일반적인 표준화가 이루어졌다.
- 네덜란드를 중심으로 한 유럽에서는 대부분 대형 유리온실에 인공광을 병용한 태양광 병용형 식물공장 생산시스템으로 체계화되고 있다. 네덜란드는 자국에서 소화되는 토마토와 파프리카의 80%를 식물공장에서 생산하고 있으며 세계 2위 농산물 수출국이다.



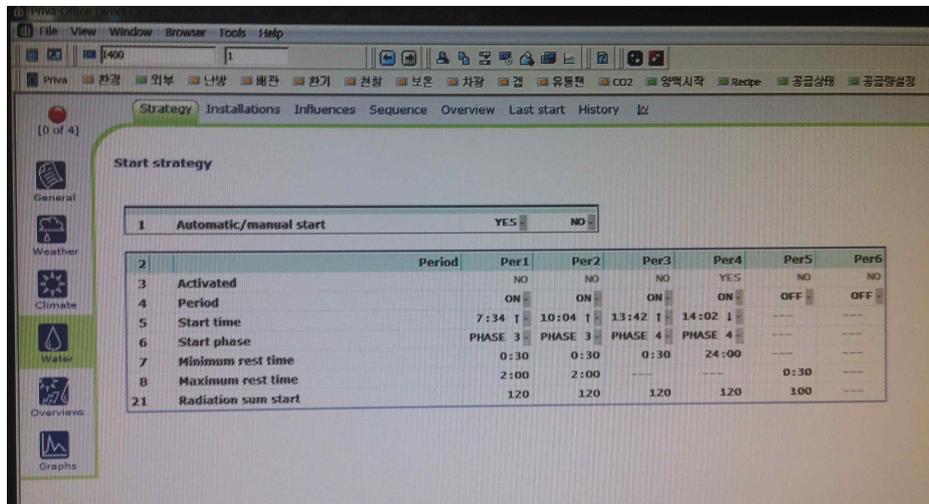
<그림> 네덜란드 프로미넌트 그로워즈 협회의 네트워크 온실

(1) PRIVA (네덜란드, www.priva.com)」

- 온실 복합환경제어 솔루션으로서 네덜란드 프리바사에서 개발 및 공급되고 있는 시스템
- 물, 양분, 에너지의 낭비를 방지하여 비용을 절감하고 조절할 수 있도록 한다.
- 온실의 모니터링과 제어를 위한 센서와 장비들을 통합하여 구성하여 온실 내부의 환경을 이상적으로 조절할 수 있도록 한다.
- 마그마 시스템과 비교하여 고가의 시스템으로서 대규모 온실에서 적용되고 있다.
- 프리바사는 대규모 기업으로서 농업솔루션 이외의 실내 환경제어 등의 솔루션을 가지고 있으며, 세계적으로 공급되고 있다.



<그림> 프리마 시스템 화면



<그림> 프리마 시스템 설정 화면

(2) WISECORP사 (포르투갈, www.wisecorp.com)

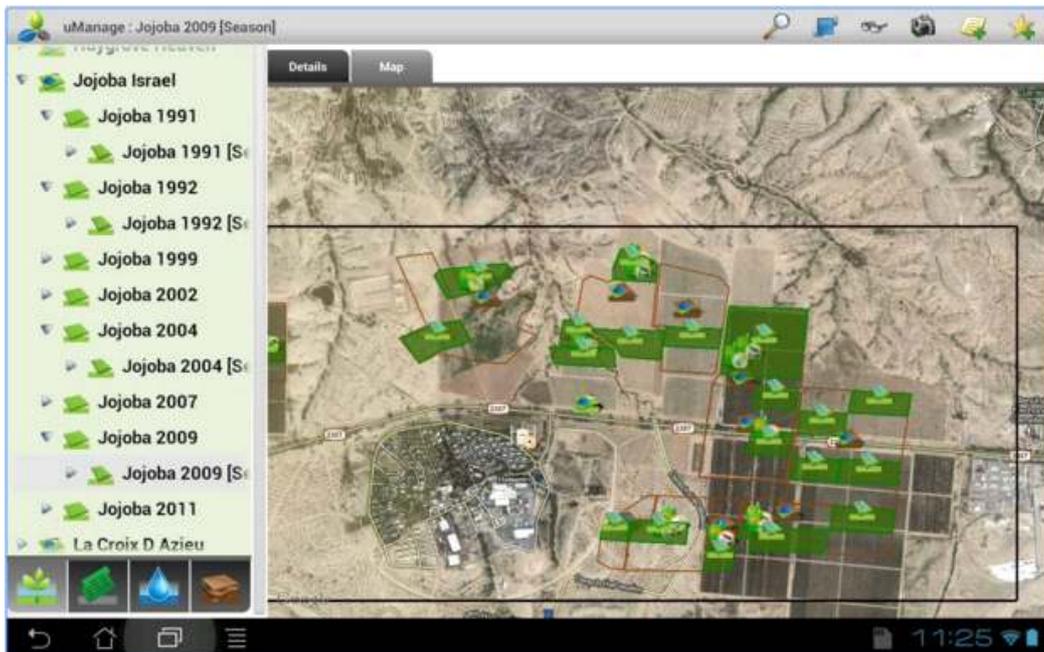
- 포르투갈의 Wise Connect사는 Wisecrop 앱을 통해 모니터링(Monitoring), 경고(Alert), 활성화(Actuation), 기록(Record)의 4개의 기능을 지원하는 농업용 의사결정을 지원한다.
- 모니터링은 온도, 습도, 풍속, 풍향, 방사선, 토양수분 등과 같은 여러 가지 매개변수의 기상측정을 통해 실시간으로 자신의 농지를 모니터링 할 수 있다.
- 경고기능은 질병, 병해충 또는 기후변화로 인한 서리나 돌풍 등의 발생에 대해 사용자에게 경고를 수행한다. 활성화 기능은 관개시스템이나 물 펌프, 또는 환기시설 같은 전자기기를 원격제어 할 수 있다.
- 기록 기능은 사용자의 지속적인 앱 사용으로 가이드를 작성할 수 있도록 도와주며 농사철이 끝난 후에 기록 결과를 출력할 수 있게 한다. 또한 예측 모델 매개변수 산정에 도움을 주며 모델의 결과는 농장의 수준을 최적화 한다.



<그림> WISE Connect사의 농업 관리 앱 화면

(3) NETAFIM사의 농사 관리 앱

- 이스라엘이 NETAFIM사는 uManage by Netafim 앱을 통해 실시간 작물 재배 의사결정 지원 시스템을 운영한다. 농지에 설치된 센서와 각종 장치, 관개밸브 및 관개 컨트롤러에 연결된 펌프의 지속적인 데이터 수집한다. 재배자, 기술자 등이 언제 어디서나 정보를 조회할 수 있다.



<그림> NETAFIM사의 농사관리 앱 화면

라) 한국 스마트 팜 현황 분석

- 국내의 식물공장은 아직 상업화 단계에 도달하지 못했으나, 1990년 이후로 지속적으로 연구 개발을 진행하고 있다. 식물공장의 효시는 1990년 정부의 유리온실 지원사업으로 기존의 하우스 재배에서 나아가 수경재배와 연중생산을 가능하게 했다. 1993년 육묘공장 산업화를 통해 수경 재배기술이 산업화되었다.
- 식물공장의 주체는 유럽은 기업, 일본은 학교와 기업법인체인데 비해 우리나라는 기업과 연구소가 대부분이다. 연구수준을 보면 유럽과 일본은 재배작물 품목을 확대하고 경비절감에 초점을 맞추고 있으나, 우리나라는 실용화 초기단계로 평가되고 있다. 그러나 식물공장시스템 중 설비, 전자, 제어 등 많은 첨단 분야와 농업기술면에서는 선진국 수준에 도달해 있다.
- 재배작물은 기존의 엽채류 중심에서 인삼, 당귀 등 특용작물로 확대되고 있으며, 수확로봇 개발과 함께 고휘원 개발을 위해 LED에서 OLED까지 확대되고 있어, 향후 더 다양한 작목이 생산될 전망이다.
- 국내에 설립된 식물공장들은 운용자의 재배기술에 대한 이해부족으로 어려움을 겪었으나, 현재 동국대 등 대학과 여러 기관에서 식물공장 전문 재배인력을 양성하고 있고, 정부도 일본처럼 집중적으로 식물공장을 육성하겠다는 의지를 보이고 있어 미래 전망은 밝은 편이다.

마) 정부/공공기관 스마트 팜 현황 분석

- 농촌진흥청은 1996년 식물공장 연구에 착수하여 1999년 체인 식 주간조절장치를 개발했다. 2003년 슬라이드식 주간조절장치를 개발하여 매일 45포기를 생산하는 '엽채소 생산시스템'을 구축했다. 또 농촌진흥청은 남극 세종기지에 컨테이너형 식물공장을 설치하여 가동하고 있다.
- 정부는 식물공장 관련 핵심 부품인 LED-IT 개발을 위해 2009년 7월 신성장동력 스마트프로젝트 사업에 'IT-LED 기반 식물공장을 위한 핵심부품 개발과제'를 선정해 추진했다.
- 농림축산식품부와 농업진흥청은 기후변화에 대비한 원활한 식량공급과 농민들의 애로사항 해결 차원에서, 산업통상자원부와 지자체들은 관련 산업의 파생효과를 위해서, 미래창조과학부는 국가차원의 식물공장 원천기술 확보를 위해 나서고 있다.
- 국립농업과학원은 농업을 IT 기술과 접목시킨 식물공장을 운영하고 있다. 외부와 차단된 시설에서 광합성에 필요한 성장을 조절하기 위해 청색/적색 LED 조명을 적용하고 파프리카, 방울토마토, 딸론, 약용작물, 화훼류를 재배하고 있다.
- 경기도농업기술원은 태양광발전과 컨테이너형 식물공장을 연계하는 친환경 식물공장과 로봇을 이용한 식물공장 자동화 생산시스템 연구를 수행하고 있다.
- 경상남도농업기술원의 식물공장 수경재배 인삼에 LED를 활용하여 최적 광량을 규명한 '식물공장 수경인삼 생산기술'이 2015년 6월 농촌진흥청 영농활용기술에 채택되었다.

바) 대학 스마트 팜 현황 분석

- 전북대 익산캠퍼스 내 LED 농생명융합기술연구센터에 2013년 5월 국내 최대 LED 식물공장을 설립하여 하루 145kg의 상추, 치커리, 청경채 등 7종의 채소를 생산하고 현대그린푸드를 통해 판매하고 있다.
- 삼육대는 2013년 도심형 식물공장 학교기업 '수아그리(SU-AgRI)'를 설립했다. 태양광과 LED 조명을 이용하여 1년 연중 유기농 채소를 재배할 수 있는 자동화 농업시설을 갖추고

있다.

사) 기업 스마트 팜 현황 분석

- 인성테크는 LED 광원 다단식 식물공장 (7단)을 2010년 4월부터 운영하고 있다. 상추, 치커리, 케일 등 엽채류를 생산하여 백화점 등에 판매하고 있다.
- 카스트엔지니어링은 LED 광원식 다단식 식물공장을 2010년부터 가동하고 있다. 상추, 딸기, 토마토 및 채소류를 재배하고 있고, 자체 연구개발한 LED 조명과 제어기술로 식물축성재배를 실현한 LED 컨트롤러를 채택했으며, 이동이 용이한 장점을 가지고 있다. 2014년 초 중국 충칭 소재 'PRODIGY'에 1,650m² 규모의 식물공장 시스템을 수출했고, 2014년 말에는 농파이농심과 콘테이너형 식물공장을 수출하는 계약을 체결했다.
- 와이즈산전은 다단식 식물공장(3단)을 운영하고 있으며, CCFL+백색형광등+컬러형광등의 인공광을 사용하고 있다. 롤로, 롤로로사, 적치마, 청치마, 양상추, 토마토, 아이스플랜트 등을 재배하고 있다.
- 파루스는 식물재배용 LED 조명을 생산하고 있는데 식물의 재배에 최적의 파장을 제공하고 있다. 재배작물로는 ① 국화, 장미, 카네이션 등 화훼류, ② 토마토, 파프리카, 고추, 오이, 시금치, 상추 등 채소류, ③ 딸기, 수박, 참외, 호박 등 과채류, ④ 포도, 감귤 등 과일류, ⑤ 당근, 생강, 무 등 근채류, ⑥ 버섯, 인삼, 더덕 등 특수작물 등이 있다.
- 바이오웍스는 2015년 12월 식물공장에서 상추를 하루 10kg, 연간 3,600kg을 생산한다. 4단, 4줄의 재배구조로 LED 조명을 이용하여 날씨에 영향을 받지 않으며, 자연광보다 성장속도나 맛이 뛰어나다. 신장환자를 위한 저칼륨 채소를 비롯해 저질산 채소 등 기능성 채소를 생산할 수 있다.
- 롯데마트 서울역점은 LED 조명과 인공영양액으로 상추와 쪽갓, 샐러드, 느타리버섯을 재배해 판매하고 있다.
- 리프레시 함양의 식물공장은 토양방식의 돔형 식물공장으로 LED 조명과 인공적인 환경제어 시스템 등을 적용하고 있다. 적상추 7,808kg을 생산하며, 육묘 등의 기간을 제외하고 305일 수확이 가능하다.
- 세이푸드 식물공장은 2001년 5월부터 식물공장에서도 상추와 샐러드용 작물, 미트 르꼴라 등의 허브류를 재배하고 있다. 태양광 병용형 식물공장으로 지열과 전기를 활용하여 온도를 조절하고, 전 과정을 자동제어시스템으로 운영하고 있다.
- 경남 울주의 인삼재배공장은 2011년 설립되어 발아부터 재배까지 모두 자동화되어 있어 재배지 밖에서 스마트 제어가 가능하다. 광원기술의 한계로 상추 등 엽채류에 머물렀던 식물공장의 용도를 특용작물인 인삼으로 확대했다.
- LED 조명업체 유양디앤유는 2014년 11월 자체 개발한 LED 식물공장을 중국 칭다오지역에 건립하여 상추와 딸기 등을 재배하고 있다. LED 조명을 태양광의 보조조명으로 사용하여 굵은 날씨로 인한 생산량 변화를 최소화하고 재배기간을 단축했다. 작물 발아를 위한 최적 환경을 제공하는 발아재배장치와 식물재배시스템 등 특허기술을 적용했다. 이산화탄소 공급과 냉난방, 무인방제, 영양액 공급 등을 스마트기기로 통합 관리할 수 있는 솔루션을 제공한다.

5) 국내외 머신러닝을 활용한 수확예측 연구 동향 분석

가) 데이터 처리 기술 국내 선행연구 현황

- 정밀농업관련 데이터의 증가에 따라 가치 있는 데이터를 찾기 위해 데이터 마이닝에 대한 연구가 진행됨(이용범,2004). 농업적 의사결정을 위한 데이터 마이닝에 ‘HighQ’ 모듈은 사용자의 질문에 사용자의 포장 개개의 최적 농작업 투입량을 자동으로 계산해주고, ‘AgFleet’ 라는 재배자에게 계절별, 포장별 농작업 의사 결정을 위한 자료를 수집, 분석, 관리하는데 도움을 줌



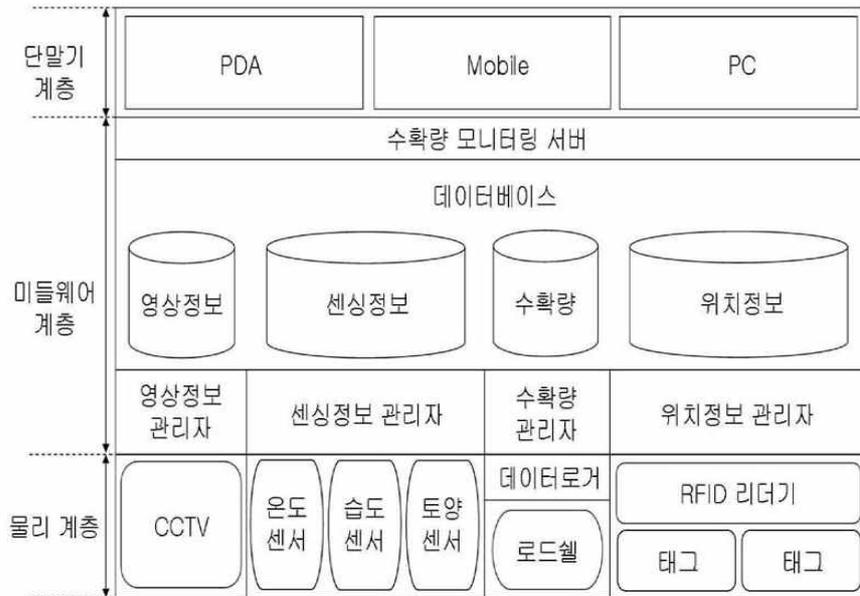
<그림> 정밀농업 작업 프로세스(Global Challenger,2016)

- 정보화 사업의 경제적 가치 창출과 효율을 중시, 실천할 수 있는 농식품산업의 조직과 법 인들에 초점을 맞춘 연구가 진행됨(최영찬,2007). 생산분야의 변화에 대한 전망으로 미래형 첨단 농사기술 및 정밀농업의 실현(기상 및 환경센서를 활용한 필지별 식물 병해충 모니터링 및 방제, GPS, 머신러닝을 이용한 무인농기계, USN기반 식물 성장 및 생육 모니터링 과 관리, 초미세센서를 이용한 시설농업 모니터링 생육환경 자동제어, USN 기반의 온실 및 환경 모니터링 및 환경제어, 무선센서를 이용한 농작물 재해방지, 머신러닝 등),정밀 축 산 및 자동화 음성 및 이미지 인식의 농장단계 이력관리(바이오센서를 이용한 축산 오피 수 퇴액비화 공정관리 및 자연순환 등), 머신러닝을 이용한 농장경영진단 및 의사결정 로 보틱스 등을 제시함



〈그림〉 농가의 IT 기술 활용 미래

- 온실과 같은 일정한 시설이 갖춰진 환경에 적용 가능한 수확량 모니터링 시스템을 설계함 (주희동,2008). 정밀 농업관련 연구사로 며 수확량 모니터링 시스템, 농업토양 환경지리정보 시스템과 요구사항에 대해 농산물이 성장하는 주변 환경 정보를 위치별로 획득하고, 얻어진 정보를 통해 해당 위치에 적절한 양분 및 화학자재를 원하는 양만큼 투입하여, GIS를 이용하여 위치별 작물 생육환경 정보를 관리하고 제어시스템을 구동하기 위한 농자재투입 처방을 결정하는 것을 고려함
- 트레인이 온실에 설치된 레일 위를 이동하면서 앞서 이야기한 정보를 수집하고 미들웨어계층에 무선 또는 유선 통신으로 전송하는 기능을 가짐. 영상은 CCTV로부터 촬영된 영상을 스트리밍 데이터로 수신 받아 영상정보 데이터베이스에 저장함. 수확량 관리자는 데이터로거로부터 변환된 디지털 값을 게이트웨이를 통해 전송받고 수확량 데이터베이스에 저장함. 위치정보 관리자는 줌 및 섹터의 아이디 값이 프로그래밍 된 수동형 태그로부터 읽혀진 정보를 관리하고, 위치정보 데이터베이스에 저장함. 수확량 모니터링 서비스는 수확된 농산물의 중량을 존 및 섹터 단위로 사용자가 단말기를 통해 확인 가능함. 농산물 재배 관리 및 지침 서비스는 수확량 모니터링 서비스와 농산물이 성장하는데 필요한 주변 환경 요소들과 연계하여 사용자에게 제공할 수 있음

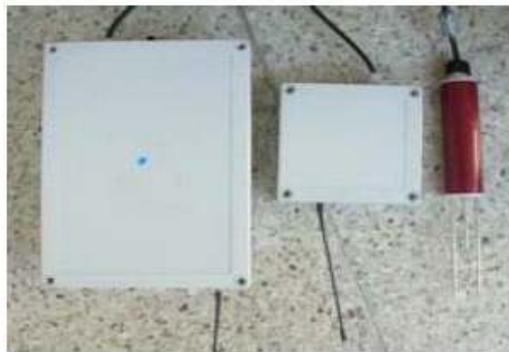


<그림> 수확량 모니터링 시스템 구조

- 토양 및 기상 센서로 부터 온실 내외의 상태와 토양의 정보를 주기적으로 수집하여 사용자가 다양한 플랫폼에서 온실의 상태를 모니터링하고 이를 바탕으로 온실내의 각종 설비장치를 자동 및 수동으로 제어하는 유비쿼터스 온실관리시스템을 제안함(서종성,2008). 각 센서로 부터 들어온 데이터를 센서 관리자가 온실데이터베이스에 가공하여 저장함. 원시데이터의 특정 위치에서 토양 센서의 아이디, 온도, 수분, EC, 배터리 상태값과 기상센서의 아이디, 온도, 습도, 조도, 배터리 상태값을 추출하여 각 단위에 맞게 변환시키고, 변환된 데이터가 네트워크를 통해 온실데이터베이스에 저장함. 온실데이터베이스는 수집된 데이터, 설비장치를 자동제어하기 위한 기준값을 각각의 테이블로 나누어 저장함. 일정 시간간격으로 검사하여 테이블 값의 변화가 있으면 값에 따라 해당 설비장치를 가동 또는 중지시킴
- 응용계층으로 온실의 실내외 상태를 파악하기 위해 토양센서, 기상센서로부터 수집된 데이터를 사용자에게 보여주는 온실 모니터링 서비스와 각종 센서와 CCTV에서 관측된 정보를 바탕으로 온실서버가 자동으로 온실설비장치를 제어하거나 사용자가 수동으로 제어할 수 있는 온실 설비장치 제어 서비스, 토양 센서로부터 측정된 토양의 상태 값을 소비자에게 제공하여 작물의 생육환경에 대해 안심하고 소비할 수 있도록 한 토양정보 제공을 통한 소비자 안심 서비스, CCTV를 통하여 소비자에게 온실의 영상을 제공하는 영상 정보 제공을 통한 소비자 안심 서비스, 온실의 상황변화를 사용자에게 실시간으로 알려주어 조치를 취해 위험상황을 방지하기 위한 위험상황 경고 서비스 등이 있음



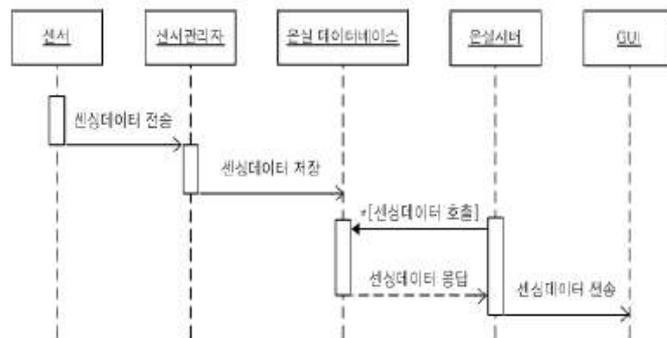
<그림> UGMS 구조



<그림> 토양 센서

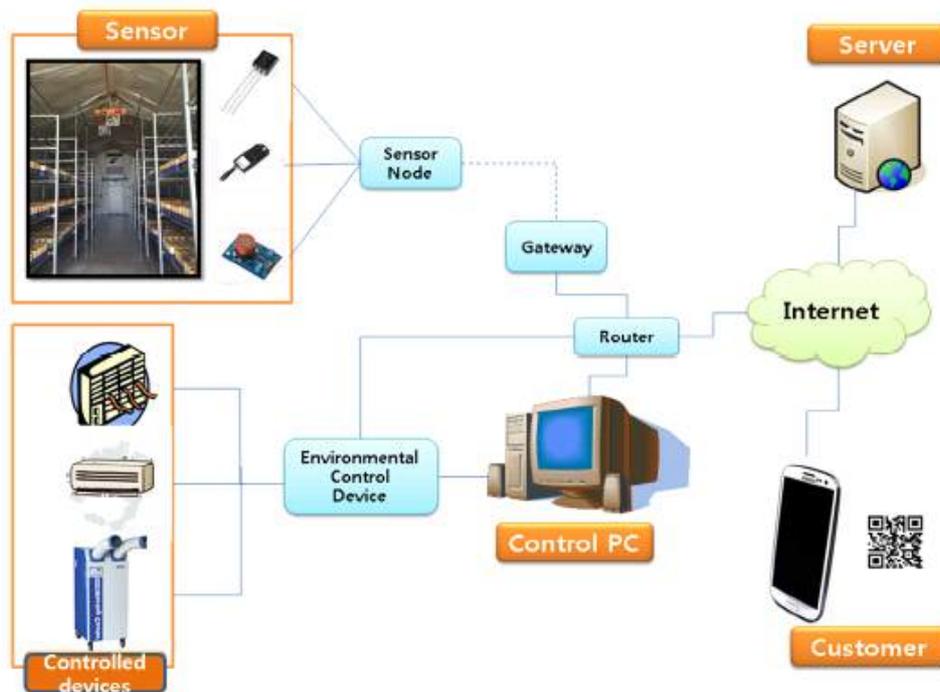


<그림> 기상센서



<그림> 실 모니터링 서비스 동작 과정

- 습도에 따른 버섯 생육상태 정보(상대습도 80-95%)와 최적온도(25℃)에 대한 정보를 탐색 및 수집하여 스마트팜을 위한 자동제어 구성요소를 온습도, 조도, 가습기, 히터, 카메라, 모바일 디바이스, 에어컨 및 환풍기를 자동제어 및 관리를 위한 요소로 제시하고 사물인터넷 환경의 데이터 수집 기능을 활용하여 수집한 데이터는 온도센서, 표식 장치 등을 이용해 자동 표식 시스템을 구축하여 활용, 모바일을 통한 데이터 관리를 수행하는 것을 제시하는 연구가 진행됨(안우영,2016)
- 마케팅을 위해서 QR코드를 이용한 정보 활용과 카메라를 이용한 농작물 작황 상태 분석이 추후 진행되어야 한다고 함으로써 다양한 종류의 센서를 적용하여 농작물 환경개선 및 품질 향상을 위한 환경제어 관하여 언급하며 폭넓은 농작물 스마트팜을 위한 기술력 확보 및 품질 개선을 위한 IoT 기술을 접목함으로써 변화에 대한 동기부여를 함

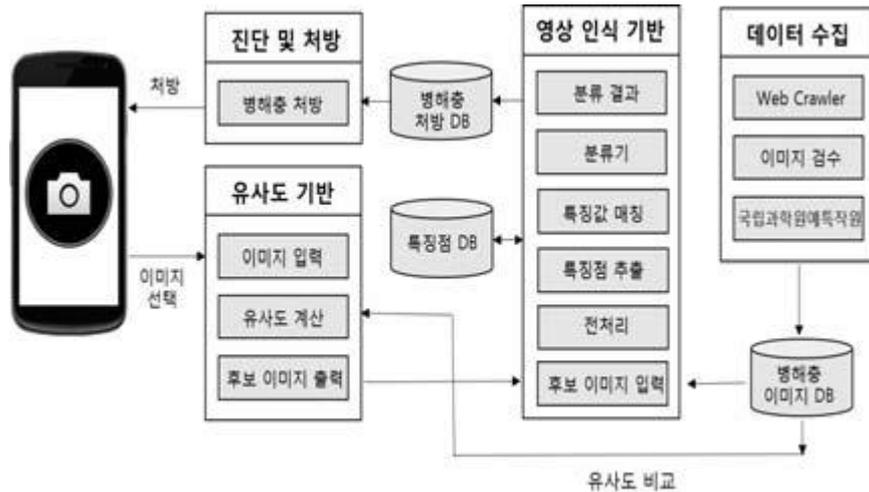


<그림> 버섯 생육 자동제어 장치 개발 설계

- 모바일을 기반으로 하여 사용자가 입력한 이미지에 대해 유사도 기반 이미지 검색과 영상 인식 기반 처리를 동시에 진행하여 농작물 병해충 진단 및 처방 시스템을 설계한 연구가 진행됨(윤학립,2016). 또한 병해충 이미지가 아닌 잡음 이미지의 가능성을 염두하고 검수 시스템을 제안함
- 병해충 이미지와 해당 병해충 정보 및 처방 정보를 저장하기 위해 관계형 데이터베이스 모델을 사용함. 아래의 세 가지 테이블을 사용하여 병해충 이미지 정보 및 처방 정보를 저장함. 질의어 형식으로 해당 질병에 대한 정보 및 처방 정보를 출력하여 유사도 부분에서는 LIRE(Lucene Image Retrieval, 이미지 색인 라이브러리)를 사용하여 입력 이미지의 특징을 추출하여 색인 작업을 마친 병해충 DB에 있는 이미지들과의 유사도를 비교하여 유사도가 높은 이미지를 출력하고, 영상 인식 부분은 지지벡터머신(Support Vector Machine)을 통해

이미지 전처리를 거치고 특징을 추출하고 그 특징을 기계학습 시켜 특정 병해충 검출 정확도를 87~97%를 기록함

- 사용자가 직접 선택한 쿼리 이미지의 특징점을 추출하고 그 특징 점들과 이미 학습된 특징 점들의 비교를 통해 병해충의 종류를 판단하는 분류기 블록 다이어그램을 제안함.

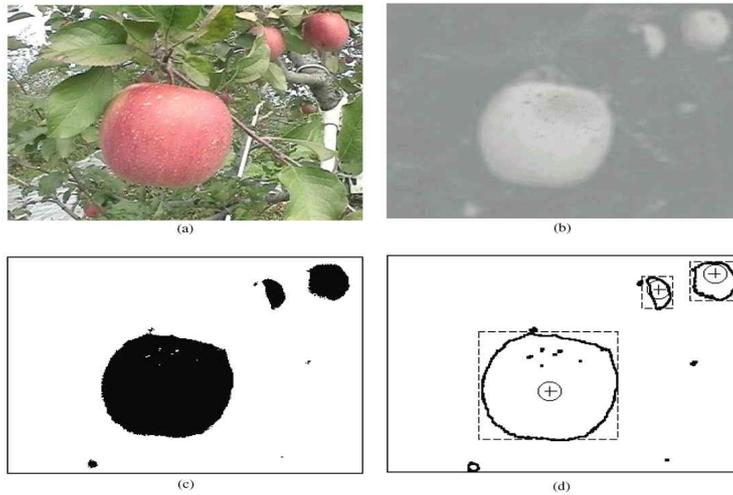


<그림> 전체 스텝 구조도

- 토마토, 파프리카, 딸기 재배 농가 21곳의 환경 및 구동기 빅데이터를 이용하여 온실 내부 환경관리와 구동기 사용현황을 농가별, 계절별, 시간대별 차이를 분석한 연구가 진행됨 (장익훈, 2016)
- 온도는 8월에 27.5, 1월에 15.4를 기록하여 적정 관리수준인 20 대비 여름철에 7, 겨울철에 5 정도 벗어난 관리수준을 보여주었으며 겨울철에 보일러를 가동하여 적정온도에 가깝게 유지 가능하지만 여름철에는 적정온도 관리가 어려운 것을 확인함. 구동기 사용에는 10개 농가에서 이산화탄소 시비기를 사용하였고 시간대별로는 오전 9시부터 오후 2시 사이에 이산화탄소 공급을 집중하는 것을 확인함
- 또한 이산화탄소 시비기 사용 농가와 비사용 농가의 생육량 및 생산량에서 차이를 보이는 것도 확인함. 시설원예 온실에서 실시간으로 생성되는 환경 및 구동기 데이터를 클라우드와 같은 중앙 집중형 데이터저장소를 이용하여 수집할 경우 품목별, 농가별, 환경관리 및 구동기 사용 수준을 비교할 수 있게 되며 환경관리 수준과 구동기 사용여부에 따른 생산성 차이를 통계적으로 검증할 수 있음

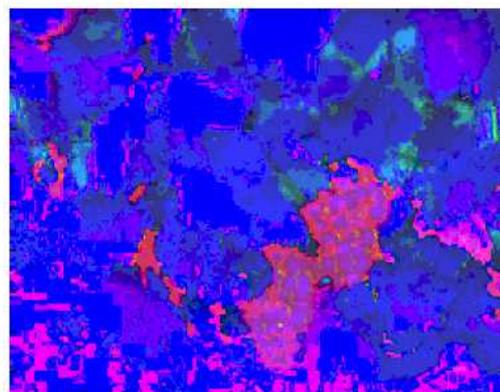
나) 데이터 처리 기술 국외 선행연구 현황

- 과일과 배경 간의 적색 차의 최적 분류점을 찾아 자동 수확시스템을 위한 사과 자동 인식 알고리즘을 개발함(D.M. Bulanon,2002). 네 가지 자연 조명 조건 하에서 실험을 진행하였고 88%의 성공률을 보였지만 밝은 배경의 경우에 오차율이 높음을 확인함

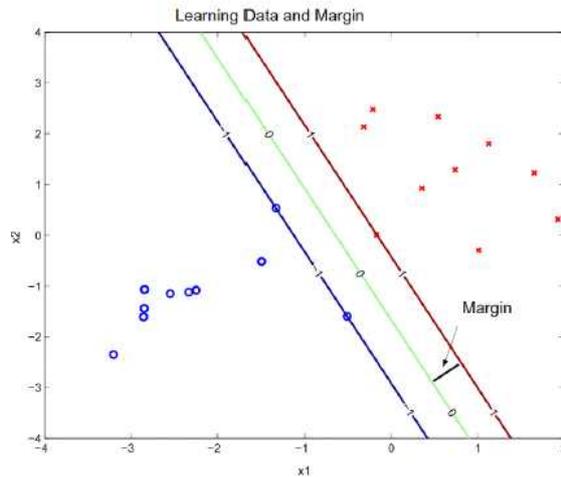


<그림> (a) 후지 사과 의 원색 이미지, (b) 붉은색 차이를 이용하여 처리한 이미지,(c)이진화 기법을 적용한 후의 이미지,(d) 단면 현상 및 형상 추출한 이미지

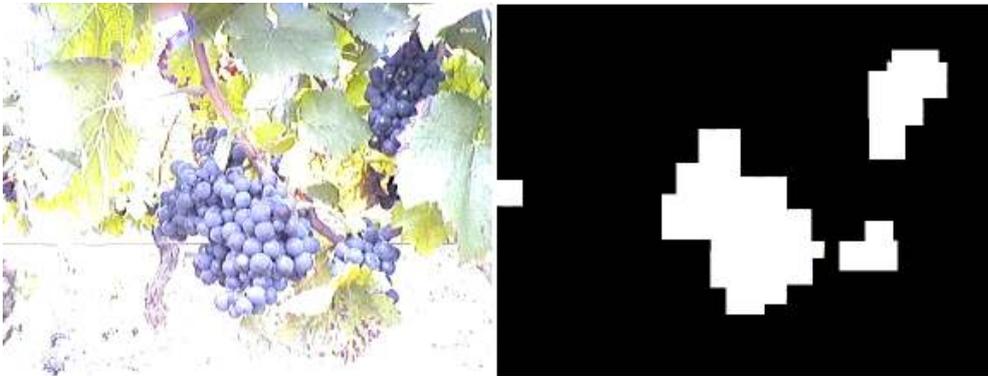
- Zernike moments을 이용하여 야외 이미지에서 회전이나 비율에 상관없이 이미지의 한 블록에서 포도를 검출하는 방법을 제안함(R. Chamelat,2006). 인식률을 증가시키기 위해 색 정보를 이용함



<그림> An image in the color spaces RGB and HSV



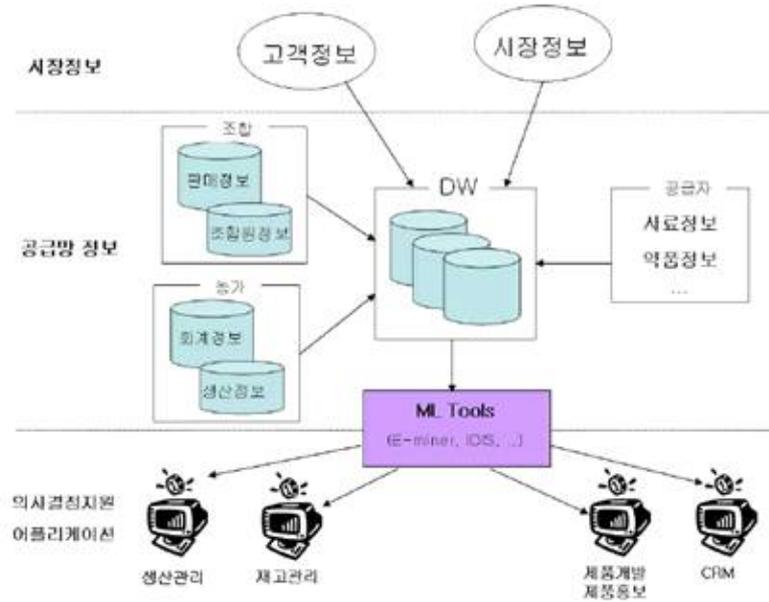
<그림> Example of computed margin in the linear case



<그림> Some images and the associated ground truth used for the learning and recognition steps

다) 머신러닝을 활용한 농업분야 국내 선행연구 현황

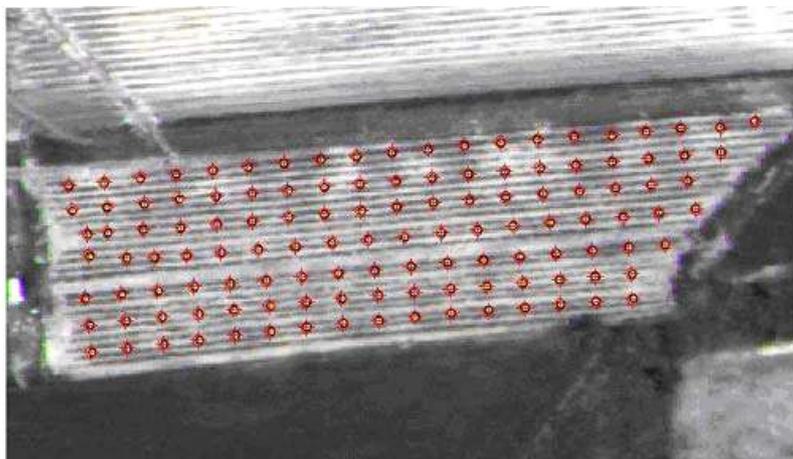
- 머신러닝 방법론을 PigPlan(양돈관리프로그램)에 적용하여 농업경영주의 경영의사결정지원에 활용할 수 있는 방안이 연구됨 (최영찬,2006)
- 사용자 요구조사 - 데이터 대상 사례분석 - 결과 예측 - 의사결정나무 모형 적용 및 분석 - 효과 분석 - 산차별 임신사고 예측 - 산차 별 총산 예측의 순으로 연구를 진행하였고, 이를 통해 머신러닝 기법을 활용할 경우 생산성을 높일 수 있고 사고를 예측할 수 있음. 사례연구에서 사용한 머신러닝 모형을 이용하여 머신러닝 적용에 대한 참조 모형을 도출하였고 조합차원으로 확장함



〈그림〉 조합차원의 머신러닝 활용 시스템

라) 머신러닝을 활용한 농업분야 국외 선행연구 현황

- 입력 출력 관계를 결정하고 다양한 인공 신경망 (ANN) 기술을 사용하여 딸기 생산량을 예측하는 모델을 개발하는 연구가 진행됨(Farhad Misaghi,2004).
- 토양 샘플로 토양 분석 후 딸기 공중 이미지를 취득하여 4 스펙트럼을 각각의 파장 간격에서 얻은 이미지의 합성 이미지의 불일치를 수정하여 다양한 조합을 테스트함. 공중 이미지를 모델에 대한 입력으로 사용하는 것이 상대적으로 정확하게 산출량을 예측하는 실용적인 방법이 될 수 있으며 토양 및 매개 변수와 같은 다른 측정은 정확도를 높이는데 도움이 되지만 측정 및 실험실 분석 비용을 충당하기에는 불충분함

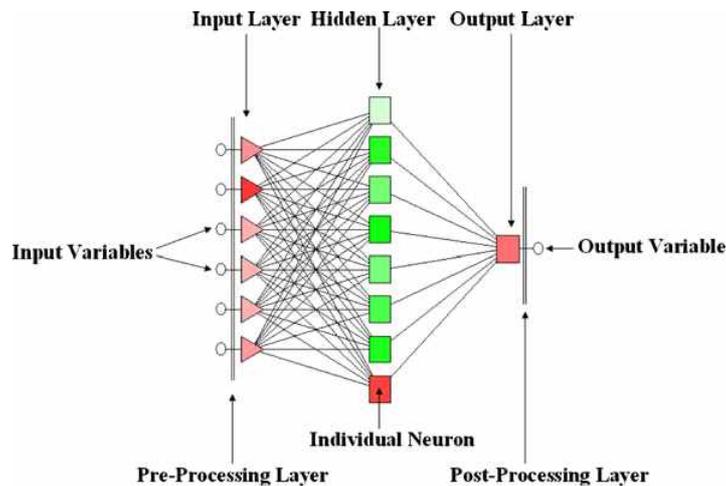


〈그림〉 농장의 샘플링 위치

- 인공 지능 네트워크 (ANN) 분석을 이용하여 선택된 토양, 경관 및 종자 잡종 요인의 수확량과 곡물 품질에 대한 상대적 중요성을 평가하기도 함(Yuxin Miao,2006). 옥수수 수확량,

단백질 함량 및 시험 중량에 대한 중요한 토양, 경관 및 잡종 요인을 식별하고 이들의 관계를 이해하는 데 인공 신경망 (ANN)을 사용함

- ANN 모델로 생성된 응답 곡선은 단순 상관 계수 또는 다중 회귀 방정식 계수보다 토양 또는 경관 요인과 옥수수 수확량 또는 곡물 품질 간의 관계에 대해 훨씬 많은 정보를 제공합니다. ANN 모델은 작물 수확량 또는 곡물 품질의 공간 패턴에 영향을 미치는 중요한 요인을 식별하고 선형 및 비선형 관계를 추정할 수 있음



<그림> Basic structure of a feed-forward multilayered perceptron (MLP) artificial neural network (adapted from StatSoft, 2002)

- 히스토그램 접근법을 기반으로 한 인공 신경망을 이용하여 바나나의 성숙도 인식에 대한 연구를 진행함(Hasnida Saadl,2009). 인공 신경망을 사용하여 성숙도, 이미지 처리 및 이미지 분류의 수준이 다른 미성숙, 성숙, 과성숙 바나나 샘플을 각각 20개씩 수집(2 메가 픽셀의 Microsoft NX6000 웹캠을 사용)하고 32 개의 샘플을 인공 신경망의 훈련 샘플로 사용함. 이미지 테스트용 시료 28개의 샘플 중 정확하게 25 개 샘플을 분류하고 히스토그램에 표시된 RGB 색상 강도 그룹을 기반으로 바나나의 성숙을 인식하는 데 적용함. 그 결과 20개 중 17개를 맞출 수 있음을 확인함



<그림> 생장시기별 (미성숙, 성숙, 과성숙) 바나나 사진

Test Sample	Target	ANN Actual	Result
UNRIPE_11	0 0 1	1 0 1	Cannot be classified
UNRIPE_12	0 0 1	0 0 1	Unripe
UNRIPE_13	0 0 1	1 0 0	Overripe
UNRIPE_14	0 0 1	0 0 1	Unripe
UNRIPE_15	0 0 1	0 0 1	Unripe
UNRIPE_16	0 0 1	0 0 1	Unripe
UNRIPE_17	0 0 1	0 0 1	Unripe
UNRIPE_18	0 0 1	0 0 1	Unripe
UNRIPE_19	0 0 1	0 0 1	Unripe
UNRIPE_20	0 0 1	0 0 1	Unripe
RIPE_13	0 1 0	1 0 0	Overripe
RIPE_14	0 1 0	0 1 0	Ripe
RIPE_15	0 1 0	0 1 0	Ripe
RIPE_16	0 1 0	1 0 0	Ripe
RIPE_17	0 1 0	0 1 0	Ripe
RIPE_18	0 1 0	0 1 0	Ripe
RIPE_19	0 1 0	0 1 0	Ripe
RIPE_20	0 1 0	0 1 0	Ripe
BAD_11	1 0 0	1 0 0	Overripe
BAD_12	1 0 0	1 0 0	Overripe
BAD_13	1 0 0	1 0 0	Overripe
BAD_14	1 0 0	1 0 0	Overripe
BAD_15	1 0 0	1 0 0	Overripe
BAD_16	1 0 0	1 0 0	Overripe
BAD_17	1 0 0	1 0 0	Overripe
BAD_18	1 0 0	1 0 0	Overripe
BAD_19	1 0 0	1 0 0	Overripe
BAD_20	1 0 0	1 0 0	Overripe

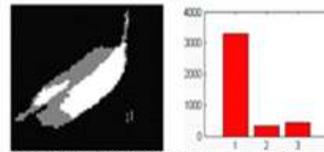


Fig. 9: intensity of red color component and histogram of Bananas

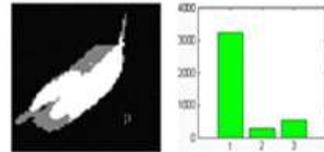


Fig. 10: Green color component and histogram of bananas

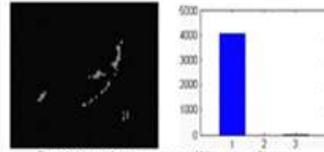
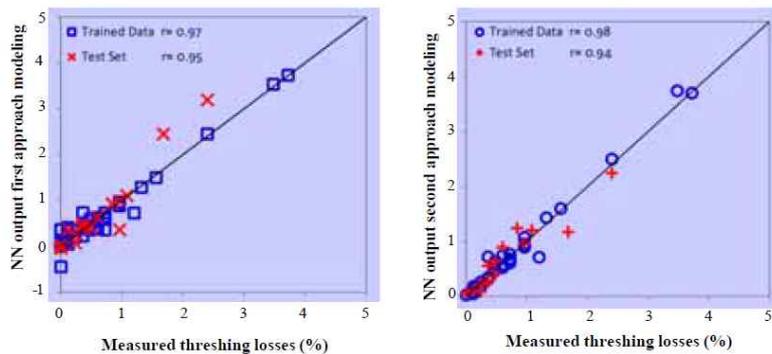


Fig. 11: blue color component and histogram of bananas

<그림> 분석 결과표와 RGB 분석 값

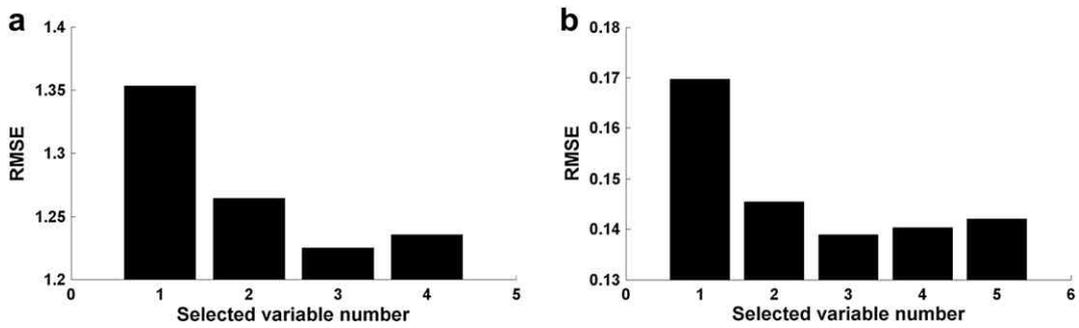
▪ 콤바인 성능을 모델링하기 위한 역 전파(BP) 학습 알고리즘을 갖춘 3 layer perceptron

Neural network (MLP) 개발을 위해 연구함(Tarahom Mesri Gundoshmian,2010). 신경망에 의한 콤바인 성능 모델링을 위해 첫 번째 접근법으로 출력 레이어에 두 개의 뉴런이 있는 MLP 고려하였고, 두 번째 접근법으로 콤바인 성능의 모든 구성 요소에 대해 개별 MLP 고려함. 신경망 모델의 예측된 결과는 실험값과 일치하여 기계 설정, 곡물 상태, 기후상태가 손실에 미치는 영향은 BP 학습 알고리즘을 갖춘 MLP에 의해 만족스러운 만큼의 모델링이 가능하다는 것을 확인함

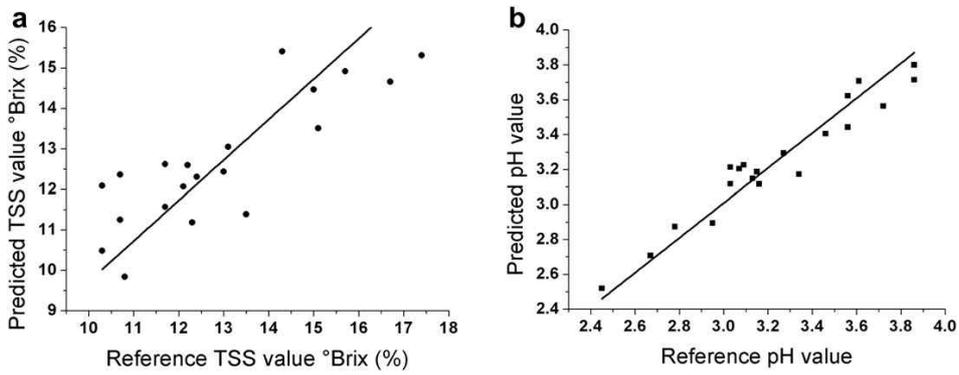


<그림> Correlation between predicted and measured threshing losses for both training and test set in two approaches

- 뽕나무 열매(Morus australis Poir.)의 총 용해성 고체 함량 (TSS)과 PH 결정을 위해 Vis-NIR 분광법을 평가함(Lingxia Huang,2011). 325 nm와 1075 nm 사이의 뽕나무 열매의 Vis-NIR spectra를 측정하였고 모델 보정을 위해 부분 최소 제곱 (PLS), 최소 제곱 벡터 벡터 지원 (LS-SVM) 및 다중 회귀 회귀 (MLR)를 사용하여, 정보 변수 선택을 위해 연속 투영 알고리즘 (SPA) 적용함. Vis -NIR 분광법은 울퉁불퉁 한 표면을 가진 과일의 내부 품질을 신속하고 비파괴적으로 결정이 가능함을 확인함

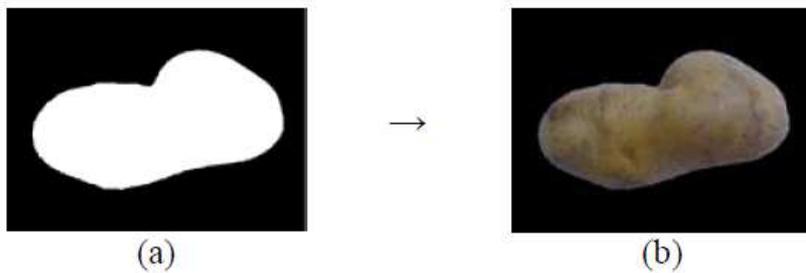


<그림> RMSE scree plot of SPA operated based on the full range spectra for TSS (a) and pH (b).



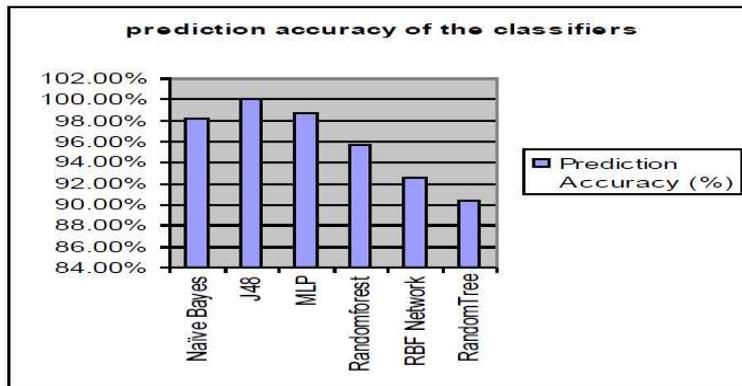
<그림> Predicted vs. reference values of TSS (a) and pH (b) of mulberry fruits by SPA-MLR model. The intercept and slope of fitted line in (a) were 4.5205 and 0.6297, respectively. The intercept and slope of fitted line in (b) were 0.4897 and 0.0534, respectively.

- 감자 등급을 정하는 시점에서 실시간 외부 결함 탐지 시스템을 제안하고자 함(Navid Razmjooy,2011). 이미지를 획득하여 HSV를 통해 배경을 제거한 후 이미지의 특징을 추출하여 MLP, Radial Basis Function networks, SVM이 결함 검출을 위해 보다 우수한 분류기가 선택되도록 연속적으로 검증함. 결함 탐지에서 MLP, Radial Basis Function networks보다 SVM이 더 높은 성능을 보여줌

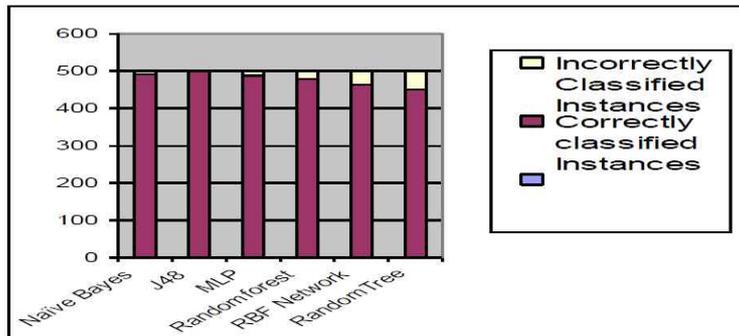


<그림> (a) image after morphological operations (b) segmented image.

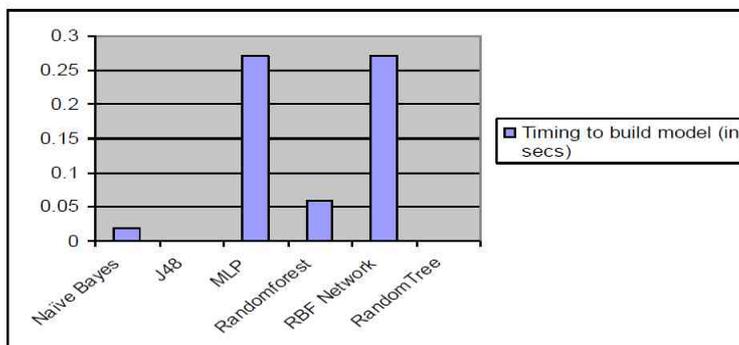
- 목화의 뿌리부분의 온도 변화도에 따라 종자 발아 및 모종 성장의 차이에 의미 있는 패턴이 존재하는지 여부를 결정함으로써 데이터 마이닝 기술을 사용하여 서로 다른 분류 방법을 평가할 수 있는지 확인하고자 함(P. Revathi,2011). 코임바토르 지역의 기존 목화 종자 데이터를 Naive Bayes, J48, MLP, Random Forest, RFF Network, Random Tree를 적용하여 분석하였고 이러한 작업을 통해 농업 데이터베이스의 머신러닝 분류법 적용에 대한 적절성을 확인함. 그 중에서 J48이 다른 알고리즘보다 더 정확도가 우수함을 확인함



<그림> Predict Accuracy of the Classifiers.

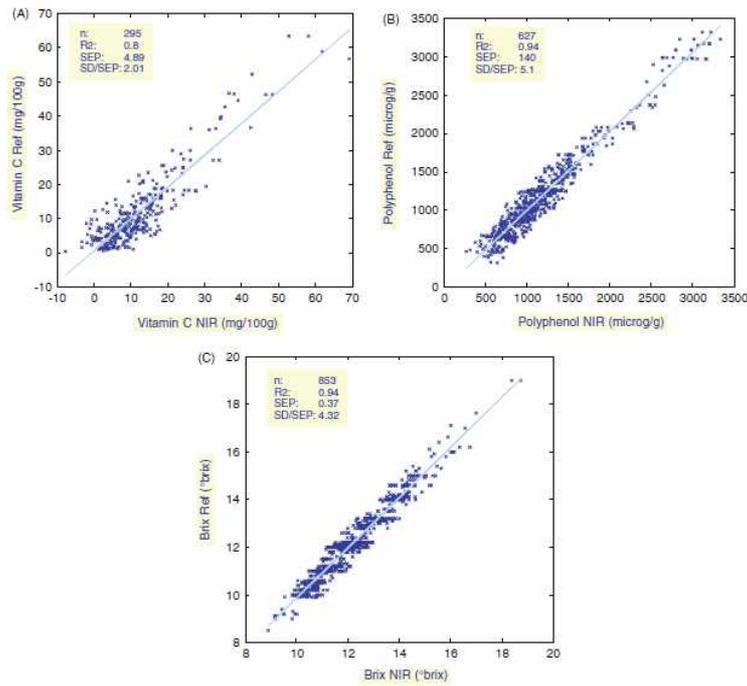


<그림> Error Rate of the Classifiers.

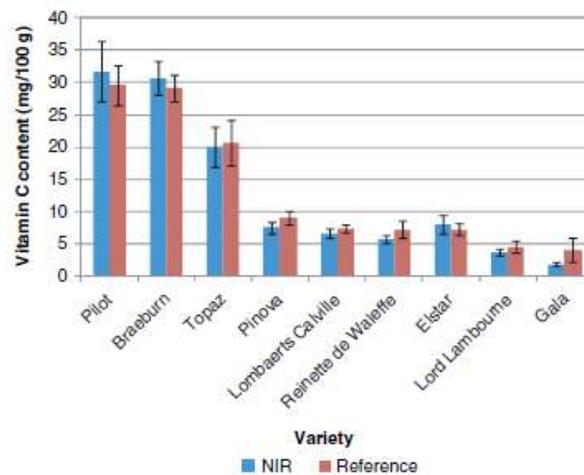


<그림> Represent the time taken to build the J48 and Random Tree very less secs from other classifiers.

- 근적외선 분광법을 이용한 사과의 비타민 C, 총 폴리페놀 및 당 함량의 비파괴 측정하고자 함(Audrey Pissard,2012). NIR 분광법과 다변량 보정 기법을 함께 사용하여 사과의 품질 매개 변수를 측정함. 육종의 경우 다양한 농도에 따라 품종을 분류하는데 근적외선 분광법 이용이 가능함을 확인함

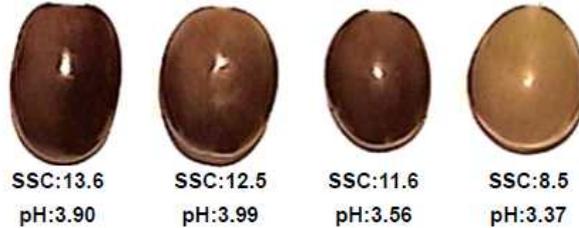


<그림> Prediction results for the validation sets. The figure shows the correlation between NIRS predicted and reference values for vitamin C (A), total polyphenol (B) and sugar (C) content obtained using the LS-SVM models.

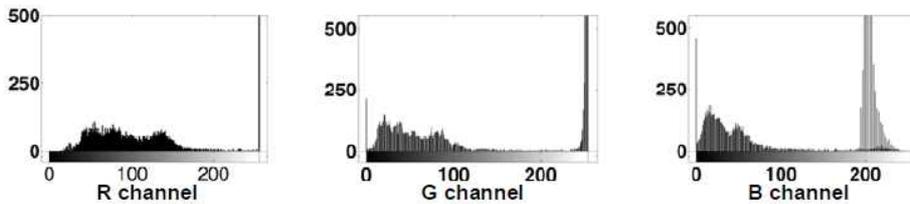


<그림> Comparison of vitamin C content obtained using NIRS and HPLC (reference) methods on nine selected varieties in 2006.

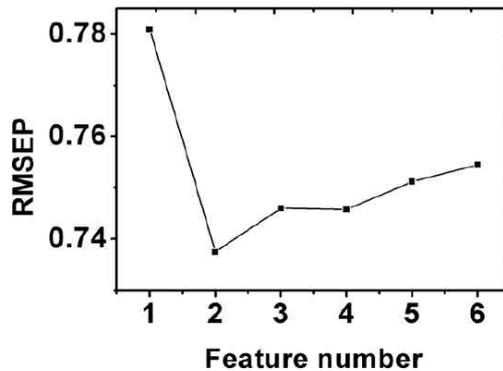
- 포도의 수용성 고형분 함량 (SSC)과 pH (*Vitis labrusca*)로 표현된 내부 품질의 신속한 결정을 위해 색상 특징을 사용하는 가능성 평가함(Songjing Wang,2012). RGB, HIS, NTSC, YCbCr 및 HSV 색상 공간의 각 색상 채널에서 관심 영역 내의 픽셀 강도의 평균 및 표준편차에서 구한 색상 특징의 다양한 조합을 기반으로 최소 - squaresupport 벡터 기계 (LS-SVM) 모델을 확립함. 색상 특징 및 데이터 마이닝 기술의 추출에 기초하여 포도의 pH 및 SSC 예측에 대한 신뢰성 및 실행 가능성이 높음을 확인함



<그림> Pictures of grapes (*Vitis labrusca*)

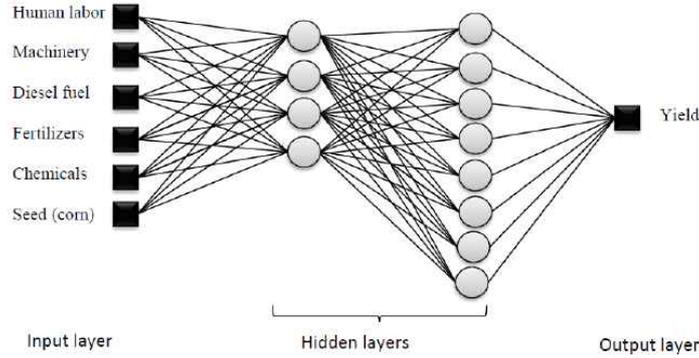


<그림> Histogram of 3-channel RGB image of grapes (*Vitis labrusca*).



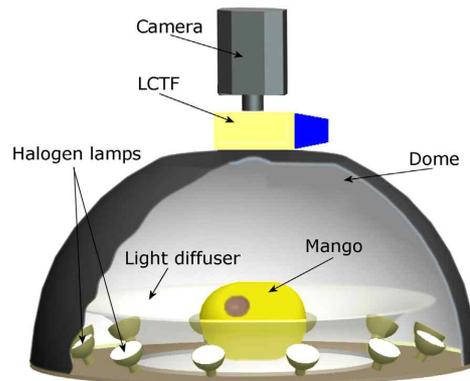
<그림> RMSEP of LS-SVM models based on the selected features.

- 신경망 기반 모델링 및 종자 및 곡물 수확량 예측을 위한 에너지 입력의 감도 분석함(A. Farjam,2014). 결정된 회귀 계수를 ANN 결과와 비교하기 위해 다중 회귀 분석 (MLR)을 수행함. 생산량에 대한 투입 변수의 민감도 분석 결과, 종자 옥수수, 디젤 연료 및 기계류, 곡물 옥수수, 디젤 연료, 종자 소비 및 화학 비료에서 가장 민감한 것을 확인함

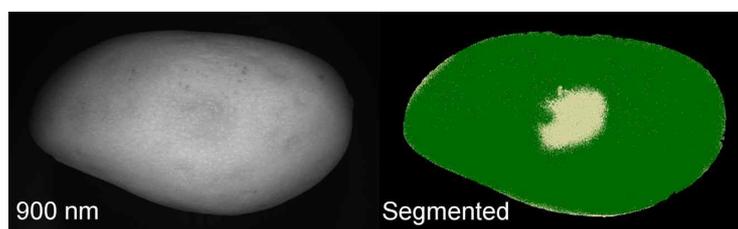


<그림> The best Topology of a fully connected four-layered MLP network for estimation of seed corn yield.

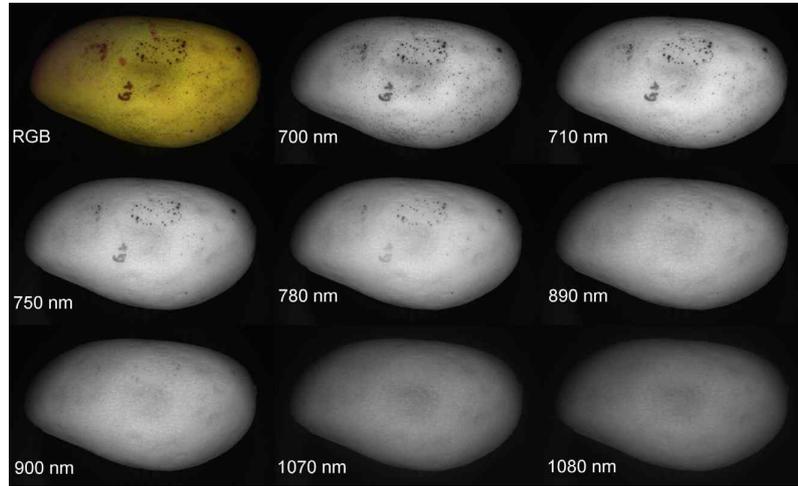
- 하이퍼스펙트럴 이미지 분석을 기반으로 마닐라 망고의 여러 성숙 단계에서 과피의 손상을 평가하는 시스템을 개발함(Nayeli Velez Rivera,2014). 손상을 효과적으로 감지하기 위한 순간을 예측하기 위해 손상이 발생하고 7일간 이미지를 취득하여 모든 밴드를 사용하여 k-NN (SLFN) 분석하고 3일 후 결과 도출하여 최적의 스펙트럼 3개의 영역(700 nm~780 nm, 890 nm~900 nm 및 1070 nm~1080 nm)을 확인함. 망고 이미지의 손상정도를 분류하기 위한 k-NN, ELM, DT 및 LDA는 손상 발생 후 3일 동안 올바른 분류 기준으로 90%를 초과함을 확인함



<그림> Diagram of the computer vision system used to acquire the hyperspectral images.

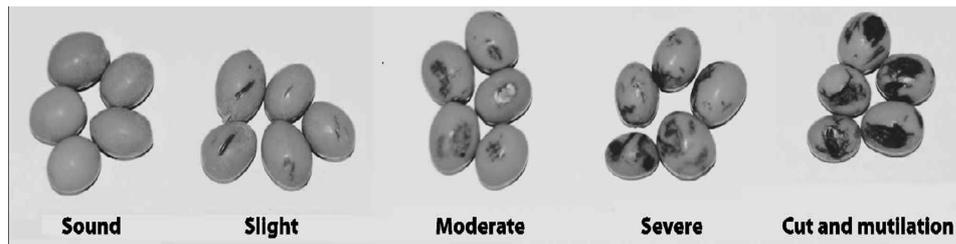


<그림> Segmented image in comparison to the one obtained at 900 nm.

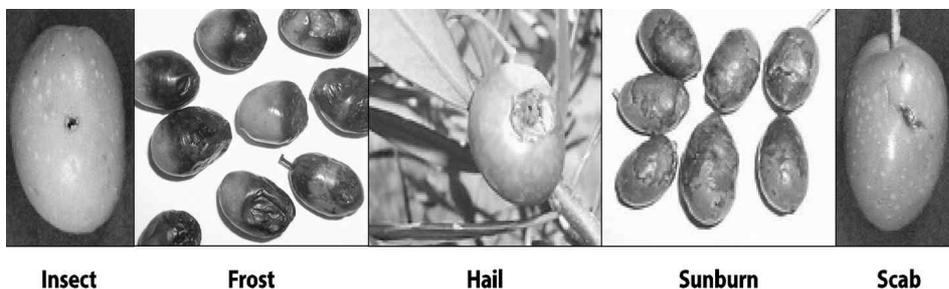


〈그림〉 Example of RGB and monochromatic images of a mango sample captured at certain wavelengths.

- 올리브 산업에서 자연 상태의 과일의 품질 평가를 위한 비파괴 적외선 분광기의 사용에 대한 최첨단 기술을 연구함(Elisabetta Stella,2015). 올리브 외형 품질 평가를 위한 비파괴 NIR 분광기 사용의 적용에 관한 최근 연구 검토, 올리브 과일의 화학적 매개 변수에 관한 연구 검토, 경제적 측면에서 자연 상태의 올리브의 진위성을 검토하였고 올리브의 온라인 및 오프라인의 품질 및 안전 검사에 근적외선 분광법을 사용할 수 있는 가능성을 보여줌. 그러나 연구의 대부분이 실험실에서 이루어져 작은 데이터셋에 의해 모델의 견고성이 영향을 받을 수 있으므로 향후 상업적 규모로 확대하는 연구가 필요함



〈그림〉 Visual classification of mechanical fruit damage 24 hours after harvesting (Jiménez-Jiménez *et al.*21).



〈그림〉 Common causes of external damage and blemishes of olives.

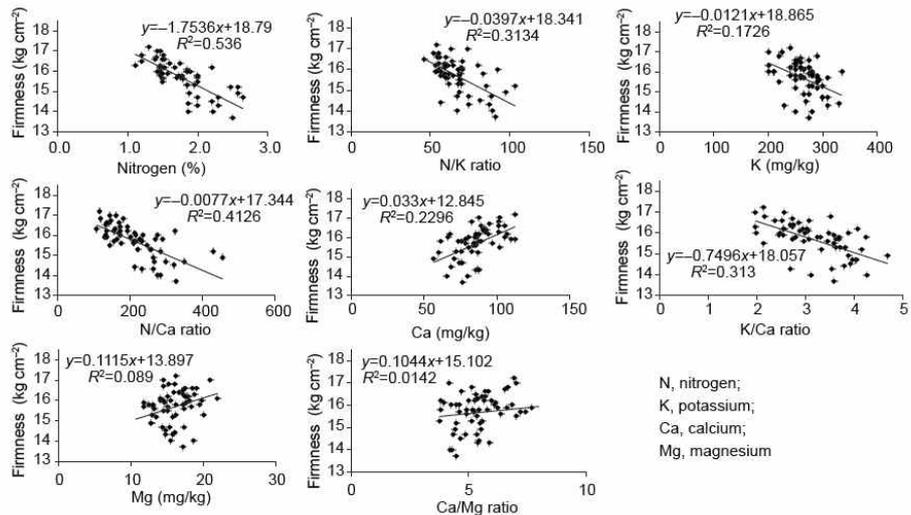
- 코코아 수확 후 손실 감소에 대한 신뢰할 수 있는 예측 도구로서의 인공 신경망(ANN) 모델을 개발하고자 함(Adewumi I.O,2016). Neurosolutions 5.07 소프트웨어 패키지를 사용하여 단일 입력 및 단일 출력으로 인공 신경망 제작하여 코코아 가공 회사에서 얻은 원시 생산 데

이터를 사용하여 파일럿 테스트를 수행함. 데이터 세트는 두 개의 입력 변수(주당 코코아 주스의 양과 빵은 코코아 덩어리의 양)와 두 개의 출력 변수(주간 수량의 코코아 버터와 코코아 케익)로 구성하였고 소프트웨어 개발자가 지정한 0.0001의 목표 오류 내에 있기 때문에 개발된 네트워크가 높은 정확도로 출력량을 예측함. 이러한 출력을 높은 정확도로 예측할 수 있는 네트워크의 능력은 인공 신경망이 입력과 출력 간에 밀폐된 수학적 관계가 없는 상황에서 예측 가능성이 높다는 것을 입증함



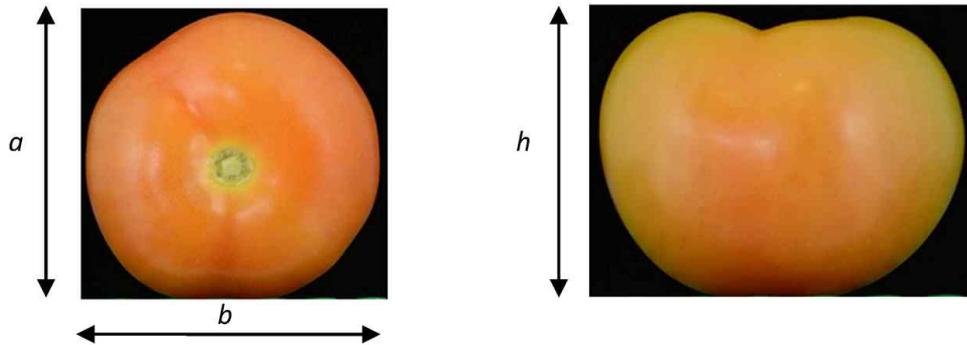
<그림> Graph of Desired and Network Output for Cocoa Butter using one Input during Cross Validation

- 서로 다른 네 지역의 대추 과일의 차이점을 구별하기 위해 NIRS를 기반으로 한 분석 조사 및 연구함(Ying Guo,2016). NIRS 모델로 대추의 설탕, 총산, 총 페놀 함량, 항산화 분석을 수행하고, 화학적 모델은 SNV-SPA 근적외선 분광 데이터를 사용함. 근적외선 스펙트럼은 PCA, LDA, LS-SVM, BP-ANN 모델을 사용하였고, 정량적 화학 성분 및 항산화 활성은 PLS, AP-ANN, LS-SVM을 사용하여 분석함
- LS-SVM 예측 모델이 가장 최상의 결과를 얻었으며 기존의 습식 방법과 비교하여 NIRS 분석이 신속하고 비파괴 적이며 반복성이 높음을 확인함. 품질 관리를 효과적이고 화학적으로 신속하게 탐지하는 데 유망한 것으로 보이며 NIR은 화학모델과 함께 농산물 및 식품의 빠르고 신뢰할 수 있는 솔루션 제공하는 것을 확인함
- 인공 신경망 (ANN)과 다중 선형 회귀 (MLR)에 의한 과일 미네랄 영양소 농도를 이용한 키위 단단함을 예측하고자 함(Ali Mohammadi Torkashvand,2017). 6개월 후 과일의 견고성을 평가하기 위해 다중 선형 회귀 분석법과 ANN을 이용하였고 영양염 (마그네슘(Mg), 질소 (N), 칼륨 (K), 칼슘 (Ca)) 농도를 P1, 양분 농도 조합은 P2, 영양 농도 배급은 P3, 양분의 조합 농도 및 양분 농도 비율을 P4로 나타내어 수확 시 과일에서 N 및 Ca 농도와 배합량을 측정하여 6 개월 키위(과일)의 단단함을 예측함. MLR 모델이 3 가지 데이터 세트 (P1, P2 및 P4)에서 ANN 모델보다 정확한 과일 견고성을 추정할 수 있음을 확인함



<그림> Scatter plot displaying between fruit firmness and input dataset.

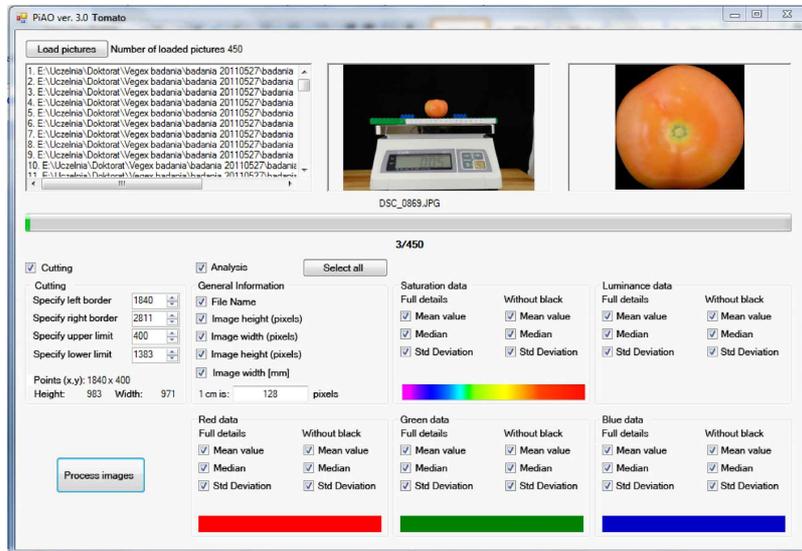
- 신경망과 이미지 분석을 사용하여 온실 토마토(Cappricia)를 포함한 농산물의 품질 평가 방법 제안하고자 함(Maciej Zaborowicz, 2017). 신경망 분류 모델에 적합한 토마토 사진 데이터를 수집하여 setsPiAO로 ANN 시뮬레이트하고 출력 데이터 세트를 생성하여 ANN 학습 과정을 실행하여 결과를 도출함. RBF 22: 22-20-2:2 ANN 모델은 22개의 입력 뉴런, 숨겨진 층의 2개 뉴런 및 토마토의 색상과 경도를 나타내는 2개의 출력을 가지며 온실 토마토의 빠르고 효과적인 품질 평가를 제공하는데 적합함을 확인함



<그림> Views of a tomato on the stem side (on the left) and on the front side (on the right).



<그림> Image acquisition test station.



<그림> IT system PiAO ver. 3.0 Tomato.

나. 스마트 팜 정의 및 개괄

1) 스마트 팜 관련 용어 정리

- 스마트 팜은 해당 기술이 적용된 노지재배와 시설재배 모두에 해당 가능한 용어로 사용될 수 있으나 본 보고서에서는 해당 기술 적용 시설재배에 한정하여 사용한다.
- 식물공장 (Vegetable Factory)의 계절이나 장소에 관계없이 환경제어 및 자동화를 통해 공장생산과 동일하게 작물의 생산 전과정을 계획하고 통제하여 최종 산물을 생산하는 시설을 말한다. 또한 일반적으로 외부 환경을 차단하고 100% 통제된 인공 환경 하에서 작물을 재배하는 방식을 의미하기도 하나 본 보고서에서는 외부 환경변수와 인공환경을 병행 사용하는 스마트 파밍 기술 기반 시설재배 시스템도 식물공장이라고 지칭하도록 한다.

2) 스마트팜과 정밀농업

가) 스마트팜 재배 방식

- 정밀농업 기술이 적용된 시설재배 방식
- 농업은 기후와 기상, 토양과 양분 상태 등 환경의 영향을 만히 받기 때문에 재배 가능 작물이 제한되며 생산량의 변동폭이 크며 작황 예측이 관련한 문제가 있다. 근래 샐러드나 생식용 엽채류 등은 비닐하우스나 유리온실 등 시설재배 농업 방식이 도입되어 연중 재배와 생산이 가능하게 되었으나 우리나라처럼 사계절이 존재하는 기후대에서는 겨울철은 일조량 부족, 난방비 증가, 폭설에 위한 시설동 피해 등으로, 겨울 이외 계절에도 홍수, 가뭄, 냉해, 고온피해, 병충해 등에 의해 생산량이 급변하여 공급물량 품귀와 가격폭등의 수급불균형 상황이 자주 반복되고 있다. 또한 노지 재배 뿐만 아니라 시설 재배의 경우에도 과도한 밀식에 따른 토양 양분 상태 저하와 작물 저항력 감소로 인해 병충해 피해가 발생하며 이를 방제하고자 농약의 사용량도 증가하고 있다. 비닐하우스나 유리온실과 같이 완전밀폐 또는 반밀폐 환경에서의 농약 살포는 해당 농민의 건강을 심각하게 위협하며 농작물도 잔류 농약 문제에서 자유롭지 못하게 되는 상황이다.
- 세계 농식품 관련 산업의 규모는 2014년 기준 미화 5조3,000억 달러로 자동차산업 1조 6,000억 달러의 3배 수준에 달하며 세계적인 인구폭증과 더불어 지구온난화에 따른 기상이변으로 안정적인 식량 공급이 세계적인 주요 이슈가 되고 있다. 또한 중국, 러시아, 인도, 인도네시아 등 신흥 개발도상국의 소득수준 향상에 따른 안전, 고품질, 고가의 식품에 대한 시장 규모가 급증하고 있으므로 이러한 시장 수요에 대응할 수 있도록 사전에 준비하여야 하며 이러한 여러가지 원인으로 인해 2020년에는 세계 농식품 산업 규모가 6조 4,000억 달러에 달할 것으로 예상된다.
- 그러나 현실은 늘어나는 인구와 줄어드는 경작지에 대한 문제가 있다. 1960년대 세계 1인당 평균 경지면적은 1.13 ha 였으나 2030년에는 1/3 수준인 0.32 ha로 줄어들 것으로 전망된다. 단위면적 당 생산성을 획기적으로 높이지 않으면 세계는 식량위기에 직면할 수밖에 없다. 그러나 단위면적 당 생산성을 무작정 높일 수는 없다. 미국 등 세계의 곡창지대의 생산성은 이미 물리적 한계에 근접하고 있기 때문이다. 급격한 기후변화로 인한 이상기상의 증가, 물

부족, 타산업과 물을 놓고 벌이는 경쟁, 대규모 단일재배 (monoculture) 시스템에서는 피할 수 없는 병해충 발생은 농업생산성을 위협하는 요소이다.

- 지속가능한 농업은 이미 과학적, 환경적으로 가장 큰 이슈가 된지 오래였다. 유기농업과 친환경 경농업의 부상은 모노 컬처로 초래되는 농업환경의 단점을 어느 정도 완화하고 있으며, 농자재 투입을 최적화하여 환경부하를 경감하는 정밀농업은 농장경영 효율화를 위해서도 채택해야만 하는 기술이 되었다.
- 정밀농업은 농작물 재배에 투입되는 모든 요소를 작물 생육에 최적화 되도록 정밀 통제하여 투입 비용과 노력을 경감시키고 생산성을 증대시키기 위한 솔루션이다.
- 또한 단순히 재배 관련뿐만 아니라 전 세계적 차원의 시황 예측까지도 가능하게 하여 생산하고자 하는 작물종과 품종도 결정할 수 있게끔 지원해준다. 정밀농업은 비료, 농약, 물, 에너지의 사용을 최적화 최소화 시켜 자원의 낭비, 환경오염생산 비용의 증가를 억제하며 최적화된 솔루션에 의한 생산량 증대와 시황에 따른 탄력적 대응을 가능하도록 지원해준다. 예를 들어 최첨단 정밀농업 솔루션에는 기상 예측과 시설난방과 장비의 연료인 국제유가의 등락 예측과 이에 따른 시뮬레이션 결과를 제시하여 농업인의 대처 의사결정을 지원한다.
- 정밀농업은 데이터의 취합에서 시작한다. 작물 생육에 필요한 각종 환경인자에 대한 광범위한 데이터를 수집 후 이것을 지능형 DB로 구축하여 각 인자들의 유기적 관계성에 기초하여 투입자원과 에너지를 최적화시켜 비용, 환경오염, 자원 낭비를 최대한 억제하고 생산성을 최대화 시키는 과정이다.

나) 정밀농업과 센서 네트워킹

- 정밀농업은 작물재배에 필요한 빛, 온도, 수분, 양분, 이산화탄소, 양액의 pH등 직접 요소와 각종, 모터, 밸브, 히터, 펌프, 팬 등 지원 요소들에 대한 실시간 동시 다발적 센싱이 필수이다. 센싱된 데이터는 유무선 시스템에 의해 전달되며 이를 센서 네트워크 시스템이라고 한다. 이렇게 센서를 통해 확보된 정보는 메인 통제 시스템과 연결되어 지능적 통제의 기초 데이터로 활용한다. 즉 스마트팜에서 정밀농업을 가능케 하는 핵심 기술은 센서와 네트워크 시스템이다.

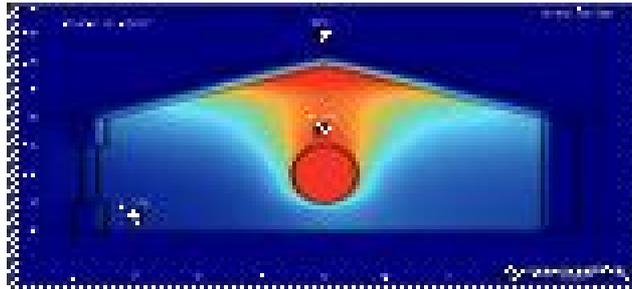
다) 가시광선 기반 이미지 센싱의 필요성과 활용방안

- 평면 이미지 데이터 프로세싱과 3D 이미지 프로세싱 기법을 각각 또는 결합하여 활용하여 작물별 형태와 부피, 색상, 위치 정보를 파악하여 파종 및 양묘, 정식, 재배, 수확, 분류, 선별, 포장, 저장, 출하 전반에 걸친 작업 관리 및 통제 가능
- 순수수경 또는 고형 배지경 모두 작물을 트레이 상에 정지 작업시 인력 투입을 최소화 하고 자동화 시스템을 도입해야 작업의 정확성과 균일성을 향상, 유묘정식과 수확 시 제품의 손상 방지, 이물질 오염 여부와 병충해 피해 여부를 실시간 직간접 가시적으로 확인 가능
- 3D이미지 센싱은 수확 작업, 분류선별 작업, 포장작업, 저장과 출고 시 활용 가능 (부피, 형태, 색상 인식 가능)

라) 적외선 (열영상) 이미지 센싱의 필요성과 활용방안

- 식물 공장 내부 전체 또는 일정 구획 공간의 열 영상을 이용하여 열대류 상황체크 가능
- 넓은 공간 내 전체적인 열분포 확인 가능

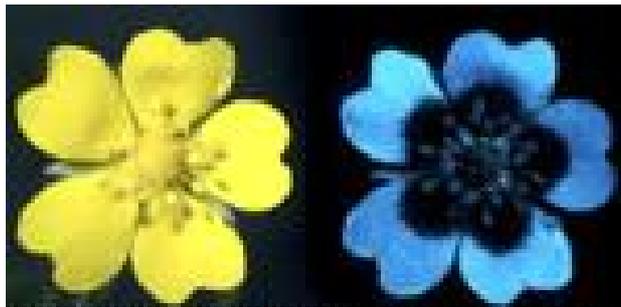
- 공장 내 각 설비와 지점의 온도 센서에서 생산된 데이터와 융합하여 공장 내 열분포와 열 균형 정밀 조절 가능



<그림> 실내 온도 분포 적외선 센싱의 예

마) 자외선 이미지 센싱의 필요성과 활용방안

- 공장 내 작물이 엽채나 근채류가 아닌 (토마토, 가지, 피망 등 약 27종) 열매 작물의 경우 (인공) 꽃가루받이(화분매개)가 필요
- 인력의 이용은 작업 비용과 시간 그리고 정확도 측면에서 비효율적
- 인공 사육된 화분 매개충 (실외 대비 내 활동성이 떨어지지 않는 뒤영벌, 꽃등에 등) 이용 시 인력 작업 대비 비용이 70% 수준임. 꽃가루 매개 곤충은 식물체 꽃의 자외선 영상을 감지



<그림> 꽃의 가시광선 이미지 (좌) vs. 자외선 이미지 (우)

- 적외선 이미지 센싱을 통하여 공장 내 작물의 최적 가루받이 상태의 꽃 갯수 (밀도) 판단 가능
- 자외선 이미지 센싱 기술을 이용하여 가루받이 작업의 최적 시점과 가루받이 곤충의 개체 수 통제 가능 년 기준 국내산 호박벌의 경우 마리당 650원)

3) 스마트 팜에 적용되는 기술

- 스마트 팜에는 다양한 기술이 적용된다. PC 또는 모바일을 통해 온실의 온습도, 이산화탄소 등을 모니터링하고 창문 개폐, 영양분 공급 등을 원격자동으로 제어하여 재배하는 작물의 최적 생육환경을 유지 관리할 수 있는 기술 등이 포함된다.

〈표〉 스마트온실 구성

스마트온실 구성		단순형 ICT	복잡형 ICT
센서노드	외부	온/습도, 풍향속	일사, 토양온도, 수분IEC
	내부	온/습도, CO2	
제어 노드		천/측창, 보온재, 유동/환기팬	관수, 양액공급
영상 장비		CCTV, 웹캠	
통합제어기		스마트기기, 컴퓨터	복합환경제어시스템
		(원격감시 및 제어)	클라우드서비스

4) WEF (Water, Energy, Fertilizer) 통합관제시스템과 정밀농업

- 당사의 스마트팜 농장관리 플랫폼이 지향하는 WEF (Water, Energy, Fertilizer) 통합 관제 시스템이란 단순히 WEF 사용을 자동적으로 최적화 시키는 시스템이 아닌, 정밀하게 수집되고 구축된 대규모 DB에 기초하여 재배의 전 과정과 모든 자재와 생산물의 입출고를 유기적으로 통제하는 정밀농업의 기본적 수행 방식을 의미한다.
- 스마트팜과 디지털 기술 기반의 지능화된 시설재배 방식
- 스마트팜(Smart Farm)은 기존의 아날로그 방식이 아닌 디지털 기술 기반(Digital Technology Based Farming)의 지능화된 시설재배 방식이다.
- 스마트팜은 기존의 시설재배 농업방식에 빅데이터와 자동화 시스템에 기반한 지능화한 정밀농업 그리고 네트워크 시스템을 결합한 농업 방식, 즉 스마트 팜이 행해지는 새로운 시설재배 농업방식을 의미한다.
- 지능화는 각종 요소의 변화에 대한 선제적 능동적 반응을 의미한다. 이러한 활성화된 반응 메카니즘은 아날로그 기술로는 구현에 한계가 있으므로 디지털 기반이어야 한다. 디지털 기술의 특징은 프로그래머블하다는 것이며 이는 S/W 업데이트만으로도 더 많은 데이터를 더 뛰어난 분석틀로 처리할 수 있는 능력을 발휘하게 할 수 있다.
- 전통적인 H/W 제조업인 자동차 산업에서도 차량 전장 중 디지털 전장 비율이 급속히 증가하고 있으며 전기차 대표주자인 테슬라의 경우 마치 스마트폰처럼 S.W 업데이트를 통해 차량의 성능이 증대된다. 스마트팜도 동일하다.
- 스마트팜의 지능화는 시설재배 농업과 IT, BT, ET의 결합 그리고 생산의 전과정과 생산물에 대한 소비자의 감성만족의 결합에 의해 구현 가능한 시스템이며 전 지구 적 수준에서는 급증하는 세계인구와 이에 따른 식량 부족 문제와 지구온난화에 따른 기상이변에 의한 농작물 생산 불안정 그리고 줄어드는 농업인구와 농지면적에 대응하며 국내적으로는 산업화와 고령화에 따른 농촌 농업노동력의 감소에 대비하며 계절과 날씨와 장소에 관계없이 농

약이나 병충해에 의한 오감염이 없는 고품질 청정 채소를 지속적이며 대량으로 공급하기 위한 필수 솔루션이다

- 지능화는 자극을 감지하여 이에 대한 능동적 반응이 일어나는 메커니즘이다. 이때 자극의 감지는 감지기판이 센서가, 신경망은 유무선 통신 네트워크가, 정보의 기억을 담당하는 해마는 DB 시스템이, 실시간으로 변화하는 정보를 취합하고 기존의 정보와 비교 분석하고 학습하여 반응하게끔 하는 두뇌는 컴퓨터가 담당하며 자극에 대한 물리적 반응의 구체적 행위는 컴퓨터에 연결된 모터, 밸브, 히터, 팬 등의 작동에 의해 구현된다.

5) 스마트팜과 FDSS (Farming Decision Support System)

- 당사의 스마트 농장관리 플랫폼의 머신러닝 기반의 FDSS(재배의사결정 지원시스템)이란 농업인이 작물 생산 과정 중 직면하는 다양하고 복잡한 문제를 해결할 수 있도록 실제 현장에 적용 가능한 최적의 과학적 지식과 데이터를 활용한 정보기술 (IT) 시스템이다.
- 이러한 기술은 정밀농업 기반의 스마트 파밍을 지원하여 노동력과 WEF의 투입을 줄이고 부정적인 환경요소를 최소화 시키며 생산성을 증대시킨다.
- FDSS는 기후, 기상, 물, 에너지, 비료, WEF, 물, 품종, 노동력, 각종 경제적 자원 등에 관한 데이터를 조합하여 각각 요소들의 가장 이상적 투입 비율과 조합에 의한 작물의 최적 최대 생산성을 확보하기 위한 시스템이다.
- 또한 작물종의 선정, 재배, 출하 이전 각 단계에서 최적 작물종, 재배 방법, 출하시기 등을 사전 시뮬레이션할 수 있으므로 현재 보유 또는 미래 확보 가능 자원의 최적 활용이 가능하며 시황의 변동에 대하여 선제적으로 대응할 수 있어 수익성을 최대화 할수 있는 경영계획 수립의 기초 자료로 삼을 수 있다.

6) 스마트팜 인터페이스 및 성능목표

- 스마트팜의 주류를 이루는 양액수경재배의 방식과 기술은 매우 다양하다. 생산하고자 하는 작물종과 재배방법에 적합해야 하며 농장주의 투자 가능 자본의 의해 선택 가능한 방식과 기술이 선정된다. 즉 작물종과 수경재배 방식 및 기술 선정이 우선 되어야 한다.
- 어떠한 작물을 어떠한 수경재배 방식과 기술을 이용하여 재배하는지에 따라 기존 관행 농업 대비 물 수요는 적게는 30% 많게는 90% 이상 까지, 비료의 경우 최대 50%까지, 수확주기는 최대 30%, 단위 면적 당 수확량은 최대 30% 이상 증가됨이 가능하다.
- 스마트팜은 우리나라를 기준 시 작물종, 재배방법, 센싱, 관제 방법, 농장의 규모와 연동성 등에 따라 소규모 간편형에서 대규모 지능형, 최종적으로는 대규모 첨단형 시스템까지 규모, 투입비용, 관제의 대상, 기술적 난이도, 시설 간 연동성 등에 따라 다양한 방식과 기술이 존재한다.
- 스마트팜 지능화를 위한 입출력 인터페이스 규격 및 성능목표 정량화
- 스마트팜의 지능화 : 스마트팜의 지능화는 센서와 DB에 의해 구현된다.
- 입출력 인터페이스 규격 : 센서와 메인 처리 시스템 그리고 각 작동부의 입출력 인터페이스 규격은 우선과 무선을 사용한다.
- 성능목표 정량화 : 센서에 의해 얻어진 데이터와 기 구축된 DB의 데이터를 비교 분석하여

차이 발생 시 DB 데이터를 기준 목표 값으로 삼아 제어기의 구동부를 작동시키고 그 과정과 결과를 다시 실시간 센싱하여 확보한 데이터를 다시 정제분류하고 축적하여 DB를 정량화 및 고도화 시킨다. DB의 질적 수준과 양적 규모와 활용 정도에 따라 스마트 팜 운영의 성공 여부가 달려 있다

- 작물 재배 데이터와 센서 네트워크가 스마트 팜 지능화의 필수 요소이다.
- WEF 복합 관제 시스템의 인터페이스 규격 및 구성 방안 수립
- WEF 복합 관제 시스템의 인터페이스 규격 : 센서, 메인 시스템, 제어부 간 유무선 방식을 규격으로 선정한다
- WEF 복합 관제 시스템의 구성 방안 수립 : 작물종과 재배 방법에 따라서 WEF 소요 정도가 결정된다. 즉 WEF를 복합 관제하고자 한다면 어떠한 작물 종을 어떠한 수경재배 방식으로 재배하고 생산할 것인지를 우선 결정해야한다. 예를 들어 순수수경 방식을 택할 것인지, 순수수경 방식을 택했다면 그것이 선정한 작물종 재배에 적합한 방식인지, 그리고 순수수경 방식 중에 담액식으로 할 것인지 점적식으로 할 것인지 분무식으로 할 것인지 등을 먼저 결정해야 이때 소요되는 WEF의 양과 질의 통합관제 관련 기준 수치와 방법, 도입 기술과 설비, 비용 대비 이윤의 목표 값 등을 설정하여 WEF 통합관제 시스템을 구성할 수 있다.
- 사전계획 수립: 예를 들어 WEF 중 Water의 경우 어떠한 작물종인지, 어떠한 수경 재배 방식인지에 따라 단위 생산량 당 소요되는 물의 양이 10배 ~ 100배 차이를 보이므로 물 소모량의 많고 적음에 따라 관제의 방식, 방법, 기술의 차이가 있으므로 정밀한 사전 계획 수립이 필요하다.
- WEF 통합관제: WEF 통합관제는 WEF 시스템의 상태가 기준치를 만족하는지 여부를 실시간 센싱을 통해 확인하여 그 결과값에 따라 펌프, 밸브, 팬, 조명, 양액 pH와 농도 및 조성, 차광막, 히터, 분무기등을 최소 자원, 최소 에너지 사용만으로도 최적 효과를 낼 수 있도록 작동시킨다.
- DB: WEF 통합관제 시스템 역시 정확하고 정밀한 DB의 구축과 활용을 통한 목표값 세팅에 의해 목적인 대로 구동 가능하다.

7) 스마트팜 생산성 증대 방안

- 당사의 궁극적인 목표는 스마트팜의 수익성을 사회적 기대치 수준이상으로 끌어 올리는 데 있으므로 지능형 장비와 재배기술을 비롯해 스마트팜의 생산성 증대를 위해 고려해야 할 요소를 다음과 같이 검토해 보았다.
- 재배작물 선택의 중요성
 - 공간 이용율을 극대화
 - 빛, 온도, 수분, 양분, 산소, 이산화탄소의 공급/통제
 - 병설 어류 양식 설비 고려
 - 공장형 농장



〈그림〉 미래농업 시스템

가) 양액제어

- 수경재배 (Hydroponics) : 일반 노지에서의 작물 재배가 아닌, 인공 토양 또는 작물을 단순히 물리적으로 지지해주는 여러 가지 형태의 Tray에 작물을 고정 시킨 후 뿌리나 옆면에 인위적으로 양액을 공급하여 작물을 재배하는 재배 시스템
- 양액의 외에 인위적으로 산소와 이산화탄소 농도, 온도와 빛 등을 선택적으로 공급하여 작물의 생장의 촉진과 수확주기의 단축 그리고 식물체성분의 조성을 조절한 고부가가치 특수목적 작물의 재배에 활용
- 외부 환경과의 관계 계와 관련, 완전폐쇄계, 부분개방계, 완전개방계 및 상황에 따른 선택적 개폐기 등 존재
- Aeroponics 등 다른 이름으로 불리는 경우도 있으나 모두 수경재배 또는 양액재배의 범주 내 용어임
- 양액재배 시스템은 공장이므로 해당 시스템의 선택과 도입 시 가장 최우선적으로 고려해야 할 사항은 무엇을 생산할 것인지를 결정하는 것임
- 선 작물선택, 후 생산방식: 먼저 시장에 공급할 작물을 우선 선택 후, 어떠한 방식으로 생산할 것인지를 결정한다. 통상적인 노지 또는 시설재배 방식을 선택할 것인지, 시설재배의 경우 통상적인 방식을 선택할 것인지 아니면 상대적 저비용이 소요되는 기본적인 IoT 솔루션이 적용된 스마트 비닐하우스 방식을 선택할 것인지를 결정한다. 더 나아가 양액재배 방식으로 갈 것인지 아니면 양액재배 방식을 포함한 Full Smart Farming 방식으로 갈 것인지를 선택해야 함
- 양액재배 및 완전 폐쇄계 작물 방식이 아니어도 Full Smart Farming 시스템도입 및 운영 가능. 아울러 기존 시설재배와 비교하여 경쟁력 확보 부분은 반드시 검증 필요
- 스마트 팜 관련 흔히 간과하는 부분은 파종 작업과 재배상 (=Tray)에 위치한 작물의 관리와 수확 작업 임 (흔한 업체류를 대상으로 스마트 팜 운영시 인력 방식은 결코 통상적인 시설재배 방식의 경쟁력을 따라가기 어려울 수 있음)
- 도시농업이건 전문 농업이건 모두 시장의 수요 공급 관계를 고려한 작물종 선택 필요

- 완전 도시국가인 싱가포르의 도시/근교 농업에 있어서의 작물종 선택 및 양액 재배 경험 참고 필요
 - 싱가포르의 식량 자급률 약 10%. 좁은 국토, 농경지 협소, 수자원 부족 타개를 위한 물 재순환/재활용 시스템 강국
 - 지멘스 수처리 연구소 본사가 싱가포르 주재, (이스라엘은 GE)
 - 싱가폴은 식량안보 순위 세계 3위 (영국 이코노미스트 인텔리전스 유닛 (EIU) 2016)이며 수경재배방식의 스카트 팜을 적극 추진 중
 - 싱가포르의 수경재배는 Aeroponics (수기경재배)이며 전체 수경재배의 90%.
- 일본의 도시농업과 시설재배 그리고 스마트 팜 경험 참고 필요 (2015년 현재 일본 식물공장의 70~80% 적자 상태 + 중앙정부나 지자체의 보조금에 의존. 이와 관련 파나소닉의 자사 보유 폐 반도체 공장을 이용한 고밀도, 단일 환경, 고에너지 효율의 식물공장이 신부전증이나 당뇨병 환자를 위한 저칼륨 맞춤 채소를 재배하여 생산 효율 95% 이상에 도전 중)
- 아울러 고부가가치 (특수목적용 : 약용이나 특정 성분 추출용) 업체 또는 근채의 선택은 필수 (다품종도 필요 조건 중 하나 : 가격 변동 및 병충해 등 대비)
- 상기 14.번의 경우 고추냉이 (와시비), 양액 성분 조절을 통한 저칼륨 업체, 서양 요리나 피자 토핑용 식용 허브 등의 고부가가치 작물 중 고려 필요
- 업체나 근채류 외 미니너쳐 급 관상화나 관상수 등도 재배 대상으로 고려 필요
- 물과 에너지 뿐만 아니라 사람의 손이 자주 가지 않아도 되는 작물 선정 필요 (인력 투입도가 높을수록 고부가가치 작물 선택 필요)
- 향후 국내법 제정 대비 의료용 대마 재배도 Research 수준에서 검토 필요.
- 양액을 구성하는 물과 양분 재처리 효율 및 수익 증대 방안으로 Fish Farm 설비 병설도 검토 필요 (이 또한 기존 틸라피아 = 역돔 등이 아닌 회소 고부가가치 어종,, 예를 들어 토하 또는 민물 징거미 새우 등, 또는 패밀리 레스토랑 등에 공급 가능한 호주산 대형 Clay fish나 관상용 토종 어류, 현재 전량 수입에 의존하고 있는 연구용 송사리 등)
- 온습도, 광량, 공장내 미세 기상 변화 및 대기 상태 센싱이 필수이며 이러한 요소들에 대한 센싱 결과가 자동으로 DB화 되고 피드백 되며 원격지 단말에도 표시되어야 함
- 상기 모든 데이터들과 시장 상황이 유기적으로 결합되어 채소 등의 중단기 시장예측 및 생산과 출하 시점 결정에 이용 되어야 함.

8) 스마트 팜의 수익성 극대화 방안

가) 스마트 팜의 생산성과 이윤을 증가시키기 위한요소

- 초대량 생산이 가능해야 한다
- 연중 무휴 생산이 가능해야 한다
- 수확주기를 단축할 수 있어야 한다
- 고부가가치 상품을 생산해야 한다
- 에너지와 자원 활용도를 최대화 해야 한다
- 상기 조건을 충족시키기 위해서는 지능화된 스마트팜이 필수

나) 스마트팜의 구비요건

- 식물 공장의 지능화는 대상 작물 관련 DB의 확보, 시황 분석 자료, 센서 퓨전 및 센서 네트워크, 에너지와 자원의 2중 백업 구조, 자동화된 제어 시스템 그리고 이를 통합적으로 인식하고 의사결정을 내릴 수 있게끔 해주는 지원해주는 (Semi Level의) AI시스템을 구축함으로써 구현 가능하다.
- 예를 들어 스마트팜의 수경재배 방식은 빛, 온도, 수분, 양분, 산소, 이산화탄소 등 식물생장에 필요한 요소들에 대한 정밀 센싱을 통해 확보되는 데이터를 취합하여 작물중에 따른 최적 생육조건을 통제하며 정전, 고장 등 재난 발생 시 신속한 알람 및 백업 시스템을 통한 자동복구 기능을 구현한다.

다) 생산성 증대를 위한 계획의 수립과 실행

- 식물의 성장량은 빛, 온도, 수분, 양분의 공급량과 단순 비례하지 않는다, 즉 현재의 어떠한 기술로도 기적의 증산은 불가능하다. 또한 식물은 생물이므로 고유의 수명 주기가 있다. 특히 상추 등 엽채는 수명 주기가 짧다. 이런 특질을 이해하여 다음과 같이 계획을 수립하고 시행한다.
- 생산하고자 하는 작물의 시장 특성 철저 분석
- 재배하고자 하는 작물의 식물학적 특성 철저 분석
- 작물 생육 관련, 기존 데이터 최대한 수집
- 스마트 팜 운영에 필요한 에너지와 자원 필요량 계산 및 확정
- 에너지와 자원 중 자연에서 얻을 수 있는 에너지와 자원 최대 활용 방안 강구
- 재배에 필요한 모든 요소에 대한 우선도와 중요도 정립
- 상기 요소 중 어느 것까지 어느 정도까지 통제할 것인지 결정 필요
- 스마트 팜 운용 전반에 관한 통제 시나리오 작성
- 상기 통제 시나리오 작동에 필요한 변수 데이터 취합 체계 수립
- 상기 데이터 취합 체계에 적합한 네트워크 구조 설계
- 상기 네트워크 시스템에 적합한 통신 장비 및 센서 선정
- 센서 네트워크 및 센서 퓨전 그리고 여기서 얻어진 각종 자료를 통합하여 전체 상황을 고려하여 작물재배의 최적 환경 조성 및 재난 방지 및 복구, 정상적이고 지속적인 공장 운영과 생산 활동 영위
- WEF 사용량 최적화는 작물특성에 따른 물과 에너지와 비료의 최적 사용과 직결
- 최적 PMV는 상기 WEF 최적화에 종속되는 개념 및 기술임
- FDSS의 구축은 앞서 기술한 바와 같이 식물공장을 지능화하여 생산성과 이윤을 극대화 시킬 수 있도록 일련의 작업과 의사결정을 빠르고 정확하며 효과적으로 수행하기 위한 틀이다.
- 또한 단위면적당 생산성을 고도화 시켜야 하며 그 방법은 수직적으로는 재배단의 적층화, 수평적으로는 재배 랙간격 단축을 통한 고밀도 집적 재배 방식 필수이다.
- 그러나 예를 들어 랙 최하단의 조명 문제, 랙의 수직 높이별 온도 차이와 변화 등은 어떤 식으로 해결할 것인지를 항상 고려해야 한다. 단순히 인공조명과 내부 공기 강제 순환이나 개별 가온방식으로 해결하고자 한다면 거기에 소요되는 에너지를 얻기 위해 비용을 지출해야만 하므로 당연히 이윤은 하락한다.

- 따라서 스마트팜의 생산성과 이윤 극대화를 구현하기 위해서는 식물, 센서, 네트워크, 기계, 통신, 시장, 빅데이터 등 전반을 통섭 적으로 이해하고 실행할 수 있는 전문적 기업이 필수적으로 요구되고 이를 시스템화 시켜야 한다.
- 당사는 이러한 연구 결과를 바탕으로 농업정보 전문회사를 지향하고 스마트팜의 생산성과 수익성을 혁신할 수 있는 장비개발을 추진하고 자 한다.

다. LPWA 네트워크 스마트팜 시스템 및 미들웨어 개발

1) 서비스 요구사항

- 경쟁제품 조사 및 제공 서비스, 기능 분석을 통해 서비스 요구사항 만족을 위해 다음과 같이 제품사양을 보완함

2) 추가 사양

- 열악한 비닐하우스 환경(고온, 다습 등)에서 견딜 수 있는 고 신뢰성 센서와 시스템
- 수명이 짧고 전기 스파크가 발생하는 기계식 접점 Relay 방식의 시퀀스제어 대신 반도체 소자와 고 정밀 PCB 설계기술 활용하여 안전성과 경제성을 동시에 제공
- 고장 유무 자가진단 기능, 원격 S/W 업그레이드 및 자동 보정기능 등을 통해 고장을 방지하며, 다중 보호 회로를 통해 장비의 불량을 원천 방지
- 레고형 블록설계 기법과 최신 IoT 전용 무선통신 기술을 적용하여 꼭 필요한 기능만 맞춤형으로 최소의 비용과 최적의 공간에 설치 가능 (단동형 및 소규모 연동형 대상)
- 태양광 발전이 가능한 외부 기상대를 통한 정확한 기상감지 및 전력공급으로 에너지 최적화를 통한 재배비용 최소화

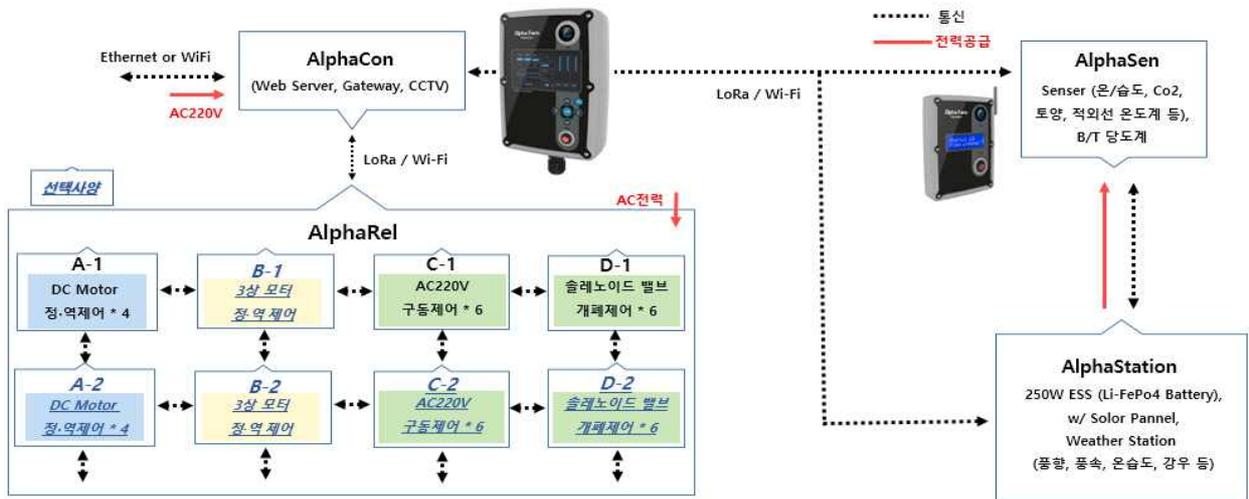
3) 기존 목표

- 인공지능을 활용한 고품질 재배관리 및 최적 수확시기 예측서비스
 - 1차 대상작물은 딸기와 방울 토마토로 선정
 - * 대상 작물 확대 및 지속적인 데이터 확보를 통해 작물재배 의사결정시스템 (FDSS, Farming Decision Support System)으로 체계화 추진

4) 고품질 재배관리 시스템, 알파팜 (AlphaFarm)

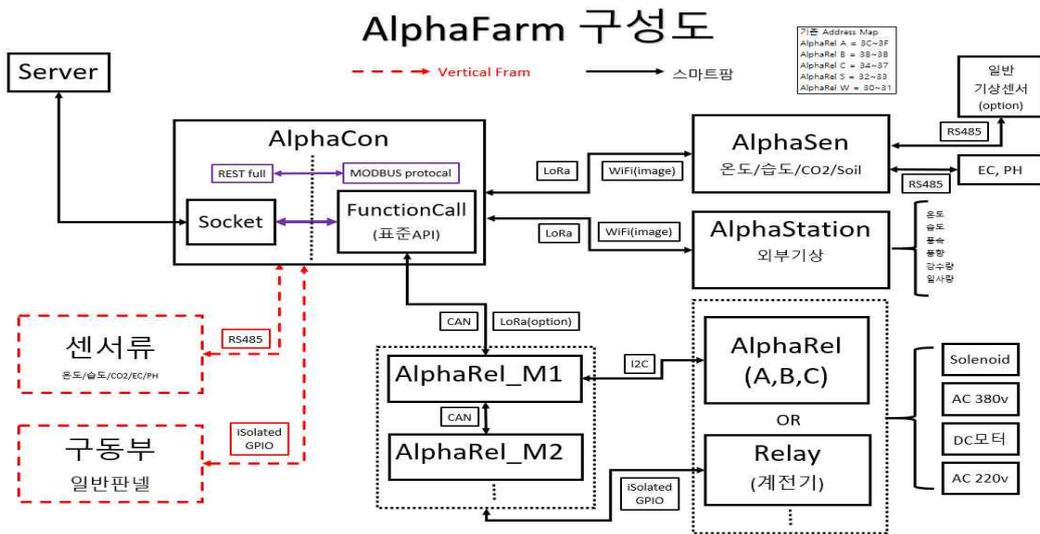
- 효과적인 마케팅을 위해 개발 중인 시스템의 명칭을 AlphaFarm으로 명명하였으며
 - AlphaFarm은 다음과 같이 크게 4개의 장치로 구성됨
 - Web Server 및 G/W역할을 하는 AlphaCon
 - 각종 부하를 제어하는 레고형 블록설계 방식의 AlphaRel
 - 정밀 환경정보를 측정하는 AlphaSen (온습도, CO2, 토양양분/수분 등)
 - 기상정보 및 태양광 전력을 공급하는 AlphaStation
 - * 당도 측정기는 영상이미지 측정으로 대체

5) AlphaFarm 구성도



<그림> AlphaFarm 구성도

6) AlphaFarm 통신 프로토콜



<그림> AlphaFarm 프로토콜

7) 스마트 농장관리 시스템 개발현황

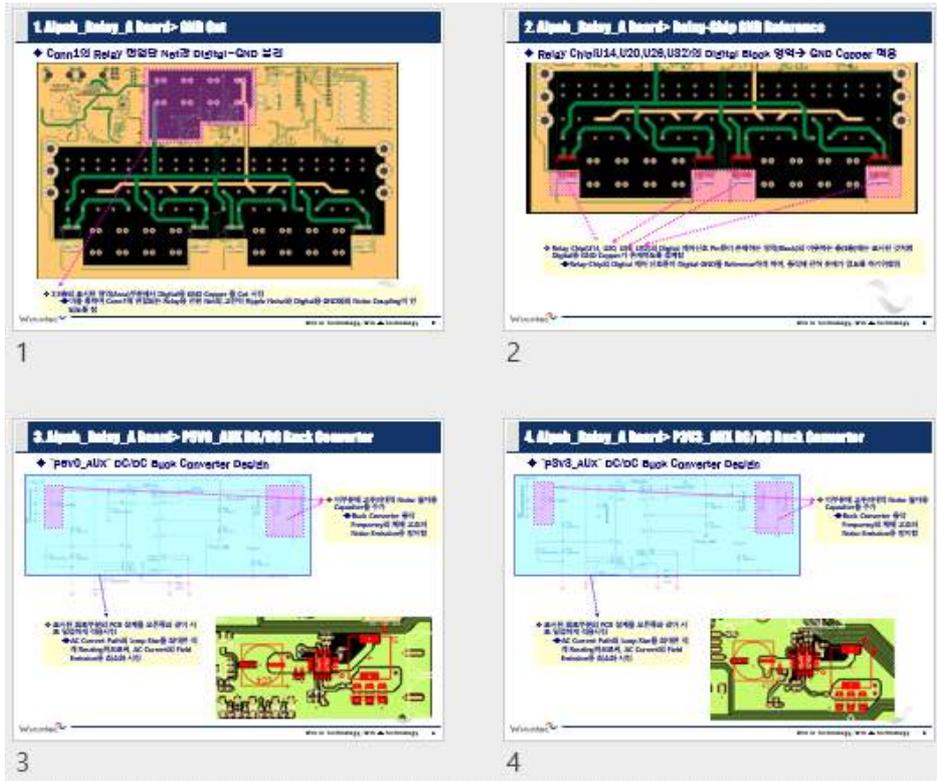
가) AlphaRel

- 모터 및 솔레노이드 밸브 구동장치로 AlphaRel Main 컨트롤러와 AlphaRel A(DC24V), B(3상 380V), C(AC24~220V)로 나누어 짐

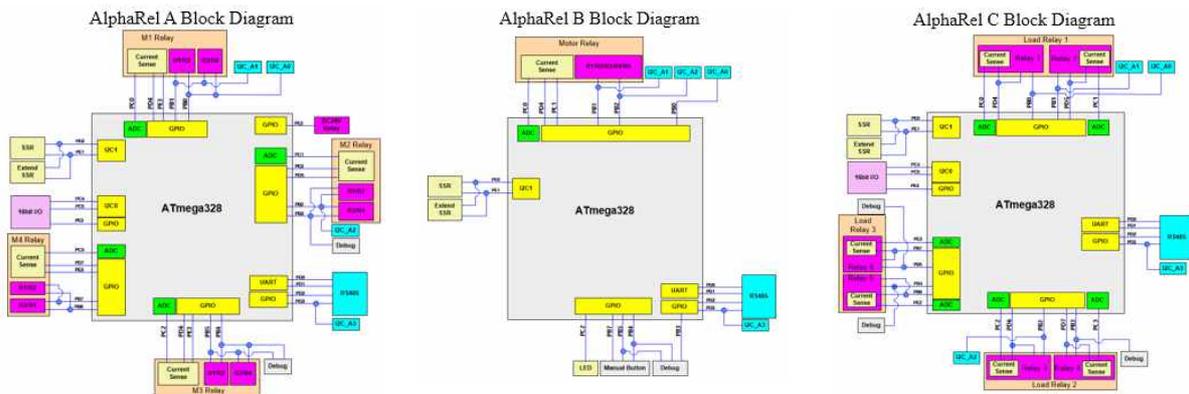
<표> AlphaRel Spec.

종류	구성	연결장치	LCD Screen	비고
AlphaRel	Motor & Valve Controller			
입출력 단자	CAN 통신포트	CAN Bus Conn		CAN bus connection w/ AlphaCon
	AC 220V (Option : 3상 4선식 380V)	2 SMPS (DC24V, DC12V), AlphaRel B, AlphaRel C		분전 필요
	Main B'D (AlphaRel_Main)	AlphaCon		32bit STM32F103CPB6, 128KB Flash, DC/DC(5V, 3.3V), I2C bus for AlphaRel-A, B, C expansion
	무선 통신	LoRa - Main B'D via on-board conn (16핀x2), WiFi		
	DC12V SMPS	I : AC 220V O : DC12V		Same with AlphaCon's
AlphaRel-A	DC Motor Controller			DC 24V 모터 정역 제어
	통신			I2C connection w/ AlphaRel Main
	SMPS - DC24V	I : AC Inlet O : DC24V		모터 구동용
	SSR (Solid State Relay)			CMX60D10, DC60V/10A
	입력 단자	DC24V from SMPS		
	출력 제어단자	DC24V 전원 온오프, DC 24V 모터 x4 정역제어		축장 좌우, 축장 2겹 좌우
	전류 모니터링	전류센서 IC		4개 모터 전류센싱 및 Alret (정/역)x4, 모터전원 ON
	박스 버튼			
AlphaRel-B	AC 3상 모터 제어기 Controller			3상 380V 모터 제어
	통신			I2C connection w/ AlphaRel Main
	SSR (Solid State Relay)			PF480D25, 480V/25A
	입력 단자	AC 3상4선식 220V/380V		
	출력 제어단자	3상 정역 Switched x1		컷트 제어 용
		3상 Switched x1		입력전원 온오프 제어
	전류 모니터링	전류센서 IC		3상 모터 전류센싱 및 Alret
	박스 버튼			컷트제어용 (정/역)
				입력전원 (온/오프)
AlphaRel-C	AC 220V & AC24V Switcher			AC 전원 사용기기 컨트롤
	통신			I2C connection w/ AlphaRel Main
	SSR (Solid State Relay)			XSSR-P3/24~380VAC, 3~5A
	변압기 (선택사항)	AC220 to AC24V		AC 24V - For AC 24V Control Only
	입력 단자	AC 220V or AC 24V		AC220V to AC24V 변압기 옵션으로 결정
	제어출력 - 선택사항 1	AC 220V Switched x6		유동팬, 관수모터, 조명 등
	제어출력 - 선택사항 2	AC 24V Switched x6		솔레노이드 밸브 컨트롤
	제어출력 2	RS485 x1		양액 공급기 등
	전류 모니터링	전류센서 IC		전류 모니터링 및 Alret
	박스 버튼			온/오프 x6

- High Power PCB 설계
 - AlphaRel A의 경우 DC24V 모터구동보드로 모터 당 Peak 전류가 6A까지 소요되어 패턴굵기, 패턴 간 이격, 노이즈 회피 설계 노하우 필요
 - AlphaRel B의 경우 3상 380V 모터구동보드로 고 전력선에 대한 상호간섭, 감전사고 등에 대한 대비 설계 필요
 - AlphaRel C의 경우 AC220V 모터와 AC24V 솔레노이드 밸브 구동보드로 큰 폭의 동작전압 Range에 대한 안정성 및 신뢰성 확보가 중요함
「 PCB 설계 검토자료 (상세파일 첨부) 」



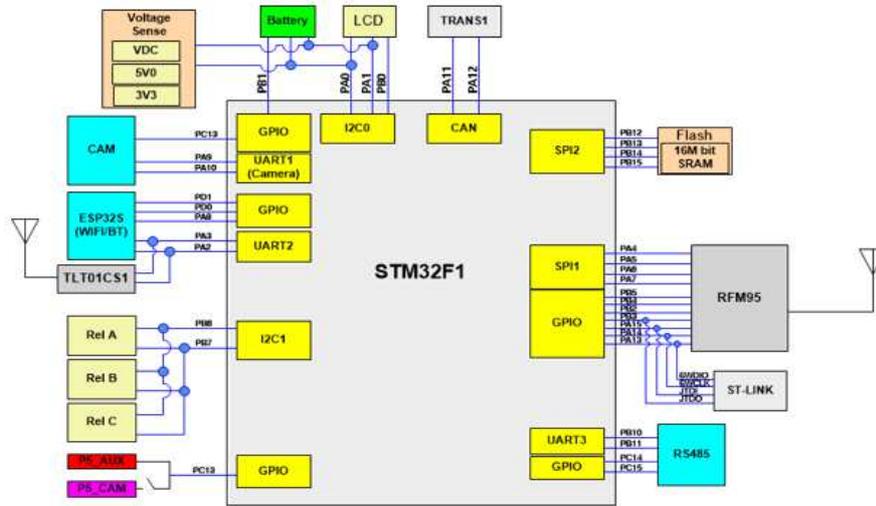
<그림> PCB 설계 검토자료 (상세파일 첨부)



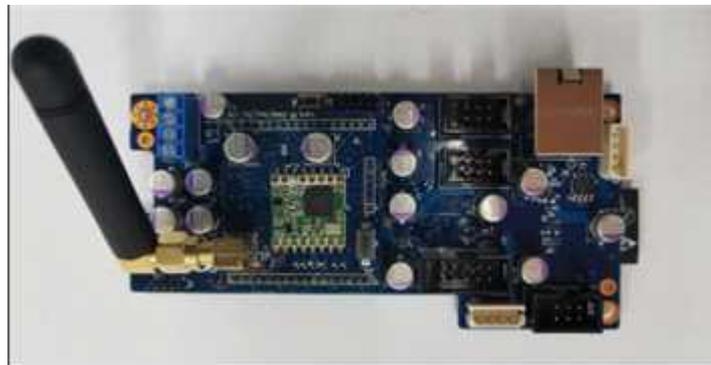
<그림> 블록다이아그램 (AlphaRel A, B, C)

- AlphaRel Main 컨트롤러
 - : STM의 32비트 마이컴을 Core로 적용하여 빠른 속도와 안정성을 확보하였으며,
 - . WiFi, LoRa 등 무선통신으로 AlphaCon과 스마트팜 데이터 송수신
 - . I2C, RS485 등 고속시리얼 통신을 통한 센서 및 구동부 제어 등의 기능 수행

- 블록다이어그램



<그림> 블록다이어그램



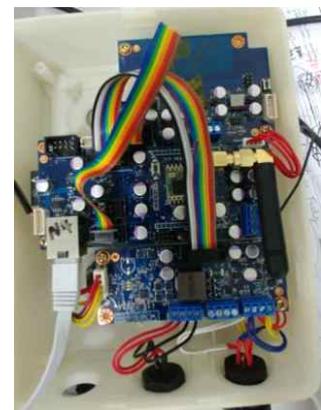
<그림> 설계 보드



AlphaSen Case



AlphaRel + AlphaS



AlphaRel + AlphaW

<그림> 기능별 제품사진

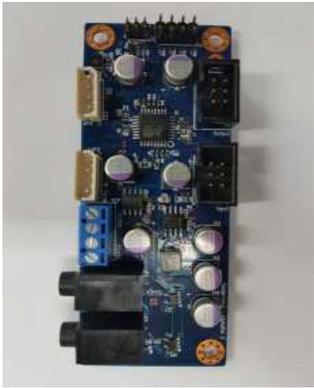
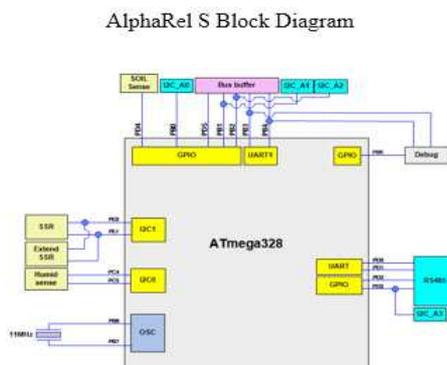
나) AlphaSen

- 스마트팜 내부 환경정보를 Sensing하는 장치로 온도, 습도, CO2 센서 및 카메라를 내장하고 있으며 토양센서가 부착되어 있음. 아래와 같이 AlphaRel Main, AlphaRel S, Battery 등 주요보드와 LCD 및 입출력 단자로 구성됨

<표> AlphaSen Spec.

종류	구성	연결장치	LCD Screen	비고
AlphaSen	정밀 환경 측정기			
입출력 단자	16핀 케이블 그랜드	SDI-12 Ports (x2)		Decagon 토양센서, PH Sensor 용
	16핀 케이블 그랜드	IR Temp Sensor - RS485 or Serial Ports		적외선 온도계 용
	방수형 RJ45 케이블 그랜드	AlphaStation for CAN bus & DC12V		Connected to AlphaStation
	Power ON/OFF Switch	AlphaBatt		DC line Switching
	Camera			For image processing
	Bluetooth	당도 측정기		
	Main B'D (AlphaRel_Main)	AlphaCon		32bit STM32F103CPB6, 128KB Flash, DC/DC(5V, 3.3V), I2C bus for AphaRel-A, B, C expansion
	무선 통신	LoRa - Main B'D via on-board conn (16핀x2), WiFi, Bluetooth		
	Display	20x4 LCD	(센서 측정값 및 상태 표시) 온도, 습도, Co2, 토양, 당도 등 Battery : 100%	Blue Dot Matrix
AlphaBatt	Battery Charger	1) DC12V input via. CAN bus 2) Power S/W for ON/OFF 3) VDC out for Main B'D.		Input from CAN 12V. Output to Main b'd : Battery Charging control, Fuel Gauge, Cell Protection
AlphaRel S	Senor 입출력 보드	On board 온습도, 토양 수분/양분 센서(SDI-12), 적외선 온도계(SDI-12), RS-485, RS232		
Co2 Sensor	Co2 측정	AlphaRel S		

- AphaRel S는 뛰어난 호환성을 가진 ATmega 마이컴을 적용하여 확장성이 우수한 장점이 있으며 주기적으로 정밀 환경정보를 측정하여 I2C를 통해 AlphaRel Main에 전달하는 것이 주요 역할임. AlphaRel S와 연결된 AlphaRel Main에서는 이러한 환경정보를 포함한 영상정보, 배터리 상태 등을 체크하여 종합된 데이터를 구조체의 형태로 AlphaCon에 전송함



<그림> AlphaRel S 보드 블록다이어그램 및 설계보드

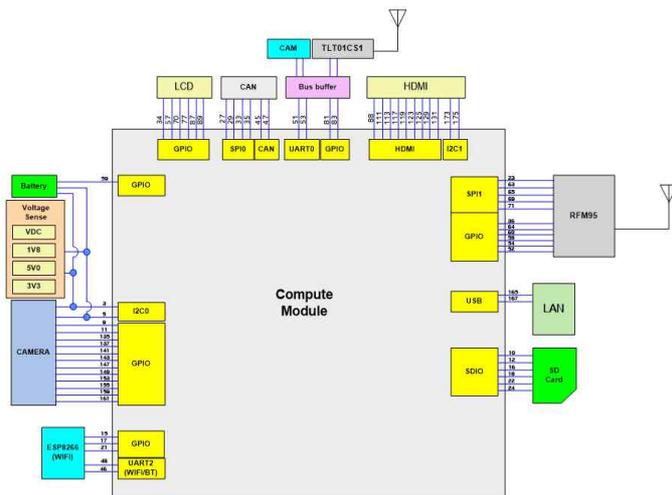
다) AlphaStation

- DCU (Data Collection Unit) Gateway, Web Server 등 주요기능을 가진 AlphaFarm 구성에 있어 핵심 장치 중의 하나로 AP로는 ARM 계열의 BCM2837 모듈(CM3)을 적용하여 고성능 저전력의 장점이 있고, 오픈소스 하드웨어인 라즈베리파이3와 소프트웨어 레벨의 호환성이 우수하여 다양한 장치를 쉽게 확장할 수 있음

〈표〉 AlphaCon Spec.

종류	구성	연결장치	LCD Screen	비고
AlphaCon	G/W, Web Server			
입출력 단자	CAN RJ45	Main B'D via RJ45 Cable		2 CAN Conn on Main B'D (1 for board test)
	Ethernet RJ45	Main B'D via RJ45 Cable		방수형
	Cable Conn (3 pin)	SMPS via 2 wire cables		AC220V Input
	Power ON/OFF S/W	AlphaBatt		
	Camera	Main B'D		
	Main B'D (AlphaCon)	AlphaRel, AlphaSen, AlphaStation		CAM (MIPI, Serial), DC/DC(5V, 3.3V), Charger, USBx4, HDMI
	무선 통신	LoRa - Main B'D via on-board conn (16핀x2)		LoRa, Wi-Fi
	Compute Module	Main B'D via DDR2 SODIMM		4core 64bit BCM2837, 1GB, 4GB Flash ROM
	SMPS - DC12V	1) Cable Conn for AC220 input 2) AlphaBatt (Battery Charger B'D) for 12V output		
	Display	Main B'D / HDMI (Display), USB (Touch) interface	(현재 연결장치의 동작상태 표시) AlphaRel A : OK AlphaRel B : None AlphaRel C : OK AlphaSen : T30C, H85%, EC xx, Co2 xx AlphaStation : Battery 100%	7" TFT w/ Touch screen
AlphaBatt	Battery Charger	1) SMPS for DC12V input, 2) Power S/W for ON/OFF 3) VDC out for Main B'D		Input from SMPS, Output to Main b'd : Battery Charging control, Fuel Gauge, Cell Protection
AlphaCon Button	LCD 수동조작 버튼	Main B'D		좌/우/상/하/선택/취소 등 6개

- 정전 중에도 정상적인 동작을 보장하기 위해 AA cell 2개로 구성된 배터리 전력공급 회로가 설계되어 있으며 유선 LAN과 WiFi, LoRa 등의 통신기능을 지원함



〈그림〉 AlphaCon 블록다이어그램 및 설계보드

마) 외관설계

(1) AlphaCon 및 AlphaSen 기구 및 디자인 설계

- 기구 설계 컨셉
 - IP65 방수, 방진 설계 (AlphaCon, AlphaSen)
 - 플라스틱 케이스 적용으로 감전방지 및 다습환경에서 산화 방지
 - AlphaStation은 AlphaSen과 동일 기구 적용, AlphaRel은 별도 Hi-Box 적용
 - VESA 마운트 방식으로 부착 및 탈착 용이성 확보
 - Front case에 모든 부품이 장착되도록 하여 분해조립이 편리
- 디자인 설계컨셉
 - 기존 스마트팜 장비의 이미지에서 탈피하여 첨단가전제품과 같은 컨셉으로 설계
 - 전면 부 시트부착으로 페인트 도장 없이 친환경 제품으로 포지션 넣
 - 차별하고 안정적인 칼라 톤 유지 및 부드럽고 취부하기 쉬운 외곽라인 형성



NO	PARTS MATERIAL(재질)	MATERIAL COLOR NOTE	SURFACE(표면)	SURFACE COLOR	FINISHING(후처리)
1	Front Cover Plastic			PANTONE CoolGray 4C	Corrosion
2	Back Cover Plastic			PANTONE CoolGray 4C	Corrosion
3	Membrane PC		GLOSS		
4	CAMERA WINDOW PC		GLOSS	배면 실크린쇄	
5	LCD WINDOW PC		GLOSS	배면 실크린쇄	
REVISION					
VER	DATE	NOTE			
Ver 0.1	2017.05.29	디자인 및 외형 최종 완료			

NO	PARTS MATERIAL(재질)	MATERIAL COLOR NOTE	SURFACE(표면)	SURFACE COLOR	FINISHING(후처리)
1	Front Cover Plastic			PANTONE CoolGray 4C	Corrosion
2	Back Cover Plastic			PANTONE CoolGray 4C	Corrosion
3	Membrane PC		GLOSS		
4	CAMERA WINDOW PC		GLOSS	배면 실크린쇄	
REVISION					
VER	DATE	NOTE			
Ver 0.1	2017.05.29	디자인 및 외형 최종 완료			

바) 소프트웨어 설계

- AlphaFarm의 미들웨어 및 임베디드 소프트웨어는 다음과 같이 크게 3가지로 나뉜다.
 - AlphaCon (ARM core) : OS BIOS, 소켓통신 S/W, Web 서버, Mode버스 프로토콜, 데이터 로거, 유무선 통신 S/W 등
 - AlphaRel Main (STM32 core)
 - WiFi, LoRa, RS485, I2C 등 유무선 통신장치용 인터페이스
 - Serial CAM, Battery, LCD 등 주변장치 연결 S/W
 - AlphaCon과 AlphaRel 및 AlphaSen 등 종단 장치 간의 데이터 송수신 프로그램
 - AlphaRel A, B, C, S, W (ATmega)
 - A, B, C 보드용 Firmware : 모터 과전류 측정, 고장진단 및 구동제어 S/W
 - S, W 보드용 Firmware : 센서의 아날로그 변동량을 디지털화 하는 로직, 배터리 상태 모니터링 및 충방전 제어 등

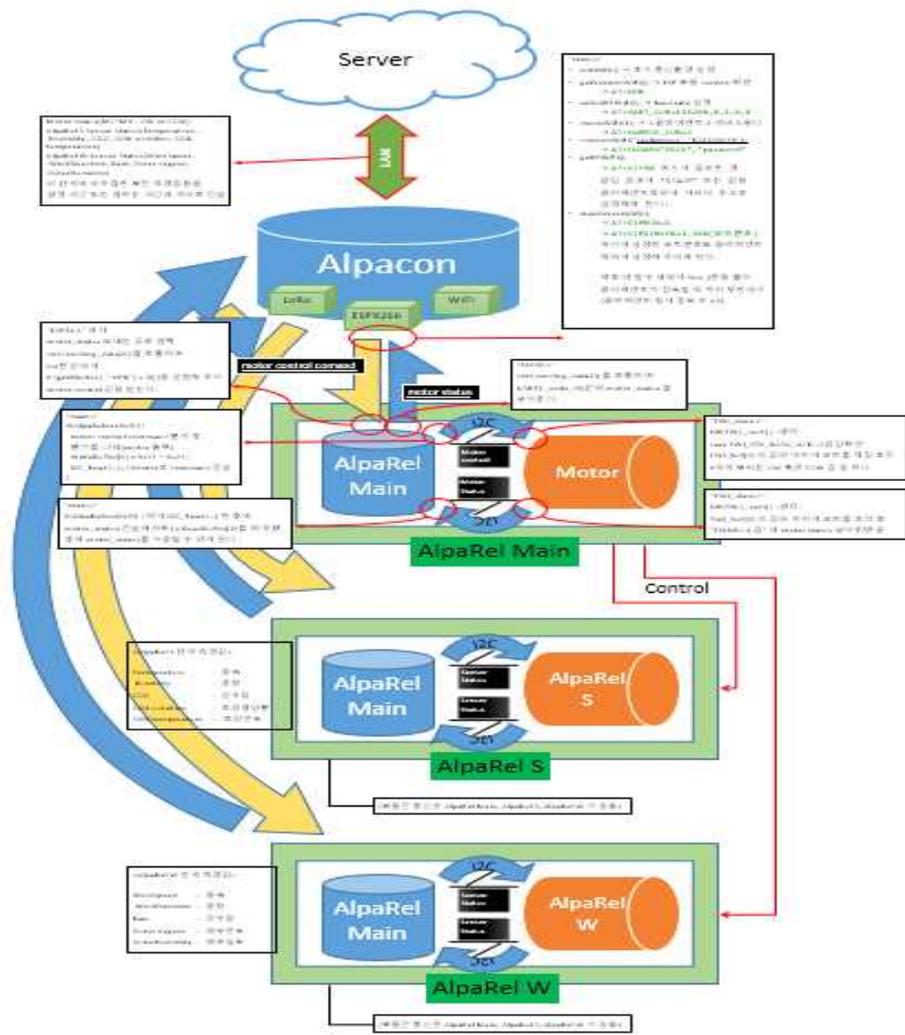
Weather Station Status

Address	Size	Function	Description	B15	B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0			
0x0021	2	Data Type	Board # (= ZZ)	0xC (fixed)																		
			1: Weather station event/report 0: Report on request.																1		0	
0x0022	2	Board ID	16 bit unique weather station board ID																			
0x0023	2	Date	Year (+ 2010)					Month					Day									
0x0024	2	Time (H:M)	Hour					Minute														
0x0025	2	Time (S:mS)	Second					Milli Second														
0x0026	2	온도	celcius	Sign	온도 값 * 10 (소수점 1자리)																	
0x0027	2	습도	%	습도 값 * 10 (소수점 1자리)																		
0x0028	2	풍향	degree (0 ~ 359)	풍향																		
0x0029	2	풍속	m/s	풍속 값 * 10 (소수점 1자리)																		
0x002A	2	강수량	mm	강수량 값 * 10 (소수점 1자리)																		
0x002B	2																					
0x002C	2																					
0x002D	2	Power Status (Weather station)	Battery charge level	Battery Level																		
			1: -5V Error																		1	
			1: -3.3V Error																			1
			1: Battery charging 1: Battery powered 1: Main powered																			1 1 1
0x002E	2	Gateway ID	Parent gateway ID	16 bit unique gateway ID																		
0x002F	2	Location	Location #	Location #																		
			Location ID	Location ID																		

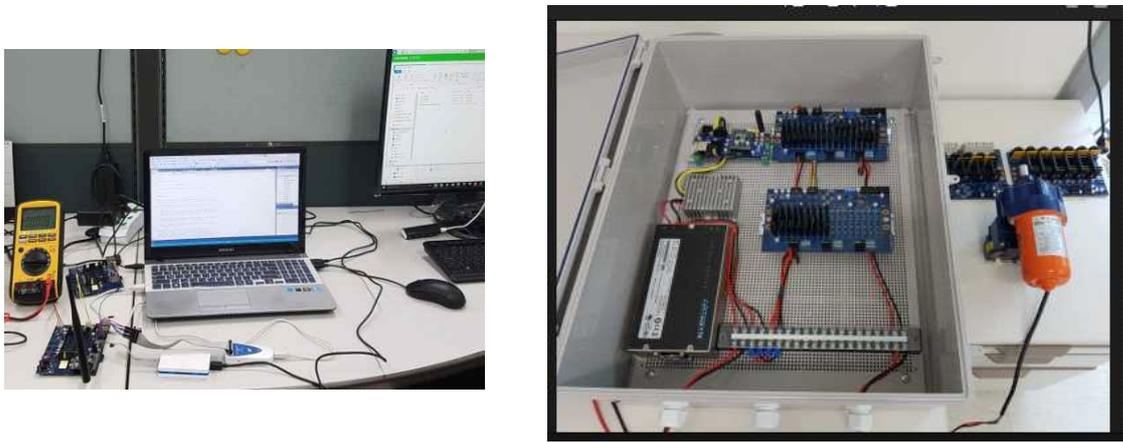
Sensor Status (YY sensor board, YY == (1 ~ 32))

Address	Size	Function	Description	B15	B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0			
0xYY21	2	Data Type	Board # (=ZZ)	Board number (1 ~ 32)																		
			1: Sensor board event/report 0: Report on request.																	1	0	
0xYY22	2	Board ID	16 bit unique sensor board ID																			
0xYY23	2	Date	Year (+ 2010)					Month					Day									
0xYY24	2	Time (H:M)	Hour					Minute														
0xYY25	2	Time (S:mS)	Second					Milli Second														
0xYY26	2	온도	celcius	Sign	온도 값 * 10 (소수점 1자리)																	
0xYY27	2	습도	%	습도 값 * 10 (소수점 1자리)																		
0xYY28	2	양분 (EC)	dS/m	양분 값 * 1000 (소수점 3자리)																		
0xYY29	2	토양 수분량	% VWC	수분량 값 * 10 (소수점 1자리)																		
0xYY2A	2	포양센서 온도	celcius	Sign	온도 값 * 10 (소수점 1자리)																	
0xYY2B	2	적외선 온도	celcius	Sign	온도 값 * 10 (소수점 1자리)																	
0xYY2C	2																					
0xYY2D	2	Power Status (Sensor board)	Battery charge level	Battery Level																		
			1: -5V Error																		1	
			1: -3.3V Error																			1
			1: Battery charging 1: Battery powered 1: Main powered																			1 1 1
0xYY2E	2	Gateway ID	Parent gateway ID	16 bit unique gateway ID																		
0xYY2F	2	Location	Location #	Location #																		
			Location ID	Location ID																		

<그림> AlphaFarm Communication Specification



<그림> 미들웨어 간의 역할 및 연관성 분석



<그림> 디버그 환경 (PC, AlphaSen B' D, AlpaRel A 및 DC 모터 등)

사) AlphaCon2 개발

(1) 목적 : 장비 전체를 새로운 개념으로 설치하는 방안도 필요하지만 비용절감 및 효율성 제고를 위해 온실에 설치된 타 업체 장비를 활용할 수 있는 방안 필요

(2) 개발 내용

- AlphaCon2에서 외부 Port를 제어할 수 있는 Isolator 기능을 추가함
- Lora RFM95 모듈을 보드에 장착함
- 회형 기구물 설계를 통해 방수 기능 및 문제점 개선을 진행함
- 전원부 안전을 위한 전원부 제어관리 및 방수설계를 변경함
- Compute Module 프로세스의 방열 기능을 개선함
- STM32 부분의 소프트웨어 기능 개선을 위해 Firmware를 재 설계함
- Web Alphafarm 기능을 AlphaCon2 LCD 창에서 컨트롤이 가능하도록 함

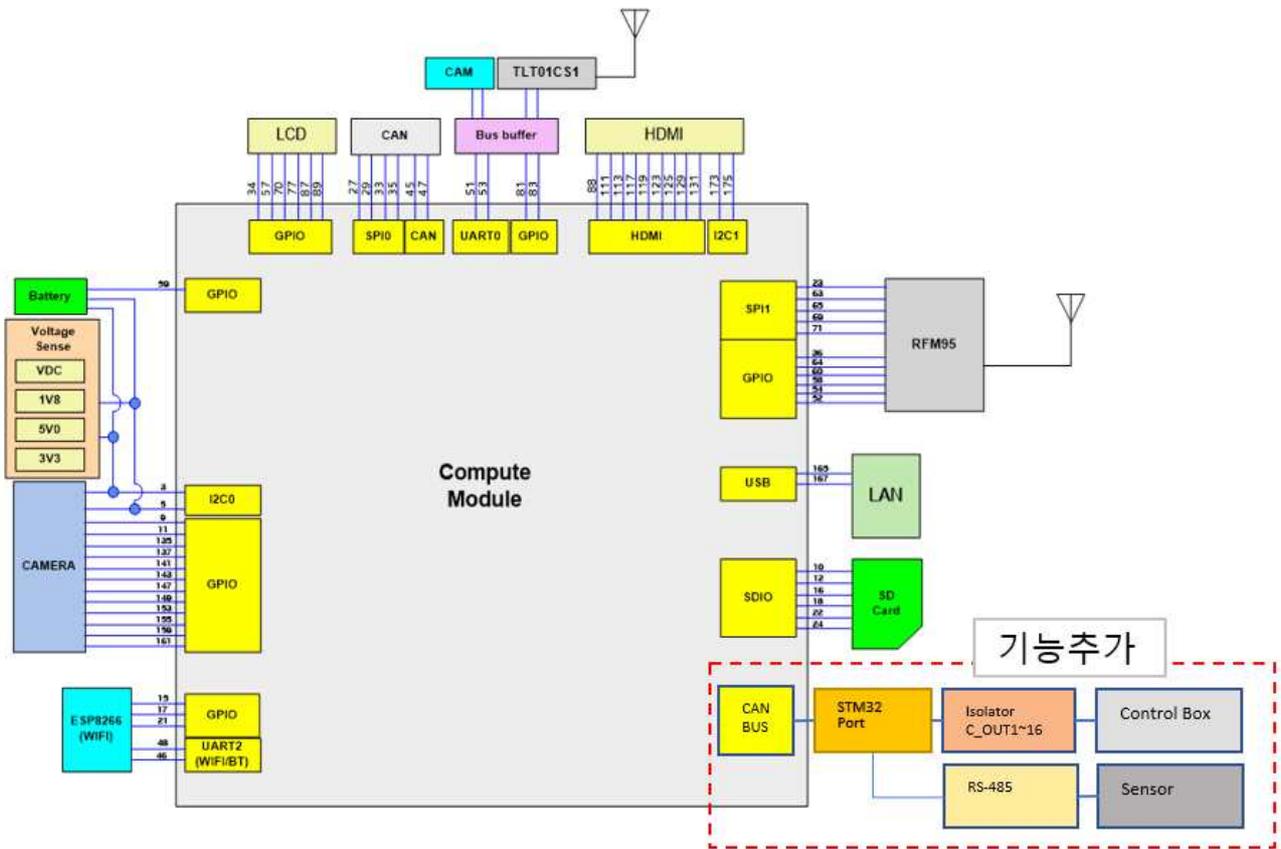
(3) 기본사양

<표> AlphaCon2 Spec.

AlphaCon2	G/W, Web Server
-----------	-----------------

종류	구성	연결장치	비고
입출력 단자	CAN RJ45	Main B'D via RJ45 Cable	2 CAN Conn on Main B'D
	Ethernet Rj45	Main B'D via RJ45 Cable	방수형
	Power Conn	Power jack	DC 19V input
	Cable conn (20 Pin)	20 wire Cable	외부 제어 포트
	RS-485 Conn	3 wire Cable	RS-485 input
기능 Board	Powe ON/OFF S/W	AlphaBatt	
	Camera	Camera - Main B'D	
	Main B'D(AlphaCon)	AlphaRel Main	CAM(MIPI, Serial), DC/DC(5v, 3.3V), Charger, USBx4, HDMI
	무선통신	Lora- Main B'D, Wifi, Bluetooth	Lora, Wi-Fi
	Compute Module	Main B'D via DDR2 SODIMM	4core 64Bit BCM2837, 1GB, 4GB Flash ROM
	Display	Main B'D / HDMI(Display), USB(Touch) Interface	7" TFT w/Touch screen
AlphaBatt	Battery Charger	Adater DC19V input	Battery Charging control
AphaCon Button	LCD 수동조작 버튼	Main B'D	좌/우/상/하/선택/취소

(4) 블록도



<그림> 블록 다이어그램

(5) AlphaCon2 변경 내용

-개선된 부분 : Isolator , RS-485, LORA 설계 변경



<그림> AlphaCon2 조립도

아) AlphaRel_M2

(1) 개발 내용

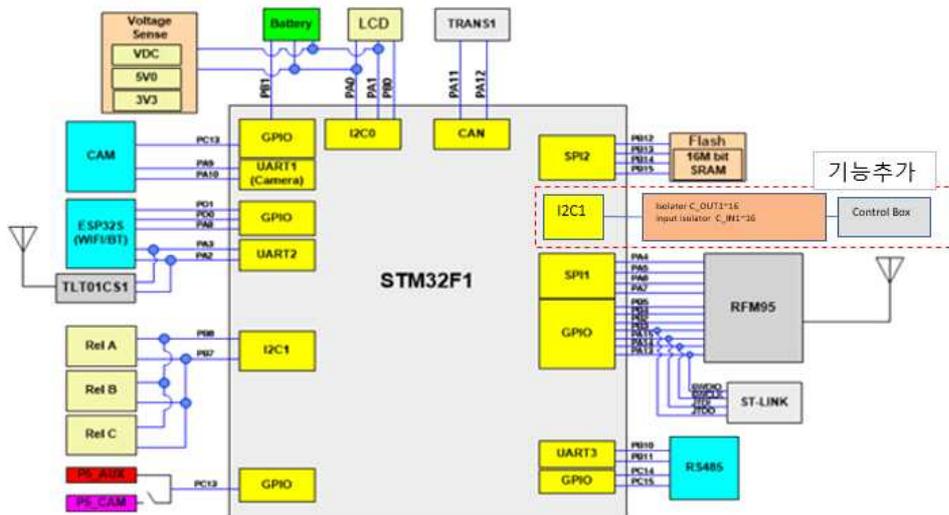
- 외부 Port를 제어할 수 있는 Isolator 기능을 추가함 (출력 16, 입력 16개 포트)
- 외부 19V 아답터를 적용하여 내부 열 발생 및 방수기능 강화함
- 현장 설치의 안전화 및 방수기능을 위해 Hi-Box로 제작함
- 전원부 안전을 위한 전원부 제어관리 및 방수설계 함
- RS-485 기능을 통해 외부센서 정보를 수집 가능함
- STM32 부분의 소프트웨어 기능 개선을 위해 Firmware를 재 설계함
- 고해상도 카메라를 장착하여 작물생육 정보를 측정함
- 다양한 센서 정보 및 사진정보를 무선으로 전송하고 외부 포트를 제어 가능함

(2) 기본사양

<표> AlphaRel_M2 Spec.

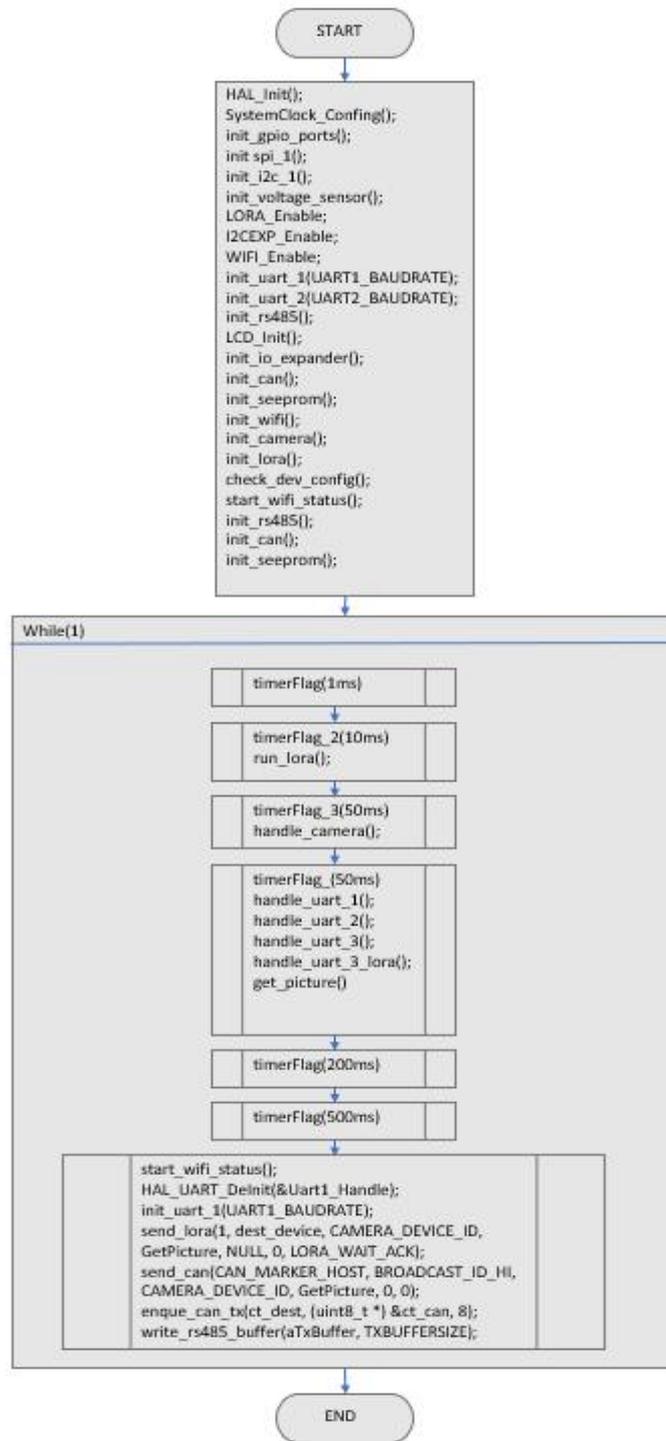
종류	구성	연결장치	비고
입출력 단자	CAN RJ45	Main B'D via RJ45 Cable	2 CAN Conn on Main B'D
	Power Conn	Power jack	DC 19V input
	Cable conn (20 Pin)	20 wire Cable	외부 제어 포트
	RS-485 Conn	3 wire Cable	RS-485 input
기능 Board	Powe ON/OFF S/W	AlphaBatt or 19V Power	
	Camera	Camera – Main B'D	For image processing
	Main B'D(AlphaRel2)	AlphaCon	32bit STM32f103CPB6, 128KB Flash, I2C bus(Co2 Sensor, Weather Station)
	무선통신	Lora– Main B'D via on-board conn(16pinx2), Wifi	Lora, Wi-Fi
	Display	20x4 LCD	Blue Dot Matrix
AlphaBatt	Battery Charger	Adater DC19V input	Battery Charging control

(3) 블록도



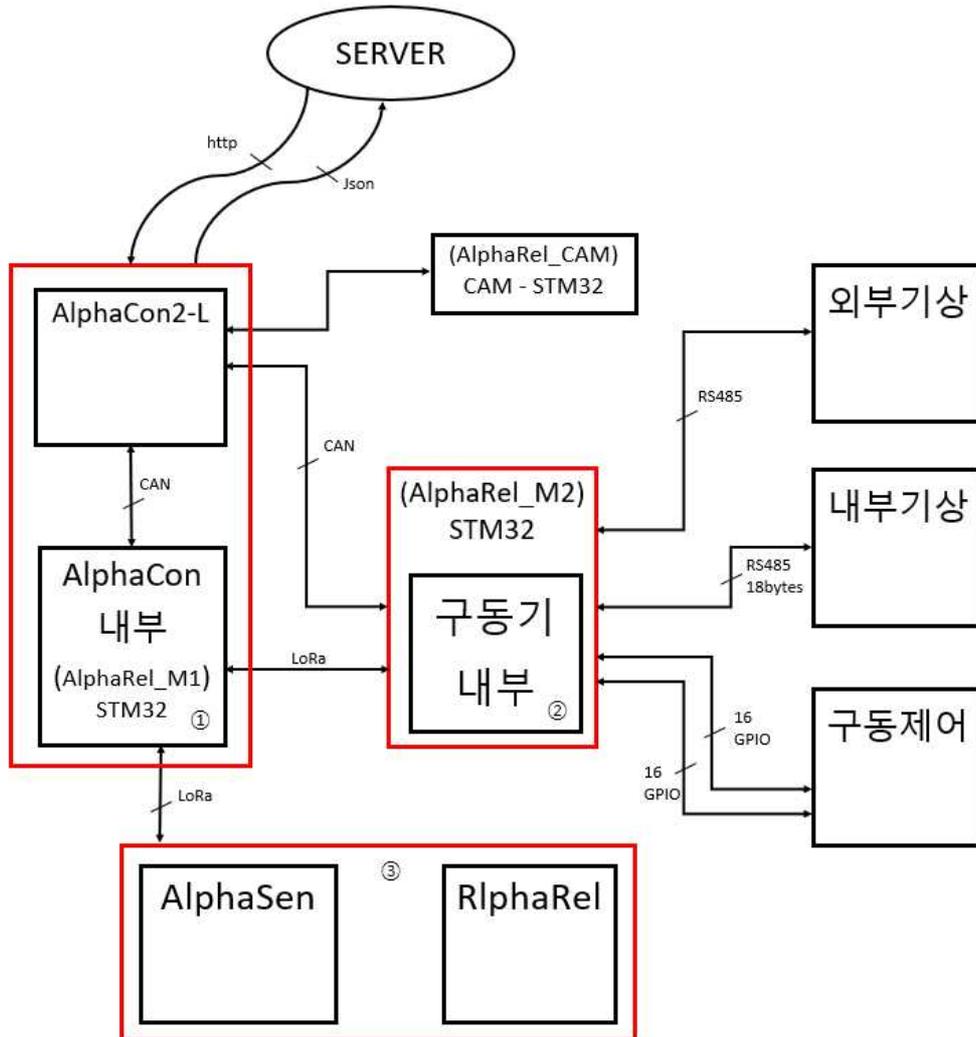
<그림> 블록 다이어그램

자) 임베디드 S/W 개발



<그림> S/W Flowchart

차) AlphaFarm 통신 프로토콜



<그림> 통신 프로토콜

라. LPWA 네트워크 기반 지능형 재배관리 시스템 시범운영 및 사업화

1) 래퍼런스 사이트 구축 및 파일럿 플랜트 구축

- 전남대학교 내 부속농장 실험온실포에 래퍼런스 사이트를 설치하였으며, 이 온실에 파일럿 플랜트를 만들었다. 온실은 단동 플라스틱 온실로서 1중 외피는 EVA필름을 피복하였으며, 2중피복은 알루미늄 보온재로서 권취식으로 말아올리는 방식이다. 1중측창, 2중측창 및 2중커튼을 DC권취모터를 통해 말아올리는 방식이며, 이는 단동비닐하우스에서 일반적으로 사용하는 방식을 채용하였다.
- 온실내부에는 플라스틱 재배조를 이용하여 딸기, 토마토, 파프리카 재배를 위한 양액재배 시설을 설치하였으며, 각 작물 재배시의 환경조절을 위해 온실내 환경센서를 설치하여 계절별 환경변화를 측정하였다. 기존 환경제어프로그램과 비교를 위해 국내산 및 외국산 환경제어 프로그램을 서로 비교할 수 있도록 준비하였다. 단동비닐하우스와 벤로형 유리온실과 환경비교도 할 수 있게 준비하였다.
- 다음은 파일럿 플랜트의 온실 시설내역과 현장 사진이다.

〈표〉 설치 내역

장소	전남대학교 부속농장 (광주광역시 북구 용봉로 77 소재)
크기	가로 8m, 길이 14m, 높이 4m
형식	- 단동 플라스틱하우스 - 외피 : EVA 필름 - 2중 : 알루미늄 2중 - 재배조 : 플라스틱 베드 활용 과채류 양액재배 시스템
제어대상	- 모터제어 : 1중 측창, 2중 측창, 2중 천창(스크린 역할) - 펌프 및 3way 밸브 제어 : 난방 - 펌프 및 슬레노이드 밸브 제어 : 관수



〈그림〉 전남대학교 부속농장 내 파일럿플랜트 설치 모습

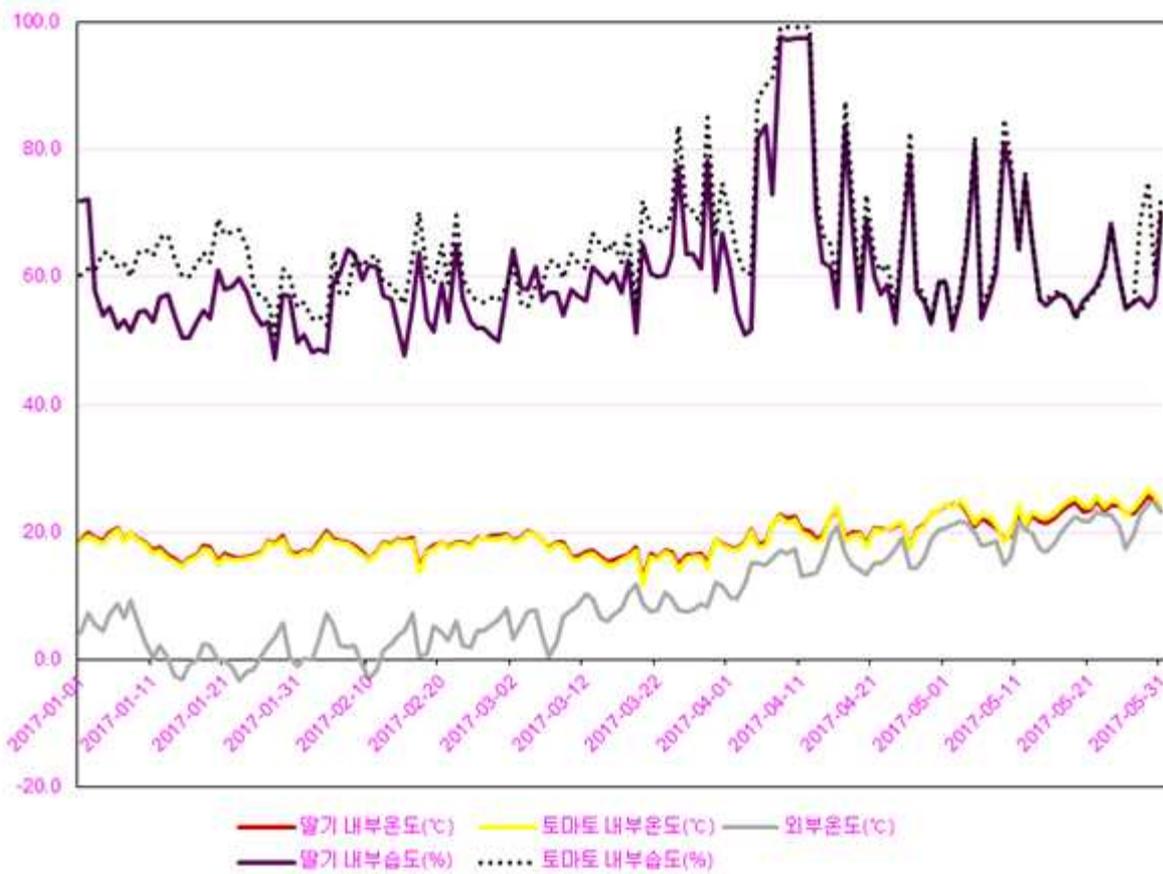


<그림> 파일럿 플랜트 내부 모습



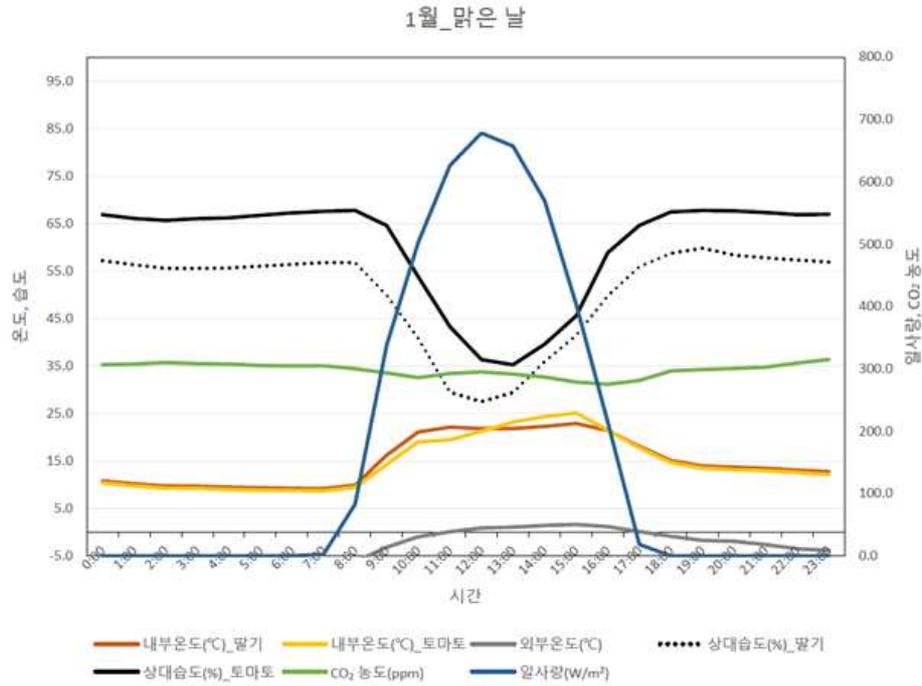
<그림> 재배시스템 설치 및 시험재배

2) 파일럿 플랜트 실증실험 - 환경데이터 확보 및 가공



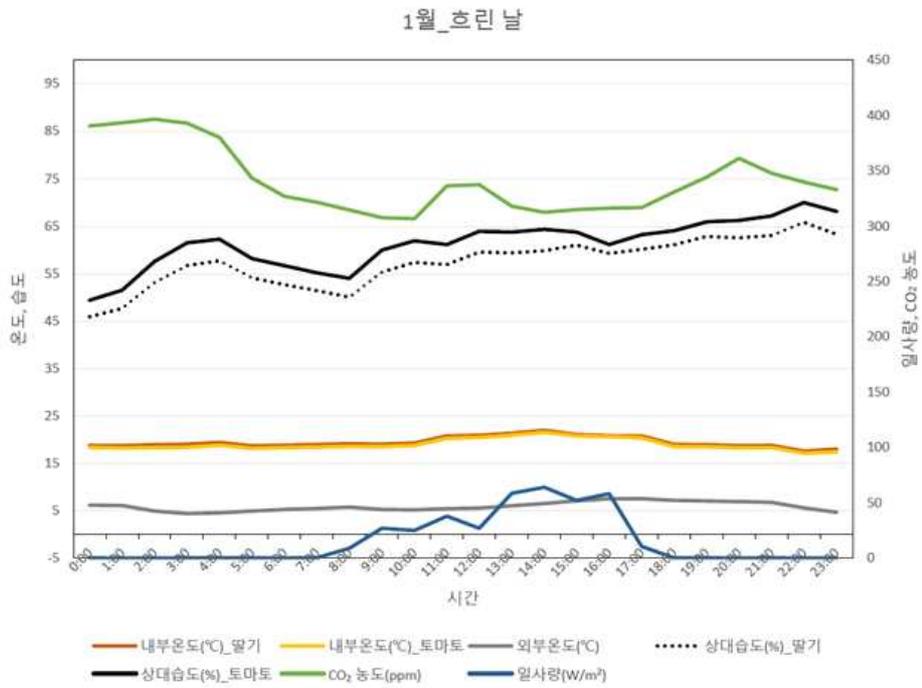
〈그림〉 외부온도에 따른 내부 온습도 변화 추적

- 파일럿 플랜트 온실의 실증실험을 위해 2017년 1월부터 5월까지 딸기재배온실과 토마토 재배온실의 내부 온도 및 내부습도와 외부온도를 측정된 data로부터 1일 평균온도와 1일 평균습도를 가공하여 표시한 것이다. 외부평균온도는 1월중하순 영하를 기록하다가 2월이후에는 영상의 기온으로 올라왔으며, 3월에는 평균 10도이상으로 나타나 매일 평균 5도정도씩 상승하는 것으로 보였다.
- 습도는 24시간의 평균을 일중 평균습도로 나타낸 것으로 1월부터 5월말까지 전체저그을 비슷한 습도를 나타냈는데 평균 60% 정도였으며, 4월이후 습도가 다소 높아지는 경향이였다. 딸기에 비해 토마토가 재배되고 있는 온실의 습도가 높았는데, 이는 토마토의 엽면적이 딸기에 비해 훨씬 높은 것이 영향을 미친 것으로 보였다.



〈그림〉 1월 맑은 날의 환경변화

- 각 월별로 맑은 날과 흐린날의 환경변화를 추적하여 비교하였는데, 1월 맑은 날의 경우 최고 700W 까지 일사가 상승하였으며, 습도는 일출과 함께 감소하여 한낮에는 35%이하까지 떨어지고 야간에는 55~65%정도였다. 1월에는 작물이 토마토만 입식된 상태로 토마토 온실의 습도가 높에 나타났다. 시설 내부의 기온은 작물에 따른 차이는 없었다.
- 1월 흐린 날의 환경변화를 보면 일사량이 약 50W이하였으며, 습도는 일사에 의한 습도변화가 없었고 야간으로 갈수록 높아지는 경향이였다. CO₂농도는 야간에 약간 높았으나 크게 차이가 없었으며, 시설 외부의 온도는 비로인해 약 5도 정도를 유지하였다.

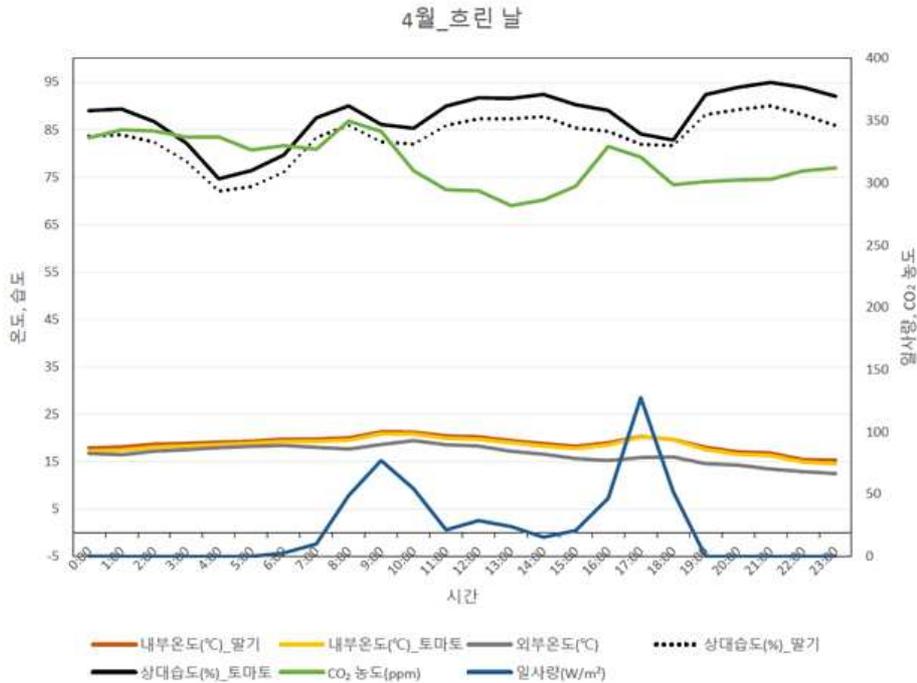


〈그림〉 1월 흐린 날의 환경변화



〈그림〉 4월 맑은 날의 환경변화

- 4월 맑은 날의 환경변화를 보면 일사는 약 900W 이상을 나타냈으며, 1월에 비해 작물이 성숙하여 작물에 의한 증산량이 많은 관계로 야간동안의 습도가 85% 이상을 나타냈으며, 딸기에 비해 토마토가 5% 이상 높게 나타났다. 낮 동안에는 환기에 의해 습도가 낮아졌으며, 주간 동안에는 작물간의 습도차가 없었다. CO₂ 농도는 야간에도 약간의 환기를 하는 관계로 변화량이 크지 않았으며, 외부온도와 내부온도는 야간에 약 2~3도의 차이였으며, 주간에는 외부온도보다 8~10도 정도 높게 나타났다.



〈그림〉 4월 흐린 날의 환경변화

- 4월 흐린 날의 환경변화를 보면 오전 흐리다 낮 동안 비로 인해 광도가 매우 낮았으며 100W 이하의 일사를 나타냈다. 습도는 매우 높아 거의 85% 이상의 높은 습도를 보였고, 야간에는 95% 정도는 보였다. 내부온도는 외부온도와 비슷하게 일중 변화가 없었으며 16~20도 정도를 유지하였다. CO₂ 농도 역시 약 300~350ppm 정도로 주야간 차이없이 나타났다.
- 5월부터 9월까지의 토마토와 파프리카 온실의 환경변화를 그림에 나타내었다. 6월과 7월에 습도가 높은 편이었으며, 탄산가스 농도는 따로 공급하지 않아 400~500ppm 정도로 큰 변화는 없었다. 외부온도와 온실내부 온도는 6~8월까지의 환기를 많이 개방한 상태로 유지하여 온도차가 없었으나 5월에는 외부보다 내부온도가 2~3도 정도 더 높게 나타났다.
- 파프리카 온실에서는 토마토와 비슷하였으나 온실내의 탄산가스 농도가 더 낮고 변화의 폭도 심한 것으로 나타났는데, 평균적인 수치자체가 낮게 나타나 탄산가스 센서의 오류가 아닌가 생각되었다.

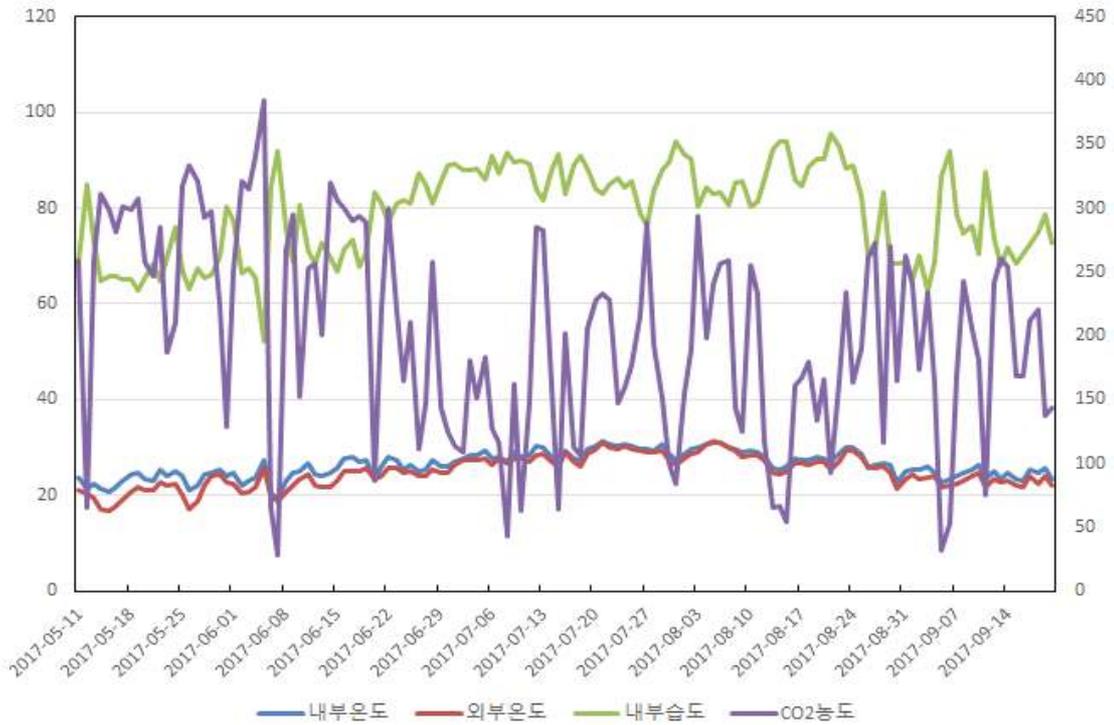
〈그림〉 5월~9월까지 토마토 온실의 환경 변화

토마토 온실



<그림> 5월~9월 파프리카 온실의 환경 변화

파프리카 온실

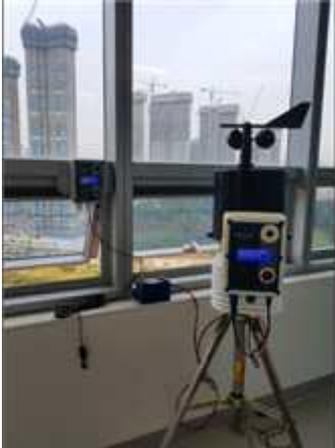


3) LPWA 네트워크 기반 지능형 재배관리 시스템 성능 검증

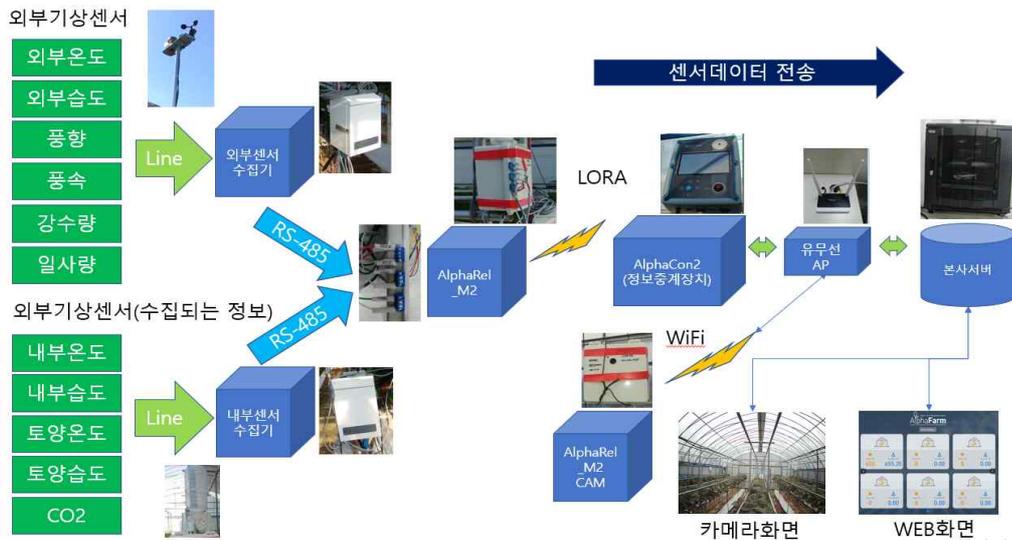
- 전남대 시험포에는 마그마 사 복합환경제어기와 전장업체에서 생산한 구동판넬이 설치되어 있음

가) 현장 적합성 검토

	시험포 장비	AlphaFarm	비고
복합 환경제어기	<p>마그마 사 장비로 구동판넬과 케이블로 배선 설치됨</p>  <p>[장비 내부]</p> 	<p>AlphaCon 구동기인 AlphaRel과 무선으로 연결 (LoRa)</p>  	<p>사용 편리성 제공을 위한 LCD 터치판넬 및 조작버튼 제공</p> <p>현장설치 사진</p>
구동기			<p>기존 구동기는 기계식 릴레이 적용으로 부피가 크고 전기적 스파크에 의한 화재 위험성 상존</p>

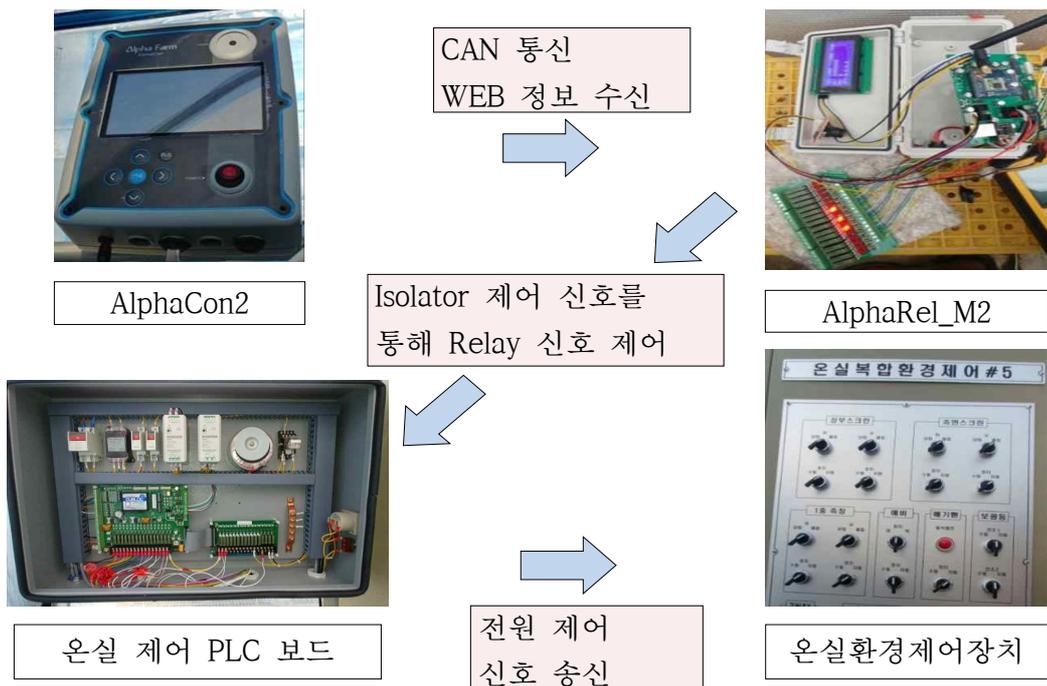
			<p>소형온실에도 비싼 기본형 구동기 설치</p>
<p>외부기상 및 ESS</p>			<p>현장적합성 검토에는 미적용</p>

- 나) 시험포 설치
- 시스템 구성도



<그림> 시스템 구성

- 마그마 장비 연결 : AlphaRel_M2 활용 마그마 장비 Relay 제어 (Isolator 배선 연결)
 - 좌우 측장 및 커튼, 천장 등 6개 DC 모터구동장치와 난방용 솔레노이드 밸브 5개 및 양액 제어용 솔레노이드 밸브 1개 등 총 12개 제어노드 필요



<그림> 제어 통신 프로세스

- 환경센서 연결
 - CO2, 온도, 상대습도 측정 등 환경센서 1조

전남대학교 / 딸기 온실 / 환경 센서 수집기 / 카메라 설치 사진

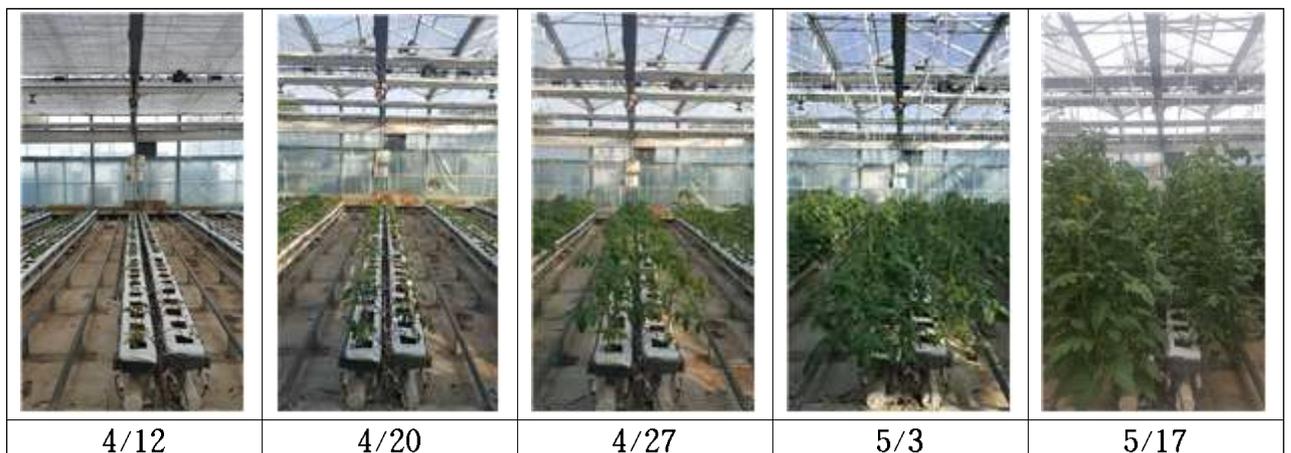


<그림> 현장 센서장비 설치 사진

4) 재배관리 시스템 성능 검증

가) 스마트 농장 활용 파일럿 플랜트 설계 및 운용(토마토)

- 전남대학교 농과대학 부속농장내 스마트온실에 개발된 시스템의 현장검증을 위한 토마토 및 딸기재배시스템을 설치하였다. 토마토 재배 시스템은 코코피트 배지를 이용한 양액재배 시스템을 준비하였고, 육묘된 모종을 구입하여 4월 5일 정식하였으며, 품종은 TY트러스트와 노나리(남농예)를 공시하였다. 양액은 PTC 처방을 기준으로 하여 정식초기 EC 2.0, pH 5.8을 기준으로 하여 공급하였으며, 배액을 기준으로 관리하였다. 관리중 병해충 방제를 위해 주기적으로 잿빛곰팡이와 흰가루병 및 온실가루이 방제를 실시하였으며, 야간평균온도 16도, 주간평균온도 23도를 기준으로 관리하였으며, 습도관리를 위해 주기적으로 바닥에 물을 살포하였고, 매주 측지제거 및 유인을 실시하였으며, 원활한 착과를 위해 수정벌을 투입하여 관리하였다.



				
5/24	6/4	6/11	6/18	

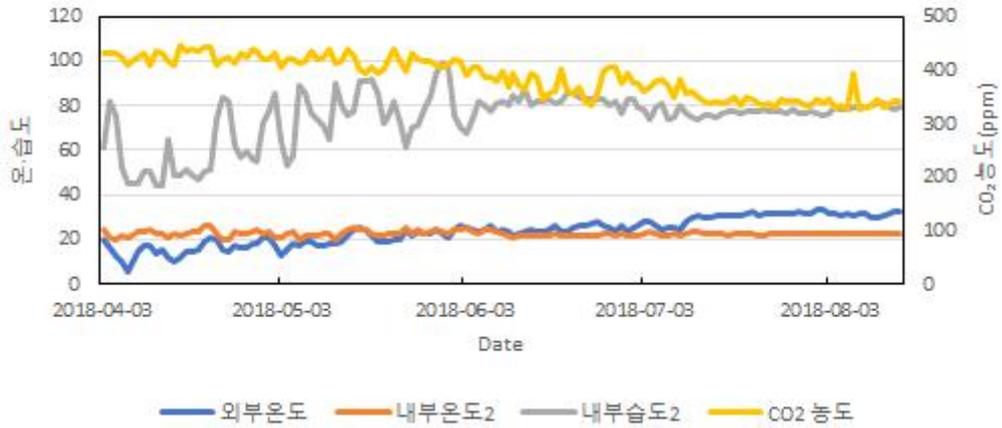
<사진> 토마토 정식후 기간별 생육모습

- 시설내 환경을 비교하기 위하여 Priva 환경관리 시스템과 마그마(그린씨에스) 환경관리 프로그램을 이용하여 각종 환경데이터의 변화를 관찰하였다.
- 작물관리를 위한 배양액 공급은 일사제어를 이용하여 공급되었으며, 일출 1시간 후부터 양액공급을 시작하여 일몰 2시간 전에 종료하였다. 급액량은 100J/cm2당 1회 공급을 기준으로 회당 80cc/드리퍼 용량으로 공급하였고, 급액량 및 배액량을 기록하였다.



<사진> 토마토 정식후 화방별 착과상태 및 화방전개 모습

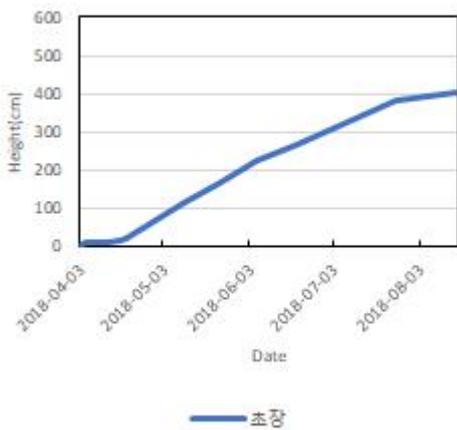
온실 내·외부 환경데이터_2구역



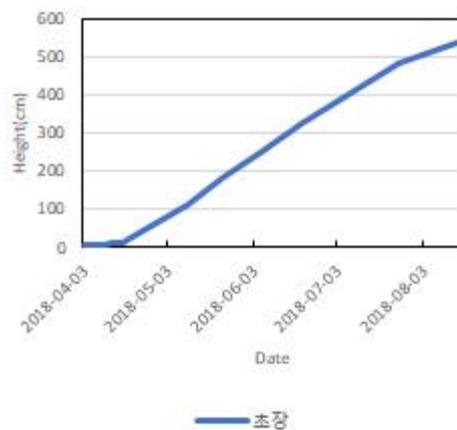
<그림 > 재배기간동안의 시설내 환경변화

- 시험기간인 4월부터 8월까지의 온실내 환경을 보면 내부의 24시간 평균온도는 거의 20도를 기준으로 관리하여 일정하게 유지되었으나 초기에 온실의 특성에 따른 환기온도의 설정이 미흡하여 약간 높게 관리되었으나 5월이후에는 냉방기기의 도입과 함께 환기관리가 잘 되어 거의 20도에 가깝게 관리되었다.
- 시설내 습도는 외부습도가 낮은 4월~5월까지 급격하게 변화가 있었으나 냉방기기가 작동된 6월 이후에는 조금더 안정적인 습도를 나타냈다.
- 탄산가스 농도는 재배초기에는 환기창에 의해 외부에서의 공기유입이 많아 대기 중의 농도와 유사하게 유지되었으나 6월이후 냉방기의 설정에 의해 환기가 적게 되면서 대기 중의 농도보다 낮게 된 것으로 판단된다.

초장 변화_2구역_TY트러스트



초장 변화_2구역_노나리



<그림> 재배기간의 변화에 따른 토마토 품종별 초장 변화



<그림> 재배기간의 변화에 따른 토마토 품종별 엽수와 마디수 변화

- 시험재배 기간동안의 초장변화를 보면 완숙토마토인 TY트러스트 보다 방울토마토인 노나리 품종이 키가 더 크게 자라는 것으로 나타났으며, 엽수의 변화를 보면 두 품종이 비슷한 반응이었으며, 마디수에서 노나리가 조금 더 많은 것으로 나타났으나 변화양상은 비슷하였다. 엽수의 증가가 5월말 감소한 것은 착과에 따른 부하증가로 인해 나타난 것으로 생각되었다.

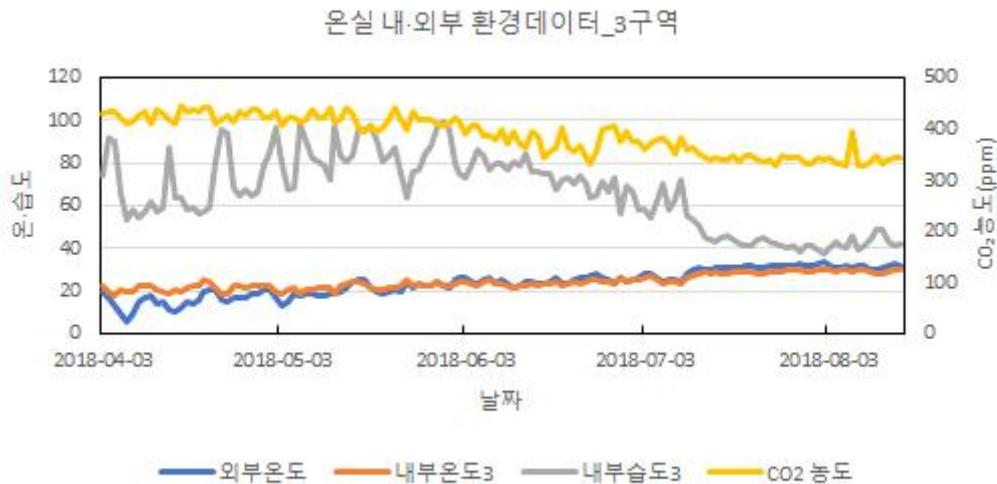


<그림> 재배기간의 변화에 따른 토마토 품종별 엽과 엽병 및 줄기 생체중 변화



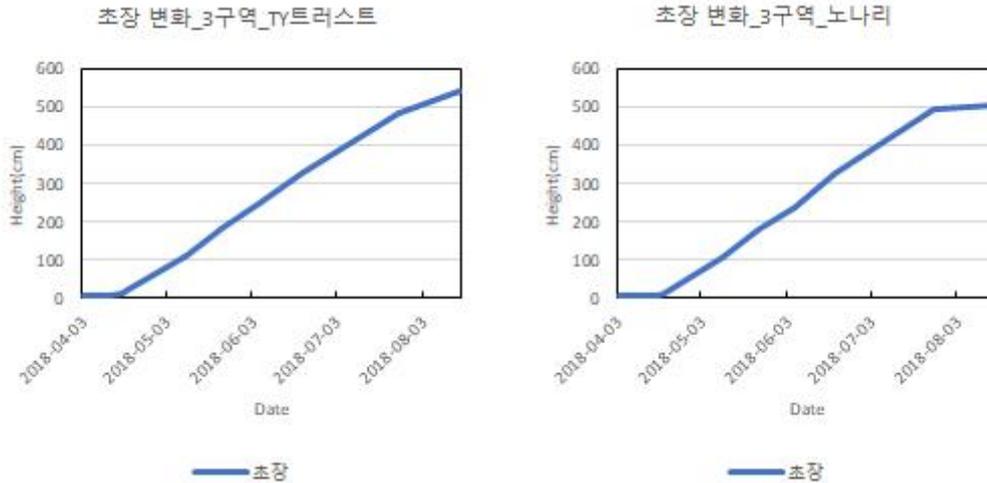
<그림> 재배기간의 변화에 따른 토마토 품종별 엽면적 변화

- 재배기간 중 생체중의 변화를 추적해 보면 착과이후 엽과 엽병의 무게변화는 크지 않았으나 생육후기로 갈수록 엽의 무게증가가 약간 높았고, 줄기의 생체중 변화는 지속적으로 증가하는 경향이 나타났다. 두 품종간에 약간의 차이는 있었으나 비슷한 경향이였다. 엽면적 변화를 보면 생육초기 급격한 증가를 진행하다가 일정높이가 되면 이후 유인을 하여 높이를 낮추게 되고 특히 하위절위의 엽은 제거하게 되면서 엽면적의 증가가 크지 않았다.



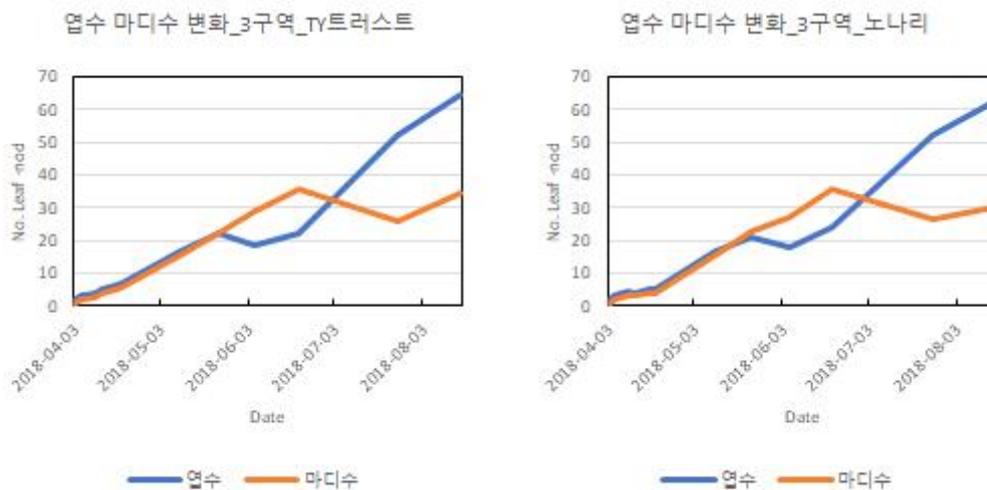
<그림> 재배기간동안의 시설내 환경변화

- 인접한 온실에서 주간 환기온도를 3도정도 더 높게 설정하여 관리한 온실에서의 환경변화를 나타낸 그림을 보면, 전반적으로 6월 이전까지는 평균온도가 20도에 근접하였으나 본격적으로 더워지는 6월경에는 평균온도가 상승하였고, 8월에 이르러서는 거의 30도에 근접하였다. 이는 주간동안 냉방기기를 이용하여 온도를 낮추려 하였으나 외부에서 들어오는 열에너지가 급증하여 냉방기기로서도 온도를 낮출 수 없었으며, 냉방기기의 가동이 많아짐에 따라 시설내 습도가 급격히 하락하는 것을 볼 수 있었다.



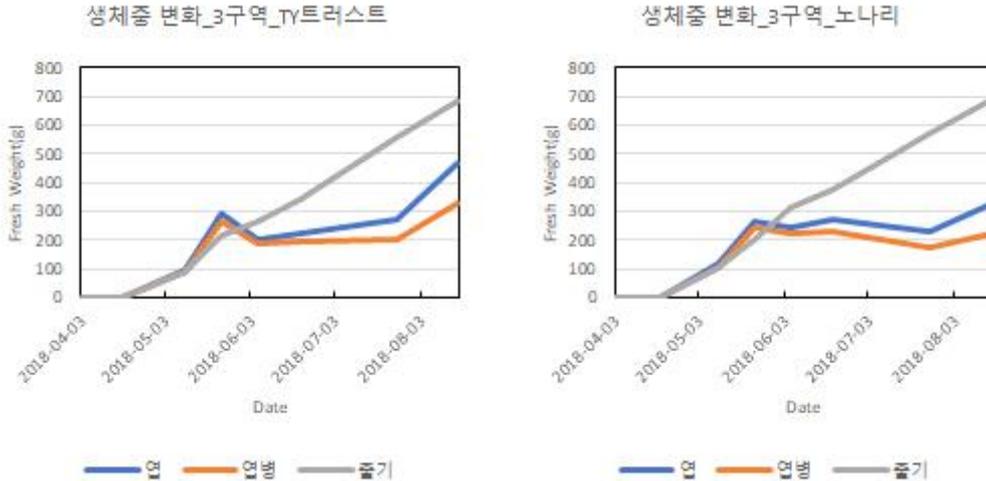
<그림> 재배기간의 변화에 따른 토마토 품종별 초장 변화(환기온도 3도 상승)

- 환기온도가 3도 더 높게 설정하므로 시설내부의 온도가 올라가고 이에따라 가장 먼저 반응하는 것이 키가 더 커지고 줄기의 두께가 얇아지는 현상이 두드러지게 나타났다. 3도가 더 낮은 앞서의 처리에서 보다 완속계 토마토의 초장이 훨씬 더 증가하는 경향이었고 방울토마토는 8월에 이르러 초장 증가가 둔화되는 경향이였다. 이는 높은 온도에 따른 것으로 생각되었다.



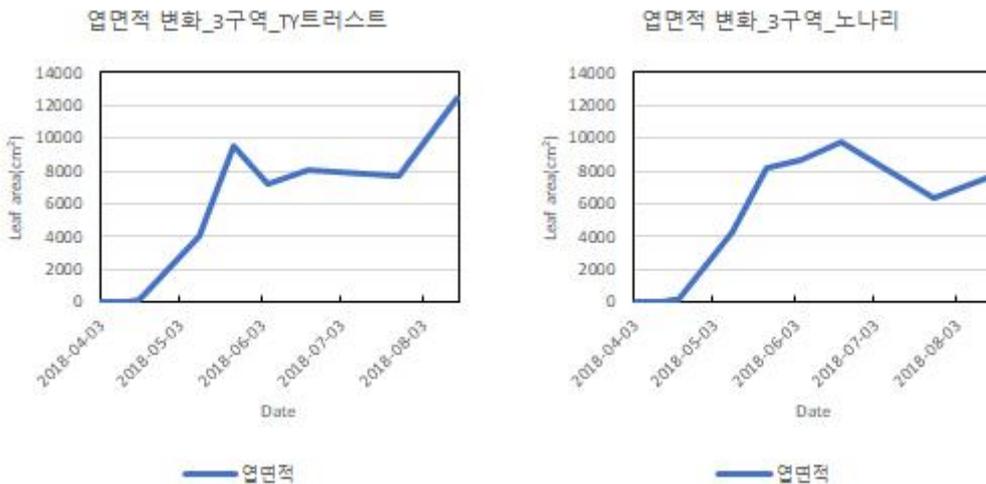
<그림> 재배기간의 변화에 따른 토마토 품종별 엽수 및 마디수 변화(환기온도 3도 상승)

- 엽수 및 마디수의 변화를 보면 앞서 3도 더 낮은 환기온도와 비교할 때 조금 더 높게 유지되는 경향이였으나 변화의 패턴은 비슷하게 나타났다.



<그림> 재배기간의 변화에 따른 토마토 품종별 기관별 생체중 변화(환기온도 3도 상승)

- 환기온도의 상승에 따라 생체중의 변화는 3도 낮은 처리구보다 비슷한 경향이였다. 줄기의 생체중이 직선적으로 변화하는 것도 비슷한 양상의 변화를 나타냈다.



<그림> 재배기간의 변화에 따른 토마토 품종별 엽면적 변화(환기온도 3도 상승)

- 엽면적 변화를 보면 3도 더 낮은 처리구와 비슷한 경향이였으나 방울토마토의 생육후기 엽면적 증가가 둔화되는 경향이어서 방울토마토가 온도에 더 민감하게 반응 하는 것으로 생각되었다.

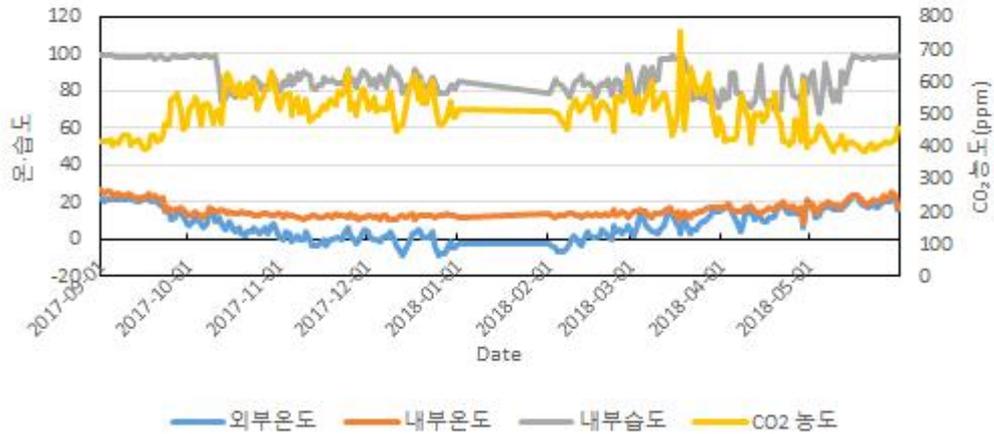
나) 스마트 농장 재배관리 시스템 활용 파일럿 플랜트 설계 및 운용(딸기)

- 토마토와 함께 딸기는 최적재배기술과 생육상태 분석을 위한 딸기 재배정보를 수집하였다. 딸기는 3~4월 모본 정식부터 시작하여 6~8월 육묘기, 9월 정식기, 11월 1화방 생육기, 12월 2화방 생육기를 거쳐 저일조기 휴면시기를 거쳐 다시 3~4월 영양생장기, 5~6월 재배종료기 등으로 진행하게 된다. 각 시기별 딸기의 생육상태가 달라지며, 재배방식, 재배배지, 재배시설과 재배기술에 따라 각각의 상태가 다르며, 토마토에 비해서 재배기술의 차이가 매우 심하게 나타나는 편이며, 재배상태에 따라 과일의 착과도 달리해 주어야 하므로 재배기술면에서 적응정도가 차이가 심한 편이다.
- 다음은 각 생육단계별 생육상태를 촬영한 것으로 재배시기별로 엽색 및 과일색 등이 달라진다.

7/19 육묘기(삼목-제자리)	7/21 육묘기(육묘기-포트)	9/17 정식후
		
9/21 1화방 출퇴시작	9/26 1화방 출퇴/ 개화	10/17 1화방 생육
		
10/18 1화방 비대기	12/6 1화방 수확기	1/29 2화방 수확/
		

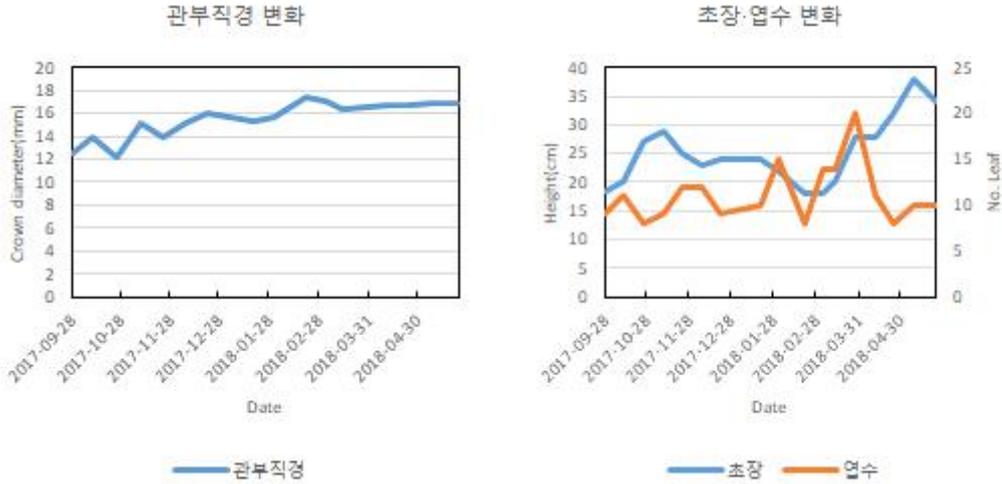
<그림> 지능형 재배관리 시스템의 최적재배기술 및 생육상태 분석을 위한 시기별 딸기 재배정보 제공

온실 내·외부 환경데이터

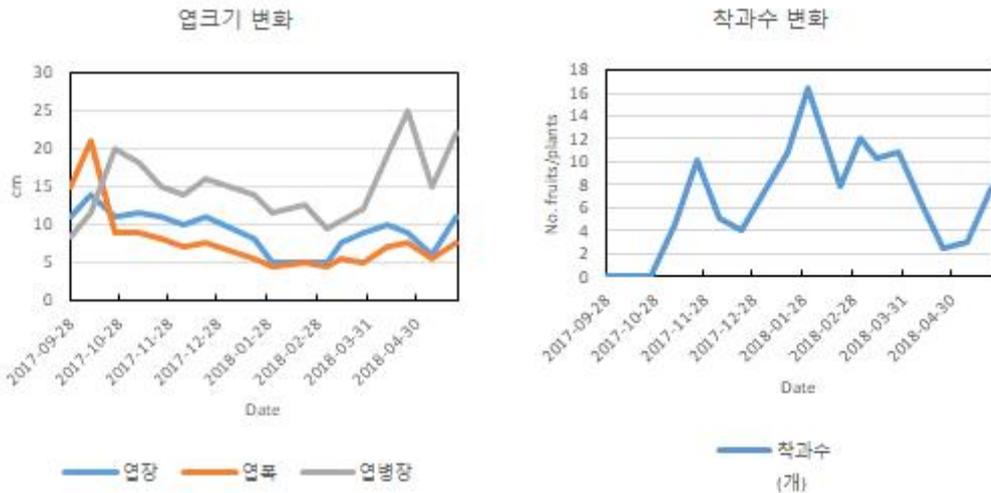


<그림> 재배기간의 변화에 따른 딸기 온실의 환경변화

- 딸기온실의 정식 후부터 재배종료기까지 환경변화를 나타낸 그림을 보면, 외부 평균온도는 정식시에는 약 20도가 넘었지만 12월부터 영하로 변했으며, 2월이후에는 영상으로 올라가기 시작하여 4월이후 다시 20도에 근접하게 올라갔다.
- 시설내부의 온도는 9월까지의 20도 정도였지만 10월부터는 15도에 가까웠으며, 이후 거의 12~14도 사이에서 겨울을 지냈으며, 4월이후에 거의 20도까지 상승하였다.
- 내부 습도는 10월초까지 센서의 이상으로 습도가 제대로 나타나지 않았으나 10월 중순 이후 거의 평균 80% 정도 이상을 나타냈다. 탄산가스 농도는 전반적으로 400~550ppm 사이로 나타났으며, 야간 호흡에 의한 탄산가스 농도의 상승이 거의 1000ppm에 가깝게 나타나고, 주간동안 환기에 의해 대기의 농도보다 높은 400ppm 정도로 나타나 평균농도는 생육량이 늘어날수록 호흡량이 늘어나 높게 나타날 수 있어 정식후보다 환기를 많이 닫고있는 11월부터가 높아지게 된다. 이후 환기가 많이 되는 3월말부터 농도가 낮아지기 시작하여 5월이후에는 평균 400ppm 이하로 내려가게 된다.
- 재배기간동안의 관부(클라운) 크기의 변화를 보면 생육이 진전될수록 관부의 직경이 커지게 되고, 관부의 직경은 화방대의 성장과 잎의 생장이 가늠하는 중요한 기준이 된다. 관부의 직경이 클수록 꽃대가 굵고, 꽃의 크기가 커지며 꽃으로의 양분이동도 훨씬 크다고 알려져 있다. 관부크기는 정식후 지속적으로 증가하지만 1월부터는 거의 일정한 크기로 유지되는 것으로 나타났다.
- 초장은 지제부에서 잎 끝까지의 길이를 나타낸 것으로 딸기는 따로 줄기가 없기 때문에 잎의 생장이 가장 중요한 기준이 된다. 10월 말까지 증가하다가 이후 2월말까지 감소하게 되는데, 이는 약광기 및 저온기를 통해 생장이 작아지게 되고, 특히 1월말 이후 휴면이 진행되면서 급격하게 초장의 감소가 이루어졌다. 이후 일장이 증가하고, 광도가 강해지면서 초장이 급격하게 증가하는데 이는 액아의 증가로 많은 잎들이 나오면서 서로 경쟁적으로 올라가면서 초장의 증가를 가져온다.
- 엽수는 상승과 감소를 반복하게 되는데, 2월말이후 급격한 증가는 액아의 증가로 인해 잎수의 증가가 뚜렷해지고 4월부터는 급격하게 감소하여 10여개 정도로 감소하게 된다.



<그림> 재배기간의 변화에 따른 딸기의 관부직경과 초장 및 엽수의 변화



<그림> 재배기간의 변화에 따른 딸기의 엽특성과 착과수 변화

- 딸기 잎의 특성변화를 보면, 엽병장은 초장의 변화와 유사하게 진행되어 저온약광기에 짧아지고 고온 강광기에 길어지는 특성을 나타냈다. 엽장과 엽폭은 정식후 점차 감소하는 추세인데 특히 2월말에 가장 감소하였다가 이후 약간 증가하였다. 엽장과 엽폭은 조금 다른 특성을 보이나 그 변화 경향은 비슷하게 나타났다.
- 착과수의 변화를 보면 1화방에서는 대부분 10개 이하로 착과시켰다가 이후 수확을 하면서 감소하고, 2화방이 나오는 시기에는 착과수가 감소하게되며, 대부분 2화방에서는 5~7개정도로 착과수를 작게 가져간다. 저온기를 지나 3화방부터는 액화방까지 같이 착과가 이루어져 그 숫자가 급격하게 증가하여 1월말 16개 정도까지 급격한 상승을 나타내다가 다시 감소하는데 3월 이후에는 급격한 착과수 저하를 나타내었다.

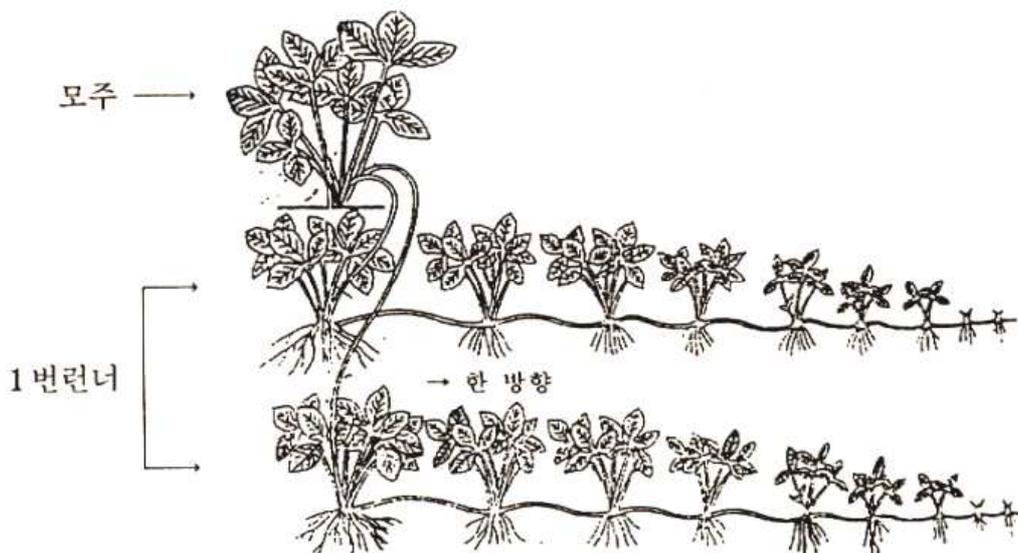
마. 머신러닝 활용 수확예측 서비스 개발

1) 국내 농산물 재배환경 정보 현황

- 사과나무를 대상으로 관수점과 질소 농도를 구해 이를 토양수분센서를 사용하여 최적화된 과수원 관비 시스템을 개발하는 연구가 진행됨(김민균,2000). 또한 이를 시범 조성하여 장기간 관찰하여 환경 및 생물학적 영향을 평가 및 타당성 분석하여 수리모형을 개발하고자 함
- 물이 지닌 유전율을 이용하여 네트워크를 구성하는 정전용량형 토양수분센서를 개발하려고 했으며 실험 결과, 사과나무의 생육과 수량 및 품질은 관수점이 -50kPa, 질소 농도가 34mg L⁻¹일 경우가 좋음을 확인함. 수리모형은 원통형좌표계를 사과나무를 중심으로 4개의 점적기를 지표에 설치하는 것을 직교좌표계로 전개하여 개발하였고 또한 질소 분포 모형을 연립하여 산소상태에 따라 질소의 형태가 변환되는 속도론적 접근을 고려하는 모형을 개발함. 센서는 two-rod 형태의 센서를 선택하여 개발하고자 하였으나 회로구성의 불안정성으로 신뢰할 만한 수준에 도달하지 못하였지만 최적화된 점적관비 시스템을 구성할 수 있음을 확인함

2) 딸기의 생육정보

- 농촌진흥청 국립원예특작과학원의 자료를 바탕으로 딸기의 생육정보를 파악함. 딸기는 런너(포복지)를 통해 영양번식을 하는 작물이기 때문에 분포 관리뿐만 아니라 육묘에 상당한 시간과 노력이 투입되며, 묘의 소질이 아주심기 후 수량이나 품질 등을 결정하는 주요 요인임. 딸기육묘의 최대 목표는 단시간에 최대한 많은 런너를 발생시켜 원하는 시기에 고르고 좋은 묘를 많이 확보하는 것임. 따라서 육묘를 할 때에는 재배 작형과 육묘 방법별 장점과 단점을 잘 파악하여 육묘방법을 선택해야 함



<그림> 모주와 런너(국립원예특작과학원,2013)

육묘 방법으로 크게 노지육묘와 비가림 육묘가 있지만 본 연구에서는 비가림 육묘만 고려함



<그림> 딸기육묘 과정(국립원예특작과학원,2013)



<그림> 딸기 육묘의 종류(국립원예특작과학원,2013)

- 비가림 육묘란 노지가 아닌 하우스 내에서 육묘하는 모든 방법을 통틀어 말하는 것으로 포트육묘도 비가림 육묘에 속하나, 일반적으로 하우스 내에서 토양에 육묘하는 것을 말함. 비가림 육묘는 강우로부터의 탄저병예방을 목적으로 하며 약제 살포 횟수나 탄저병의 발생을 노지보다 상당히 낮출 수 있음. 비배관리가 용이한 장점이 있으나 하우스 내 환경이다 보니 흰가루병의 발생이 많아지고, 묘가 도장하여 연약하게 자라게 되는 단점이 있음

<표> 비가림 육묘에 의한 탄저병 방제 효과

품 종	런너 탄저병 이병률(%)		비가림 방제효과(%)
	비가림	노지	
여홍	0.7	20.9	94.9
여봉	2.7	36.7	90.9

3) 딸기 표준 규격

- 국립농산물품질관리원에서 규정한 딸기 표준출하 등급 구분 기준은 딸기의 무게, 섶택, 신선도, 당도 그리고 상해과, 변질과, 미숙과, 병충해과 등에 의한 과실의 결점 정도에 따라 특, 상, 보통으로 구분하도록 되어 있으며, 무게에 의한 등급 구분은 딸기 1개의 무게가 25g 이상인 특대부터 대, 중, 소로 구분하고 있음

〈표〉 딸기 표준 규격

등급항목	특	상	보통
날개 고르기	무게 구분표상 무게가 다른 것의 혼입이 10%이하인 것	무게 구분표상 무게가 다른 것의 혼입이 20%이하인 것	특·상에 미달하는 것
무게	무게구분표상 「대」 이상인 것	무게구분표상 「중」 이상인 것	적용하지 않음
섶택	품종 고유의 섶택이 뛰어난 것	품종 고유의 섶택이 뛰어난 것	특·상에 미달하는 것
당도	11° Brix 이상인 것	9° Brix 이상인 것	적용하지 않음
신선도	꼭지가 시들지 않고 표면에 윤기가 있는것	꼭지가 시들지 않고 표면에 윤기가 있는것	특·상에 미달하는 것
중결점과	없음	없음	5%이하(부패·변 질과 불포함)
경결점과	5%이하	10%이하	20%이하

〈표〉 딸기 무게 구분

구분	호칭			
	특대	대	중	소
1개의 무게(g)	25 이상	17이상 25미만	10이상 17미만	10미만

4) 방울토마토 표준규격

- 국립농산물품질관리원에서 규정한 방울토마토 표준출하 등급 구분 기준은 다음과 같음. 본 규격의 적용은 국내에서 생산되어 신선한 상태로 유통되는 방울토마토에 적용하며, 가공용 또는 수출용에는 적용하지 않음.

가) 등급 규격

(1) 특

- ① 날개의 고르기 : 별도로 정하는 크기 구분표에서 무게 또는 지름이 다른 것이 10% 이하인 것. 단, 크기 구분표의 해당 무게에서 1단계를 초과할 수 없음

- ② 무게 : 별도로 정하는 크기 구분표에서 「L」, 「M」인 것
- ③ 색택 : 품종 고유의 색택으로 착색 정도가 뛰어나며 균일한 것
- ④ 신선도 : 과피의 탄력이 뛰어난 것
- ⑤ 속도 : 과육의 성숙정도가 적당하고 균일한 것
- ⑥ 중결점과 : 없는 것
- ⑦ 경결점과 : 없는 것

(2) 상

- ① 날개의 고르기 : 별도로 정하는 크기 구분표에서 무게 또는 지름이 다른 것이 20%이하인 것. 단, 크기 구분표의 해당 무게에서 1단계를 초과할 수 없음
- ② 무게 : 별도로 정하는 크기 구분표에서 「L」, 「M」, 「S」인 것
- ③ 색택 : 품종 고유의 색택으로 착색 정도가 양호하며 균일한 것
- ④ 신선도 : 과피의 탄력이 양호한 것
- ⑤ 속도 : 과육의 성숙정도가 적당하고 균일한 것
- ⑥ 중결점과 : 없는 것
- ⑦ 경결점과 : 5% 이하인 것

(3) 보통

- ① 날개의 고르기 : 특상에 미달하는 것
- ② 무게 : 적용하지 않음
- ③ 색택 : 특상에 미달하는 것
- ④ 신선도 : 특상에 미달하는 것
- ⑤ 속도 : 특상에 미달하는 것
- ⑥ 중결점과 : 5% 이하인 것(부패·변질과는 포함할 수 없음)
- ⑦ 경결점과 : 20% 이하인 것

나) 중결점과

- 중결점과는 다음의 것을 말함.
 - ㉠ 이품종과 : 품종이 다른 것
 - ㉡ 부패, 변질과 : 과육이 부패 또는 변질된 것
 - ㉢ 과숙과 : 색택 또는 육질의 정도로 보아 과육의 성숙이 지나친 것
 - ㉣ 미숙과 : 성숙이 덜된 것
 - ㉤ 병충해과 : 과피 또는 과육에 병해충의 피해가 있는 것. 다만 경미한 것은 제외한다.
 - ㉥ 상해과 : 생리장애로 육질이 섬유질화한 것. 열상, 자상, 압상 등의 상처가 있는 것. 다만, 경미한 것은 제외한다.
 - ㉦ 형상불량과 : 기형과 및 열과(裂果)
 - ㉧ 기타 결점의 정도가 심한 것

다) 경결점과

- 경결점과는 다음의 것을 말함.
 - ㉠ 형상불량의 정도가 경미한 것
 - ㉡ 중결점에 속하지 않는 상처가 있는 것
 - ㉢ 병충해, 상해의 정도가 경미한 것
 - ㉣ 기타 결점정도가 경미한 것

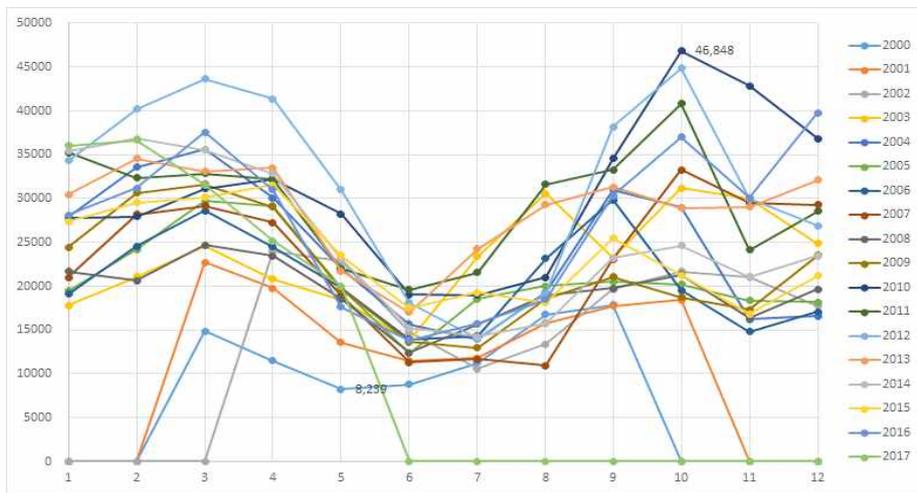
〈표〉 크기구분

호칭 구분	2L	L	M	S	2S
1과의 무게(g)	25 이상	20 이상 25 미만	15 이상 20 미만	10 이상 15 미만	5 이상 10 미만
1과의 지름(mm)	35 이상	25 이상 35 미만	20 이상 25 미만	15 이상 20 미만	15 미만

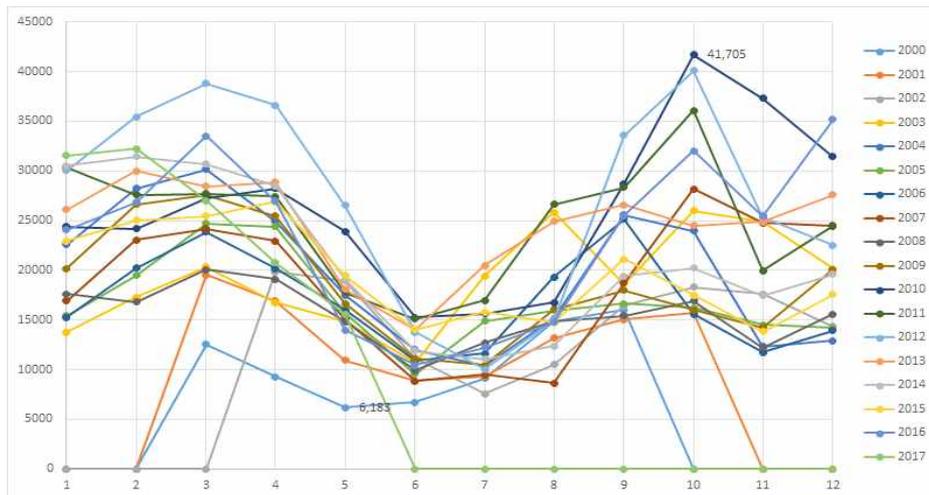
바. 국내 농산물 가격 정보 현황

1) 연도별 가격 정보 현황

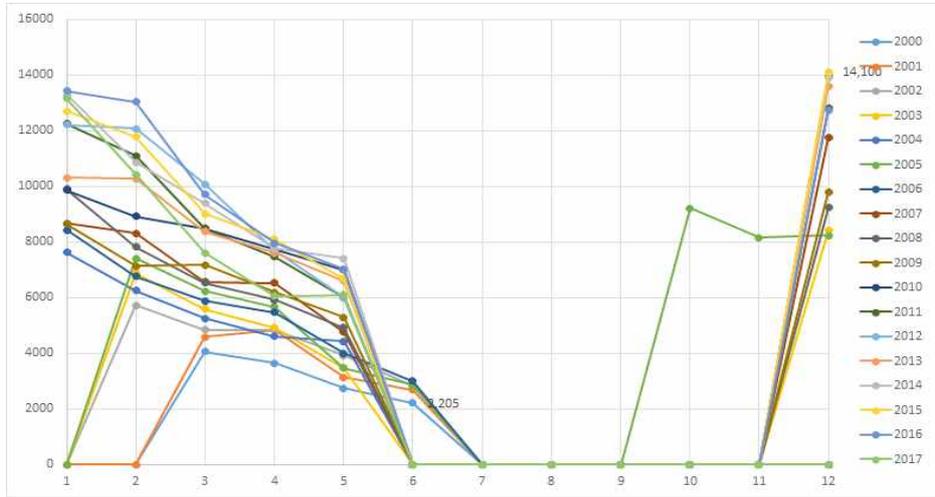
- 한국농수산식품유통공사(KAMIS)에서 공시한 딸기 및 방울토마토의 생산량 및 가격 정보를 수집함. 가격정보 데이터는 월단위로 2000년~2017년까지의 자료를 수집함. 도매가격은 경락가격에 간접비(점포유지관리비, 인건비 등), 이윤 등이 포함된 가격임. 평년은 5년간(금년 제외) 해당일에 대한 최고값과 최소값을 제외한 3년 평균값임.
- 본 가격자료는 전국 주요 시장에서 조사된 도·소매 평균가격으로 개별 판매처 및 산지, 브랜드, 규격 등에 따라 가격이 다를 수 있음



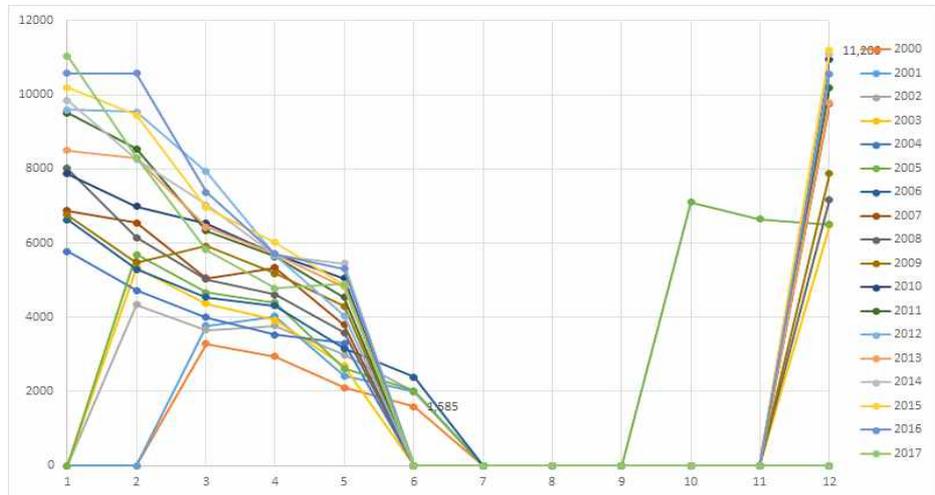
<그림> 토마토 상품 가격 변동(등급:상품, 단위:10kg, 가격:원)



<그림> 토마토 중품의 가격 변동(등급:중품, 단위:10kg, 가격:원)



<그림> 딸기 상품의 가격 변동(등급:상품, 단위:10kg, 가격:원)



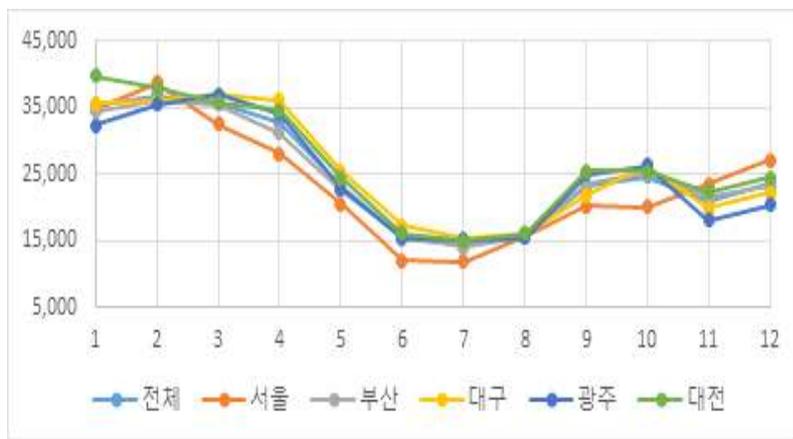
<그림> 딸기 중품의 가격 변동(등급:중품, 단위:10kg, 가격:원)

가) 지역별 가격 정보 현황

- 한국농수산식품유통공사(KAMIS)에서 공시한 딸기 및 방울토마토의 주요 지역별 가격 정보를 수집함. 가격정보 데이터는 월단위로 2007년~2017년까지의 자료를 수집함

<표> 2014년 토마토 상품 지역별 가격 변동(단위:원)

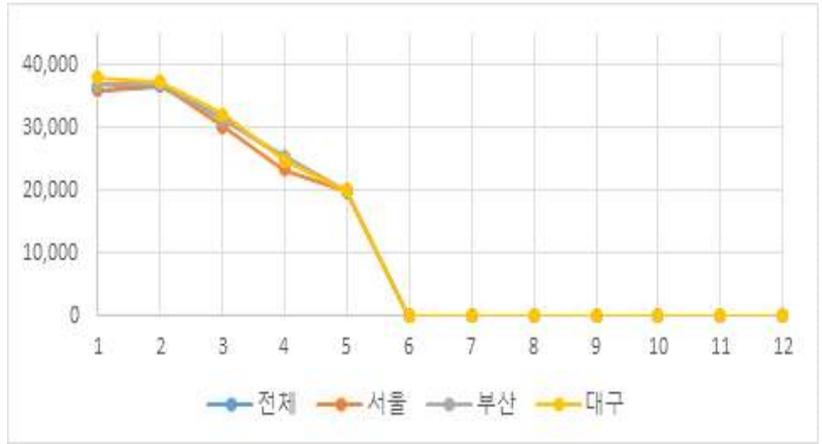
구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
전체	35,400	36,820	35,543	32,836	23,158	15,274	14,243	15,737	23,200	24,629	21,030	23,438	25,175
서울	34,700	38,700	32,429	28,091	20,474	12,053	11,783	15,579	20,278	20,000	23,450	27,095	23,765
부산	34,500	35,900	35,476	31,182	22,684	15,579	14,000	15,684	23,556	25,190	21,500	23,143	24,918
대구	35,600	36,100	37,000	36,182	25,368	17,263	15,304	15,895	21,889	26,238	19,800	22,143	25,831
광주	32,400	35,500	36,952	34,091	22,842	15,368	15,174	15,474	24,889	26,190	18,000	20,333	24,848
대전	39,800	37,900	35,857	34,636	24,421	16,105	14,957	16,053	25,389	25,524	22,400	24,476	26,514



<그림> 2014년 토마토 상품 지역별 가격 변동(단위:원)

<표> 2017년 토마토 상품 지역별 가격 변동(단위:원)

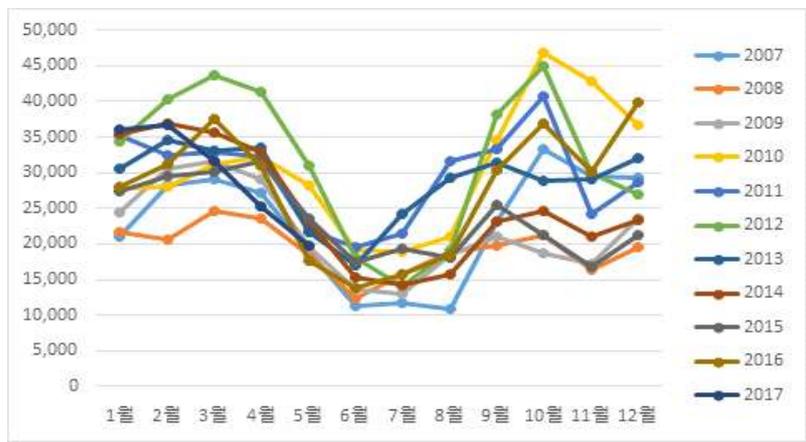
구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
전체	36,010	36,650	31,564	25,200	19,800	-	-	-	-	-	-	-	32,038
서울	36,000	37,000	30,136	23,350	20,000	-	-	-	-	-	-	-	31,310
부산	36,800	36,950	31,091	25,450	20,000	-	-	-	-	-	-	-	32,238
대구	38,000	37,300	32,182	24,750	20,000	-	-	-	-	-	-	-	32,726
광주	32,900	35,500	32,318	24,900	19,000	-	-	-	-	-	-	-	31,131
대전	36,350	36,500	32,091	27,550	20,000	-	-	-	-	-	-	-	32,786



<그림> 2017년 토마토 상품 지역별 가격 변동(단위:원)

<표> 전국 토마토 상품 지역별 가격 변동(단위:원)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
2007	20,991	28,168	29,143	27,267	18,905	11,340	11,705	10,973	23,071	33,264	29,455	29,305	22,759
2008	21,682	20,622	24,674	23,486	18,568	12,410	15,687	18,970	19,790	21,318	16,420	19,657	19,462
2009	24,453	30,670	31,645	29,045	19,663	13,636	12,948	18,571	21,055	18,714	17,305	23,533	21,693
2010	27,820	27,926	31,109	32,227	28,263	19,038	19,009	21,009	34,537	46,848	42,845	36,809	30,662
2011	35,257	32,388	32,820	32,202	21,970	19,571	21,543	31,609	33,280	40,820	24,155	28,562	29,438
2012	34,330	40,219	43,648	41,390	30,981	18,100	14,036	19,145	38,190	44,857	29,991	26,905	31,707
2013	30,464	34,558	33,090	33,509	21,752	17,021	24,235	29,276	31,311	28,933	29,048	32,095	28,764
2014	35,400	36,820	35,543	32,836	23,158	15,274	14,243	15,737	23,200	24,629	21,030	23,438	25,175
2015	27,390	29,541	30,155	31,555	23,522	17,509	19,270	18,100	25,460	21,229	16,867	21,171	23,398
2016	28,110	31,200	37,582	31,030	17,620	13,819	15,762	18,500	30,337	37,020	30,091	39,810	27,507
2017	36,010	36,650	31,564	25,200	19,800	-	-	-	-	-	-	-	32,038



<그림> 전국 토마토 상품 지역별 가격 변동(단위:원)

<표> 2007년 딸기 상품 지역별 가격 변동(단위:원)

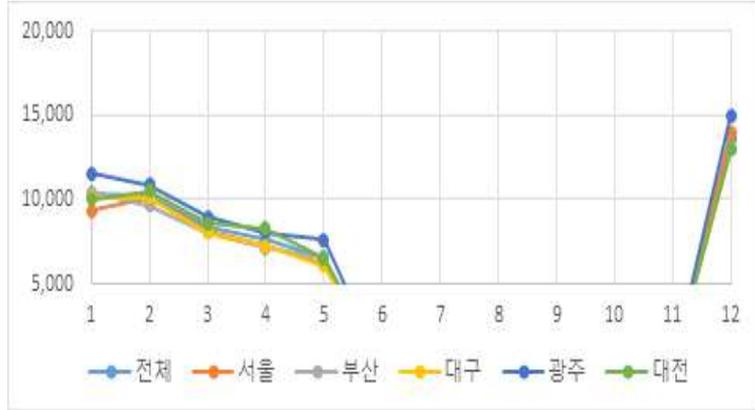
구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
전체	8,665	8,300	6,557	6,524	4,766	-	-	-	-	-	-	11,750	7,473
서울	7,568	7,816	7,119	7,762	6,964	-	-	-	-	-	-	11,500	7,917
부산	8,184	7,737	5,643	5,738	4,618	-	-	-	-	-	-	11,000	6,899
대구	9,432	8,684	6,214	6,048	4,769	-	-	-	-	-	-	12,000	7,741
광주	9,545	9,684	7,881	6,595	4,250	-	-	-	-	-	-	13,000	8,165
대전	8,477	7,579	5,929	6,476	4,868	-	-	-	-	-	-	11,250	7,180



<그림> 2007년 딸기 상품 지역별 가격 변동 (단위:원)

<표> 2013년 딸기 상품 지역별 가격 변동(단위:원)

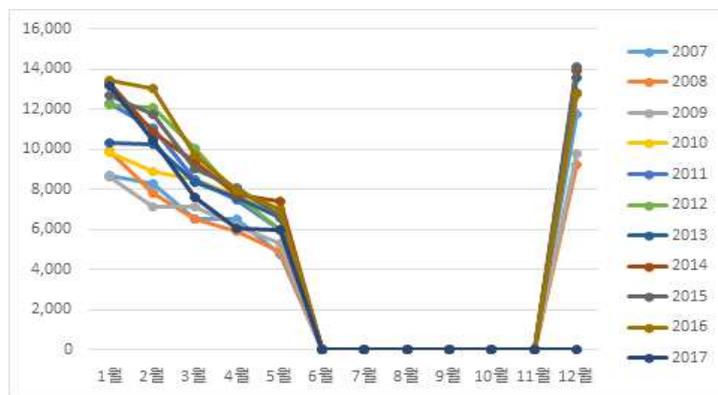
구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
전체	10,300	10,263	8,360	7,600	6,600	-	-	-	-	-	-	13,600	8,671
서울	9,357	10,105	8,100	7,273	6,188	-	-	-	-	-	-	14,000	8,301
부산	10,429	9,632	8,050	7,136	6,594	-	-	-	-	-	-	13,000	8,371
대구	10,143	10,158	8,050	7,227	6,063	-	-	-	-	-	-	13,000	8,366
광주	11,571	10,895	9,000	8,045	7,625	-	-	-	-	-	-	15,000	9,441
대전	10,000	10,526	8,600	8,318	6,531	-	-	-	-	-	-	13,000	8,876



<그림> 2013년 쌀기 상품 지역별 가격 변동(단위:원)

<표> 전국 쌀기 상품 지역별 가격 변동(단위:원)

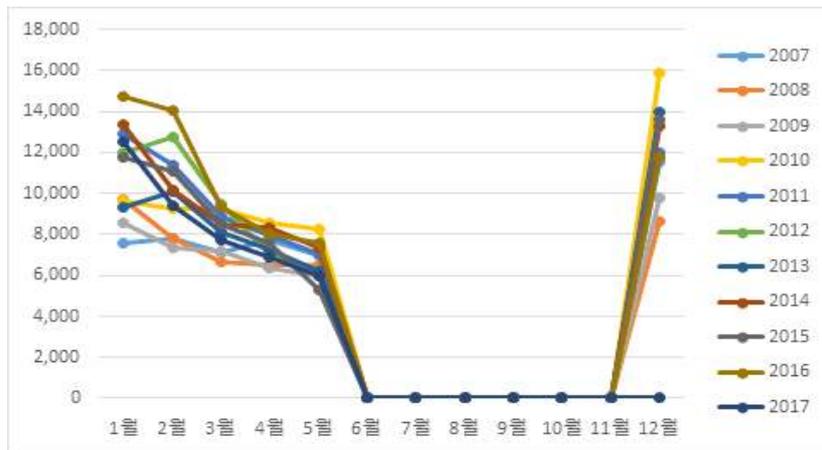
구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
2007	8,665	8,300	6,557	6,524	4,766	-	-	-	-	-	-	11,750	7,473
2008	9,891	7,817	6,524	5,919	4,920	-	-	-	-	-	-	9,230	7,626
2009	8,648	7,130	7,173	6,186	5,293	-	-	-	-	-	-	9,793	7,298
2010	9,865	8,916	8,464	7,715	6,994	-	-	-	-	-	-	13,964	8,948
2011	12,257	11,088	8,487	7,466	6,007	-	-	-	-	-	-	12,800	9,184
2012	12,200	12,076	10,076	7,670	6,000	-	-	-	-	-	-	-	9,598
2013	10,300	10,263	8,360	7,600	6,600	-	-	-	-	-	-	13,600	8,671
2014	13,280	10,860	9,386	7,764	7,400	-	-	-	-	-	-	13,900	10,413
2015	12,695	11,776	9,009	8,086	6,677	-	-	-	-	-	-	14,100	10,270
2016	13,430	13,033	9,700	7,950	7,009	-	-	-	-	-	-	12,747	10,792
2017	13,150	10,430	7,609	6,050	6,000	-	-	-	-	-	-	-	9,190



<그림> 전국 쌀기 상품 지역별 가격 변동(단위:원)

<표> 서울 딸기 상품 지역별 가격 변동(단위:원)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
2007	7,568	7,816	7,119	7,762	6,964	-	-	-	-	-	-	11,500	7,917
2008	9,727	7,778	6,667	6,548	6,500	-	-	-	-	-	-	8,625	7,753
2009	8,579	7,350	7,182	6,364	6,000	-	-	-	-	-	-	9,821	7,473
2010	9,625	9,263	9,250	8,591	8,250	-	-	-	-	-	-	15,900	9,626
2011	12,905	11,353	8,846	7,926	7,033	-	-	-	-	-	-	12,000	9,677
2012	12,000	12,762	9,476	7,050	6,000	-	-	-	-	-	-	-	9,456
2013	9,357	10,105	8,100	7,273	6,188	-	-	-	-	-	-	14,000	8,301
2014	13,400	10,200	8,500	8,318	7,357	-	-	-	-	-	-	13,267	10,138
2015	11,762	11,118	8,455	7,545	5,308	-	-	-	-	-	-	13,583	9,533
2016	14,750	14,056	9,364	8,050	7,591	-	-	-	-	-	-	11,800	11,090
2017	12,550	9,400	7,750	6,925	6,000	-	- </td <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>9,048</td>	-	-	-	-	-	9,048



<그림> 서울 딸기 상품 지역별 가격 변동(단위:원)

2) 연구대상지역 및 대상작물

가) 연구 대상 지역

- 국내 시설재배지에서 재배되고 있는 작물의 이미지를 취득하여 국내에서 머신러닝 기술을 도입한 최적 수확 시기 및 수확 품질 예측에 적용이 가능한지에 대해 검토하고자 함. 테스트베드는 전남의 나루농업을 시설재배지로 정하여 향후 그곳에서 키우는 딸기 및 방울토마토 작물에 대해 이미지를 취득하여 적용함



연구 대상지(전남 나루농업)

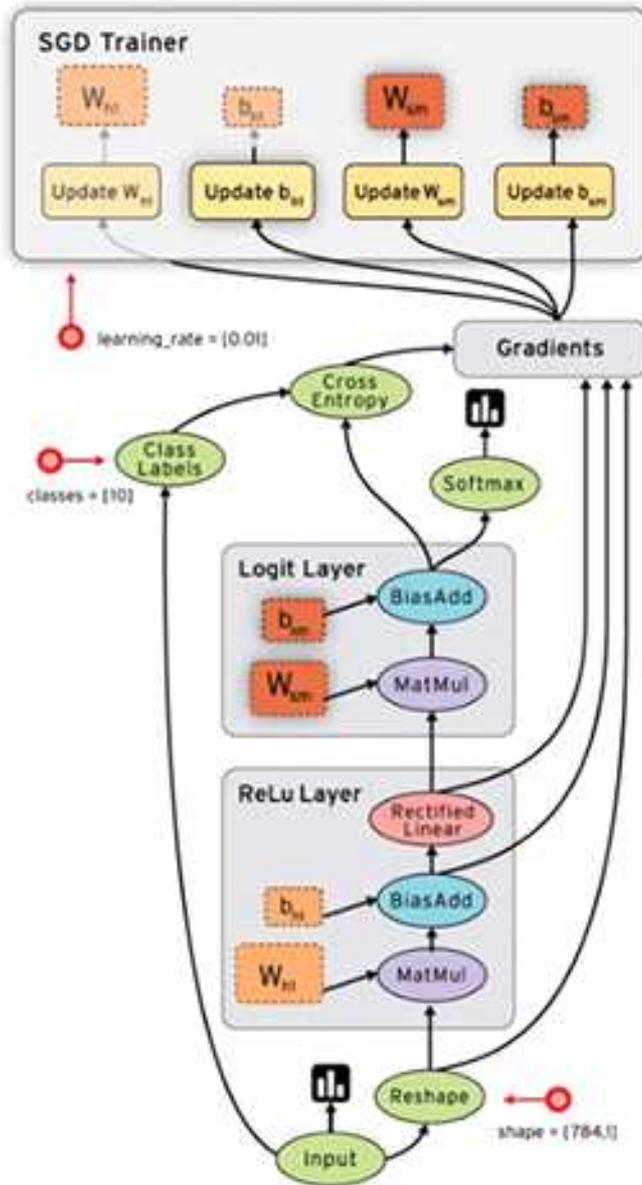
나) 연구 대상 작물

- 연구 대상 작물은 대상지에서 재배 중인 딸기와 방울토마토를 이용하고자 함

3) 연구방법

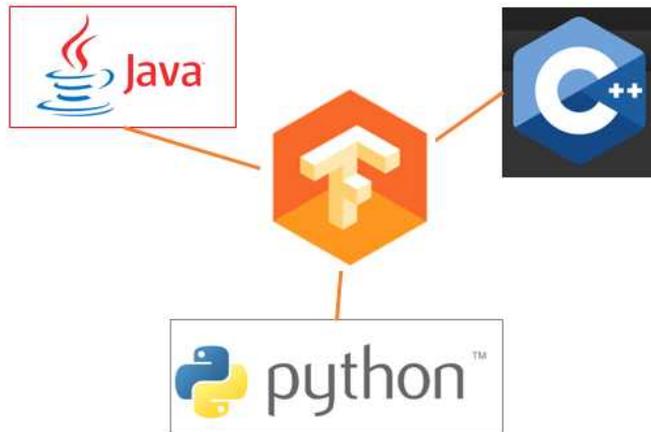
가) TensorFlow를 이용한 이미지 처리 및 분석

- TensorFlow(Tensorflow)는 구글에서 공개한 딥 러닝(Deep Learning)과 머신러닝(Machine Learning) 기술의 오픈소스 소프트웨어로 Python (Python)과 C/C++을 지원하며, 이를 바탕으로 취득한 딸기의 이미지를 TensorFlow를 통해 이미지 처리 및 처리된 이미지를 학습시켜 시설재배지에서 최적의 시기에 수확이 가능하도록 정보를 제공하고자 함



TensorFlow 흐름차트 모식도(TensorFlow™)

- 구글에서 개발한 딥 러닝과 머신러닝 기술의 오픈소스 소프트웨어로 리눅스나 맥의 운영 체제인 OS X 뿐만 아니라 Bash가 설치된 윈도우 10에서도 구동되는 2세대 플랫폼으로 이미지, 음성, 비디오 등의 데이터 처리가 가능하며, 기계학습을 수행할 때 고속 병렬처리가 가능한 GPU도 활용이 가능하다. 핵심 알고리즘은 C++로 작성되었으며 진행하기 위한 프론트 엔드는 Python으로 작성되었으나 Java API, C API도 제공함



TensorFlow 구동을 위한 프로그래밍 언어

- 본 연구에서 사용한 프로그래밍 언어는 Python 3.6으로 다른 언어들과는 다음과 같은 장점이 있음. Python 3.6은 동적 의미로 해석되고 객체 지향적인 고급 프로그래밍 언어임. 동적 유형 지정 및 동적 바인딩과 결합 된 고급 수준의 내장 된 데이터 구조의 신속한 응용 프로그램 개발뿐만 아니라 기존 구성 요소를 함께 연결하는 스크립팅 또는 접착제 언어로 사용하기에 매우 적합함. Python은 간단하고 이해하기 쉬운 구문으로 가독성을 강조하므로 프로그램 유지 관리 비용이 절감됨. Python은 프로그램 모듈화 및 코드 재사용을 장려하는 모듈 및 패키지를 지원함. Python 인터프리터와 광범위한 표준 라이브러리는 모든 주요 플랫폼에 대한 비용 없이 소스 또는 바이너리 형식으로 사용할 수 있으며 자유롭게 배포가 가능



<그림> Python 3.6 설치 화면(Python™)

나) TensorFlow 학습을 위한 이미지 수집

TensorFlow 학습에 사용할 이미지를 작물의 성장단계를 다양하게 선정하여 약 250여개의 이미지를 수집함. 이미지 수집을 위해 가장 많은 양의 자료를 보유하고 있는 Google 사의 검색 엔진을 이용함



<그림> Google을 통해 수집한 딸기 이미지

	사진 최소 크기	사진 최대 크기	개수	해상도 최솟값	해상도 최댓값
학습 데이터	112*131	5456*3632	540	96	350
검증 데이터	275*183	872*555	60	96	96

표 12

1. 미성숙기 작물 이미지 RGB

	최소	최대	평균
R	213	241	224
G	211	235	222
B	134	184	158

2. 성숙기 작물 이미지 RGB

	최소	최대	평균
R	196	223	209
G	13	57	27
B	16	43	32

3. 과성숙기 작물 이미지 RGB

	최소	최대	평균
R	166	199	186
G	22	35	27
B	16	33	25

다) TensorFlow 설치 방법

(1) TensorFlow 설치 방법 결정

- 공식 홈페이지에서는 TensorFlow 설치를 위해 여러 운영체제에서 설치할 수 있는 방법을 제공하고 있음. 본 연구에서는 접근성이 쉬운 Windows 환경에서의 TensorFlow 설치하는 방법으로 결정함

<표> TensorFlow 설치를 위한 운영체제 선택(TensorFlow™)

Type	OS	Remarks
Python	Ubuntu	
	Mac OS X	
	Windows	
	Sources	
Python TensorFlow API 1.0	TensorFlow 1.0	Transitioning
Other Programing Language	Java	
	C	
	TensorFlow for Go	

(2) 컴퓨터 설치 환경

- 설치할 컴퓨터의 사양을 확인해야 함. 컴퓨터의 프로세서가 CPU인지 GPU인지 확인함.

컴퓨터에 대한 기본 정보 보기

Windows 버전 _____
 Windows 10 Pro
 © 2016 Microsoft Corporation. All rights reserved.

시스템 _____

제조업체: HP Inc.
 프로세서: Intel(R) Core(TM) i3-6100 CPU @ 3.70GHz 3.70 GHz
 설치된 메모리(RAM): 8.00GB(7.90GB 사용 가능)
 시스템 종류: 64비트 운영 체제, x64 기반 프로세서
 펜 및 터치: 이 디스플레이에 사용할 수 있는 펜 또는 터치식 입력이 없습니다.

< 컴퓨터의 사양 확인 >

- 컴퓨터 사양을 확인 한 후 가장 먼저 Python을 설치해주어야 하며, Windows 환경에서는 TensorFlow가 Python 3.5이상부터 동작하기 때문에 반드시 Python 3.5 이상의 버전을 설치해야 함. 설치파일은 Python 공식홈페이지에서 받을 수 있으며, 디폴트는 기본 설정되어 있는 값을 따라서 진행하면 됨. 설치파일은 executable 파일로 설치하여야 함

(3) Anaconda 3.6 설치

- Anaconda는 패키지 관리 및 배포를 단순화하는 것을 목표로 하는 대규모 데이터 처리, 예측 분석 및 과학 컴퓨팅을 위한 Python 및 R 프로그래밍 언어의 Freemium 공개 소스 배포판임. Windows 환경에서 TensorFlow를 구동하기 위해서 반드시 설치해야 함. 설치파일은 Anaconda 공식 홈페이지에서 다운 받을 수 있으며, 다운로드 된 exe 파일을 실행할 때는 반드시 관리자 권한으로 실행해야 함. 설정은 기본값으로 설정되어 있는 것을 따라 설치를 진행함. 설치가 완료된 후 Anaconda의 실행은 Anaconda Prompt를 관리자 권한으로 실행하면 됨



<그림> Anaconda 3.6 설치 화면

마) 수확예측을 위한 적용

(1) 이미지 프로세싱

- 이미지 인식을 위해 Github에서 예제 코드를 다운받아 활용함. Cd(예제 코드를 설치한 root 디렉토리)를 설정함

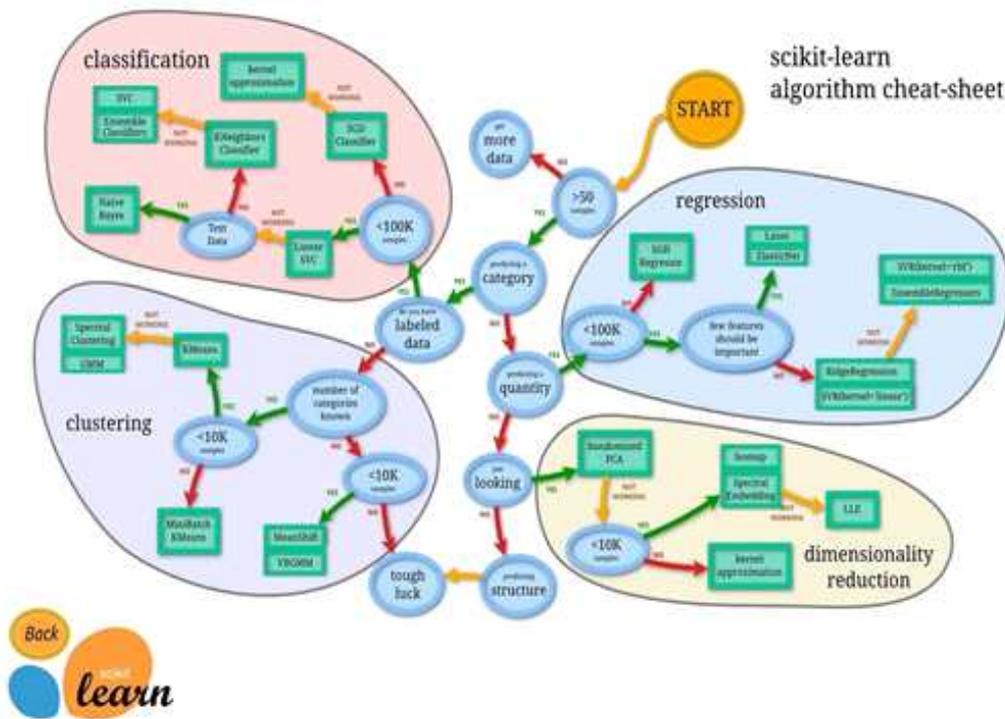
(2) 머신러닝 구동(Image Classification in 5 Methods)

- 실험 데이터 세트 준비를 위해 약 2000개(10종에 각 200개 이미지)의 64*64 또는 128*128 크기의 이미지를 준비함.



<그림> 데이터 자료 수집

- OpenCV를 사용하여 이미지를 배열로 읽어 들여 크기 조정을 하여 이미지 처리함. 이미지 훈련 결과를 향상시키기 위해서 동일한 이미지를 자르기, 밝기 조절하는 것으로 가능한 모든 변형으로 교육 데이터의 유효성이 증가되며 신경분류망이 발생할 수 있는 모든 왜곡에 대처할 수 있게 됨
- 첫 번째로 KNN, SVM 및 BP Neural Network 에 scikit-learn을 적용함.



<그림> scikit-learn 알고리즘

- Image to feature vector는 128*128 이미지, Extract color histogram는 채널 당 bin 수를 32,32,32로 설정함.
- 데이터 세트의 준비는 첫 번째, 400개의 이미지와 2개의 레이블이 있는 하위 데이터 집합, 두 번째는 1000개의 이미지와 5개의 레이블이 있는 하위 데이터 집합, 세 번째 1997년의 이미지 라벨이 10개 포함된 전체 데이터 세트를 구성함. 마지막으로 Tensorflow로 CNN 구축함.

사. 온실 환경 제어를 위한 데이터베이스 설계 및 작물 프로파일

1) 데이터베이스 설계 방향

- 온실 환경 제어를 위한 생육 프로파일 생성과 스마트팜 머신러닝 적용 플랫폼을 개발하기 위해 필요한 데이터베이스를 설계하였다. 생육 프로파일 생성을 목적으로 설계한 데이터베이스는 생육 프로파일 데이터베이스, 머신러닝 적용 플랫폼 개발을 목적으로 설계한 데이터베이스는 머신러닝 데이터베이스로 정의하였다.
- 생육 프로파일이란 작물의 생육 단계를 나누어 단계별 작물에 적절한 환경을 제공하기 위해 작성된 환경 요소별 데이터이다.
- 대상 작물을 딸기로 선정하였으며 딸기는 저온에서도 생육이 양호하고 겨울철 재배 기간 동안 난방비가 거의 들지 않으며 경영비가 비교적 적게 들어가는 장점을 가지고 있다. 따라서 대상 작물인 딸기의 생육에 필요한 데이터를 수집하고 작성하였다.
- 생육 프로파일 데이터베이스의 항목은 온도, 습도, 이산화탄소(CO₂), 양액으로 구성되어 있으며, 각 항목은 시간 정보, 현재 데이터, 추천 값, 각 항목별 값의 범위, 농장 및 하우스 ID에 대한 정보를 제공하고 있다.
- 온실 제어를 위한 장비의 운용은 산정된 추천 값에 따라 기기의 가동 여부 등 장비 제어가 가능하도록 설계하였다.
- 최적의 생육 환경을 위한 추천 값은 단일 값으로 표출하려 하였으나 장비의 과부하 방지를 위해 모든 항목에 대해 추천 값을 기준으로 최댓값, 최솟값을 생육 값의 범위로 출력하여 장비가 가동되도록 설계하였다.
- 우리나라는 노지재배보다 겨울철 시설재배의 비율이 높으며, 이는 시설재배에 적절한 딸기의 생리·생태를 활용하면 효율적으로 품질과 수량을 향상시킬 수 있기 때문이다.
- 본 연구에서 딸기의 생육 단계는 국내 농업기술포털인 농사로(nongsaro.go.kr)에서 정의한 5단계를 적용하였다. 딸기가 자라는 순서에 따라 정식, 보온개시기, 출퇴기, 개화기, 과실 비대기, 수확기로 나뉜다. 데이터 사용의 편리성을 위해 실제 서버에서는 각각의 생육 단계를 00(정식), 01(보온개시기), 02(출퇴기), 03(개화기), 04(과실 비대기), 05(수확기)와 같이 숫자로 정의하여 사용하였다.
- 프로파일 작성을 위해 딸기의 정식 시기가 9월 초·중순인 것을 고려하여 기준 정식 일자 는 9월 10일로 설정하였다. 설정된 정식 30일 이후를 보온개시기(10월 9일), 보온개시기 16일 이후를 출퇴기(10월 25일), 출퇴기 11일 이후를 개화기(11월 5일), 개화기 15일 이후를 과실 비대기(11월 20일), 과실 비대기 17일 이후를 수확기(12월 7일)로 작성하였다.
- 수확예측을 위한 머신러닝 데이터베이스는 계측 정보, 학습을 위한 데이터, 이미지 분석 정보 총 3개의 테이블로 구성되어 있다.
- 계측 정보 테이블은 수집된 이미지에 대한 경로를 정의하고 있으며, 온실에 설치된 카메라를 통해 취득 시간, 카메라 위치 정보, 구역 정보, 이미지 등의 자료를 수집할 수 있다.
- 학습을 위한 데이터 테이블은 이미지 학습에 필요한 데이터를 정의하고 있으며, 머신러닝 구동을 위해 선행되어야 할 딸기 개체 인식을 위해 과실 비대기 이후의 딸기 이미지를 구글

(Google) 등의 검색 포털에서 수집하여 사용하였다.

- 이미지 분석 정보 테이블은 계측 정보 테이블을 통해 수집된 이미지를 학습된 모델에 적용하여 나온 결과를 나타내며, 생육 단계에 따른 분석 결과, 개체 인식 정도 등을 확인할 수 있도록 설계하였다.

2) 작물별 프로파일을 위한 데이터베이스 설계

- 다수의 작물 프로파일을 작성 및 추가하기 위해서는 작물 분류가 가능해야 하며, 작물별 생육 속도 및 단계 등이 모두 상이하므로 이에 대한 데이터베이스 설계가 필요함
- 작물 분류를 위한 데이터베이스 설계는 각 작물에 고유 ID를 부여하고 해당 농장, 해당 온실에 정식된 날짜 정보를 포함하도록 설계하였음
- 작물은 생육단계별로 필요로 하는 환경이 조금씩 다르므로 생육단계를 분류하고 생육단계에 따른 프로파일이 작성되어야 함
- 작물별 생육단계 분류를 위한 데이터베이스 설계는 작물 분류 데이터베이스에서 정의된 작물 ID를 가져와 작물에 따른 각각의 생육단계를 정의한 후 해당 생육단계에 대한 제어를 시작한 날짜와 제어를 지속한 기간을 정의하여 데이터를 누적하여 활용하고자 함

〈표〉 작물 분류 데이터베이스 설계

번호	테이블명(한글)	테이블명(영어)	설명
1	작물 이름	CROP_NAME	해당 작물의 이름 (데이터 형식 : CHAR)
2	작물 ID	CROP_ID	작물별 ID를 부여하여 구분 (데이터 형식 : INT)
3	농장 ID	FARM_ID	(데이터 형식 : FLOAT)
4	하우스 ID	HOUSE_ID	(데이터 형식 : FLOAT)
5	정식일자	PLANT_DATE	작물별 정식일자 (데이터 형식 : DATETIME)

〈표〉 작물별 생육단계 분류 데이터베이스 설계

번호	테이블명(한글)	테이블명(영어)	설명
1	작물 ID	CROP_ID	작물별 ID를 부여하여 구분 (데이터 형식 : INT)
2	생육단계	GROW_STATE	해당 작물의 생육단계를 정의 (데이터 형식 : INT)
3	생육단계 날짜	GROW_DATE	해당 생육단계의 제어를 시작한 날짜 (데이터 형식 : DATETIME)
4	생육단계 기간	GROW_PERIOD	해당 생육단계 및 해당 단계의 제어가 지속된 기간 (단위: DAY) (데이터 형식 : INT)

3) 온도 제어를 위한 데이터베이스 및 작물 프로파일

가) 온도 제어 데이터베이스 설계

- 온도 제어를 위한 생육 프로파일 데이터베이스는 7개 항목으로 구성되어 있으며, 시간 정보, 현재 온도, 추천 온도, 생육 최고 온도, 생육 최저 온도, 농장 ID, 하우스 ID 등을 포함한다(표 1). 데이터는 프로파일에 정의된 값을 사용한다.
- 시간 정보는 YY-MM-DD 00:00(데이터 형식 : DATETIME) 형식으로 저장되며, 해당 시간에 측정된 온도 값 및 프로파일에 정의된 온도 값(범위)을 제공한다. 생육 프로파일 온도 데이터는 한 시간 단위로 제공된다.
- 현재 온도는 00(단위 : °C)(데이터 형식 : FLOAT)으로 저장되며, 해당 하우스에 설치된 모든 온도 감지 센서를 통해 수집된 온도 값들의 평균값을 표출한다.
- 추천 온도는 00(단위 : °C)(데이터 형식 : FLOAT)으로 저장되며, 프로파일에 정의된 온도 값을 표출한다.
- 생육 최고 온도와 생육 최저 온도는 00(단위 : °C)(데이터 형식 : FLOAT)형식으로 표출된다.
- 농장별, 하우스별 온도를 확인하기 위하여 농장 ID와 하우스 ID도 표시된다.

〈표〉 온도 제어 데이터베이스 설계

번호	테이블명(한글)	테이블명(영어)	설명
1	시간 정보	DATE_DATA	YY-MM-DD 00:00 (데이터 형식 : DATETIME)
2	현재 온도	TEM_INFO	센서를 통해 받은 현재 온도 값 (°C) (데이터 형식 : FLOAT)
3	추천 온도	RECO_TEM	(°C) (데이터 형식 : FLOAT)
4	생육 최고 온도	GRO_HIGH_TEM	최저와 최고 온도를 제시하여 생육온도 범위 설정(°C) (데이터 형식 : FLOAT)
5	생육 최저 온도	GRO_LOW_TEM	최저와 최고 온도를 제시하여 생육온도 범위 설정(°C) (데이터 형식 : FLOAT)
6	농장 ID	FARM_ID	농장 ID (데이터 형식 : INT)
7	하우스 ID	HOUSE_ID	하우스 ID (데이터 형식 : INT)

나) 온도 프로파일 작성

- 온도 프로파일은 작물의 생육 시기별 적절한 온도를 온실에 적용하기 위해 작성된 데이터이다. 온도 설정은 하루 중 온도를 올리고 내리는 구간이 중요하게 작용한다. 24시간을 기준으로 조조, 오전, 오후, 초저녁, 야간 등 5-6구간이나 2-3구간으로 나누어 설정을 하는 것이 일반적이다. 그래프로 나타냈을 때 온도를 올리는 구간과 내리는 구간을 구분하여 낮 시간 동안 블록한 모양이 나타나도록 설계해야 된다.
- 본 연구에서는 온도 조절을 위한 구간을 5개로 나누었으며, 온도를 올리는 구간을 오전 7-9시, 온도를 내리는 구간을 오후 5-7시로 설정하였다.
- 딸기의 생육에 적절한 온도는 주간 17-23℃, 야간 10℃ 내외이며 약간 서늘한 기후에서 잘 자라는 것으로 알려져 있다. 특히 내한성이 강하여 -3℃ 정도의 저온에서도 작물이 견딜 수 있으며 -7℃ 이하에서는 추위로 인한 피해(동해)를 받는다.
- 상온 25℃ 이상에서는 생육이 지연되고, 30℃ 이상에서는 생육이 정지되며, 37℃ 이상에서는 고온에 의한 장애를 받는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 고품질의 딸기를 수확하기 위해 생육 단계별 적정 온도를 설정하였다.
- 딸기는 일반적으로 9월 초·중순경(9월 10일 - 15일)에 정식한다. 정식 후 초기 생육 촉진을 위해 고온에서 관리를 하게 되면 화아 분화의 불균일을 초래하게 되므로 주의해야 한다. 이 시기의 주간 적정온도는 28-30℃이며, 30℃ 넘지 않아야 한다. 야간에는 10-13℃를 유지하도록 한다. 이 조건은 정식 이후 보온개시기까지 적용되도록 설정하였다. (표 2)
- 출하기에는 주간 온도 25-26℃를 유지하고, 27℃가 넘지 않도록 설정하였다. 야간에는 10℃ 전후로 유지해야 하는 점을 고려하여 온도를 설정하였다. (표 3)
- 개화기의 꽃이나 꽃봉오리는 온도에 매우 민감하게 반응한다. 적정 주간 온도는 23-25℃로 23℃ 이하로 떨어지지 않도록 주의한다. 23℃ 보다 낮은 온도를 유지하게 되면 과실 숙기가 늦어지며 과실 비대가 촉진되거나 불수정, 정부연질 발생 등의 위험이 있다. 35℃ 이상의 고온의 환경에서는 암술머리가 장애를 받아 화분의 발아가 불량하여 기형과 또는 불수정과가 되므로 주의한다(〈표〉 딸기 작물의 정식 시기 및 보온개시기 온도 생육 프로파일)
- 개화기 시기의 야간 온도가 지나치게 높으면 화아 분화에 악영향을 주어 암술, 수술의 퇴화가 일어날 수 있다. 5℃ 이하의 온도가 장시간 유지되거나 0℃ 내외에서 1-2시간 경과하면 냉해를 받아 꽃받침 부분이 검게 변하거나 출퇴하는 화방의 암술이 검게 마르는 현상이 발생하게 된다. 따라서 이 시기의 적정 야간 온도인 5-8℃로 설정하였다. (표 4)
- 과실비대기와 수확기에 온실이 고온(30℃ 이상)으로 유지되면 과실이 물러질 수 있으므로 주간 20-23℃가 적용된다. 과실비대기의 야간 온도는 5-6℃가 적정하며, 수확기에는 5℃ 이하로 떨어지지 않도록 설정하였다. (〈표〉 딸기 작물의 개화기 시기 온도 생육 프로파일, 〈표〉 딸기 작물의 개화기 시기 온도 생육 프로파일)

〈표〉 딸기 작물의 정식 시기 및 보온개시기 온도 생육 프로파일

시간	추천 온도	생육 최고 온도	생육 최저 온도
7:00 AM	17	23	13
8:00 AM	23	28	17
9:00 - 16:00	29	30	28
17:00 PM	23	28	17
18:00 PM	17	23	13
19:00 - 6:00	12	13	10

〈표〉 딸기 작물의 출퇴기 시기 온도 생육 프로파일

시간	추천 온도	생육 최고 온도	생육 최저 온도
7:00 AM	13	20	10
8:00 AM	20	25	13
9:00 - 16:00	25	26	25
17:00 PM	20	25	13
18:00 PM	13	20	10
19:00 - 6:00	9	10	8

〈표〉 딸기 작물의 개화기 시기 온도 생육 프로파일

시간	추천 온도	생육 최고 온도	생육 최저 온도
7:00 AM	11	18	8
8:00 AM	18	24	11
9:00 - 16:00	24	25	23
17:00 PM	18	24	11
18:00 PM	11	18	8
19:00 - 6:00	7	8	5

<표> 딸기 작물의 과실비대기 시기 온도 생육 프로파일

시간	추천 온도	생육 최고 온도	생육 최저 온도
7:00 AM	10	16	6
8:00 AM	16	22	10
9:00 - 16:00	22	23	20
17:00 PM	16	22	10
18:00 PM	10	16	6
19:00 - 6:00	6	7	5

<표> 딸기 작물의 수확기 시기 온도 생육 프로파일

시간	추천 온도	생육 최고 온도	생육 최저 온도
7:00 AM	10	16	6
8:00 AM	16	22	10
9:00 - 16:00	22	23	20
17:00 PM	16	22	10
18:00 PM	10	16	6
19:00 - 6:00	5	5	5

4) 습도 제어를 위한 데이터베이스 및 작물 프로파일

가) 습도 제어 데이터베이스 설계

- 습도 제어를 위한 생육 프로파일 데이터베이스는 7개 항목으로 구성되어 있으며, 시간 정보, 현재 습도, 추천 습도, 생육 최고 습도, 생육 최저 습도, 농장 ID, 하우스 ID를 포함한다. 데이터는 프로파일에 정의된 값을 사용한다.
- 시간 정보는 YY-MM-DD 00:00(데이터 형식 : DATETIME) 형식으로 저장되며, 해당 시간에 측정된 습도 값 및 프로파일에 정의된 습도 값을 제공한다. 생육 프로파일 습도 데이터는 한 시간 단위로 제공된다.
- 현재 습도는 00(단위 : %)(데이터 형식 : FLOAT)으로 저장되며, 해당 하우스에 존재하는 습도 감지 센서를 통해 받은 상대 습도 값들의 평균값을 표출한다.
- 추천 습도는 00(단위 : %)(데이터 형식 : FLOAT)으로 저장되며, 프로파일에 정의된 습도 값을 표출한다.
- 생육 최고 습도와 생육 최저 습도는 00(단위 : %)(데이터 형식 : FLOAT)형식으로 표출한다.
- 농장별, 하우스별 습도를 확인하기 위하여 농장 ID와 하우스 ID를 표출한다.

〈표〉 습도 제어 데이터베이스 설계

번호	테이블명(한글)	테이블명(영어)	설명
1	시간 정보	DATE_DATA	YY-MM-DD 00:00 (데이터 형식 : DATETIME)
2	현재 습도	HUMID_INFO	센서를 통해 받은 현재 습도 값 (데이터 형식 : FLOAT)
3	추천 습도	RECO_HUMID	(데이터 형식 : FLOAT)
4	생육 최고 습도	GRO_HIGH_HUMID	최저와 최고 습도를 제시하여 생육습도 범위 설정 (데이터 형식 : FLOAT)
5	생육 최저 습도	GRO_LOW_HUMID	최저와 최고 습도를 제시하여 생육습도 범위 설정 (데이터 형식 : FLOAT)
6	농장 ID	FARM_ID	농장 ID (데이터 형식 : INT)
7	하우스 ID	HOUSE_ID	하우스 ID (데이터 형식 : INT)

나) 습도 프로파일

- 습도의 경우 온도와 같이 시간별로 구간을 나누어 제어하는 것이 아닌 환기 장치 또는 유동팬을 이용하여 다습한 온실 환경을 환기시키는데 목적을 두고 있다. 따라서 습도는 추천 습도, 생육 최고 습도, 생육 최저 습도에 따라 제어되도록 설계하였다.
- 본 연구에서는 제어패킷을 통해 온실 환경을 자동으로 제어하는 것이 목적이므로 설정한 일정 습도를 유지하도록 설계하였다.
- 기간은 온도와 동일하게 9월 10일 설정된 정식 일자를 기준으로 작성하였다.

<표> 습도 제어를 위한 습도 생육 프로파일

시간	추천 습도	생육 최고 습도	생육 최저 습도
00:00 AM ~ 24:00 PM	65	70	60

5) 이산화탄소(CO₂) 제어를 위한 데이터베이스 및 작물 프로파일

가) 이산화탄소 제어 데이터베이스 설계

- CO₂ 제어를 위한 생육 프로파일 데이터베이스는 7개 항목으로 구성되어 있으며, 시간 정보, 현재 CO₂, 추천 CO₂, 생육 최고 CO₂, 생육 최저 CO₂, 농장 ID, 하우스 ID를 포함한다(표 1). 데이터는 프로파일에 정의된 값을 사용한다.
- 시간 정보는 YY-MM-DD 00:00(데이터 형식 : DATETIME) 형식으로 저장되며, 해당 시간에 측정된 CO₂ 값 및 프로파일에 정의된 CO₂ 값을 표출한다. 생육 프로파일 CO₂ 데이터는 한 시간 단위로 수집 및 제공된다. 현재 CO₂는 00(단위 : ppm)(데이터 형식 : INT)으로 저장되며, 해당 하우스에 존재하는 CO₂ 감지 센서를 통해 수집된 CO₂ 값들의 평균값을 표출한다.
- 추천 CO₂는 00(단위 : %)(데이터 형식 : INT)으로 저장되며, 프로파일에 정의된 CO₂ 값을 표출한다.
- 생육 최고 CO₂와 생육 최저 CO₂는 00(단위 : %)(데이터 형식 : INT)형식으로 표기된다.
- 농장별, 하우스별 CO₂를 확인하기 위하여 농장 ID와 하우스 ID를 표출한다.

〈표〉 이산화탄소 제어 데이터베이스 설계

번호	테이블명(한글)	테이블명(영어)	설명
1	시간 정보	DATE_DATA	YY-MM-DD 00:00 (데이터 형식 : DATETIME)
2	현재 CO ₂	CO2_INFO	센서를 통해 받은 현재 CO ₂ 값 (ppm) (데이터 형식 : INT)
3	추천 CO ₂	RECO_CO2	(ppm)
4	생육 최고 CO ₂	GRO_HIGH_CO2	최저와 최고 CO ₂ 를 제시하여 생육CO ₂ 범위 설정(ppm) (데이터 형식 : INT)
5	생육 최저 CO ₂	GRO_LOW_CO2	최저와 최고 CO ₂ 를 제시하여 생육CO ₂ 범위 설정(ppm) (데이터 형식 : INT)
6	농장 ID	FARM_ID	농장 ID (데이터 형식 : INT)
7	하우스 ID	HOUSE_ID	하우스 ID (데이터 형식 : INT)

나) 이산화탄소(CO₂) 최적 값 프로파일

- 최적의 작물 생육을 위하여 설정할 이산화탄소(CO₂)의 최적 값은 아래와 같이 설정하였다.
- 식물공장 딸기 재배기술 개발(장석우, 2015)에 따르면 딸기는 이산화탄소 농도가 1,000ppm일 때 가장 잘 자라는 것으로 확인되었다.
- 본 연구에서는 표 10과 같이 시기와 시간에 따라 추천 CO₂ 값을 설정하였다.
- 시기는 작물의 생육 시기를 나타내며 00에서 05로 표출되도록 하였다.

<표> 이산화탄소 제어를 위한 이산화탄소 생육 프로파일

시기	시간 정보	추천 CO ₂	생육 최고 CO ₂	생육 최저 CO ₂
00	00:00 AM ~ 24:00 PM	1,000	1,000	350
01	00:00 AM ~ 24:00 PM	1,000	1,000	350
02	00:00 AM ~ 24:00 PM	1,000	1,000	350
03	00:00 AM ~ 24:00 PM	1,000	1,000	350
04	7:00 AM ~ 11:00 AM	1,000	1,000	1,000
04	12:00 PM ~ 06:00 AM	1,000	1,000	1,000
05	7:00 AM ~ 11:00 AM	1,000	1,000	1,000
05	12:00 PM ~ 06:00 AM	1,000	1,000	1,000

6) 수확 예측을 위한 데이터베이스

가) 계측 정보 데이터베이스

- 계측 정보 데이터베이스는 수확 예측을 위해 사용되는 온실 내 설치된 카메라와 카메라를 통해 수집된 이미지의 경로를 정의하는 데이터베이스이다. 작물 정보, 이미지 정보, 시간 정보, 농장 정보, 하우스 정보, 구역 정보를 포함한다(표 11).
- 작물 정보 항목은 데이터 사용의 편리성을 위해 하우스의 해당 구역의 작물이 어떤 작물인지 숫자로 정의한다. 예를 들어 딸기인 경우 001, 방울토마토인 경우 002로 표출한다(데이터 형식 : INT).
- 이미지 정보 항목은 온실 내 구역마다 설치된 카메라를 통해 수집된 이미지의 저장 경로를 표출한다. 수집된 이미지는 image_path에 저장되며 저장 경로(데이터 형식 : CHAR)를 이미지 정보 항목에 표출한다. 이미지가 필요한 경우 해당 이미지의 저장 경로로 접속하여 이미지를 사용한다.
- 시간 정보는 해당 이미지가 수집된 시간을 저장하며, YY-MM-DD 00:00(데이터 형식 : DATETIME)의 형식으로 저장된다.
- 농장별, 하우스별, 구역별 이미지 정보를 확인하기 위하여 농장 ID와 하우스 ID, 구역 정보를 표출한다.

〈표〉 이미지 계측 정보 데이터베이스 설계

번호	테이블명(한글)	테이블명(영어)	설명
1	작물 정보	CROP_INFO	예) 001(딸기), 002(방울토마토) (데이터 형식 : INT)
2	이미지 정보	image_path	680*480 이미지의 저장 경로 (데이터 형식 : CHAR)
3	시간정보	DATE_DATA	이미지 취득 날짜와 시간 정보 예) YY-MM-DD 00:00 으로 표시 (데이터 형식 : DATETIME)
4	농장정보	FARM_ID	농장정보 A Farm(farm_id) (데이터 형식 : CHAR)
5	하우스정보	HOUSE_ID	농장 내 하우스정보 House A(house_id) (데이터 형식 : CHAR)
6	구역정보	AREA_ID	하우스 내 구역정보 Section A (데이터 형식 : CHAR)

나) 학습을 위한 데이터 정의 데이터베이스

- 학습을 위한 데이터 정의 데이터베이스는 수확 예측을 위해 사용될 머신러닝 모델의 학습을 위한 데이터를 정의한 데이터베이스이다. 작물 정보와 학습 데이터에 대한 정보를 포함한다이하 (표).
- 작물 정보 항목은 머신러닝 모델의 학습에 적용할 작물의 종류를 구분하기 위한 정보를 표출한다. 예를 들어 대상 작물이 딸기인 경우 001(데이터 형식 : INT)로 표출한다.
- 학습 데이터에 대한 항목은 머신러닝 모델의 이미지 학습을 위한 데이터 및 데이터가 저장된 경로(데이터 형식 : CHAR)를 표출한다.

<표> 학습을 위한 데이터 정의 데이터베이스 설계

번호	테이블명(한글)	테이블명(영어)	설명
1	작물정보	CROP_INFO	예) 001(딸기), 002(방울토마토) 등 (데이터 형식 : INT)
2	학습 데이터	TRAIN_PATH	① 이미지를 학습을 위한 숫자 데이터로 변환한 데이터 ② 학습 모델 데이터 가 저장된 경로 (데이터 형식 : CHAR)

다)수확 예측을 위한 생육 단계 분류

- 작물의 수확시기 예측 및 생육관리에 사용하기 위해서는 생육 단계 분류가 필요함
- 기본적으로 생육 단계는 정식 이후부터 적용함
- 대상 작물인 딸기의 정식 시기 사진은 아래와 같으며 정식시기로 작물을 분류할 수 있는 항목은 잎 뿐으로 이 잎은 과실이 열리고 난 후에도 동일하므로 잎만으로 학습데이터 구축이 어려워 머신러닝 적용으로 생육단계 추론하는 것은 과실이 열리고 난 후로 정의함



<그림> 딸기의 정식 사진 예시

- 딸기의 생육 단계는 생육촉진기, 출뢰기, 개화기, 과실비대기, 수확기로 구분되며 작물이 열리는 시기는 과실비대기이므로 머신러닝을 적용할 수 있는 단계는 과실비대기 단계부터로 정의함
- 생육단계 분류 정확도를 높이기 위해 머신러닝 데이터는 과실비대기 하나가 아닌 미성숙기_1, 미성숙기_2, 미성숙기_3, 성숙기, 과성숙기로 학습하였으며, 미성숙기는 모두 과실비대기에 해당하며, 성숙기부터는 수확기에 해당됨
- 정식 직후부터 머신러닝을 적용하기 위해서는 정식 직후의 작물의 특징을 찾아내어 그 특징에 대한 학습이 필요하며, 개화기의 경우 꽃이 피는 것을 의미하므로 작물이 열리기 전의 꽃 데이터를 추가하여 학습을 하게 된다면 더 많은 생육단계에서 머신러닝 적용이 가능할 것으로 보임

라) 이미지 분석 정보 데이터베이스

- 이미지 분석 정보 데이터베이스는 온실 내 설치된 카메라를 통해 수집된 이미지를 학습된 머신러닝 모델에 적용한 후 분석 결과를 저장하는 데이터베이스이다. 작물 정보, 각 작물 분류 단계별 결과, 시간 정보, 농장 정보, 하우스 정보, 구역 정보를 포함하고 있다(표 13).
- 작물 정보 항목은 머신러닝 모델의 학습에 적용된 작물의 종류를 구분하기 위한 정보를 표출한다. 예를 들어 대상 작물이 딸기인 경우 001(데이터 형식 : INT)로 표출한다.
- 머신러닝 구동을 위해 선행되어야 할 딸기 개체 인식을 위해 과실 비대기 이후의 딸기를 미성숙기1, 미성숙기2, 미성숙기3, 성숙기, 과성숙기로 구분하여 결과를 나타낸다. 각각 결과_미성숙기1, 결과_미성숙기2, 결과_미성숙기3, 결과_성숙기, 결과_과성숙기의 항목으로 구분하여 이미지 분석 결과를 저장한다. 미성숙기1은 과실이 익지 않은 초록색을 띠는 경우, 미성숙기2는 딸기 작물이 25%정도 빨간색을 띠는 경우, 미성숙기3은 딸기 작물이 50%정도 빨간색을 띠는 경우로 나누었다. 성숙기는 딸기 작물이 80% - 90%정도 빨간색을 띠는 경우이고, 과성숙기는 딸기 작물이 100% 빨간색을 띠는 단계이다.
- 각각의 결과 항목에는 해당 온실의 전체 과실 대비 비율(데이터 형식 : INT)을 저장하게 된다.
- 시간 정보는 온실 내 설치된 카메라를 통해 수집된 이미지의 수집 시간 정보를 표출한다. YY-MM-DD 00:00(데이터 형식 : DATETIME)의 형식으로 표출된다.
- 농장별, 하우스별, 구역별 이미지 정보를 확인하기 위하여 농장 ID와 하우스 ID, 구역 정보를 표출한다.

<표> 이미지 분석 정보 데이터베이스 설계

번호	테이블명(한글)	테이블명(영어)	설명
1	작물정보	CROP_INFO	예) 001(딸기), 002(방울토마토) 등 (데이터 형식 : INT)
2	결과_미성숙기1	IMMATURE_1	전체 과실 대비 미성숙기1의 % (데이터 형식 : INT)
3	결과_미성숙기2	IMMATURE_2	전체 과실 대비 미성숙기2의 % (데이터 형식 : INT)
4	결과_미성숙기3	IMMATURE_3	전체 과실 대비 미성숙기3의 % (데이터 형식 : INT)
5	결과_성숙기	MATURE	전체 과실 대비 성숙기의 % (데이터 형식 : INT)
6	결과_과성숙기	OVER MATURE	전체 과실 대비 과성숙기의 % (데이터 형식 : INT)
7	시간정보	DATE_DATA	이미지 취득 날짜와 시간 정보 예) YY-MM-DD 00:00 으로 표 시 (데이터 형식 : DATETIME)
8	농장정보	FARM_ID	농장정보 A Farm(farm_id) (데이터 형식 : CHAR)
9	하우스정보	HOUSE_ID	농장 내 하우스정보 House A(house_id) (데이터 형식 : CHAR)
10	구역정보	AREA_ID	하우스 내 구역정보 Section A (데이터 형식 : CHAR)

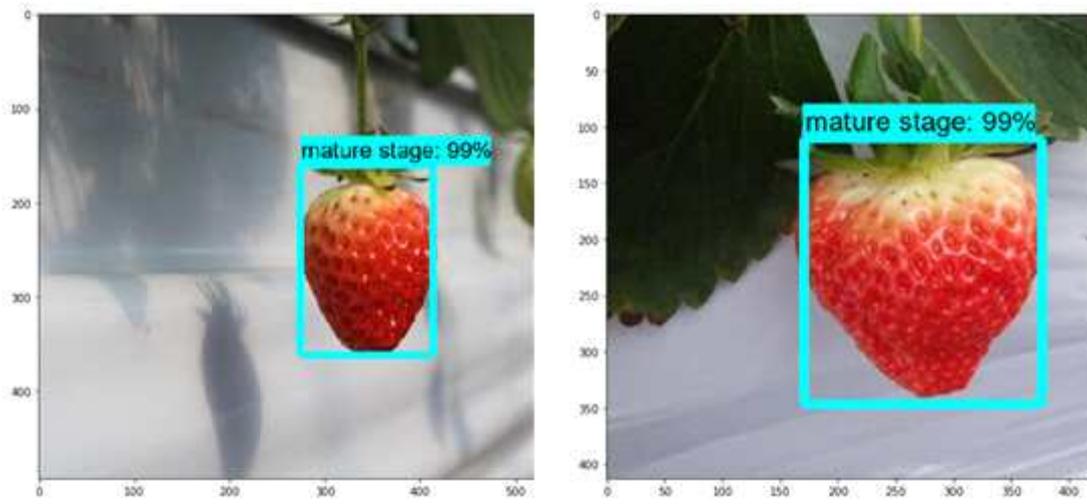
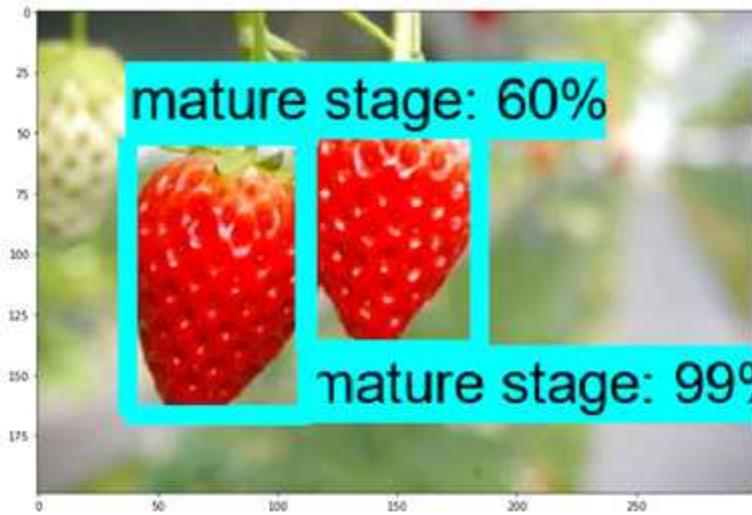


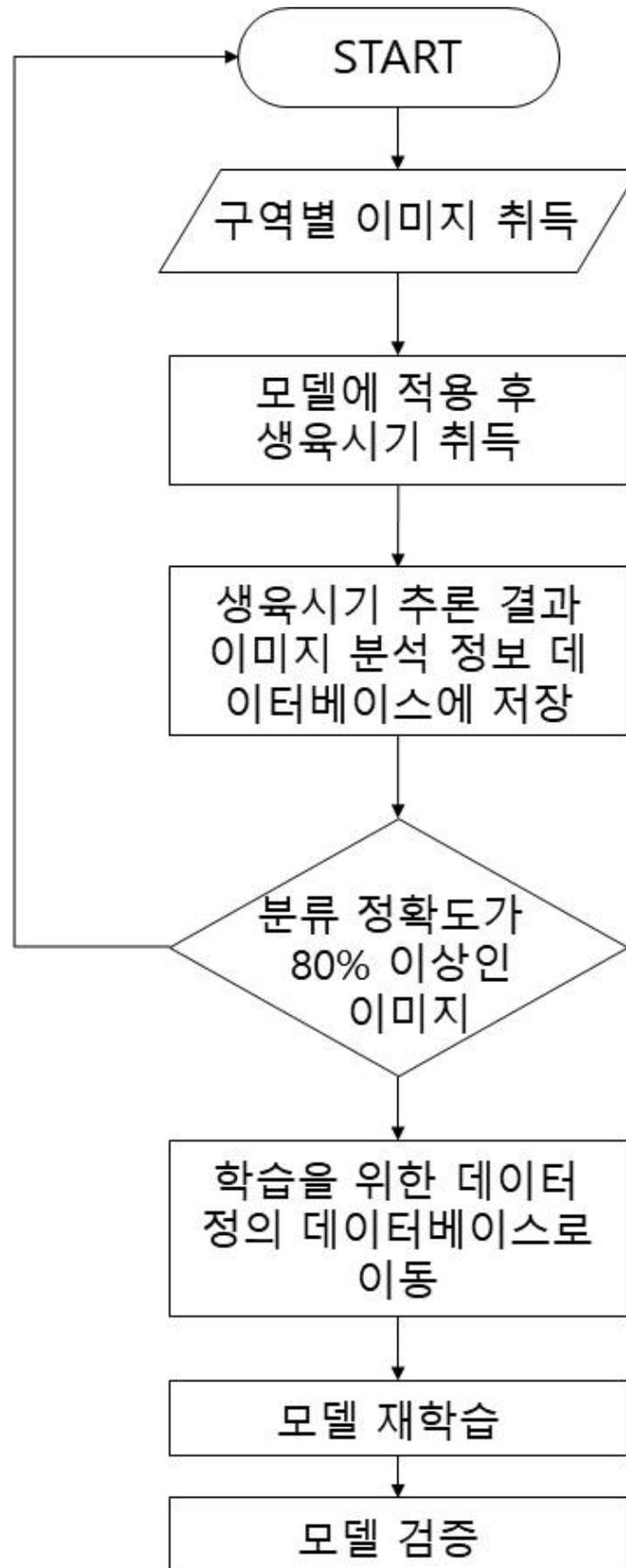
그림 200



<그림> 머신러닝 모델 결과 예시 이미지

마) 생육시기 추론의 정확도 향상을 위한 학습 데이터 누적

- 온실에 설치된 카메라를 통해 이미지를 취득하게 되면 이미지 계측 정보 데이터베이스에 누적이 되도록 설계하였음
- 누적된 이미지는 머신러닝 모델에 적용하여 해당 작물의 생육 시기 추론에 사용하고 그 결과를 GUI에 표출하게 됨
- 머신러닝 모델의 학습 데이터와 실제 취득 이미지 사이에는 해당 온실의 광량, 카메라 각도, 카메라 설치 위치 등의 변수가 존재하므로 생육시기 추론 정확도를 높이기 위해 취득 이미지를 학습 이미지로 추가하고자 함
- 취득 이미지의 생육시기 추론 정확도가 80% 이상인 경우 분류가 잘 이루어진 것으로 간주하여 아래와 같은 흐름으로 학습 데이터로 사용하고자 함



<그림> 학습 데이터 추가 과정 흐름도

바) 시장 가격 정보 수집 데이터베이스

- 시장 가격 정보 수집 데이터베이스는 지역별 시장 가격 정보를 수집하여 시장 가격 정보를 제공해주기 위해 작성되는 데이터베이스이다. 작물 정보, 시간 정보, 지역 정보, 시장가격정보의 항목을 표출한다(표 14).
- 작물 정보 항목은 어떤 작물의 가격인지 구분하기 위하여 정의되며, 001(딸기), 002(방울토마토)와 같이 숫자로 표출한다(데이터 형식 : INT).
- 시간 정보 항목은 해당 작물의 시장가격이 수집된 시간 정보를 나타내며, YY-MM-DD 00:00(데이터 형식 : DATETIME)의 형식으로 표출한다.
- 지역 정보 항목은 해당 작물의 지역별 가격 정보(데이터 형식 : CHAR)를 확인하기 위해 추가되었다.
- 시장 가격 정보 항목은 해당 작물의 지역별 가격 정보를 표출하며 이 정보는 최소 5년간의 데이터를 저장하고 있다.

<표> 시장 가격 정보 수집 데이터베이스 설계

번호	테이블명(한글)	테이블명(영어)	설명
1	작물정보	CROP_INFO	예) 001(딸기), 002(방울토마토) 등 (데이터 형식 : INT)
2	시간정보	DATE_DATA	YY-MM-DD 00:00 (데이터 형식 : DATETIME)
3	지역정보	MAR_INFO	판매할 지역 정보 (데이터 형식 : CHAR)
4	시장가격정보	MARKET_DATA	선택된 지역의 시장의 가격정보(누적데이터) (데이터 형식 : INT)

사) 시장 가격 정보 분석 데이터베이스

- 시장 가격 정보 분석 데이터베이스는 지역별 시장 가격 정보를 수집하여 시장 가격 예측 정보를 제공해주기 위해 작성되는 데이터베이스이다. 작물 정보, 시간 정보, 지역 정보, 시장 가격 예측 정보의 항목을 표출한다(표 15).
- 작물 정보 항목은 어떤 작물의 예측 가격인지 구분하기 위하여 정의되며, 001(딸기), 002(방울토마토)와 같이 숫자로 표출한다(데이터 형식 : INT).
- 시간 정보 항목은 해당 작물의 시장 가격 예측 정보가 작성된 시간 정보를 나타내며, YY-MM-DD 00:00(데이터 형식 : DATETIME)의 형식으로 표출한다.
- 지역 정보 항목은 해당 작물의 지역별 가격 예측 정보(데이터 형식 : CHAR)를 작성하여 표출한다.
- 시장 가격 예측 정보 항목은 외부 기상 정보와 과거 시장 가격 데이터를 통해 도출된 작물 별, 지역별 시장 가격 예측 정보(데이터 형식 : INT)를 표출한다.

〈표〉 시장 가격 정보 분석 데이터베이스 설계

번호	테이블명(한글)	테이블명(영어)	설명
1	작물정보	CROP_INFO	예) 001(딸기), 002(방울토마토) 등 (데이터 형식 : INT)
2	시간정보	DATE_DATA	YY-MM-DD 00:00 (데이터 형식 : DATETIME)
3	시장가격예측정보	MAR_PRI	외부기상정보 데이터(과거,현재)를 비교하여 최적의 시장가격정보 예측(마.테이블) (데이터 형식 : INT)
4	지역정보	LOCA_INFO	지역별 기상 정보를 위한 지역정보 (데이터 형식 : CHAR)

아) 외부 기상 정보 수집 데이터베이스

- 외부 기상 정보 수집 데이터베이스는 마. 시장 가격 정보 분석 데이터베이스의 시장 가격 예측 정보 항목을 작성하기 위해 수집된 외부 기상 정보를 표출한다. 지역 정보, 온도 정보, 강수량 정보, 일사량 정보, 습도 정보를 포함한다(표 16).
- 지역 정보는 라. 시장 가격 정보 수집 데이터베이스, 마. 시장 가격 정보 분석 데이터베이스의 지역 정보와 동일한 지역의 기상 정보를 수집하여 표출한다(데이터 형식 : CHAR).
- 온도, 강수량, 일사량, 습도 항목은 해당 지역의 기상 정보를 수집하여 표출한다. (데이터 형식 : FLOAT) 라) 시장 가격 정보 수집 데이터베이스의 데이터와 함께, 마) 시장 가격 정보 분석 데이터베이스의 시장 가격 예측 정보를 도출하기 위해 사용되는 항목으로 정의된다.

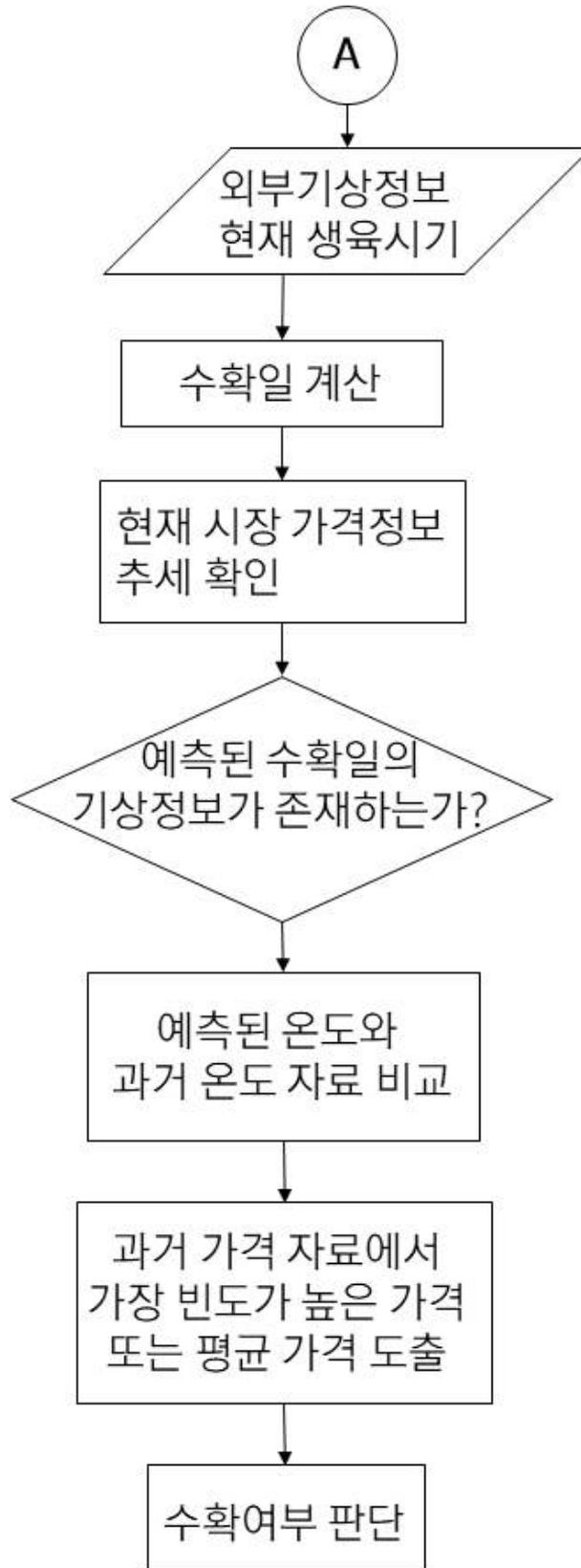
<표> 외부 기상 정보 수집 데이터베이스 설계

번호	테이블명(한글)	테이블명(영어)	설명
1	지역정보	LOCA_INFO	지역별 기상 정보를 위한 지역 정보 (데이터 형식 : CHAR)
2	온도정보	OUT_TEM_DATA	외부 온도 정보 (데이터 형식 : FLOAT)
3	강수량정보	OUT_RAIN_DATA	외부 강수량 정보 (데이터 형식 : FLOAT)
4	일사량정보	OUT_SOL_DATA	외부 일사량 정보 (데이터 형식 : FLOAT)
5	습도정보	OUT_HUM_DATA	외부 습도 정보 (데이터 형식 : FLOAT)

7) 프로파일 보정 알고리즘 및 시장 가격 예측을 위한 알고리즘 제시

가) 시장 가격 예측을 위한 알고리즘 제시

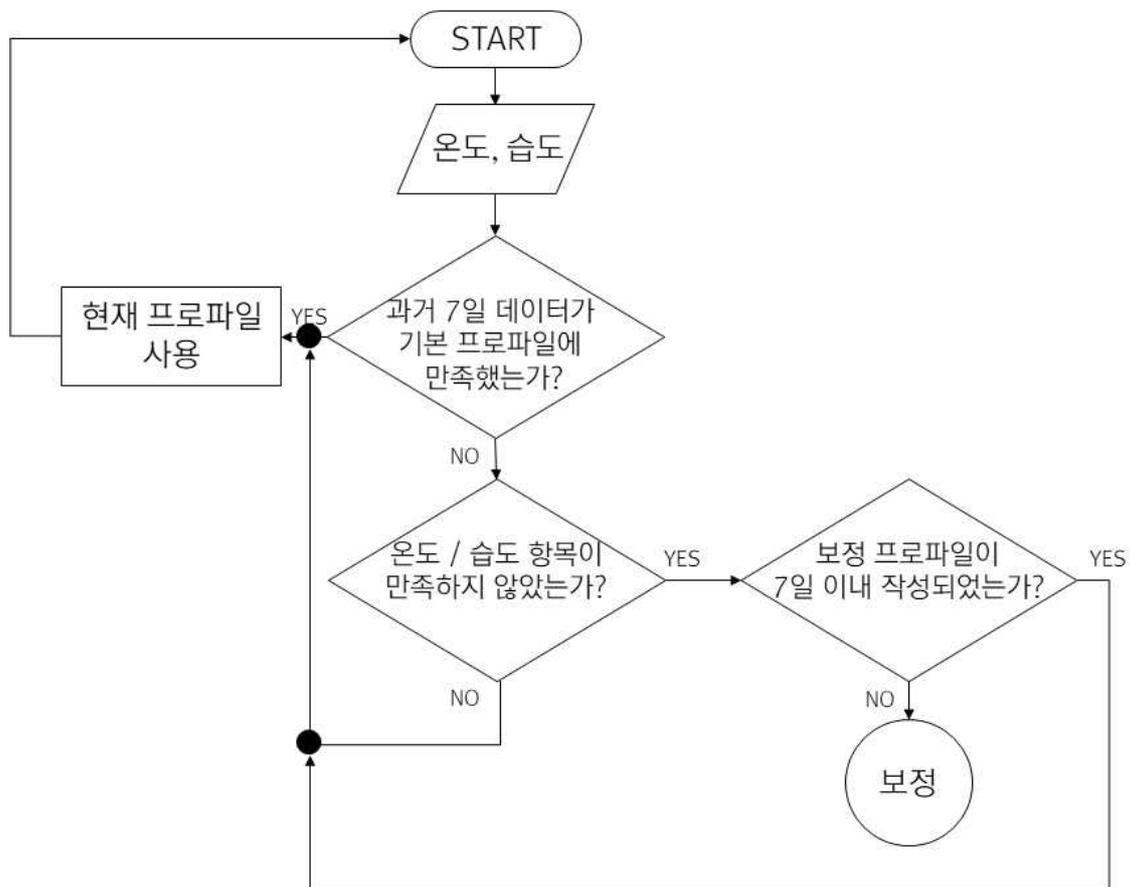
- 시장가격의 등락폭을 예측함으로써 기대할 수 있는 점은 예측을 통해 작물의 공급량을 안정적으로 유지하는 것임
- 채소류, 과일류 등 먹기 위해 소비되는 것은 신선도 유지와 기상조건 등에 의해 가격변동이 발생하게 되므로 신선도 유지에 대한 데이터를 명확히 구축하는 것이 불가능하므로 기상조건에 의한 시장 가격 예측을 위한 알고리즘 설계 방안을 구축하고자 함
- 예측을 위한 항목으로 농사로에서 주요 도시에서의 시장가격을 제공하고 있으며 이를 기준으로 해당 지역의 기상 자료와 생산량 및 소비량 자료를 과거 5년치 데이터를 항목으로 제시하고자 하였음
- 이를 활용하여 4가지 항목을 RNN 및 LSTM 알고리즘을 활용하여 시장가격을 예측하는 방안을 제시하고자 함
- 순환신경망(RNN)은 딥러닝 알고리즘 중에서 시계열 데이터 예측에 좋은 성능을 갖고 있으며, 그 중 LSTM 알고리즘은 기존의 시계열 모델로 알려져 있는 AR, MA, ARMA, ARIMA 모형 등에 비해 좋은 성능을 내는 것으로 알려져 있음
- 두 번째 방안은 아래 흐름도와 같이 알고리즘을 설계하여 예측하고자 함



<그림> 시장 가격 예측 알고리즘 제시

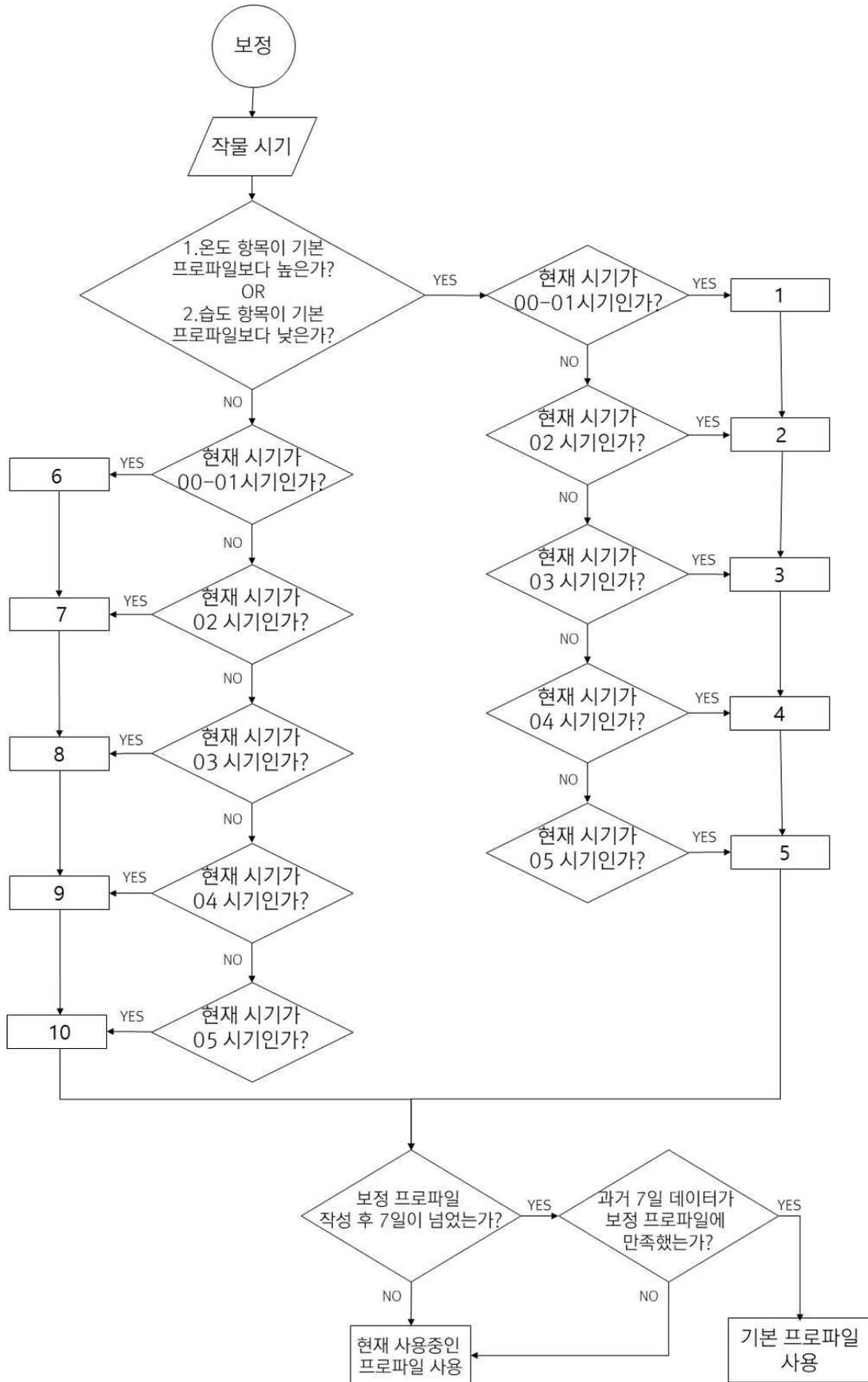
나) 프로파일 보정을 위한 알고리즘 설계

- 온실 제어는 작물별 생육시기를 분류하고 해당 생육시기에 정의된 프로파일에 따라 이루어지게 됨
- 정의된 기본 프로파일에 벗어나 프로파일대로 제어가 이루어지지 않을 경우 프로파일을 보정하여 제어를 하고자 함
- 프로파일 항목은 온도, 습도, 이산화탄소, 양액이며, 온도에 우선순위를 부여하여 온도를 우선적으로 제어하게 됨
- 프로파일 항목 중 온도와 습도는 서로 영향을 주는 인자이며, 우선순위가 온도에 있으므로 프로파일 보정 항목은 온도와 습도를 기준으로 작성함
- 프로파일 보정 전 프로파일이 현재를 기준으로 과거 7일 데이터가 기본 프로파일에 만족하였는지 프로파일 보정이 과거 7일 이내 작성되었는지 확인 후 작성하게 됨



<그림> 프로파일 보정 작성 확인

- 기본 프로파일의 최소, 최댓값은 작물이 자라는데 질병이 발생하지 않을 최소, 최댓값이므로 이보다 작거나 큰 값이 나오는 보정은 할 수 없음

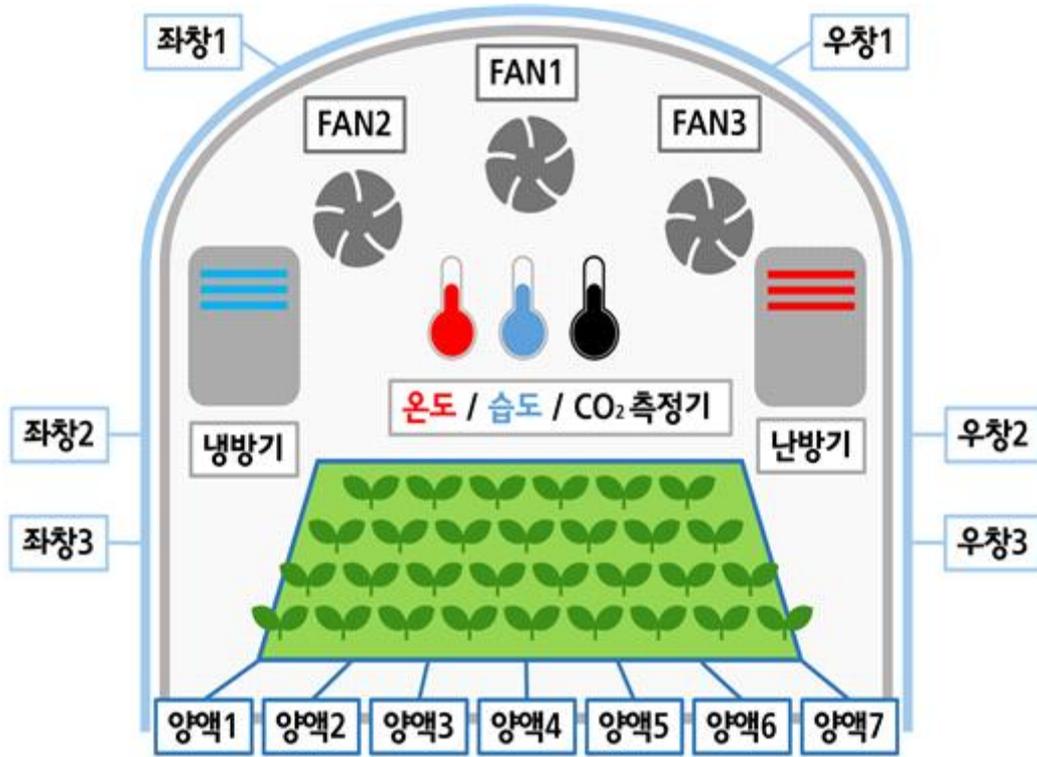


〈그림〉 프로파일 보정 흐름도

- 프로파일 보정 흐름도의 1~10에 대해 온도가 높은 경우 온도를 낮추기 위하여 온도를 낮추고 습도를 높이며, 온도가 낮은 경우 높이기 위해 온도를 높이고 습도를 낮추는 형식의 보정을 하게 됨
- 작물의 분류 및 작물의 생육 단계와 그에 따라 프로파일 값도 상이하므로 1 ~ 10의 경우의 수가 아닌 더 적거나 많은 양의 프로파일 작성이 가능하도록 변경되어야 함

8) 온실 환경 제어를 위한 제어패킷

가) 기본 구성도



<그림> 스마트 팜 온실 제어 시스템 기본 구성도

<표> 스마트 팜 온실 제어 시스템 구성 제어 리스트

명칭	기능
창 제어모터	환기를 목적으로 좌창, 우창의 개폐
유동팬	온실 내 공기 순환
양액벨브	온실 내 모든 구역에 양액을 제공
냉방	온실 내 온도를 낮추기 위한 냉방기
난방	온실 내 온도를 높이기 위한 열풍기
내부기상	온/습도/CO ₂ 측정을 위한 센서
CO ₂ 발생기	온실 내 CO ₂ 가 부족한 경우 CO ₂ 발생

8) 온도 제어를 위한 제어패킷

가) 구성 정의

- 온도 제어패킷은 온도 감지 센서를 통해 수집한 온실 내 현재 온도 값을 생육 프로파일 범위와 비교하여 온도가 높거나 낮은 경우에 생육 범위에 만족하도록 설정된 장비를 제어하는 알고리즘으로 정의하였다.
- 온도 제어패킷은 온도 감지 센서로 수집한 현재 온실 내 온도 값이 프로파일에 정의된 온도 값과 차이를 보이는 경우에 제어 장비가 작동하게 된다. 따라서 알고리즘의 시작은 현재 온도 값이 프로파일 상 생육 온도 범위에 존재하는지 확인하도록 설계되어 있다.
- 현재 온도 값이 생육 온도 값과 차이를 보이는 경우 온도 제어 장비가 작동하게 된다. 그러나 차이 값의 범위가 $-1 \sim 1^{\circ} \text{C}$ 이하인 경우에는 온도 제어를 하지 않도록 알고리즘의 START로 돌아가도록 설계하였다. 차이 값의 범위가 $\pm 1^{\circ} \text{C}$ 인 경우 작물 생육에는 큰 영향을 미치지 않으나 장비 작동에는 민감하게 반응하므로 장비의 고장을 야기할 수 있어 제어를 하지 않도록 설계하였다.
- 현재 온도 값이 생육 온도 범위보다 낮은 경우는 온실 내 온도가 프로파일 상 정의된 온도보다 낮은 것을 의미하며, 장비 작동을 통해 온도를 높여주어야 한다. 온도가 낮아지는 경우는 냉방기 가동과 외부 환경 등에 의한 두 가지 경우로 구분하였다.
- 온도가 낮은 경우 온실 내의 창이 개폐 여부와 냉방기의 가동 여부를 확인하여 가동을 중지하도록 하였다. 또한, 창을 닫거나, 냉방기를 가동 중지시킨 경우에는 10분의 대기 시간을 두고 온도가 높아지는지 확인하였다.
- 창을 닫는 경우 자연적으로 온도를 높이기 위해 창을 닫으면서 온도를 확인할 수 있도록 완전히 닫지 않도록 설계하였다. 예를 들어 현재 열려 있는 정도를 확인하여 10%를 더 닫고 20분의 지연 시간을 두고 온도를 확인할 수 있도록 설계하였다. 온도가 생육 범위 내에 만족하지 않는 경우 창을 10% 단위로 닫으면서 온실 온도를 확인하게 되며, 만족하는 경우에만 알고리즘의 START로 돌아간다. 창이 완전히 닫힌 후(개방률 0%) 10분이 지나고 나서도 생육 온도 범위를 만족하지 않는 경우에 난방기를 가동하도록 설계하였다.
- 외부 환경 등에 의해 온도가 낮아진 경우를 고려하여 외부 온도 값을 먼저 확인하도록 설계하였다. 외부 온도가 온실 내 현재 온도 값보다 낮은 경우 난방기를 가동하게 되고, 외부 온도가 온실 내 현재 온도보다 높은 경우에는 창을 열도록 설계하였다.
- 난방을 할 수 있는 장비 종류는 난방기와 Heat Pump로 정의하였다. 두 장비 중 온실에 존재하는 장비가 작동되며, 두 장비 모두 갖추고 있는 경우에는 난방기에 우선순위를 부여하였다. 두 장비 모두 없는 경우에는 화면상으로 알림을 확인할 수 있도록 GUI를 설계하였다. 알림 화면은 설계상에서 다음과 같은 경로를 가지며 Storyboard의 Level2, #2-1, 온도 부분에 빨간 색이 깜박거리도록 하여 사용자가 확인할 수 있도록 설계하였다.
- 현재 온도 값이 생육 온도 범위보다 높은 경우는 온실 내 온도가 프로파일 상 정의된 온도보다 높음을 의미하며, 온도를 낮춰주어야 하는 경우를 의미한다. 온도가 높아진 경우는 낮아진 경우와 같이 난방기 가동으로 온도가 높아진 경우와 외부 환경 등에 의해 온도가 높아진 경우로 구분하였다.
- 난방기 가동으로 온도가 높아진 경우에는 난방기와 Heat Pump의 가동 여부를 확인하여

현재 가동 중인 장비를 중지하도록 하였다. 가동 중지 후에는 10분의 대기 시간을 두고 온도가 낮아지는지 확인하도록 설정하였다.

- 냉방을 할 수 있는 장비는 냉방기와 창을 여는 것으로 정의하였다. 외부 환경 등에 의해 온도가 높아진 경우 우선 경제적인 부분과 효율성을 고려하여 냉방기 가동 전에 창을 열어 자연적으로 온도를 낮추도록 설계하였다. 온실 창 개방으로도 온도가 낮아지지 않으면 창을 닫고 냉방기가 가동되도록 설계하였다.
- 창의 제어는 연결된 모터를 가동시켜 열거나 닫을 수 있다. 초기 장비 설치 시 창이 0%에서 100%까지 열리는 시간을 측정 한 뒤, 10%가 열리는 시간을 도출하여 사용한다. 도출한 시간동안 모터를 가동시켜 정의된 비율만큼 10% 단위로 창을 열 수 있게 설계하였다.
- 창을 열어 온도를 낮추기 위해 제어하는 구간을 5구간으로 나누었다. 1℃ 단위로 생육 온도보다 최대 5℃ 이상 온도가 높아진 경우까지 제어가 가능하도록 설계하였다. 표 18과 같이 온도의 차이에 따라 창의 개방률에 변화를 주어 온도를 제어하도록 설계하였다.
- 창을 개방하였을 때는 20분마다 온도를 확인하여 온도 변화에 따라 장비 제어가 가능하도록 설계하였다. 냉방기 가동 시에는 10분마다 온도를 확인하여 온도 변화에 따라 장비 제어가 가능하도록 설계하였다.
- 창 개방 시 생육 온도 범위에 만족하는지 확인하여 창을 닫거나 더 열게 된다. 창을 더 열어야 하는 경우에는 현재 열려 있는 정도보다 10%씩을 개방하게 되며, 완전히 열려있는 경우에는 개방률 100%를 유지하게 된다. 일정 시간이 지나도 온도가 생육 온도 범위를 만족하지 않으면 창을 닫고 냉방기를 가동하게 된다.
- 냉방기 가동이 불가능한 경우는 GUI 알림을 하도록 설정하였다. storyboard의 level2, #2-1, 온도 부분에 빨간 색으로 깜박거리도록 하여 사용자가 확인할 수 있다.

〈표〉 온도의 차이에 따라 창의 개방률

온도 차	개방률
1 - 1.9℃	20 %
2 - 2.9℃	40 %
3 - 3.9℃	60 %
4 - 4.9℃	80 %
5℃ 이상	100%

9) 습도 제어를 위한 제어패킷

가) 구성 정의

- 습도 제어패킷은 습도 감지 센서를 통해 읽어온 값을 생육 프로파일에 정의된 습도 값과 비교하여 온실 내 적절한 습도를 유지하도록 제어하는 알고리즘으로 설계하였다. 다습한 환경이 지속되어 작물이 병에 걸리지 않도록 습도를 관리해 주기 위한 목적으로 설계되었다.
- 습도 제어에 있어서 유동팬을 작동시킴으로써 온실 내 중앙 순환을 도울 수 있으므로 유동팬은 항상 가동되어야 한다. 따라서 알고리즘의 시작 부분에 유동팬의 가동 여부를 가장 먼저 확인하여 유동팬이 항상 가동되도록 설계하였다.
- 유동팬 가동에 문제가 있는 경우 또는 유동팬 가동이 중지된 경우 설계된 storyboard 화면의 level2, #2-3, 유동팬 부분에 알람을 표시하도록 설계하였다.
- 추가적으로 습도를 제어할 수 있는 장비는 모터(창)으로 구성되어 있다. 습도가 높은 경우는 창을 열어 습도를 낮추고, 습도가 낮은 경우는 개방된 창을 닫아 습도를 높이도록 설정하였다. 창이 닫힌 상태에서 습도가 낮은 경우는 사용자에게 알람을 보내도록 설계하였다. 현재 습도 상황 및 알람에 대한 화면 예시는 Storyboard의 level2, #2-1, 습도에서 확인할 수 있다.
- 습도가 높아 창을 열어야 하는 구간을 습도 값에 따라 5구간으로 나누었다. 온실에 적합한 습도 값은 60% - 70%로 설정되어 있으므로 그 이상 값일 경우 제어를 하게 된다. 온도 제어를 생육 범위에서 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 인 경우에 제어를 하지 않는 것과 같이 습도 제어는 장비의 과부하를 고려하여 70% -75% 범위에서는 제어를 하지 않는다. 습도 범위에 따라 개방률을 달리 설정하였다(표 19).
- 창을 열어야 하는 경우는 현재 습도 값이 아래 표(표 19)의 해당하는 습도 값을 찾아 창을 개방하게 된다. 닫힌 창을 여는 경우에만 표 13에 따라 습도 범위에 해당하는 개방률만큼 창을 개방하며 이후에는 10%씩 창을 개방하게 된다. 창을 개방하고 20분의 지연 시간을 가진 후 습도가 생육 습도 범위에 맞춰진 경우는 창을 닫게 되고 맞춰지지 않은 경우는 창을 10% 더 개방하게 된다.

<표> 습도 값에 따른 창의 개방률

습도	개방률
75% - 80%	20 %
81% - 85%	40 %
86% - 90%	60 %
91% - 95%	80 %
95% - 100%	100%

10) 이산화탄소 제어를 위한 제어패킷

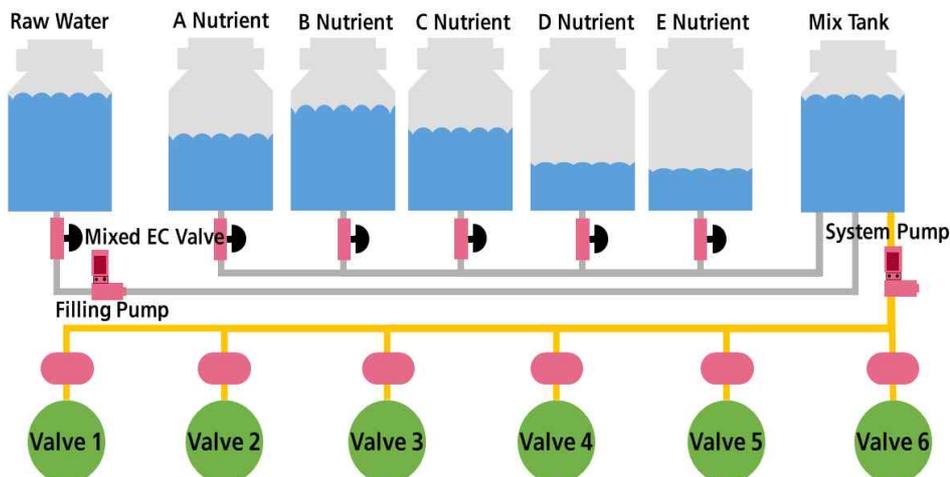
가) 구성 정의

- 이산화탄소(CO₂) 제어패킷은 이산화탄소 감지 센서를 통해 읽어들인 값과 생육 프로파일에 정의된 이산화탄소 값을 비교하여 관련 장비들을 사용해 작물에 적절한 이산화탄소를 제공하기 위한 알고리즘이다.
- 습도와 같이 이산화탄소 제어에서도 유동팬의 가동이 중요하다. CO₂ 발생기를 통하여 온실 내 인위적으로 이산화탄소를 제공하거나, 환기를 위해 창을 열었을 때 온실 내 이산화탄소 농도도 변하게 되므로 적절한 이산화탄소를 맞추기 위해 유동팬 가동하도록 설계하였다.
- 이산화탄소 제어패킷 알고리즘의 시작 부분에 유동팬의 작동 여부를 확인하여 유동팬이 정상적으로 작동하는 경우만 이산화탄소 제어가 가능하다. 유동팬이 정상적으로 가동하지 않는 경우는 설계된 storyboard 화면상의...에서 알람을 확인할 수 있도록 설계하였다.
- 이산화탄소 제어를 위해 사용하는 장비는 이산화탄소 발생기와 모터(창)으로 구성되었다. 이산화탄소 값이 생육 이산화탄소 값 범위보다 높은 경우는 이산화탄소를 낮춰야 하는 것을 의미하며, 이 경우에는 창을 열어 환기를 하게 되고, 이산화탄소 값이 최적생육 범위보다 낮은 경우는 이산화탄소를 제공해야 하는 것을 의미한다. 이 경우에는 이산화탄소 발생기를 가동시켜 인위적으로 온실 내 이산화탄소 농도를 높이게 된다.
- 온실 내 이산화탄소 농도가 높아 환기를 위해 창을 여는 경우, 다른 항목과 같이 장비 과부하를 고려하여 1,000ppm - 1,050ppm 사이의 값을 가질 때에는 제어를 하지 않는 것으로 정의하였다. 이산화탄소 농도가 1,050ppm 이상이 되었을 때 모터를 가동시켜 초기에는 창을 30% 열게 한다. 20분의 지연 시간을 가지고 이산화탄소 농도를 측정하였을 때 생육 이산화탄소 범위에 만족하면 창을 닫고 알고리즘의 START로 돌아가고, 만족하지 않는 경우는 창을 10%씩 열어 환기를 지속한다.
- 환기를 위해 창을 열고 이산화탄소 농도가 생육 이산화탄소 범위보다 더 낮아지는 경우를 고려하여 창을 닫을 때, 창이 열려 있는 상태에서 완전히 닫히지 않도록 하였다. 현재 창 개방률을 파악하여 10%씩 창을 닫아 농도를 확인하며 범위에 만족하는 경우 알고리즘의 START로 돌아가고, 그렇지 않은 경우는 20분 간격으로 10%씩 더 닫아 지속적으로 농도를 확인하게 된다.
- 이산화탄소 농도가 생육 이산화탄소 범위보다 낮고, 창이 닫혀있는 상태인 경우에는 가능한 제어가 없으므로 사용자에게 GUI 알람이 가도록 설정하였다. 알람은 storyboard 화면상 Storyboard의 level2, #2-1, 이산화탄소에서 확인 가능하다.

11) 양액(EC) 제어를 위한 제어패킷

가) 구성 정의

- 양액(EC) 제어패킷은 물과 여러 영양분을 Mix Tank에서 잘 배합하여 생육 프로파일에 정의된 양액 비율로 맞추어 작물에 제공하기 위한 목적으로 설계되었다. 배합된 양액의 농도는 Mix Tank에 설치된 EC 농도 측정 센서로 확인이 가능하다. 양액 농도를 맞추기 위해 사용되는 장비들의 구성은 그림 8과 같다.
- EC 농도 측정 센서를 통해 수집된 현재 EC 값을 프로파일 상 정의된 EC 값과 비교하여 높거나 낮은 경우 그림 2의 Raw water 또는 Nutrient를 Mix Tank에 주입하여 농도를 맞추게 된다.
- <그림> System Pump, Filling Pump, Mixed EC Valve, Valve 구성도와 같이 Mix Tank에 연결 가능한 Mixed EC Valve는 총 6개이며, 그 중 하나는 Raw water에 할당하고, 나머지는 Nutrient에 할당이 가능하다. 양액 농도 조절이 필요한 경우 해당하는 Mixed EC valve를 열어 Mix Tank에 주입할 수 있으며 Raw water의 경우 Filling Pump도 함께 가동시켜야 Mix Tank에 물 주입이 가능하다.
- 온실 내 모든 구역에 양액을 제공하기 위해 구역별로 Valve를 설치하였으며, Mix Tank의 양액을 온실 내 작물에 제공하고자 하는 경우에는 System Pump로 온실 내 작물과 연결된 Valve에 제공할 수 있다.
- EC 농도 측정 센서를 통해 수집된 현재 EC 값이 프로파일에 정의된 추천 EC 값보다 높은 경우에는 Mix Tank에 Raw water를 제공하고, 추천 EC 값보다 낮은 경우에는 Mix Tank에 Nutrient를 제공하여 농도를 맞추도록 설계하였다.
- Mix Tank는 장비 내 기능에서 자동으로 수위 조절이 가능하므로 알고리즘에서 수위 조절을 고려하지 않았다.



<그림> System Pump, Filling Pump, Mixed EC Valve, Valve 구성도

아. 스마트 농장 커뮤니티 기반 플랫폼 서비스 및 재배관리 서비스 개발

1) 시스템 구축 자료 조사

가) 서버 도입 및 구축

- 계획서에서 명시한 서버는 HP사이 DL380 G9모델로서 Intel Xeon E5-2620 2.4MHz의 CPU를 탑재한 엔트리급의 서버이다. 일반적으로 서버는 기본 베이스 모델에 사양을 추가하여 사용하며, 그에 따라 가격이 변동한다.
- 본 과업의 서버로 운영하기 위한 기본 점검사항은 다음과 같다.
 - 하드웨어 용량: CPU, MEMORY, HDD, TYPE
 - 운영체제 : Windows, Linux
 - DBMS : Oracle, MySQL, 큐브리드, PostgreSQL, SQLServer 등

나) 하드웨어 용량 산정

- 현재 1차년도의 자료조사의 단계에서 사용자를 예측하는 것은 어려운 일이나 과업의 목표를 참고하여 서비스 사용자를 1000명으로 가정하고 동시사용자를 10%인 100명으로 가정하여 시스템 용량을 산정한다.
- 시스템 용량의 산정은 tpmC(transaction per minute) 값으로 비교한다. 본 서버는 웹/앱 사용자가 계층정보를 모니터링 및 제어를 하고 데이터를 수집하는 역할을 수행하며, 이는 모두 online상태에서 처리하게 되므로 OLTP(Online transaction processing) 서버로서 CPU의 용량을 산정한다.

OLTP 서버의 CPU 용량산정

순서	구분	계산값	입력값	비고
1	동시 사용자수	100	100	
2	트랜잭션 처리수	500	5개	
3	기본 TPMC 보정	650	1.3	
4	Peak Time 보정	780	1.2	
5	데이터베이스 크기 보정	1	DB Size: 1 Max Row: 0.3	
6	어플리케이션 복잡도 보정	3	형태: 보통 Trx 유형 테이블 수: 40	
7	사용자 복잡성 보정	1	동시수: 30 접속수: 100	
8	어플리케이션 구조 보정	1.1	구조1: 3-Tier 구조2: App 포함 응답시간: 3 값: 1.1	
9	어플리케이션 부하 보정	1.7	Batch 크기: Light Data 유형: 동일한 데이터	
10	네트워크 보정	1.1		
11	클러스터 보정	1	클러스터 유무: N 1.3	
12	여유율 보정	1.3	1.3	
TPMC		6,257		

<그림> CPU용량 산정

- 앞서의 조건에 따라 필요한 CPU의 필요한 tpmC는 6,257이다. 본 과업에 계획된 서버의 공식적인 tpmC는 확인할 수 없었으나, 동일 cpu가 탑재된 다른 서버의 경우 8개의 cpu가 1,320,082 tpmC로 산정되어 있어 1개 cpu당 165,010 tpmC로 추정이 가능하다. 따라서 요구되는 용량 대비 26배의 cpu 성능으로 산정이 가능하다.
- DL380 G9모델은 소켓이 2개가 있기 때문에 향후 용량이 부족할 경우 cpu를 추가로 장착할 수 있다.

다) 서버 도입시 고려사항

계획된 서버의 세부 사양은 다음 표와 같다.

<표> 서버 사양

항목	내용	수량
Model	HP DL380 Gen9 E5-2620v3 Base WW Svr	1
Processor	Intel Xeon E5-2620v3 (2.4GHz/6core/15MB/85W)	1
Memory	16GB(2x8GB Registered DIMMs, 2133MHz)	1
Network Controller	Embedded 1Gb Ethernet 4-port	1
HDD	HP 1TB 6G SAS 7.2K 2.5in SC MDL HDD	1
PCI-Express Slots	6PCIe	1
Power	HP 500W	1

- CPU : E5-2620 모델은 6core cpu이며, 앞서 확인한 용량산정에서도 충분한 것으로 판단이 가능하다.
- HDD : 1TB, 1개로 계획되어 있으며, HDD가 1개일 경우 RAID구성이 안되며, RAID구성을 위해서는 추가 HDD가 필요하다. 향후 2차년도에 전체 시스템의 용량 등을 파악하여 추가 장착 할 수 있도록 한다.
- TYPE : DL380모델은 Rack 타입의 2U서버로서 랙타입 서버를 운영하기 위해서 서버랙이 필요하다. 동일한 등급의 Desktop형 제품은 ML350 G9모델이다. 랙타입 서버는 서버랙이 장착하여 운영하며 이동성에 불편함이 있다.



<그림> DL380 G9서버

라) DBMS 선정

- 재배정보, 계측정보, 사용자 정보 등 각종 수집 데이터를 저장하기 위해서 DBMS를 도입하여 적용한다. DBMS를 선정하기 위한 고려사항으로서 첫 번째는 시스템의 안정적 운영과 사용의 편리성이며, 두 번째 요소는 가격이라 할 수 있다.
- 일반적으로 국내에서 시스템 DBMS로 많이 사용하는 것은 Oracle DBMS이며 많은 사용자를 보유하고 있어 사용과 운영이 용이하다. Oracle DBMS는 상용 제품으로서 서비스의 형태에 따라 가격을 산정한다. 내부 서비스의 경우 접속자 수를 기준으로 가격을 산정하는 Named user license를 적용하고, 웹 서비스 같이 불특정 다수를 대상으로 하는 서비스에서 Processor license를 적용한다. 본 과업의 경우 본 과업의 목적상 불특정 다수에 대한 서비스는 아니지만 등록된 사용자 전체에 대해 서비스를 수행해야 하므로 Processor license를 적용해야 할 것이며, 비용이 Named user license에 비해 월등히 비싸다.
- 웹 서비스 분야에서 많이 사용되고 있는 MySQL은 과거 오픈소스 제품이었으나 오라클에 인수되면서 유료 제품으로 전환되었다. 다만 유료화 정책의 경우 MySQL의 Cloud Service 버전, Enterprise Edition 버전, Cluster CGE버전에 대해서만 적용되고, Community Edition버전은 GPL정책을 따른다.
- Oracle 이나 MySQL은 내부 테스트용, 내부 개발용으로는 무상사용이 가능하나 추후 이들 DBMS를 기반으로 하는 솔루션이 상업화 될 경우 비용을 지불해야 한다.
- 기타 고려할 수 있는 다른 DBMS는 상업용으로는 Infomix, SQL-server 등이 있으며 국내 제품으로는 알티베이스, 티베로가 있다. 오픈소스 제품으로서는 MariaDB, PostgreSQL, QBBRID, 몽고DB 등이 있으며 국내에서 점점 오픈소스 DBMS를 적용하는 사이트가 늘어나고 있다.

마) OS 선정

- 서버에 설치 운영할 운영체제는 크게 리눅스와 윈도우즈 계열의 OS에서 선택가능하다.
- 리눅스의 경우 배포판을 설치하여 사용할 수 있으나 추후 상용화 서비스를 수행하기 위해서는 구매해야 한다.
- Windows Server 제품은 CAL(Client Access License)를 적용하며, CAL라이선스는 서버에 접속하는 사용자의 수에 따라서 금액을 산정한다. 내부 서비스의 경우에는 사용자수를 기반으로 CAL을 구매하면 되지만 웹서비스 같이 불특정 다수를 대상으로 하는 서비스는 CPU core 당 비용을 산출하는 방식을 적용한다.
- 비용적인 측면 이외에 서버에서 운영된 서비스 및 적용 어플리케이션에 따라서 OS를 선정해야 한다. 웹서비스를 위한 웹서버S/W, WAS 서버S/W 등은 리눅스 및 윈도우즈를 모두 지원하기 때문에 설치 및 운영에 문제가 없으나, 본 과업의 내용 중에 하나인 머신러닝 엔진을 적용하고자 할 경우 엔진의 특성에 따라 OS를 선정해야 한다.

2) 시스템 설계 계획

가) 운영서버의 역할 정의

- 시스템 설계를 하기 위해서 먼저 시스템에서 운영되는 역할 및 서버를 정의한다.
- DB서버 : 재배정보 데이터, 농장데이터, 계측정보데이터, 머신러닝 분석결과, 농장 커뮤니티

데이터, 사용자 데이터 등의 정보를 저장하고 관리

- 웹서버 : 사용자가 로그인 하여 계측정보를 모니터링 하고, 재배분석 및 제어를 수행한다. 농장 커뮤니티서비스를 통해 정보를 공유한다.
- 앱서버 : 사용자가 보유한 스마트기기(안드로이드 기반)에서 스마트 농장 관리 서비스에 접속하여 계측정보를 모니터링하고 재배관리를 위한 시설물을 제어한다. 기본적으로는 웹 서비스와 동일한 서비스를 수행하도록 해야 할 것이며, 스마트기기 환경에 맞게 기능적인 조절이 필요하다.
- 머신러닝 엔진 : 다른 참여기관인 한경대학교에서 연구하고 있는 머신러닝 엔진을 이용한 재배정보 분석 기능을 수행한다.
- 수집서버 : 계측기에서 전송되는 정보를 수신하고 이를 DB에 저장한다.
- 커뮤니티 서비스 : 웹기반의 농사정보의 공유서비스 수행한다.
- 의사결정 모듈 : 재배정보와 머신러닝에 의해 도출된 분석 결과를 통해 룰 기반의 재배 관리 의사결정을 수행한다.
- 수확예측 모듈 : 의사결정을 수행하기 위한 입력 정보로서 머신러닝의 분석결과와 연계하여 수확품질, 수확시기 예측 기능을 수행한다.

운영서버		
커뮤니티 서비스	의사결정 모듈	수확예측 모듈
웹서버 S/W	앱서버 S/W	머신러닝 엔진
수집서버 S/W	DB서버	
서버 OS		

<그림> 운영서버 S/W구성 및 역할

- 과업의 시작 단계이기 때문에 하나의 서버에서 기능을 수행하며 향후 최적화 및 상용화 단계에서 부족한 용량은 업그레이드 하거나 추가 서버를 도입하여 서버의 기능을 분산 시키도록 한다.
- 서버 도입과 운영에 있어서 많은 비용이 소요될 것으로 예측되는 경우에는 클라우드 서비스를 이용하는 것을 검토할 수 있다. 클라우드 서비스는 아마존(AWS), 마이크로소프트(Azure), 구글(google cloud) 같은 해외 기업의 서비스와 국내 기업의 서비스를 사용할 수 있다. 클라우드 서비스를 이용할 경우 용량 및 사용하는 서비스에 따라서 비용이 차등 적용된다.

나) 통신 프로토콜 자료 조사

- IoT기반의 시스템 구축을 위해 사용하는 통신 프로토콜은 oneM2M 방식이 표준으로 제정되어 있으며, 본 과업의 게이트웨어와 운영서버 사이의 통신 프로토콜로 사용한다.
- 앞서의 연구 계획상 생육데이터 수집의 프로토타입 개발은 10개월차 이후에 예정되어 있으나, 딸기의 생육재배 특성상 봄, 가을 기간의 데이터를 취득하기 위해 우선적으로 기존의 통신 프로토콜인 MODBUS 프로토콜을 적용하여 데이터 수집을 수행하도록 한다.

다) OneM2M 프로토콜

- IoT 구현을 위한 통신방법으로서 IoT 구성에 적합한 LoRa(Long Range) 방식을 적용한다. 국내의 통신사들이 LoRa 통신망을 구축 완료(중)이며, SKT 의 LoRa통신망을 사용하기 위해 수집되는 데이터를 thingsplug 사이트를 통해 OneM2M 프로토콜을 지원한다.
- www.onem2m.org : oneM2M 관련 공식 홈페이지로서 표준 문서를 제공하고 있다.
- sandbox.sktiot.com : SKT에서 제공하는 thingsplug 웹사이트로서 thingsplug 서비스를 사용하기 위한 정보를 제공하고 있다.
- www.thethingsnetwork.org : 개방형 IoT 서비스 플랫폼으로서 OneM2M 프로토콜 데이터를 수집서비스를 제공한다.
- www.iotocena.org : KETI(전자부품연구원)과 IITP(정보통신기술진흥센터)를 주축으로 IoT 오픈플랫폼을 제공하는 개방형IoT 오픈소스 연합체 웹사이트
- www.open-iot.net : 개방형 IoT환경의 서비스를 만들고 사용할 수 있는 개방형 서비스

3) 시스템 구축 및 프로토타입 개발

가) 서버 도입 및 설치

- 선정된 서버를 구매하고 설치하였다. 서버와 같이 도입된 서버랙에 서버를 장착하였다.



<그림> 서버 설치

나) 관련 소프트웨어 설치

- 서버에 설치된 운영체제는 MS Windows Server 2016 standard 버전으로 CAL(Client Access License)를 기본 구성인 5user로 도입하고 서버에 설치하였다.
- 시스템 설계에서 선정된 각종 소프트웨어를 설치하였다.- MySQL Community Server, Apache Web Server, Tomcat Web Application Server.
- 설치된 서버는 (주)피에스글로벌 사무실에 설치하고 네트워크를 연결하였다.
- 별도의 모니터를 구매하지 않았기 때문에 서버에 접속하기 위해서는 원격접속 소프트웨어인 TeamViewer를 설치하여 사용한다. 내부 인원 뿐만 아니라 관련 연구기관에서 접속이 가능하도록 한다.

<표> Method

Path	Method	설명
/restful/testing	GET	테스트
/restful/control/motor	PUT	모터 컨트롤 데이터
/restful/insert/status	POST	현재 상태 입력
/restful/insert/image	POST	현재 이미지 입력
/restful/download/profile	GET	프로파일 다운로드

나) 제어패킷 생성기

- 소스 파일 리스트

- auto_control.py

제어 패킷 생성기의 main class

스케줄러는 해당 main class를 접근하여서 제어 패킷을 생성한다.

- config.py

Reserved

- database.py

제어 패킷 생성과 관련된 데이터 베이스 접근을 하는 class

- util.py

제어 패킷 생성에 관한 계산 유틸리티

- env_control.py

온,습도 이산화 탄소에 대한 제어 패킷 생성 클래스

- valve_control.py

양액기에 대한 제어 패킷 생성 클래스

- 구현 사항

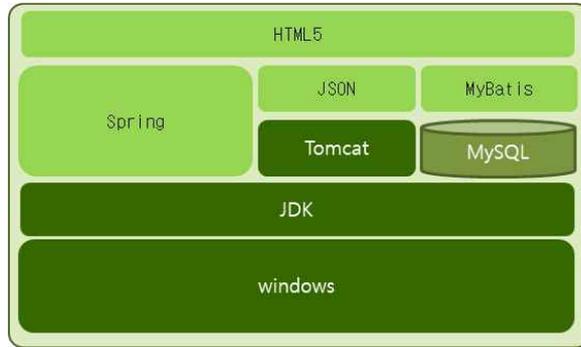
- flow에 맞는 제어 패킷 생성

- 제어 패킷 구조는 다음과 같음

```
http://168.131.77.49:7850/?farm_id=" + str(self.farm_id) + "&house_id=" + str(self.house_id) +
"&board_id=" + str(board_id) + "&device_id=" + str(device_id) + "&port=" + str(port) +
"&start_time=" + str(0) + "&duration_h=" + str(0) + "&duration_m=" + str(0) + "&duration_s="
+ str(0) + "&command=" + str(cmd)
```

다) 모니터링 시스템

- 스마트팜시스템의 장비의 상태 및 장비를 제어 하기위한 Web Page개발 제공 한다.



<그림> 모니터링 시스템 아키텍처

- 스마트팜 시스템의 아키텍처 구성과 버전은 다음과 같음
 - 시스템 환경 : Windows server
 - JAVA환경 : Oracle java 1.8 over
 - Spring : JAVA Framework (3.0 over)
 - Tomcat : Web App Server (9.0.14 over)
 - JSON : JSON (JavaScript Object Notation)은 경량의 DATA-교환 format으로 Key와 Value로 구성
 - Mybatis : 데이터의 저장, 조회, 변경, 삭제를 다루는 클래스 및 설정 파일들의 집합 퍼시스턴스 프레임워크
 - HTML5

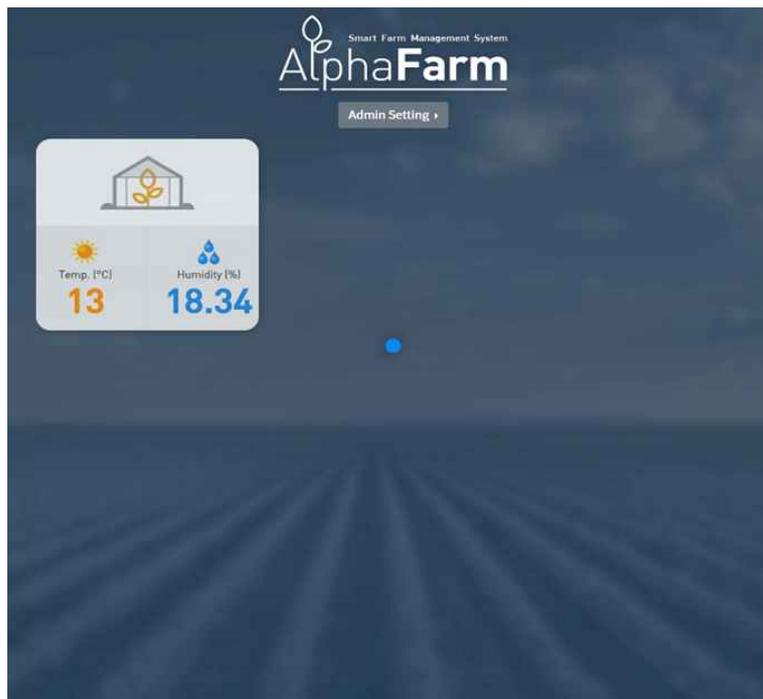
라) 주요 화면 구성

- 로그인 화면
 - 로그인 화면, 해당 항목 선택 시 키보드 팝업



<그림> 로그인 화면

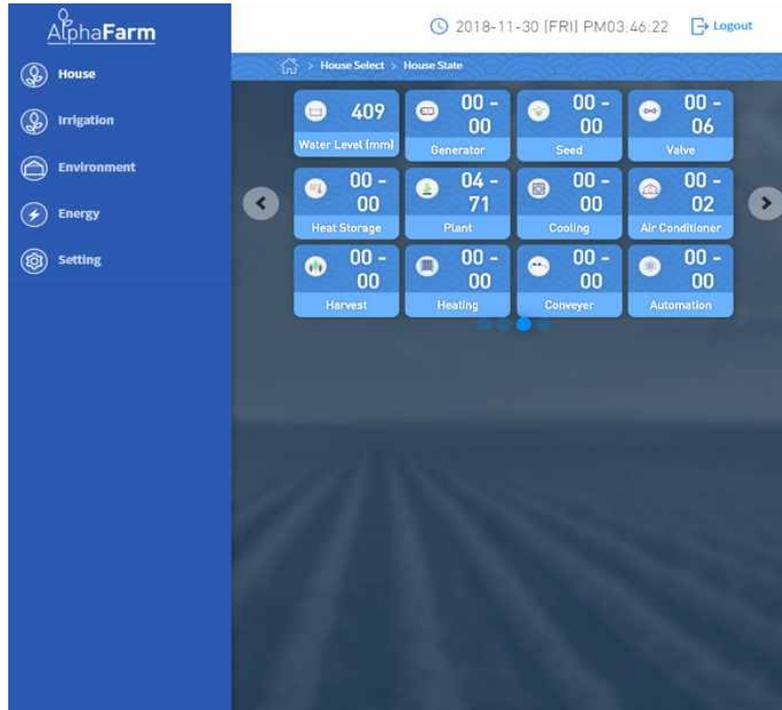
- 온실 선택 및 제어



<그림> 온실 선택

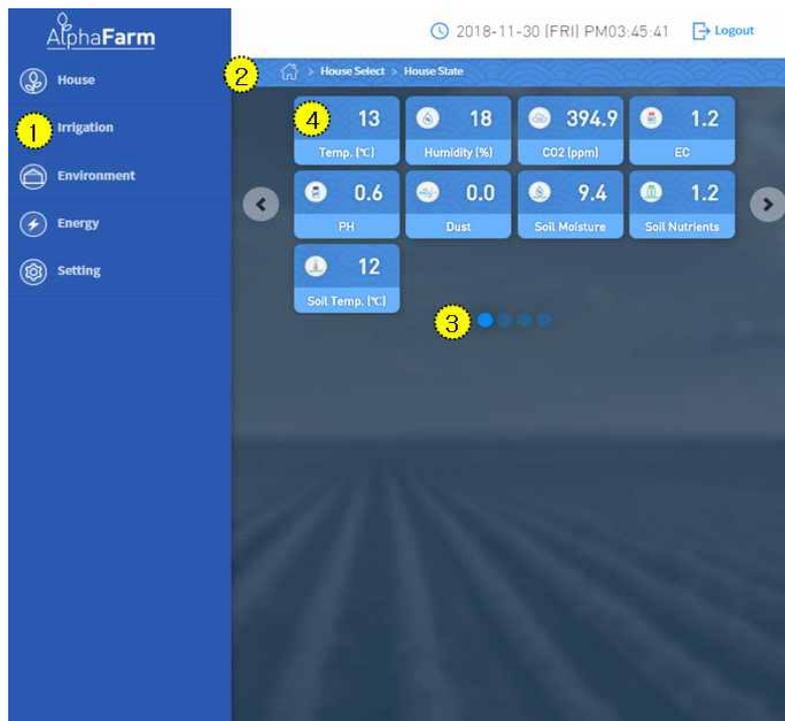
- 온실 선택 시 제어화면(Lv.3)으로 전환

온실의 내부의 현재 온도, 습도 상태 표시 한 페이지에 보여줄 수 있는 온실은 최대 6개이며 온실이 많은 경우 화살표를 누르거나 양옆으로 스와이핑하여 다른 온실도 볼 수 있음 - 설정 화면 갈 수 있음(관리자권한 필요 / 온실 추가를 위해서는 설정 화면으로 이동 등록)



<그림> 제어화면

- 제어목록



<그림> 제어목록

① 제어목록아이콘, 누르면 제어항목아이콘이 아래 팝업창으로 표시되며 선택하여 제어화면으로 전환 가능

-제어화면은 (Lv.3) 참고

②현재 위치를 나타냄(선택된 온실을 나타냄)

③선택된 온실의 상태를 나타 내며 각 화면의 기능은 아래와 같이 정의

-#2-1 : 온실 내부

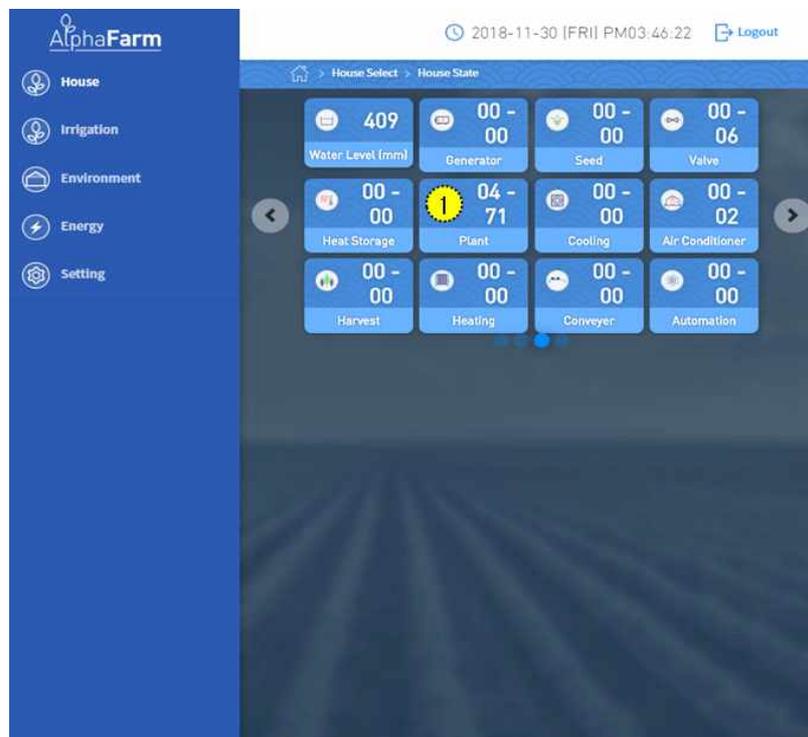
-#2-2 : 시설 상황

-#2-3 : 외부 기상

-#2-4 : 작물 프로파일(프로파일, 실제영상, 수확시기,시장가격현황)

④센서로 수신된 측정된 값 출력

• 구동중인 시설 정보 조회

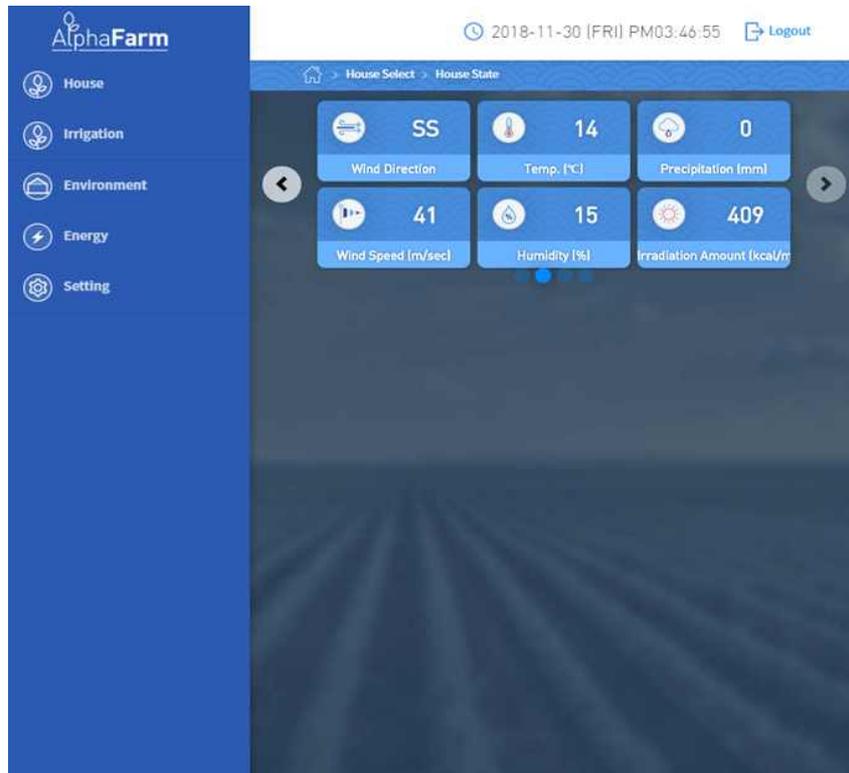


<그림> 시설 정보

① 현재 가동 중인 시설개수/ 전체개수 (화면 표기 형식 00 - 00)

* 저수조는 현재 저수위 표시

- 온실 상태 조회



<그림> 온실 상태

- Crop Profile



<그림> Profile

① (이미지표출) 해당 온실의 카메라 목록을 표시 및 (이미지표출) 이미지를 취득한 구역 표시 (콤보박스 안에 리스트중 한개를 선택하면 해당 구역의 이미지를 표시)

- 구역정보

② (이미지표출) 취득한 이미지 표출

- 작물이미지

③ (생육프로파일) 생육프로파일 그래프 표출

-생육프로파일정보

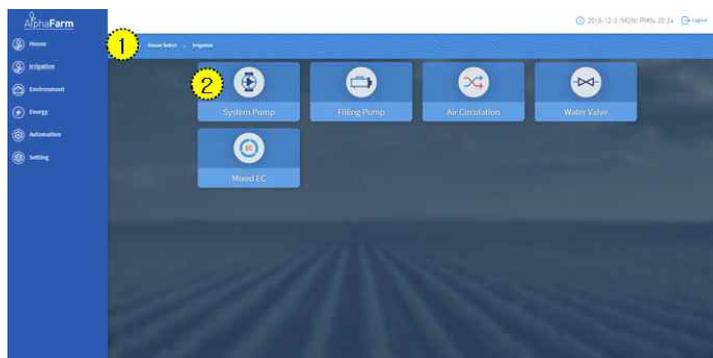
④(수확예측) 구역별 생육단계별 과실의 개수,전체 과실 대비 각각의 생육단계에 있는 개수를 %로 표시하고, 수확기에 있는 %를 숫자로 다시 보여줌.

-수확예측분석결과

⑤(시장가격) 시장가격 그래프

업데이트된 시간 표시 - 시장가격추세정보

• Irrigation Control Main

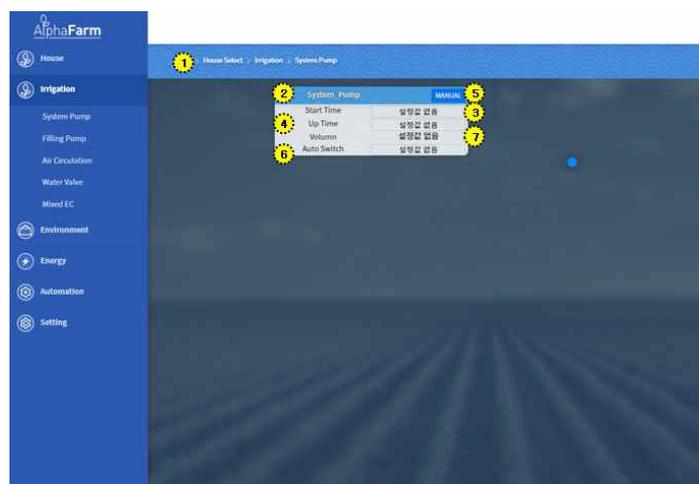


<그림> Control Main

① 선택된 제어항목 표시

② 아이콘 선택시 해당 제어화면으로 전환

• System Pump

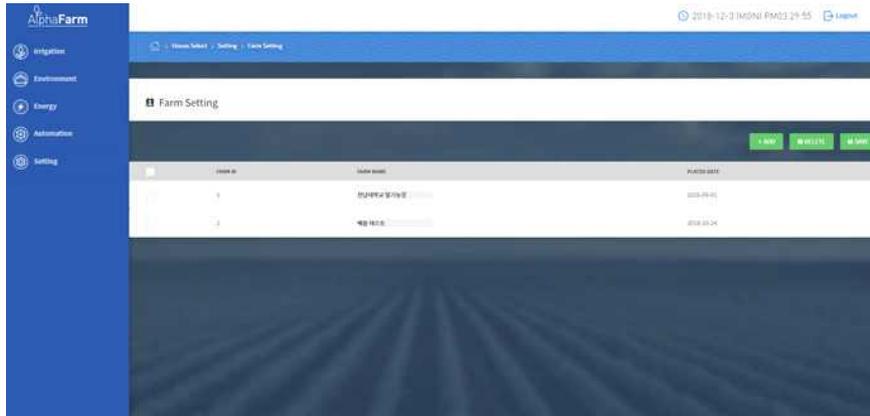


<그림> System Pump

① 선택된 제어항목 표시

- ② 제어할 System pump 밸브 의 가명 표시
- ③ System pump 밸브 가동 시작시간 설정(연-월-일-시:분)
- ④ System pump 밸브가동 시간 설정(시:분:초)
- ⑤ 자동 또는 수동제어 상태를 표시하며 선택시 전환 (Auto-파랑, Manual-빨강)
- ⑥ 수동제어 시 일정시간 이후 자동으로 전환됨(일정시간은 관리자 설정에서 설정)
- ⑦ 유량은 고정되어 있으므로 가동시간에 따른 유량의 곱으로 부피값 표시 (유량*시간=부피)

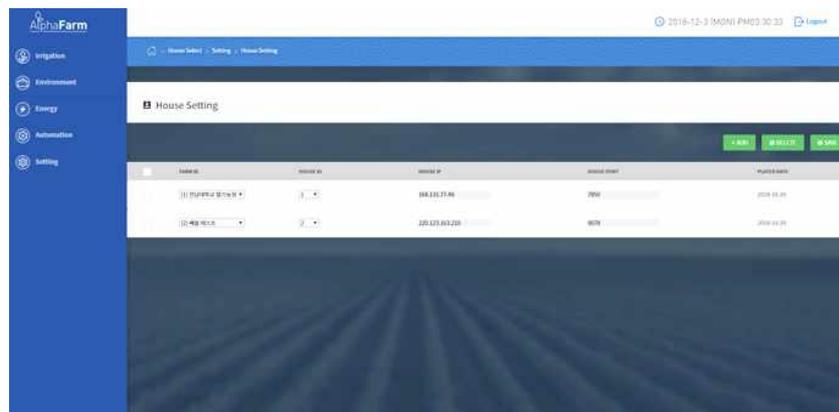
- Farm Setting (관리자 기능)



<그림> Farm Setting(농장 정보)

- 관리자권한 메뉴로 농장 정보 설정

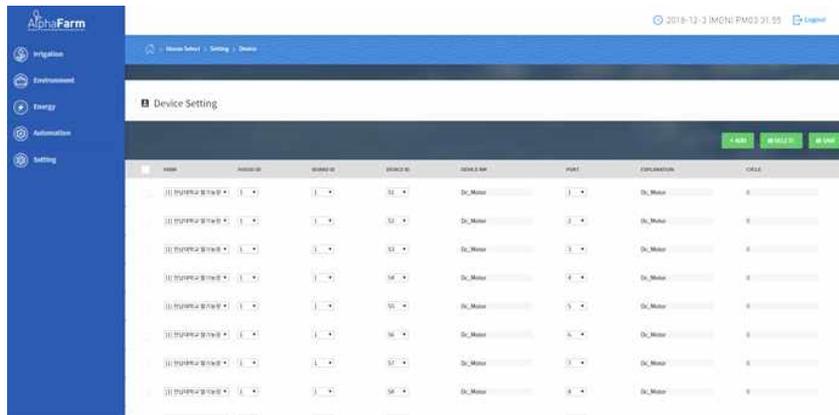
- Farm Setting (관리자 기능)



<그림> Farm Setting(하우스 정보)

- 하우스 정보 설정

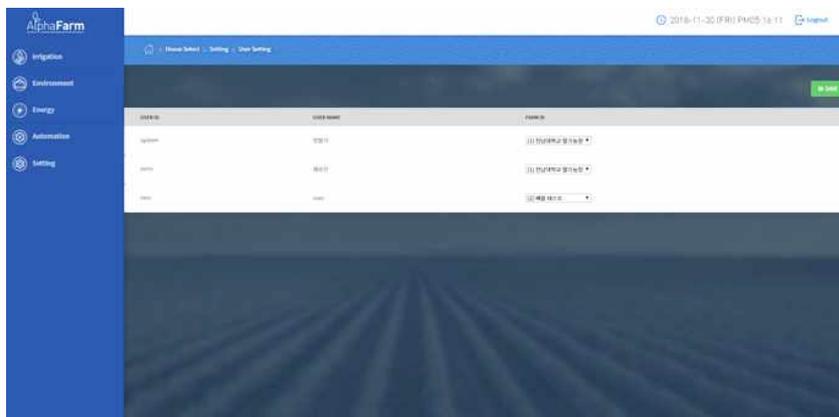
- Farm Setting (관리자 기능)



<그림> Farm Setting(장비정보)

- 장비 정보 설정 (Farm 정보, house 정보, Board ID, Device ID, Device Name, Port 등)

- User Setting (관리자 기능)



<그림> User Setting

- 사용자 등록 (User ID, User Name, FARM ID)

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 연구개발 개발성과

가. 연구목표 및 달성도

1) 주요 평가항목 및 달성도

〈표〉 평가항목 달성도

평가항목 (주요성능 Spec.)	단 위	전 체 비 중	보유국/보 유기업(I)	연구개발 전국내수 준	개발 목표치	평가방법	비 고	달성도
			성능수준	성능수준				
Data Backing System API 처리속도	req/ sec	10	(미 국 / 구 굴) 300	300	350	TTA V&V	정 량	100% *1
패킷 전달 정확도	%	10	-	90	99	TTA V&V	정 량	100%
관수제어를 통한 절 수 효과	%	15	(미국/Crop X) 25	-	25	공인 인증기 관	정 량	100% *2
고품질 재배관리 운 영 효과	%	20	(이스라엘/ 히브리농 대) 40	농 립 식 품 부 (15년 말) 25	30 (고품 질 증가)	시 범 운 영 서 비 스 결 과 로 검 증	정 량	80%
최적수확시기/수확품 질 예측 정확도	%	20	-	-	90	시 범 운 영 서 비 스 결 과 로 검 증	정 량	70%
측정 신뢰성	상 관 도	15	-	0.74 (해아림)	0.8	공인 인증기 관	정 량	100% *3
멀티 네트워크	연 동 성	10	-	-	구현	TTA V&V	정 성	100%

주)

*1 : TTA V&V 시험결과서 첨부

*2 : 청오 엔지니어링 순환형 양액기 적용, 특허출원서 첨부

*3 : 머신러닝을 위한 영상 획득장치로 변경 (1차년도 연차보고서),

→ TTA V&V 시험 완료, 결과 첨부

2) 특허 출원 및 논문발표 현황

가) 특허출원 목표달성

(1) 출원특허 1 : 맞춤형 스마트팜 시스템 및 그 제공방법

- 본 발명은 맞춤형 스마트팜 시스템 및 그 제공방법에 관한 것으로, 특히 사용자 재배농장에 필요한 시설을 선택적으로 설치하고 이를 제어하는 스마트팜 제어수단을 맞춤형 기능으로 구성함으로써 설비에 따른 비용을 절감하고 설치공간을 최적화 할 수 있는 맞춤형 스마트팜 시스템 및 그 제공 방법에 관한 것임

(2) 출원특허 2 : 부하보호 및 고장방지 기능을 갖는 스마트팜 시스템 및 그 제공방법

- 본 발명은 부하보호 및 고장방지 기능을 갖는 스마트팜 시스템 및 그 제공방법에 관한 것으로 특히 스마트팜 시스템의 부하구동에 흐르는 과전류를 감지하고 전류패턴을 분석하여 부하에 인가하는 전원을 차단함으로써 과전류에 의해 부하가 파손되는 것을 방지할 수 있는 부하 보호 및 고장방지 기능을 갖는 스마트팜 시스템 및 그 제공방법에 관한 것임

(3) 출원특허 3 : 작물의 수확시기 예측시스템 및 그 방법

- 본 발명은 작물의 수확시기 예측시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 특히 작물 이미지 데이터를 전송받아 착색도 및 크기를 판단하고, 상기 착색도 및 크기 판단에 기계학습(machine learning)을 이용하며, 환경정보 및 시장정보를 종합하여 작물의 수확시기를 예측하는 시스템 및 그 방법에 관한 것임

관련생략

관련생략

출원번호통지서

출원 일자 2017.06.09
 특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무)
 출원 번호 10-2017-0072458 (출원번호 1-1-2017-0550250-98)
 출원인 명칭 주식회사 세솔코리아(1-2017-025006-3)
 대리인 명칭 특허법인 아이엠(9-2005-100022-2)
 발명자 명칭 이관준
 발명의 명칭 맞춤형 스마트팜 시스템 및 그 제공방법

출원번호통지서

출원 일자 2017.06.11
 특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무)
 출원 번호 10-2017-0072895 (출원번호 1-1-2017-0553826-01)
 출원인 명칭 주식회사 세솔코리아(1-2017-025006-3)
 대리인 명칭 특허법인 아이엠(9-2005-100022-2)
 발명자 명칭 이관준
 발명의 명칭 부하 보호 및 고장 방지 기능을 갖는 스마트팜 시스템 및 그 제공방법

특 허 청 장

<<안내>>

1. 귀하의 출원권 범위 및 권리 범위가 정성적으로 접수되었으나, 이후의 심사 진행상황은 출원번호 통지 통해 확인하실 수 있습니다.
 2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동등한 납입명수중에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고려번호 정보변경(결정), 장정신고시]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 유: 특허청(<http://www.kipo.go.kr>) 관공>민원서비스(민원포털) > 특허청 사항기재 및 신고 서비스
 4. 특허(실용신안등록)출원된 명세서 또는 도면의 변경이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 유권서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
 5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받으려는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 유: 마드리드 안내: <http://www.kipo.go.kr>특허(특허)PCT(마드리드)
 유: 마드리드 안내: <http://www.kipo.go.kr>특허(실용신안) 국제출원 안내
 6. 본 출원 사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위한 할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
 유: 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
 7. 출원인이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자기법)가 명확하게 공개하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허가결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
 8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동등한 안내서를 참조하시기 바랍니다.

특 허 청 장

<<안내>>

1. 귀하의 출원권 범위 및 권리 범위가 정성적으로 접수되었으나, 이후의 심사 진행상황은 출원번호 통지 통해 확인하실 수 있습니다.
 2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동등한 납입명수중에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 유: 납부자번호: #131(가맹번호) + 접수번호
 3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고려번호 정보변경(결정), 장정신고시]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 유: 특허청(<http://www.kipo.go.kr>) 관공>민원서비스(민원포털) > 특허청 사항기재 및 신고 서비스
 4. 특허(실용신안등록)출원된 명세서 또는 도면의 변경이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 유권서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
 5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받으려는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 유: 마드리드 안내: <http://www.kipo.go.kr>특허(특허)PCT(마드리드)
 유: 마드리드 안내: <http://www.kipo.go.kr>특허(실용신안) 국제출원 안내
 6. 본 출원 사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위한 할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
 유: 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
 7. 출원인이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자기법)가 명확하게 공개하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허가결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
 8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동등한 안내서를 참조하시기 바랍니다.

<그림> 출원특허

(4) 특허 맵 분석 및 브랜드 개발 (w/ 경기테크노파크 IP경영 지원단)

- 당사는 자체 개발한 상기 복합환경제어기의 구동부분과 지능화 기술에 대한 주요 경쟁사의 보유 특허동향을 분석하고 기술개발 방향을 수립하고 자 하며 당사 특허의 실시 권을 타사에 제공하여 수익을 창출할 수 있는 여지가 있는 지 검토하고 자 함
- 당사 브랜드 명인 AlphaFarm, AlphaCon, AlphaSen, AlphaRel, AlphaStation 등 5종 상표에 대해 정식등록하고 해외진출 및 사업 확대를 위한 회사 브랜드 및 로고개발 추진

[서식 2] 세부사업별 활용계획서

특허맵(TM) 활용계획서			
사업명	(주)세움프라이머스	사업자번호	7918100425
구분	세부내용		
관련기술영역	<p>■ 기술분야 : 스마트팜 복합환경제어기</p> <p>■ 기술의 주요 내용 : 당시 AlphaFarm(복합환경제어기)는 다음과 같이 4가지로 구성되어 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> - AlphaCon : DCU (Data Collection Unit) Gateway - AlphaSen : 무선 환경센서 (온도, 습도, CO2, 빛량 등) - AlphaRel : 구동기 (모터, 펌프 등 제어) - AlphaStation : 외부기상 및 ESS (Energy Storage System) <p>기본 복합환경제어기 내의 주요 자행화 특징은 아래와 같음</p> <ul style="list-style-type: none"> - 광이온 안개를 위한 이온화기 무선통신 LoRa 적용으로 설치 및 운용관리성 확보 - 구동기에 SSU 적용으로 화재예방 방지 및 소음 최소화 - 생체조절기능 위한 최적 지능형 프로그래밍 제어 <p>■ 시장 상황 : 당사는 자체 개발한 복합환경제어기 구동기 및 지능화 기술에 대한 주요 경쟁사의 보유 특허 동향을 분석한 특허 맵을 제공받아 기술 개발 방향을 수립하고자 하며, 자사 특허의 실시권을 타사에 제공하여 수익을 창출할 수 있는 여지가 있는 것으로 보입니다</p>		
사업수행 필요성	<p>당사는 스마트팜 복합환경제어기 및 관련 지능화 운영시스템 개발을 진행해오고 있으며 구동기 부분의 특허 2종을 출원한 바 있습니다. 하지만 구동기에 전문성개발 분석해야 구동기 예측관련 특허 출원 등을 계획하고 있는 데 이러한 분야의 기술개발 시 경쟁력을 위한 분석이 요구되고 지능화 운영시스템을 활용하여 당사가 지향하는 첨단농업에 기반한 농업정보서비스로서도 경쟁력이 위한 특허기술 로드업을 수행하고자 합니다.</p>		
사업성과 활용 계획 및 기대효과	<p>특허맵 수행을 통해 특허리스크를 예방하고 AlphaFarm 제품을 출시하여 매출액이 향후 3년간 60억 (100만㎡ × 100대) 증가할 수 있을 것으로 기대됩니다. 광이온 운영시스템 관련 기술개발을 위한 선형 연구개발 선우채택과, 특허맵 수행결과를 이용해 지능화형 프로그래밍 및 제품개발 프로그래밍 효율을 개선합니다. 또한, 특허맵에 대응할 수 있도록 최적의 특허를 출원할 계획이며, 이를 기반으로 실시권을 타사 개발업체에게 제공할 수 있을 것으로 예상되며, 실시권 제공을 통해 수익성의 수확을 기대하고 있습니다.</p>		

브랜드 개발 활용계획서(■ 신규 □ 리뉴얼)			
사업명	(주)세움프라이머스	사업자번호	7918100425
구분	세부내용		
사업수행 필요성	<p>■ 시장 상황 : 해외진출 및 사업확대를 위해 회사 브랜드 및 로고개발이 필요함</p>		
조사	<p>■ 브랜드 포유현황(상호를 포함하여 포함하고 있는 브랜드 상세히 나열)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 시장 : 세움프라이머스 (Communication Energy Service and Linkage)의 약칭이며, Pharma는 2 번째 회사이고 계속 (CES), America 등으로 계속 불러지거나는 있음 - AlphaFarm, AlphaCon, AlphaSen, AlphaStation, AlphaRel 등 5종 - 자체 Naming 된 것으로 이름복 겹쳐 <p>■ 해당 상품의 품질 및 핵심 경쟁력</p> <p>광이온 적용하고 지능화형 운영시스템의 기능제어권 전자 장치화 설계 한 점</p> <p>한계 스타트업 구동장치는 수출제품임</p> <p>■ 마케팅 예산</p> <p>예산도 있으나 브랜드 개발 후 분석 추진</p>		
브랜드 현황	<p>■ 경쟁사 현황 및 특징</p> <p>현재 시장이 제조 기술 수준이 낮아 유사한 개념을 가진 기업이 별로 없음</p>		
경쟁사	<p>■ 핵심 역량</p> <p>중국, 러시아, 일본 스마트팜 플랫폼 수출업체</p>		
고객	<p>■ 타겟의 구매동기, 목적 및 구매행동</p> <p>동기 : 광이온 안정성 및 가격, 적용 편의성</p> <p>목적 : 내구성 우수, 고장률 낮아 기능으로 저 비용 고품질 구매행동 : 광이온 및 운영서비스 (각각도 기능)</p>		
사업성과 활용 계획 및 기대효과	<p>■ 마케팅 및 활용계획</p> <p>개발결과물 및 회사 소개자료에 추가</p> <p>■ 기업 성장성 및 매출증대 효과</p> <p>농업분야에서 환경정보서비스 및 0농업 관련 업체로 성장해 갈 것이니 글로벌 시장 개척을 통해 5년 내 매출 500억 목표</p>		

안녕하세요.

RIPC 온라인 사업접수 시스템에서 보내드리는 자동안내 메일입니다.

아래와 같이 지원사업에 [신청] 되었음을 안내해 드립니다.

공고 번호 : 경기-17-N00005

접수 번호 : N1323-17-A00036

사업 형태 : 중소기업 IP경영 지원단 신청

지원 분야 : 중소기업 IP경영 지원단 신청

지원 센터 : 경기

접수 일시 : 2017.09.05

평가 의견 :

과제(특허맵) 선정되었습니다.

과제를 수행할 수행기관을 곧 추천드릴 예정입니다.

감사합니다.

<그림> 특허 맵 분석

나. 개발내용 요약

1) 핵심 기술

- DCU Gateway 및 엔드 디바이스 (구동, 센서 등) 간 무선 로컬 네트워크 (LoRa, WiFi 등) 및 유선 네트워크 (RS485, CAN Bus 등)로 선택적 작동이 가능한 멀티 네트워크 연동기술
- 작물 별 생육 프로파일, 최적 출하시기 예측 정보 제공을 통해 작물재배에 대한 의사결정을 지원하는 머신러닝 엔진 기술

2) 적용범위(또는 서비스)

- 소규모 연동온실, 식물공장 등에 적용하여 투자효과를 최대화할 수 있는 보급형 복합환경제어 플랫폼으로 운영하고 단순 장치기반이 아닌 플랜트 구축 및 운영과 연계한 통합 솔루션 기반으로 비즈니스 모델을 구축하고 자 함
- 지능형 재배관리 시스템의 주요구성 요소인 “장치(Device), 네트워크, 플랫폼, 서비스” 등은 전체 ICT 분야에 활용되고 있는 기본 구조로서 장치(Device)와 플랫폼 튜닝으로 스마트 홈, 스마트 빌딩 등 다양한 서비스에 적용할 수 있음
- 당 시스템의 스마트 센서, 스마트 컨트롤 장치 등은 멀티 네트워크 연동이 가능하여 독립적인 상품으로 사업화 가능함

3) 업체별 개발 범위

가) (주)관 LPWA 네트워크 스마트 농장 시스템 및 미들웨어 개발(SYS H/W, S/W)

항목		기본 기능	차별성
AlphaCon (스마트 허브)		DCU Gateway (LPWA to IP 네트워크)	LPWA 및 Wi-Fi Gateway, CAN I/F 지원, 방진/방수, 7 “ touch color LCD
AlphaCon2		DCU Gateway + 16 Controlled Output	구동장치를 직접 제어할 수 있는 출력포트 16개 내장
AlphaSen (스마트 센서)		LPWA, Wi-Fi 지원 온도/습도, CO2 센서	토양수분/양분 센서 및 적외선 온도센서 연결지원, 20*16 텍스트 LCD
AlphaRel (스마트 스위치)	AlphaRel C (솔레노이드 밸브)	LPWA 관수 제어	SSR (Solid State Relay) 적용 Sparkless, 전류측정 고장예측 및 고장보호
	AlphaRel A, B (전력 스위치)	LPWA 원격 전력공급 제어, 누전차단	
AlphaCAM		보급형 작물영상 획득장치	640*400 해상도를 가진 영상획득 장치로 설정된 시간에 따라 작물 이미지를 서버로

		전송
AlphaRel M2	이종 장치 간 통신이 가능하도록 증대하는 인터포저 보드	온실이나 시설에 설치된 기존 장비를 당 플랫폼에 연동할 수 있음

〈표〉 스마트 농장관리 시스템 구성 및 기능

나) (위탁) LPWA 네트워크 기반 지능형 재배관리 시스템 시험 검증 및 사업화

- 스마트 농장 파일럿 플랜트 운영 계획 수립
- LPWA 네트워크 기반 지능형 재배관리시스템 시작품 성능 검증
- 스마트 농장 지능형 재배관리시스템 사업화 방안 수립

다) (공동 : 한경대) 농업관리 머신러닝 활용 수확예측 서비스 개발

- 머신러닝 기반 최고 수확품질 및 최적 수확시기 예측
- 농업 및 재배관리 머신러닝 연구조사
- 머신러닝 활용을 위한 농업 및 재배관리 자료 기반 구축
- 머신러닝 모형 및 모형 평가방법 선정

라) (공동 : 대산정밀) 스마트 농장 커뮤니티 기반 플랫폼 서비스 및 재배관리 서비스 개발 (SYS S/W)

- 실시간 기반 재배 정보 서비스 플랫폼 개발
- 앱/웹기반의 재배 정보 제공 서비스 개발
- 재배관리 라이프 사이클에 대한 스마트 원격 제어 관리

3-2. 과제 개발 성과

가. AlphaFarm 시제품 개발

1) 성과

- DCU G/W인 AlphaCon, Sensor 장치인 AlphaSen, 외부기상스테이션 AlphaStation, 구동장치인 AlphaRel, 보급형 영상획득 장치 AlphaCAM에 대한 시제품 개발완료
- AlphaCon2, AlphaRel M2에 대한 시험포 설치 및 실증시험을 완료함
- 주요기능에 대해 TTA V&V 인증을 획득함

2) 평가방법

- 센서의 계측정보가 계측되고 있는지 확인
: 측정값을 LCD 화면에 출력하여 표기함
- 계측정보가 AlphaCon에 주기적으로 전달되고 있는지 확인
: 소켓통신을 통해 전달받은 데이터를 AlphaCon의 화면에 출력될 수 있도록 함
- 외부기상의 정보가 계측되고 있는지 확인
: 측정값을 LCD 화면에 출력하여 표기함
- AlphaCon과 AlphaSen의 배터리가 제대로 동작되고 있는지 확인
: 정전상태 동작보장용 배터리의 충전 및 방전 시험을 완료함
- AlphaRel의 SSR이 신호에 따라 제대로 제어되는지 확인
: LED 및 모터, 솔레노이드 밸브를 연결하여 에이징 시험을 완료함

나. 스마트 농장 기반 인프라 시스템 설계 및 앱/웹 프로그램 개발

1) 성과

- 현황과약을 통해 최적의 시스템 구현을 위한 서버장비 및 기반 SW를 선정하여 도입
- 도입된 장비를 제어실 내부에 설치하고 기반 SW를 서버에 설치 운영
- 계측데이터를 저장하고 재배관리 웹 서비스를 운영하기 위한 데이터베이스를 설계
- 재배관리 서비스를 위한 웹 화면 설계
- 센서에서 계측되는 계측정보를 수집하여 데이터베이스에 저장하는 수집서버 SW 개발
- 화면설계의 내용에 의해 모니터링 결과 분석 모듈 개발

2) 평가방법

- 도입 및 선정된 장비가 적절하게 설치되었음을 확인
- DB설계 및 화면 설계의 산출물인 설계서 유무 확인
- 계측정보가 수집서버 SW프로토타입에 의해 원활히 수집되고 데이터베이스에 저장되는지 확인
- 계측, 수집, 저장된 정보가 웹서비스 화면에서 모니터링 되고 있는지 확인

다. 머신러닝 관련 DB구축 및 모형개발

1) 성과

- 농장 데이터 및 텐서플로우를 이용한 머신러닝 기반 방울토마토의 최적 수확시기 예측 논문발표

2) 평가방법

- 방울토마토의 시기별 생장 사진과 가격 정보, 생장 환경 정보 등을 수집하여 머신러닝을 통해 학습시켜 생장 환경을 자동 제어하고 최적의 시기에 수확할 수 있는 의사결정모듈을 개발하여 전남에 위치한 시험 포장에 적용하여 그 효과를 실험적으로 검증

3-3. 연구성과(해당되는 성과만 기재)

가. 국내의 논문 게재

No	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)	게재일	등록번호
1	ICT 기반 스마트팜을 위한 온실 환경 제어 알고리즘 설계		양미혜, 남원호*, 방나경, 황재용, 이관호, 김영화				비 SCI		

나. 국내 및 국제학술회의 발표

No	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	2017 한국농공학회 학술 발표회	양미혜, 남원호, 김태곤, 이관호, 정강호, 김영화	2017. 10. 17.	제주(라마다 프라자 제주 호텔)	대한민국
2	2018 한국농공학회 학술 발표회	양미혜, 남원호, 방나경, 황재용, 이관호, 김영화	2018.11.1~11.2	리솜 스파캐슬	대한민국

다. 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

No	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
1	작물의 수확시기 예측시스템 및 그 방법	한국	씨슬프라이머스	2018.05.31	특허-2018-0062911				100%
2	부하보호 및 고장방지 기능을 갖는 스마트 팜 시스템 및 그 제공방법	한국	씨슬프라이머스	2017.06.12	특허-2017-0072895				100%

라. 기술거래(이전) 등

No	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (당해연도 발생액)	누적 징수현황
1	자체		췌슬 알파팜	19.03	250만원	

마. 사업화 투자실적

No	추가 R&D 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자자금 성격
1		식물공장 췌슬알파팜 설비구축	크린룸 설치 등	5억원	1) 내부자금 2) 신용대출 3) 담보대출 4) 투자유치 5) 기타

바. 사업화 현황

(단위 : 명, 년)

No	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화 명	내용	업체명	매출액		매출 발생년도	기술 수명
							국내	국외		
	기술이전 자기실시	신공정개발	국내	식물공 장 운영 플랫폼 개발		췌슬 알파팜			2019년	

3-4. 사업성과 및 매출실적

가. 사업화 성과

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

나. 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)				
	소요예산(백만원)				
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년후	5년후	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내			
국외					
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획				
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)				
	수 출				

3-5. 목표 달성여부

가. 성과목표에 대한 자체평가

성과목표	자 체 평 가
스마트 농장 파일럿 플랜트 운영	레퍼런스 사이트 선정 및 파일럿 플랜트 설치 완료
LPWA 네트워크 기반 지능형 재배관리 시스템 시제품 성능검증	시제품 제작 및 이를 활용한 기본 환경요소 수집기능 구현 완료
서비스를 구성하는 인프라(서버)설계 및 Database설계	서버 도입 완료, 운영체제 설치 완료, DBMS 설치 완료 DB설계서 작성완료
재배정보관리, 정보공유 화면 설계	화면설계서 (스토리보드) 작성 완료
프로토 타입 개발	- 수집된 데이터셋을 기반으로 계측정보 데이터베이스 구축완료 - 계측정보 수집서버 SW 프로토 타입 개발 완료 - 재배관리 웹서비스 및 모니터링 결과 분석 Flow 개발 완료
생육 및 재배관리 생산정보 DB구축	- 딸기, 토마토에 대한 연차별, 월별, 지역별 가격조사 분석 완료 - 조사정보에 대한 DB 구축완료
머신러닝 기반 예측 모형 선정 및 개발	- 조사된 머신러닝 기법에 대한 조사 분석 완료 - 텐서플로 머신러닝 엔진을 선정하고 분석 방법 개발 완료
학술발표	- 학술발표 2건 목표 달성 ‘농장 데이터 및 텐서플로우를 이용한 머신러닝 기반 방울토마토의 최적 수확시기 예측’ 등

나. 정량적 목표달성 점검결과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인 력 양 성	정책 활용·홍 보		기 타 (타 연 구 활 용 등)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SCI	비 SCI						
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건		
가중치	30	5				10			50		5								
최종목 표	3	2				4			3		1								
1 차 년 도	목 표	2							3			1							
	실 적	2							3			1							
2 차 년 도	목 표	1	2							1		1							
	실 적																		
소 계	목 표	3							3			1							
	실 적											1							
종료 1차년도		1				4	15. 0	1.5 .0				1							
종료 2차년도							23. 3	28. 5											
소 계		1					48. 3	30. 0				1							
합 계		3	3			4	48. 3	30. 0	3		1	1							

- 1) 달성 (가중치 합계 80) : 특허 출원 목표 3건, 고용창출 3명, 논문 1건
- 2) 미달성 (가중치 합계 10) : 특허 등록 2건 목표 (심의 중), 기술인증
- 3) 종료 후 달성 항목 (가중치 합계 10) : 제품화, 매출액, 수출액 등

3-6. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

가. 목표 미달성 사유 및 차후대책

1) 비파괴 휴대용 당도 측정기

- 당초 : 비파괴 휴대용 및 설치형 스마트 당도 측정기
- 변경 : 보급형 작물영상 획득 장치 AlphaCAM 개발
- 사유1 : B/T로 연결 가능한 소형 스마트 당도 측정기(P100)가 출시되어 그대로 활용이 가능하며 또한 시장규모가 작아 신규 개발하더라도 판촉 어려움
- 사유2 : 이미지프로세싱을 통한 수확량 및 수확시기 예측 방법이 당도에 측정에 의한 방법보다 정확성이 높은 것으로 파악됨

4. 연구결과의 활용 계획 등

가. 연구개발성과

- LPWA 네트워크와 머신러닝 기반 스마트 농장관리 플랫폼
- 농업관리 머신러닝 자료기반 구축 및 고품질 재배기술 제공 및 최적 수확시기 예측
- 스마트 농장 관리 웹 및 모바일 서비스

나. 활용계획 및 기대효과

- ICT기반 스마트 농장시스템 구축에 활용
 - 전남농업기술원과 “노지작물과원 스마트영농 모델개발사업” 추진에 적용
- 머신러닝 기반 농장관리 기술의 선진화 가속
 - 딸기, 방울토마토 등 생육 프로파일 데이터 제공 및 분석방안 공유
- 농업분야 머신러닝 분석기술 및 지능적 농장운영 기술 확보
- 자율형 로봇 스마트팜 운영체계 개발에 기본 시스템으로 활용 (미래원, 유도 협력)
 - 자율형 로봇 스마트팜은 작물의 파종에서 수확까지 전 과정을 로봇이 자율적인 의사결정에 의해 운영하는 것으로 자율형 로봇은 크게 파종, 정식, 재배, 수확로봇 등으로 구분됨
 - 웨어하우스 자동화에서 운영되는 AGV (Automotive Guided Vehicle)은 독립된 운영 소프트웨어와 서버로 구성되어 있으나, 이를 스마트 농장관리 플랫폼과 통합하여 구축비용을 절감하고 의사결정의 신뢰성을 향상시키고자 함. 이를 위해 AGV 서버의 기능 분석과 서버와 AGV 간의 무선통신 명령 체계를 분석하여, 스마트 농장관리 플랫폼과 사용자 인터페이스 컨셉을 일원화 할 수 있는 방안 수립이 필요하고 또한 스마트 농장관리 플랫폼에서 AGV를 효율적으로 제어할 수 있는 제어 기술이 필요함. 이와 같은 분석과 방안 수립을 통해 스마트농장관리 플랫폼을 기반으로 자율형 로봇 스마트팜 전용의 AGV 운영체계를 추가 개발하고자 함



주 의

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