

117023-1

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

11-1543000-002294-01

특용작물
재배
수율
향상을
위한
가습-온도
조절
다단재배
선반장치
및
운영환경
SSF 개발

특용작물 재배 수율 향상을 위한 가습-온도 조절 다단재배선반 장치 및 운영환경 SSF 개발 최종보고서

최
종
보
고
서

2018. 07. 20.

2018

주관연구기관 / (주)바이오아라
협동연구기관 / (주)오토팩토리

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “특용작물 재배 수율향상을 위한 가습-온도 조절 다단재배선반 장치 및 운영환경 SSF개발”(개발기간 : 2017.4.21.~2018.4.20.) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018 . 07 . 20.

주관연구기관명 :

바이오아라(대표자)



협동연구기관명 :

오토팩토리(대표자)



참여기관명 :

(대표자)

(인)

주관연구책임자 : 김효정

협동연구책임자 : 이재욱

참여기관책임자 :



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라
보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	117023-1	해 당 단 계 연 구 기 간	12개월	단 계 구 분	(1)/(1)
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	농생명산업기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부과제명	특용작물 재배 수율 향상을 위한 가습-온도 조절 다단재배 선반 장치 및 운영환경 SSF 개발			
연구책임자	김 효 정	해당단계 참 여 연구원 수	총: 8 명 내부: 5 명 외부: 3 명	해당단계 연구개발비	정부:133,000 천원 민간:44,334 천원 계:177,334 천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 8 명 내부: 5 명 외부: 3 명	총 연구개발비	정부:133,000 천원 민간:44,334 천원 계:177,334 천원
연구기관명 및 소속부서명	주관기업명 (주)바이오아라			참여기업명 (주)오토팩토리	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
요약 : 온실내부의 환경변수(온도, 습도, 조도 등)에 민감한 특용작물(동충하초)의 재배에 맞는 운용 장치의 개발을 통해 동충하초의 재배단계 중 “생육단계”에서의 수율을 20% 향상시키고, 동충하초 생육 수율 증가에 최적화된 스마트온실 구축을 통해 농가 보급 등 확산에 기여한다.				보고서 면수	

요 약 문

		코드번호	D-01			
연구의 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 특용작물(동충하초) 재배 수율 향상을 위해 최적의 생육환경을 위한 스마트팜을 구축한다 - 온실내부의 환경변수(온도, 습도, 조도 등)에 민감한 특용작물(동충하초)의 재배에 맞는 운용 장치의 개발 <ol style="list-style-type: none"> 1. 재배사 내부의 온도변화를 외부에서 관찰-관리 할 수 있게 한다 가. 스마트센서를 환경상태에 민감한 동충하초 재배사에 장착하고 IoT SW 서버 시스템을 통해 재배환경의 24시간 모니터링 나. R&D를 통해 LoRa (Long range, low power wireless platform) 통신모듈에 온습도 센서등이 결합된 스마트센서 개발 2 재배사의 고른 가습도 분포를 위해 동충하초 다단재배선반의 연구개발 가. 다단재배 생육환경에 맞는 최적 온습도 환경 테스트를 통한 최적 데이터확보를 통한 동충하초 생산수율증가 및 생산품질향상 확인 나. 재배사의 고른 가습도 분포를 위해 동충하초 다단재배선반의 연구개발 및 온실내부의 환경변수(온도, 습도, 조도 등)에 민감한 특용작물(동충하초)의 재배에 맞는 운용 장치의 개발 3 재배사를 스마트디바이스를 이용하여 모니터링 					
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> - 온실내부의 환경변수(온도, 습도, 조도 등)에 민감한 특용작물(동충하초)의 재배에 맞는 운용 장치의 개발을 통해 동충하초의 재배단계 중 “생육단계” 에서의 수율을 20% 향상시키고, 동충하초 생육 수율 증가에 최적화된 스마트온실 구축을 통해 농가 보급 등 확산에 기여. 					
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> - 환경조절 등과 같은 문제를 해결하기 위한 방법으로 첨단기술 (LoRa-스마트센서)의 현장 적용을 통해서 상당한 작물생장관련 데이터를 획득할 수 있게 되고 환경 제어에 대한 불확실성을 최소화로 재배 인력의 단순화 가능. - 다단형 재배장치를 이용하여 고른 조도, 습도관리 → 품질 및 수율 증대 - 예측가능한 관리를 통해 출하량에 대한 합리적 계획산정과 작물생장관련 데이터를 해외바이어에게 실시간으로 공유함으로써 수출 신뢰도를 확보. - 재배농가에 구축하여 수출 증가 (2만→20만\$) - 수출로 인한 직간접 고용창출 4명 - 스마트온실 특용작물 재배사의 확장, 적용 재배사 확장으로 인한 직간접 고용창출 4명 					
중심어 (5개 이내)	특용작물	스마트팜	재배 수율	스마트센서	생육 환경	

SUMMARY

		코드번호	D-02			
Purpose& Contents	<ul style="list-style-type: none"> - Build smart farm for optimum growth environment for growing crops grown organically. - Developing an operating device suitable for growing teugyong crops (dongchunghacho) sensitive to environmental variables (temperature, humidity, illuminance, etc.) <ol style="list-style-type: none"> 1. Internal temperature changes inside the cabin can be observed externally. <ol style="list-style-type: none"> A. The smart sensor is mounted on the environmental status of organic sensors, mounted on the environmental conditions of the IoT server and attached to the IoT server system. 24-hour monitoring of B. Platform and low-power sensors are concentrated in LoRa (wireless) communication modules via R&D Haptoen Smart Sensor Development 2. A. Study on the Development of dongchunghacho Type gongjo (duct) for reul Distribution of jaebaesa A. Number of dongchunghacho production through optimal data temperature test by testing the optimum temperature and humidity environment for multi - stage cultivation environments Improve quality of production and production quality <ol style="list-style-type: none"> B. A Study on the Research and Development of dongchunghacho Type seonban (duct) dadan in wihae jaebae for reul Distribution of jaebaesa Development of an Operating Equipment for the Growing Cultivation of Sensitive teugyong (dongchunghacho, Humidity, Lights, etc.) 3. Controls the operation of the heater by using a smart device for heating and cooling. 					
Results	<ul style="list-style-type: none"> - The development of an operating device suitable for growing of teugyong crops (dongchunghacho), which is sensitive to environmental variables such as temperature, humidity, lighting, etc. Increase the yield on growth in growth stage by 20 % during the growing stage of growth of bracken grown by dongchunghacho growth. It contributes to the spread of farm villages through a smart greenhouse deployment, which is optimized for consumption. 					
Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none"> - Advanced Technology (LoRa) field application to address issues such as environmental adjustment Data can be obtained for significant crop growth and improved efficiency by minimizing uncertainties in environmental control - Selective illumination and humidity management using multi - type planting instruments → increasing quality and yield - Estimated management of shipments and data related to shipment of crops to overseas retailers through predictable management. Achieve confidence in exports by sharing time. - Export growth in farming households (20,000 → 200,000 dollars) - Four direct and indirect employment resulting from exports - Four direct and indirect employment creation due to expansion of smart greenhouse teugyong crops and expansion of application smartfarm 					
Keywords	Special crops	smart farm	Cultivation yield	smart sensor	Growth environment	

Contents

1. Summary of Reasearch	7
2. Present State of Technologies at Home and Abroad	13
3. Research Contents and Results	16
4. Degree of Accomplishment in Research and Contribution to Related Fields	54
5. Achievement of Research and Further Prospect	56
6. Information of Related Technologies Abroad	58
7. Security Level	61
8. Current Research Facilities and Equipments	62
9. Result of Laboratory Safety Management	63
10. Research Achivements	64
11. Other Matters	65
12. Reference	66

<Attachment> Self Evaluation Report

목 차

1. 연구개발과제의개요	7
2. 국내외 기술개발 현황	13
3. 연구수행 내용 및 결과	16
4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	54
5. 연구결과의 활용계획 등	56
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	58
7. 연구개발성과의 보안등급	61
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황	62
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	63
10. 연구개발과제의 대표적 연구실적	64
11. 기타사항	65
12. 참고문헌	66

<별첨> 자체평가의견서

1. 연구개발과제의 개요

코드번호	D-03
------	------

가. 연구개발 목적

- 목적 : 특용작물(동충하초) 재배 수율 향상을 위해 최적의 생육환경을 위한 스마트팜을 구축(현업문제)
 - 접종 후 배양 및 생육 단계에서 조도 및 습도의 영향으로 재배 수율이 20% 하락.



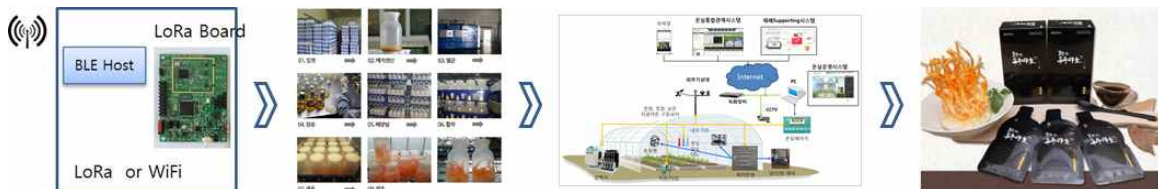
- 습도 조절 실패시 전량을 원료(낮은 부가가치 상품)로 사용하고 폐기하거나 고부가가치 상품화 못하는 상황이 빈번하게 발생
- 출하 관리 실패로 해외 바이어의 신뢰도 저하

(R&D를 통한 극복방안)

- 온실내부의 환경변수(온도, 습도, 조도, CO2 등)에 민감한 특용작물(동충하초)의 재배에 맞는 운용 장치의 개발

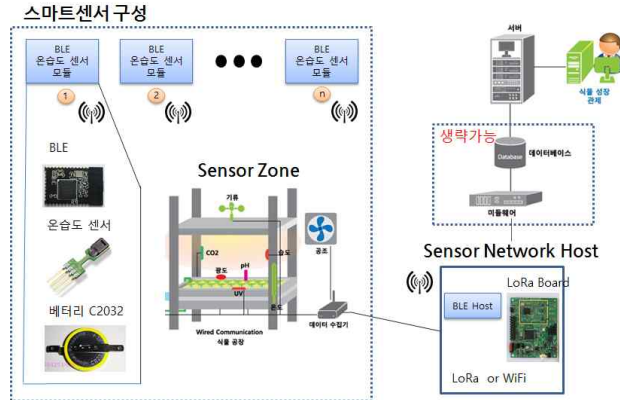
(1) 재배사 내부의 온도변화를 외부에서 관찰-관리 할 수 있게 함.(주연구)

- (가) 스마트센서를 환경상태에 민감한 동충하초 재배사에 장착하고 IoT SW 서버 시스템을 통해 재배환경의 24시간 모니터링



(LoRa 통신이 장착된 온습도 측정 스마트센서를 특용작물(동충하초)재배사에 장착함)

- (나) R&D를 통해 LoRa (Long range, low power wireless platform) 통신모듈에 온습도 센서등이 결합된 스마트센서 개발



(2) 재배사의 고른 가습도 분포를 위해 동충하초 다단재배선반의 연구개발 및 재배사를 스마트디바이스를 이용하여 모니터링(보조연구)



동충하초 생육 중인 재배사



출하 이후 재배사 모습

위 재배사 환경에서 동충하초 경작 시 하기와 같은 문제점이 있음

- (가) 생육단계에 조도, 습도, 온도, CO2농도 조절이 필요한데 농장내에 조도, 습도가 일정치 않음
(한 개의 생육 공간 안에서도 위치에 따라 조도/습도가 다름)
- (나) 그렇게 때문에 빛이 어두운곳에 있던 동충하초와 밝은곳에 있던 동충하초를 주기적으로 이동시켜줘야 하는 번거로움이 있음. → 관리 실패시 수율이 급격히 낮아짐
- (다) 관리자가 습도를 항상 일정하게 조절하는 장치가 없어 경험으로 동충하초 상태 확인 후 가습 → 습도 조절 실패 시 생산 수율이 급격히 낮아짐.

나. 연구개발의 필요성

(1) 산업배경

- (가) 2013년 기준 농림업 총생산액 가운데 우리나라의 시설원예는 약 12%의 비중을 차지함
- (나) 산업비중에 비하여 전체 시설원예 온실 중 현대화된 온실의 비중은 10,500ha 정도로 약 20%에 불과함
- (다) 주요 농업선진국 가운데 네덜란드는 척박한 토양과 부족한 농업 노동력 등을 극복하기 위하여 자동화 온실 등의 첨단 농업첨단 농업기술을 개발하였으며, 이스라엘은 제한된 경지면적과 농업용수의 부족 등을 극복하기 위하여 시설채소, 화훼, 과수 등에 첨단 IT 기술을 개발 및 접목하여 작물의 생산 경쟁력을 확보 중임.

(2) 기업 내외부 환경

- (가) 주관기관은 유효성분 고함량 신품종 동충하초 종균의 연구·개발 및 성공적인 정착화, 도시농업의 상업화, IoT 산업화, 제품화 구축을 추구하는 기업으로 원료 뿐만 아니라 농축액·파우치·차 등 다양한 동충하초 제품을 생산. 판매하고 있으며 최근 베트남 3위 제약회사인 TC-pharm에 원료를 수출하고 있음
- (나) 협동기관은 P2P 기반의 LoRa 통신모듈을 개발(별도 통신료 없음)하였고 이 제품을 통해 통신+온도+습도를 스마트센서에 집약
- (다) 한국전자통신연구원 (ETRI)에서 one M2M 기술인 “사물탐색기” 기술이전 (2015년 10월) 및 LoRa 통신이 장착된 온습도 측정 스마트센서 “스마트온실” 사업화 진행 중

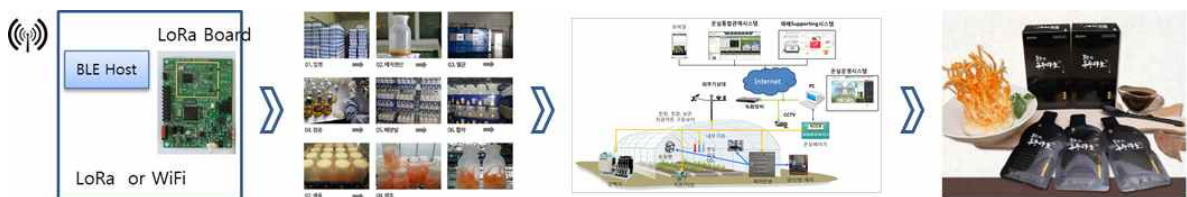
(3) 과제필요성 및 정부지원필요성

(가) 문제점

- ① 가습기 근처의 제품에서 수분이 과다하게 발생하는 동충하초가 폐사하는 경우가 종종 발생함(수율 하락의 주요 원인).
- ② 높은 습도(85~90%)의 재배환경으로 인한 누전, 전등파열로 인한 화재 발생 우려
→ 현재 이로 인한 단순노무 작업이 과다 발생

(나) 해결 방법

- ① LoRa 통신 기반의 스마트센서를 장착한 스마트온실에서 실내부의 환경변수(온도, 습도, 조도, CO2등)에 따른 동충하초의 성장환경을 모니터링 및 재배 조건을 조절하여 재배수율을 높임
- ② IOT를 이용한 특용작물의 도시농업 R&D의 성공적인 완성을 통해 농가 보급 시 사람이 재배사를 계속 모니터링해야하는 번거로움을 줄임 → 농산물의 효율적인 재배와 소득 증가 기대



스마트센서장착 → 동충하초 재배사 적용을 통한 재배수율 향상 → 수출 증가

- ③ 다단형 선반 개발 시 습기에 누전이 나지 않도록 개발할 예정이며 방습에 강한 LED등 검토

(다) 기대 효과

- ① 생산량 및 품질 향상 : 체계적 관리, 작업자의 실수 보완으로 인한 수율 향상 및 생산품의 고른 품질 향상
- ② IoT SYSTEM을 이용한 정보 수집(BIG DATA) → 데이터 축적으로 인한 적정 생육 환경 조성
- ③ 재배 환경 실시간 모니터링 : 어디서든 실시간 모니터링을 통한 바이어 신뢰도 향상이 가능.

(라) 정부지원필요성

- ① 주관기관은 2015년 도시농업을 계획하고 IOT를 접목시켜 현장에 적용한 경험이 있으나 전문IT 역량 미비로 실패한 경험이 있음.
- ② 이 사업을 통해 IOT분야의 전문가인 협동기관과 함께 스마트팜을 구축하여 수율 및 품질 향상을 향상시킬것이며 실시간 모니터링을 통한 신뢰를 확보할 예정임.
- ③ 이에 현장에 적용하기 전 시제품의 제작, 테스트, 평가·시험 등 제반비용에 대한 지원이 필요함
- ④ 이는 정부의 ICT 기반 시설원예의 첨단화로 농작물의 생산성을 높이고 에너지 절감형 스마트 온실의 보급 확대를 계획에 있어 정책적으로도 부합함
- ⑤ 현재까지 농업 분야에 있어서 일부 시설원예 분야를 제외하고는 모니터링 및 제어의 다양성 및 연계성은 매우 부족한 실정이므로 우선지원이 필요함

다. 연구개발 범위

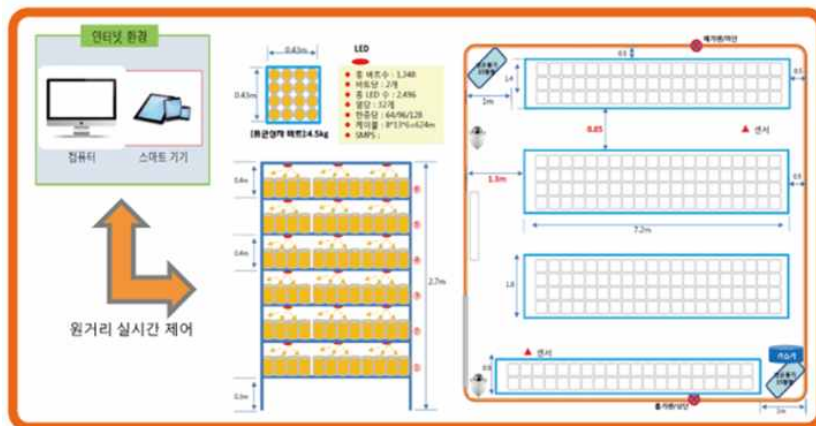
(1) 개발 내용 및 범위 (시스템 구성도, 구조 등을 그림으로 구체적 표현)

(가) 주관연구기관(바이오아라)

- ① 온실내부의 환경변수(온도,습도,조도 등)에 민감한 특용작물(동충하초)의 재배에 맞는 운용 환경 연구
- ② 재배종별 최적 생육온도 환경 연구
- ③ 최적 습도 범위 계량화

현재 재배사 외 별도의 소규모 재배공간을 구축하여 재배종별 최적의 생육환경을 계량화하기 위한 연구개발을 수행하며, 이에 필요한 동충하초 초기 생육 단계의 작물을 다양한 환경에서 재배하는 연구개발을 수행함.

IoT를 이용한 동충하초를 재배하고 ICT를 이용한 동충하초의 성장체크 및 재배시스템조절도 협업 수행함.



(나) 협동기관 1(오토팩토리)

① 재배사의 내부 온도변화를 외부에서 관련/관리할수있게 하며, 재배사의 고른 가습도 분포를 위해 동충하초 다단재배선반을 아래와 같이 개발함

개선전	개선 후
	
<ul style="list-style-type: none"> ㉔ 생육단계에 조도, 습도, 온도, CO2농도 조절이 필요 한데 농장내에 조도, 습도가 일정치 않음 (한 개의 생육공간 안에서도 위치에 따라 조도/습도가 다름) ㉕ 빛이 어두운곳에 있던 동충하초와 밝은곳에 있던 동충하초를 주기적으로 교대해 주지 않으면 생육의 불균형을 초래함. → 수율의 하락. ㉖ 습도를 항상 일정하게 조절하는 장치가 없어서 경험으로 동충하초 상태를 확인 후 가습. 습도 조절 → 실패시 수율의 하락 	<ul style="list-style-type: none"> ㉔ 재배사 내부의 온도변화를 외부에서 관찰-관리 ㉕ 다단재배선반에 덕트 시스템을 적용하여 가습이 골고루 되도록 개발 ㉖ 다단재배선반에 조명장치를 달아 균일한 조도 유지 ㉗ 스마트센서를 환경상태에 민감한 동충하초 재배사에 장착하고 IoT SW 서버 시스템을 통해 재배환경의 24시간 모니터링 ㉘ 재배사를 스마트디바이스로 컨트롤

② 동충하초는 환경 조건(온도, 습도, 조도 등)에 굉장히 민감한 작물이기 때문에, 가장 잘 자라는 생육조건을 일정하게 유지시켜주는 것이 가장 중요함.

	기존	목표
온도	개별구축 : 18 ~ 25℃	집약구축 : 18 ~ 25℃
조도	500 ~ 600 LUX 높은 습도에 의한 전구의 누전 및 전구의 배치가 합리적으로 되어있지 않아 생육의 불균형이 이루어졌음.	500 ~ 600 LUX 덕트 재배선반을 통한 고른 빛 투여
습도	경험적판단	수치적 판단(85~95%) 및 덕트를 이용한 고른 수분 보충
CO2	500PPM이하 경험적판단에 의한 수동환기	500PPM이하 수치적 분석 및 자동환기

③ 기존에는 환경 조건을 통제할 때, 사람의 경험적 판단에 의거하는 경향이 많았음. 이를테면, 동충하초 재배하는 곳에 사람이 들어갔을 때 숨이 답답하면 이산화탄소 농도가 높은 것으로 판단하고 환기를 시킨다거나, 동충하초 배양병에 물이 차게 되면 습도가 높은 것으로 판단하여 가습을 중단하는 등으로 부정확하고 신빙성 없는

재배 환경이었음.

- ④ 또한 사람의 경험적 판단에 의거하기 때문에, 재배 공간에 항상 사람이 상주하여 재배 환경을 몸으로 느끼며 동충하초의 재배를 관리해야 하는 단점이 있었음.(노동력 과잉 소모)
- ⑤ 본 과제를 통하여 사람의 경험적 판단이 아니라 센서를 이용한 수치적 분석 및 원거리 모니터링 및 컨트롤 시스템을 개발하여 정확한 환경 측정 및 수율 향상을 달성코자 노력하였음.

2. 국내외 기술개발 현황

코드번호	D-04
------	------

가. 기술현황

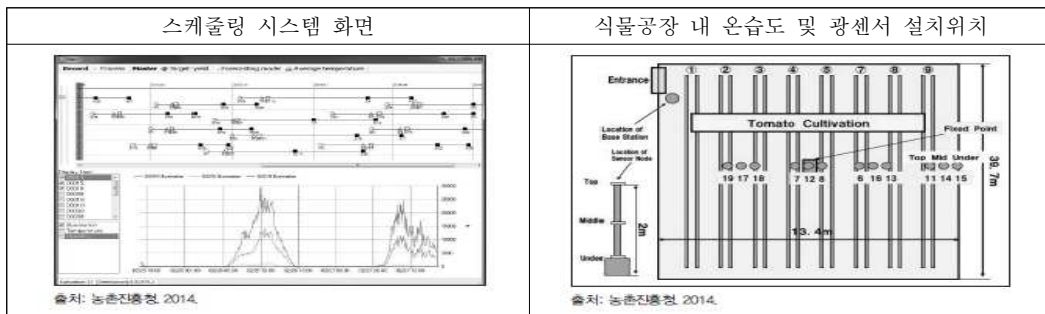
(1) 일본: 식물공장에서 센서 네트워크를 이용한 일정관리 소프트웨어

식물공장에서 센서 네트워크를 이용한 관리는 기후변화 속에서도 태양광 기반의 식물공장에서 생산된 토마토의 품질저하와 전력의 낭비를 최소화하고, 소비자가 만족할 품질의 토마토를 연중 일정한 양으로 공급할 수 있도록 하기 위해 개발

온습도와 조도 센서를 이용한 온실정보를 지속적으로 수집 및 분석하여 온도 예측 모델과 스케줄링 소프트웨어를 통한 재배일정 및 장비사용을 관리 할 수 있음

주요 기능은 식물공장 내의 온습도, 조도 데이터를 센서를 통해 측정하고, 측정된 정보를 바탕으로 온습도를 예측하고 토마토의 생육에 최적화된 환경제어를 위한 스케줄링 프로그램을 수행하는 것임

시스템의 구성을 보면 온습도와 조도 측정 센서, 누적온도 기반의 작물생육 예측 모델, 스케줄 및 환경정보를 표시하는 스케줄링 시스템으로 이루어져 있음



나. 시장현황

(1) 선진국은 이미지분석, 농업로봇, 시설환경 제어, 합리적 영농의사결정 등 다양한 분야에서 ICT 융·복합을 통한 기술개발을 추진하고 있음

(2) 이의 실현을 위해 사물인터넷, 모바일, 포지셔닝시스템, 서비스지향 객체 아키텍처, 다국어 자동번역, 모델링 및 이미지 분석 등 첨단기술이 필요하며, 이에 가장 근간을 이루는 기술을 사물인터넷 기술로 두고 있음

(3) 사물인터넷을 통해 수집되는 데이터를 분석하여 작목과 재배형태 및 생육단계별 최적 환경설정, 시설원예작물의 생리장애와 병해충 조기진단 및 수량예측 등에 활용하고 있음



-출처: 사물인터넷 스마트팜 (심근섭, 2014)-

다. 경쟁기관현황

- (1) 스마트팜 분야에서 선두주자는 미국, 일본, 네덜란드 등을 꼽을 수 있음
- (2) 일본의 경우 후지쯔, NEC, NTT등의 대기업들이 농업분야에서 ICT기술을 접목하여 다양한 서비스를 제공하고 있음. 후지쯔의 농업관리 클라우드 서비스, NEC의 M2M 기반 생육 환경 감시 및 물류서비스 등이 대표적인 사례이에 따라 정부의 주도하에 스마트팜 산업 확대를 적극 장려 중임.
- (3) 야노경제연구소의 조사결과에 따르면 2020년 일본 스마트농업 시장은 308억엔 수준으로 2013년 대비 3.6배 성장할 것으로 전망. 특히 정밀농업 및 판매지원 솔루션, 경영 지원 솔루션 분야에서 높은 성장을 기록할 것으로 전망하고 있음.
- (4) 중국의 쉴차이나는 50조원에 스위스의 농화학 기업인 '신젠타'를 인수 (2016년)
- (5) '몬산토'는 1조원을 투자해 인수한 '클라이미트 코퍼레이션'을 인수함. 클라이미트 코퍼레이션은 미국 250만개 지역의 주요 기후정보 데이터, 과거 60년간의 수확량 데이터, 1,500억 곳의 토양 데이터를 확보하여 이를 기반으로 개발한 지능형 소프트웨어 플랫폼을 공급하고 있음
- (6) 스마트 팜의 핵심은 농작물 생육환경과 관련된 빅 데이터의 구축으로, 전통 농수산업에 사물인터넷(IoT)이 얼마나 잘 접목시키는지 성공 여부를 결정하는 관건임
- (7) 글로벌시장은 2025년에는 1.94조 달러 시장으로 성장할 것으로 예상됨.

라. 표준화현황

- (1) 온실내 ICT 융합 관련 국외 연구

Gonda와 Cugnasca(2006)은 온실 내의 불균일하게 발생하는 환경적 특성에 따라 무선 센서 네트워크 시스템을 통한 실시간 환경 특성 모니터링뿐만 아니라 효율적인 제어 조절을 위하여 온실용 무선 센서 네트워크를 제안함과 동시에 시스템의 장점과 미래 활용에 대한 표준 제언

Kanjilal 등(2014)은 생산 질 및 양을 증가시킴과 동시에 노동력 절감 등의 효과를 나타내는 현대 기술의 인지도를 개선하기 위하여 효율적인 스마트팜의 자동화 시스템에 대한 정보 제공 및 분석을 통한 체계 구축

- (2) 모니터링 및 제어

온실 내부의 환경변수(온도, 습도, pH, 가스 농도 등)의 분석으로부터 환기, 냉·난방장치 등의 제어장치조절을 통한 작물의 최적화된 생육환경 조성과 관련된 연구 및 체계 구축(Ameur 등, 2001; Matese 등, 2009; Omid, 2004; Riquelme 등, 2009; Zhang 등,2004). 모니터링 및 제어와 관련된 연구는 크게 모니터링 알고리즘, 계측 시스템 개발 및 이미지 프로세싱을 활용한 모니터링으로 구분

Chen 등(2002)은 다중 스펙트럼 화상 기술을 이용하여 작물의 성장 및 상태 모니터링이 원격 센싱 및 작물의 생리학적 상태를 기반으로 계측 알고리즘을 개발. Kia 등(2009)은 퍼지 논리 방법론을 기반으로 온실 내부의 자동화 관개 시스템에 대한 지능적 관리 시스템 구축에 대한 연구를 수행하였으며 개발된 퍼지 논리 제어기는 관개 모델, 온실 환경 특성, 토양 조건 등을 바탕으로 작물의 수분 흡수량을 효과적으로 예측할 수 있도록 표준 제안

또한 Guerbaoui 등(2013)은 냉·난방기의 On/Off를 결정하기 위하여 퍼지논리를 이용하여 자동적으로 온실 환경을 조절할 수 있는 시스템을 개발

(2) 서비스 플랫폼

Mancuso 등(2006)은 온실 내 미기후 모니터링 및 무선 센서 네트워크 기술 적용을 위해 온실 내 설치되는 무선센서를 개발하였으며 개발된 센서의 신호와 현장실험에서의 측정치간의 상관관계를 규명하고 작업자의 의사 결정을 지원하기 위한 시스템 구조를 개발.

Anurag 등(2008)은 외부 기상학적 요소들과 작물 재배에 있어서의 환경조건들의 실시간 데이터 측정을 위하여 무선 센서 네트워크 기술을 적용하여 다양한 정보를 취합하고 관개 및 시비시기를 제공하였다. Zheng 등(2011)은 스마트농업 서비스 시스템이 개발되는 가운데 PDA, Zigbee, 그리고 통합 관리 서버 PC와 시스템 구성에 관한 연구를 수행하였으며 PDA와 호스트간의 정보교환을 통해 실시간 관개 의사 정보를 제공하는 기술을 소개

Li 등(2012)은 온실 내 환경변수 측정을 위해 설치된 무선 센서로부터 출력되는 온·습도값을 인터넷 및 모바일으로 전송하여 실시간 온실 환경 모니터링을 위한 시스템을 구축. Li 등(2014)은 또한 독립된 원격 서버와 통신하는 온실 설계에 들어가는 높은 투자비용을 낮추기 위해 데이터를 중앙 집중화하기 위한 Gateway를 만들고 Gateway에서 통합 서버로 데이터를 전송하는 시스템을 설계, 이로부터 무선 센서 네트워크와 인터넷을 결합한 실시간 온실 환경 모니터링 및 제어 시스템을 개발함

3. 연구수행 내용 및 결과

코드번호	D-05
------	------

가. 재배테스트

(1) 1차 재배테스트(기존재배사 생육환경 조사)

- (가) 연구대상이 되는 동충하초는 온/습도 등 환경조절에 민감하나 주야간 상시 모니터링이 용이치 않아 사람이 직접 재배사에 24시간 상주하여 관리 및 모니터링하거나 상주하지 않을 경우 수시로 재배사에 문제가 없는지 재배 현장에 직접가서 체크를 해야 하는 어려움이 있음.
- (나) 현재 기존 재배사에서는 배양 후 출고되는 동충하초의 수율은 약 65%임. 우선적으로 기존 재배사에서 적용되는 재배환경을 관측하기 위해 동충하초를 접종하여 배양하고, 출고되는 일시까지 재배사의 환경을 직접 관측하였음. (약 3개월소요)
- (다) 2017. 04. 24일부터 기존 재배사에서 동충하초 균주의 고체배양을 시작하였음.
- (라) 15일간 배양 후(2017. 05. 08) 액체배양을 위하여 액체 배지 제조(500 mL 삼각플라스크에 제조) 후 고체 배지에 배양된 균주를 액체 배지에 접종하였음.
- (마) 3~4일간 배양 후(2017. 05. 11) 대량 배양을 위하여 대량으로 제조한 액체 배지(20 L 배양통에 제조)로 배양 균주를 접종시켰음.
- (바) 3~4일간 다시 배양 후(2017. 05. 15), 동충하초 균주 접종을 위하여 현미와 번데기를 섞은 배지 제조 후, 동충하초 균주 배양액을 분주하여 재배 및 재배환경을 측정하였음.

	날짜	온도(℃)	습도(%)	조도(lux)	CO ₂ (ppm)	오염사항&기타사항
1차	5-15	24.1	89	201	671	입병(1000개)
	5-23	23.7	85	205	643	뚜껑개봉
	5-24	23.8	81	217	656	접종 후 33일째
	6-20	23.9	93	209	621	60일째 / 물차는 현상발생
	7-3	24.6	84	213	643	수확 : 647병 수확(64.7%)

- (사) 수율은 처음 입병(1000개)를 기준으로 하여 출고되는 병의 갯수로 계산하였음.
- (아) 기존 재배사에서의 생육 조건은 온도(23 ~ 25℃), 습도(85 ~ 95%), 조도(190~220lux), CO₂(600~700ppm)사이로 관측되었음.
- (자) 정확한 측정을 위하여 오토팩토리에서 개발한 센서 이외로 조도계 및 이산화탄소 측정기(온도, 습도 측정 가능)를 구매하여 환경 측정에 이용하였음.



- 이산화탄소 측정 장치 -

(2) 2차 재배테스트(테스트 베드 내 첫번째 재배테스트)

- (가) 스마트팜 환경을 구축하기 위한 새로운 재배사에서 기존 재배사 환경을 적용하여 출고 수율을 측정하였음.
- (나) 2017. 06. 26일에 기존 재배사에서 동충하초 균주의 고체배양을 시작하였음.
- (다) 15일간 배양 후(2017. 07. 10) 액체배양을 위하여 액체 배지 제조(500 mL 삼각플라스틱에 제조) 후 고체 배지에 배양된 균주를 액체 배지에 접종하였음.
- (라) 3~4일간 배양 후(2017. 07. 14) 대량 배양을 위하여 대량으로 제조한 액체 배지(20 L 배양통에 제조)로 배양 균주를 접종시켰음.
- (마) 대량 배양 후(2017. 07. 24), 동충하초 균주 접종을 위하여 현미와 번데기를 섞은 배지를 제조한 후에, 동충하초 균주 배양액을 분주하여 재배 및 재배환경을 측정하였음.

	날짜	온도(℃)	습도(%)	조도(lux)	CO ₂ (ppm)	오염사항&기타사항
2차	7-24	26.8	71	213	645	입병(1000개)
	7-31	26.2	70	202	651	뚜껑개봉
	8-8	25.4	72	205	670	기존 재배사에서 현 재배사로 이송
	8-10	25.7	65	211	665	45일째 생육환경확인
	8-14	27.3	67	215	643	49일째 푸른곰팡이 5개
	8-16	27.1	54	209	647	51일째 배지 중 51개, 푸른곰팡이 20개, 흰색 점 발생 8개, 가슴기 1대 고장
	8-18	26.5	71	207	653	53일째 푸른곰팡이 42개 , 백화현상 13개
	8-20	26.1	69	203	651	55일째 푸른곰팡이 100개 , 백화현상 31개
	8-24	26.3	71	209	661	59일째 폐기 / 오염통 312개, 오염예정 122개, 잔량 566개

(바) 2017. 06. 26일부터 현 재배사 공사 및 기기 설치 문제로 기존 재배사에서 배양을 시

작하여 08. 08일에 길음 재배사로 이동하여 재배하였음.



- 길음동 재배사 -

(사) 기존 재배사에서 재배하던 것보다, 푸른곰팡이 오염이 심각하여, 기존 생육일자보다 이른 기간에 완료하여 수율을 측정하였음.(1000개 입병하여 56.6%의 수율로 측정되었음. 기존의 수율보다 감소하는 것을 확인.)

(아) 푸른곰팡이가 생긴 원인은

- ① 기존 재배사에서 현 재배사로 이동하는 도중에 생겼을 오염
- ② 현 재배사의 온도가 너무 높아 건조하게 되어 동충하초가 제대로 성장하지 못하여 푸른곰팡이 균을 억제하지 못함, 등으로 생각할 수 있음.



- 푸른곰팡이에 오염된 동충하초 -

(3) 3차 재배테스트(테스트 베드 내 두번째 재배테스트)

(가) 2차 재배환경에서 발견한 단점을 보완하여 온도를 낮추고, 습도를 높이는 환경을 적용해보기로 하였음.

(나) 또한 푸른곰팡이 균을 없애기 위하여 소독을 3회 진행하였음.

(다) 2017. 09. 04일에 현 재배사의 접종실에서 동충하초 균주의 배양을 시작하였음.

(라) 2017. 09. 09일에 소독 여부를 확인하기 위하여 공기 중에 페트리디쉬를 10분간 노출시킨 후 배양하였음. 배양 결과 일반 세균, 대장균, 효모/곰팡이 모두 검출되지 않아 동충하초 재배에 무리가 없다고 판단하였음.

(마) 11일간 배양 후(2017. 09. 15) 액체배양을 위하여 액체 배지 제조(500 mL 삼각플라스크에 제조) 후 고체 배지에 배양된 균주를 액체 배지에 접종하였음.



- 재배사 소독 -

(바) 3~4일간 배양 후(2017. 09. 18) 대량 배양을 위하여 대량으로 제조한 액체 배지(20 L 배양통에 제조)로 배양 균주를 접종시켰음.



단포자 분리/중식

2~3개씩 포자를 떼어내어 액체배지에 배양



- 동충하초 접종 및 배양 과정 -

(사) 대량 배양 후(2017. 09. 21), 동충하초 균주 접종을 위하여 현미와 번데기를 섞은 배지를 제조한 후에, 동충하초 균주 배양액을 분주하여 재배 및 재배환경을 측정하였음.

	날짜	온도(℃)	습도(%)	조도(lux)	CO ₂ (ppm)	오염사항&기타사항
3차	9-21	20.7	92	326	645	입병(1000개)
	9-27	20.5	93	321	652	접종 후 23일차 뚜껑개봉

9-29	20.1	95	315	654	25일차
10-4	19.2	84	324	665	접종 후 30일차 자동가습고장
10-5	21.1	95	322	657	31일차 / 푸른곰팡이 1개
10-9	23.1	96	327	653	35일차 / 자동 control 과부하로 error 발생
10-12	20.5	97	331	671	38일차 / 자동가습(8시간마다 30분 가습) + 수동 분무 / 자실체 백화 1개, 물 찬 통 10개
10-16	20.3	92	325	634	42일차 / 자동가습 중단, 1일4번1시간 1대 수동가습+수동분무, 물 찬 통 5개, 곰팡이 21개
10-17	19.7	91	326	647	43일차 / 자동가습에 대한 회의 → 자동가습 중단
10-20	20.1	93	326	646	46일차 / 물 찬 통 20개, 푸른곰팡이 3개
10-23	20.7	95	327	655	48일차 / 물 찬 통 63개, 푸른곰팡이 10개, 자실체 흰 점 발생 25개
10-26	20.5	93	323	639	51일째 / 물 찬 통 103개, 푸른곰팡이 53개, 자실체 흰 점 발생 33개
10-30	20.4	95	317	641	55일째 / 물 찬 통 352개, 푸른곰팡이 41개, 자실체 흰 점 발생 11개
11-3	19.6	96	319	654	59일째 / 물 찬 통 501개, 푸른곰팡이 33개
11-6	20.2	94	325	644	62일째 / 물 찬 통 510개, 푸른곰팡이 20개
11-15	19.7	93	324	656	71일째 / 수확 / 습 푸른곰팡이 217개 백화현상 79개 잔량, 704개

- (아) 2차 재배할 때보다 온도를 낮추고, 습도를 높게 유지하고, 조도를 더 높게 유지하였음.
- (자) 조도를 높게 한 이유는, 조도가 낮은 곳보다 높은 곳에서 동충하초 자실체의 길이가 더 길게 자라는 것이 관찰됐기 때문에, 조도에 대한 영향이 있다고 판단하여 조도를 100lux 정도 높게 유지하였음. 조도를 높게 한 결과, 2차 재배할 때보다 대다수의 동충하초에서 자실체의 길이가 늘어난 것을 확인하였음.
- (차) 수율 측정 결과, 입병한 1000개 중 704개가 출고되어 70.4%의 수율을 나타내었고, 기존 재배사에서 측정한 65%보다는 많은 수율을 나타내었음. 허나 큰 차이를 나타내지 않았음.
- (카) 또한, 습도를 높인 결과, 배양병에 물이 차는 현상이 발생, 동충하초가 썩거나 푸른곰팡이가 발생하는 현상이 발생하여 습도는 너무 높인 것으로 판단되었음.



- 동충하초 병에 물이 차거나 썩게 됨 -

(4) 4차 재배테스트(테스트 배드 내 세번째 재배테스트)

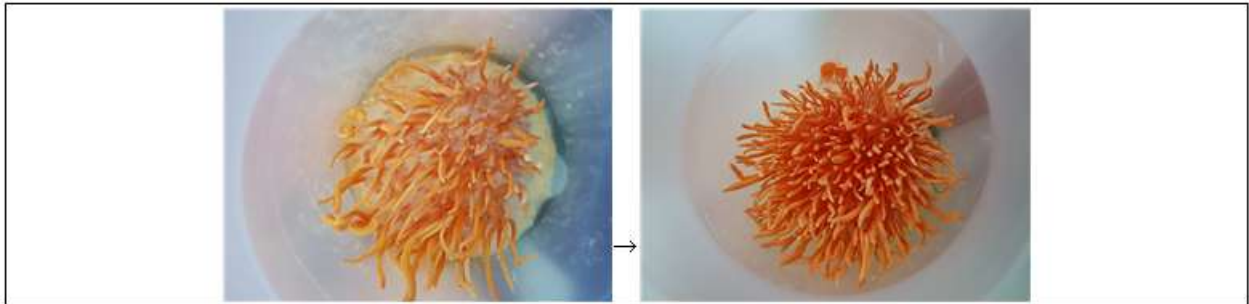
- (가) 3차 재배에서 발견한 단점을 보완하여, 온도 범위는 그대로 하되, 습도는 2차보다는 높게, 3차보다는 낮게 설정하여 유지시켰으며, 조도는 3차보다 높은 수준으로 유지해 보기로 하였음.
- (나) 2017. 11. 06일에 현 재배사의 접종실에서 동충하초 균주의 고체배양을 시작하였음.
- (다) 15일간 배양 후(2017. 11. 21) 액체배양을 위하여 액체 배지 제조(500 mL 삼각플라스틱에 제조) 후 고체 배지에 배양된 균주를 액체 배지에 접종하였음.
- (라) 3~4일간 배양 후(2017. 11. 24) 대량 배양을 위하여 대량으로 제조한 액체 배지(20 L 배양통에 제조)로 배양 균주를 접종시켰음.
- (마) 대량 배양 후(2017. 11. 28), 동충하초 균주 접종을 위하여 현미와 번데기를 섞은 배지를 제조한 후에, 동충하초 균주 배양액을 분주하여 재배 및 재배환경을 측정하였음.

	날짜	온도(℃)	습도(%)	조도(lux)	CO ₂ (ppm)	오염사항&기타사항
4차	11-28	19.9	84	367	643	22일차 / 입병(1000개)
	11-30	20.4	80	384	654	24일차 / 온풍기 가동
	12-8	21.0	82	373	647	32일차 / 뚜껑개봉, 가습1대 1일 2회 1시간 + 퇴근전 바닥 물 흥건하게 뿌리기
	12-11	20.5	87	375	649	35일차

12-15	19.4	85	382	639	39일차 / 자실체 3차보다 굵고, 키성장 좋음
12-22	20.3	86	381	652	46일차 /
12-26	20.7	80	372	655	50일차 / 물 찬 통 17개 ,푸른곰팡이 1개,
12-29	20.5	84	376	652	53일차 / 물 찬 통 10개, 배지 마름3개 ,푸른곰팡이 5개
1-5	20.1	83	377	648	60일차 / 푸른곰팡이 7개
1-12	19.5	87	383	646	67일차 / 물 찬 통 11개, 곰팡이 1개, 자실체 흰 점 발생 43개
1-15	19.7	85	376	656	70일차 / 물 찬 통 20개, 곰팡이 3개, 자실체 흰 점 발생 37개
1-19	19.8	84	374	643	74일차 / 수확 / 자실체 흰 점 발생 56개, 곰팡이 1개 습 푸른곰팡이 17개, 자실체 흰 점 발생 136개 잔량 : 752개

(바) 3차 재배할 때의 단점을 보완하여 습도를 3차보다 낮추고, 조도를 높인 환경을 유지시켰음.

(사) 습도를 낮추어 3차 때보다 물이 차서 썩는 동충하초가 우수하게 줄어들었으며, 조도를 100lux정도 높인 결과 더 굵고 길게 자라는 것을 확인할 수 있었음.



- 환경변화에 의해 굵고 길게 성장하는 동충하초 -

(아) 4차 재배의 최종수율은 1000개 중 752개(75.2%)로 3차 때보다 5%, 기존 환경에서 재배할 때보다, 10% 증가한 것을 확인할 수 있었음.

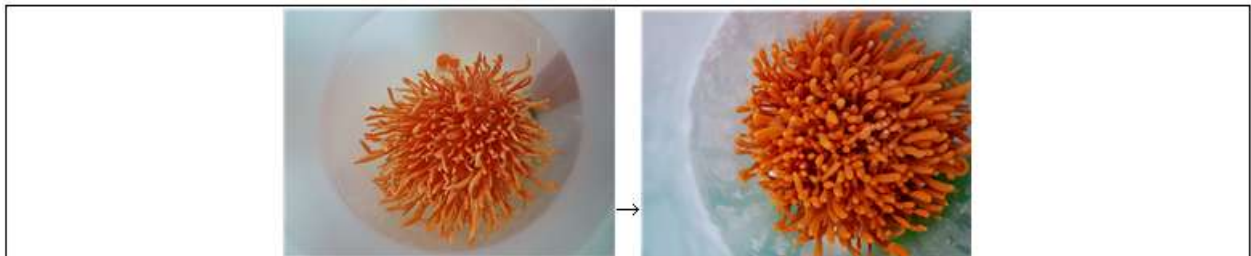
(자) 그러나 조도를 높인 것만으로, 본래 목적인 수율의 20% 향상을 이루지 못하여(이전 재배 조건보다 더 굵고 길게 자랐으나, 기존 생육기간보다 오래 재배함. 이산화탄소 농도가 높아 성장이 더뎴) 최종적으로 온도, 습도, 조도는 유지하되, 이산화탄소 농도를 줄인 환경에서 재배하여 보기로 함.

(5) 5차 재배테스트(테스트 베드 내 네 번째 재배테스트)

- (가) 4차 재배의 단점을 보완하기 위하여 이산화탄소 농도와 조도를 제외한 나머지 조건은 유지하되, 환기 시간을 추가하여 이산화탄소 농도를 기존보다 더 낮게 유지하기로 결정함.
- (나) 2018. 01. 02일에 현 재배사의 접종실에서 동충하초 균주의 고체배양을 시작하였음.
- (다) 15일간 배양 후(2018. 01. 17) 액체배양을 위하여 액체 배지 제조(500 mL 삼각플라스크에 제조) 후 고체 배지에 배양된 균주를 액체 배지에 접종하였음.
- (라) 3~4일간 배양 후(2018. 01. 20) 대량 배양을 위하여 대량으로 제조한 액체 배지(20L 배양통에 제조)로 배양 균주를 접종시켰음.
- (마) 대량 배양 후(2018. 01. 22), 동충하초 균주 접종을 위하여 현미와 번데기를 섞은 배지를 제조한 후에, 동충하초 균주 배양액을 분주하여 재배 및 재배환경을 측정하였음.

	날짜	온도(℃)	습도(%)	조도(lux)	CO ₂ (ppm)	오염사항&기타사항
5차	1-22	20.1	82	456	502	입병(500개)
	1-29	19.7	83	472	495	28일차 / 뚜껑개봉
	2-3	20.3	85	463	507	33일차 / 13개 배지 뿌연 흰색으로 덮임(관찰)
	2-6	20.7	87	458	497	36일차
	2-14	21.0	82	462	505	44일차 / 관찰중 13개 배지 오염으로 폐기
	3-2	20.5	84	464	503	60일차 / 물 찬 통 56개, 곰팡이 5개, 자실체의 흰 색 점 12개 생김
	3-12	19.9	86	467	504	70일차 / 곰팡이 4개, 자실체 백화현상 23개
	3-13	20.3	83	468	515	71일차 / 수확 / 습 곰팡이 37개, 배지오염 4개, 자실체 백화현상 33개, 잔량 : 426개

- (바) 4차 재배의 단점을 보완하여 이산화탄소 농도와 조도를 제외한 나머지 환경 조건을 유지하고, 이산화탄소 농도를 4차보다 낮게 유지하였음.
- (사) 이산화탄소 농도를 낮춘 결과, 이전까지의 재배 시도보다 동충하초의 자실체가 더 굵고 길게 자라는 것을 확인할 수 있었음.



- 환경변화(CO₂)에 의해 굵고 길게 성장하는 동충하초 -

(아) 수율을 측정한 결과, 500개 입병 중, 426개(수율 : 85.2%)의 동충하초가 출고될 만한 기준을 넘긴 것을 확인하여, 기존에 목표했던 수율을 달성할 수 있는 생육 환경과 시스템을 구축하였다고 판단하였음.

(6) 6차 재배테스트(테스트 배드 내 다섯 번째 재배테스트: 검증단계)

(가) 5차 재배조건을 검증하기 위해 5차 재배시와 같은 조건으로 환경조건을 유지하고 다시 동충하초 생육을 관찰함

	날짜	온도(℃)	습도(%)	조도(lux)	CO ₂ (ppm)	오염사항&기타사항
6차	3-9	19.5	86	465	512	18일차 / 입병 (500병)
	3-16	21.1	83	454	498	25일차 / 500병중 192병 다단재배장치로 이동 (재배동 잔량 : 308병)
	3-19	20.3	80	449	508	28일차 / 뚜껑개봉
	3-23	20.1	79	453	521	32일차 / 배지 1개 액체상태, 배지 9개 뿌연 흰색으로 덮임 (관찰)
	3-29	19.1	84	458	507	38일차 / 관찰 중배지10개 폐기, 물찬통 120병 물버림, 흰점발생 4개(관찰)
	4-20	21	86	450	488	60일차 잔량 : 266개(수율 : 86.4%)

(나) 생육통 500병 중 개발중이었던 다단재배장치의 입고로 인해 다단재배장치에서 생육할 192병을 빼고 308병을 재배, 재배상태가 양호한 266병을 수확함(수율 86.4%)



- 튼실하게 성장하여 수확된 동충하초 -

(7) 7차 재배테스트(다단재배장치내 첫 번째 재배테스트)

(가) 개발 완료된 다단재배장치의 입고로 미리 접종하여 준비한 동충하초 224병 입병

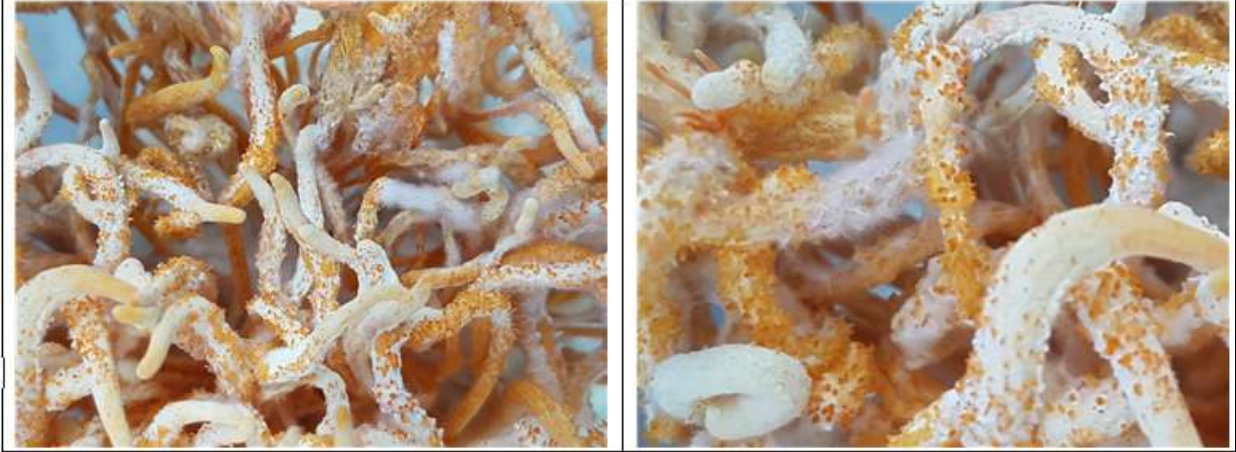


- 다단재배장치에 입병되는 동충하초 -

(나) 6차에 걸쳐 확보한 실내재배조건을 다단재배장치에 적용하여 동충하초 생육관찰

	날짜	온도(℃)	습도(%)	조도(lux)	CO ₂ (ppm)	오염사항&기타사항
7차	2-14	20	51	450	652	26일차 / 다단재배장치 입병(224병) 생육조건:뚜껑개봉안함
	2-26	18	48	450	642	38일차 / 흰색점 발생 20병(관찰), 성장 짧음, 푸른 곰팡이 오염 13병
	3-2	19	45	451	665	42일차 / 백화현상 발생 21병+푸른곰팡이 오염 32병=53병 폐기
	3-16	19	43	450	634	52일차 / 생육중단 오염 폐기 : 113병, 잔량 : 111개(수율 :49.6%)

(다) 수확 예정일이 4월 5일 정도였으나 동충하초 자실체길이의 성장이 저조하고 마름현상이 생기면서 푸른곰팡이오염 및 백화현상의 발생으로 3월 16일경 생육을 중단함



- 마르고 하얗게 된 동충하초 -

(라) 원인으로는 좁은 공간에서 밀폐되어 있어 공기 순환이 안되어 이산화탄소의 농도가 높고 가습이 약하여 습도가 낮아 동충하초의 성장이 더디고, 마르고, 오염이 빨리 발생된 것으로 파악

(8) 8차 재배테스트(다단재배장치내 두 번째 재배테스트: 수정단계)

(가) 6차 재배중인(균접종 후 25일째) 500병중 **192병** 다단재배장치 입고함

(나) 생육 조건을 7차 재배 조건에서 온도는 그대로 하고 습도를 습도 20% 높임. CO2가 시간마다 문을 열어줬을 때 생육에 적절한 500PPM이 됨을 확인하여 계속 이 방법으로 CO2농도를 유지시켜 줌

	날짜	온도(℃)	습도(%)	조도(lux)	CO ₂ (ppm)	오염사항&기타사항
8차	3-16	20	72	488	502	25일차 /다단재배장치 입병(192병), 뚜껑개봉안함, 가습기 다단재배장치서
	3-19	19	68	473	486	28일차
	3-23	20	78	480	515	32일차
	3-29	20	80	472	503	38일차
	4-20	21	78	486	522	60일차 잔량 : 164개(수율 : 85.4%)

(다) 그 결과 6차때와 같은 양호한 동충하초 성장속도 및 성장정도를 보였으며 수율은 약 85%를 보였음

(라) 7차 재배테스트에서 다단재배장치에서의 동충하초 생육은 자실체상단 및 균사체외곽 부분의 마름현상이 있어서 수율이 감소되는 현상이 나타나 이를 해결하기 위해 8차

재배테스트 때 다단재배장치에 가습장치를 추가로 넣어 습도를 올렸더니 자실체의 마름 현상 없이 성장 및 수율이 5차, 6차 재배테스트와 비슷하게 나왔음.



- 다단재배장치에서 잘 재배된 동충하초 -

- (마) 5차재배때까지 연구인력들이 아침점심저녁으로 상주하며 계속 재배상태를 체크하느라 힘들었는데 재배장치에서는 다른 조건들이 알아서 맞춰지니 재배장치에 이상만 없으면 재배시 신경써야하는 여러 잡업무가 줄어서 편했음. 가습부분이 좀 더 보강된다면 좋겠음.
- (바) 실내 재배사에서의 평균 생육 조건은 온도(21.9℃), 습도(83.5%), 조도(459.3ux), CO₂(504.6ppm)로 관측되었음
- (사) 다단재배장치의 평균 생육조건은 온도(19.8℃), 습도(75.2%), 조도(479.8lux), CO₂(505.6ppm)로 관측되었음.

(9) 결론

	목표치	연구 과제 적용 전	연구 과제 적용 후
수 율	85%이상(20% 향상)	60~65%	84~86%

- (가) 특용작물인 동충하초의 재배수율향상을 위해 연구 계획단계에서 목표로 잡은 수율은 85%이상의 수율을 얻는 것이었음.(기존보다 20% 향상된 수율)
- (나) 연구 과제를 시작하기 전 기존의 동충하초 재배수율은 약 60~65%로 중간 정도의 수율을 나타내었으며, 투자 대비 생산성이 우수하지 않았음.
- (다) 연구과제를 통하여 최종적으로 결정된 재배 환경 및 재배 시스템을 도입한 결과, 동충하초의 재배수율이 약 84~86%로 목표치였던 20%의 수율이 향상된 결과를 달성할 수 있었으며, 투자 대비 생산성이 증가한 결과를 확인할 수 있었음.

(라) 1차에서 8차까지 반복적인 생육 주기 동안 실시간 측정 센서를 통하여 온도, 습도, 조도 및 이산화탄소 농도에 대한 Big data를 축적하고, 생육 주기별로 관찰하여 가장 잘 자라고 수율이 높았던 생육환경의 평균값을 분석하여 최적 생육환경 조건을 결정하였음. 또한 결정된 최적 생육환경을 적용하여 반복적으로 재배하고 수율을 측정하여 반복적인 결과가 나타나는 것을 확인하였음.

나. 스마트팜 구축

협동기관은 특용작물(동충하초) 재배 수율 향상을 위해 최적의 생육환경을 위한 스마트팜 구축을 위해 다음과 같이 연구개발을 진행함

최종 개발목표 : 온실내부의 환경변수(온도, 습도, 조도 등)에 민감한 특용작물(동충하초)의 재배에 맞는 운용 장치의 개발

상세 개발수행 내역을 요약하면 다음과 같다

(1) 재배사 내부의 온도변화를 외부에서 관찰-관리 할 수 있게 한다

(가) 스마트센서를 환경상태에 민감한 동충하초 재배사에 장착하고 IoT SW 서버 시스템을 통해 재배환경의 24시간 모니터링

*개발 산출물

- 운용 S/W
- 클라우드 서버
- 모바일 Application

(나) R&D를 통해 통신모듈에 온습도 센서등이 결합된 스마트센서 개발

*개발 산출물

- 스마트센서 2종 (wifi 버전, LTE 버전)

㉠ Observer (LTE 버전)

㉡ Observer 거버파일

㉢ Observer 회로도

㉣ Observer PCB

㉤ Observer 시제품

㉠ Broadcaster (wifi 버전)

㉡ Broadcaster (wifi 버전) 거버파일

㉢ Broadcaster (wifi 버전) 회로도

㉣ Broadcaster (wifi 버전) PCB

㉤ Broadcaster (wifi 버전) 시제품

(2) 재배사의 고른 가습도 분포를 위해 동충하초 다단재배선반의 연구개발

*개발 산출물

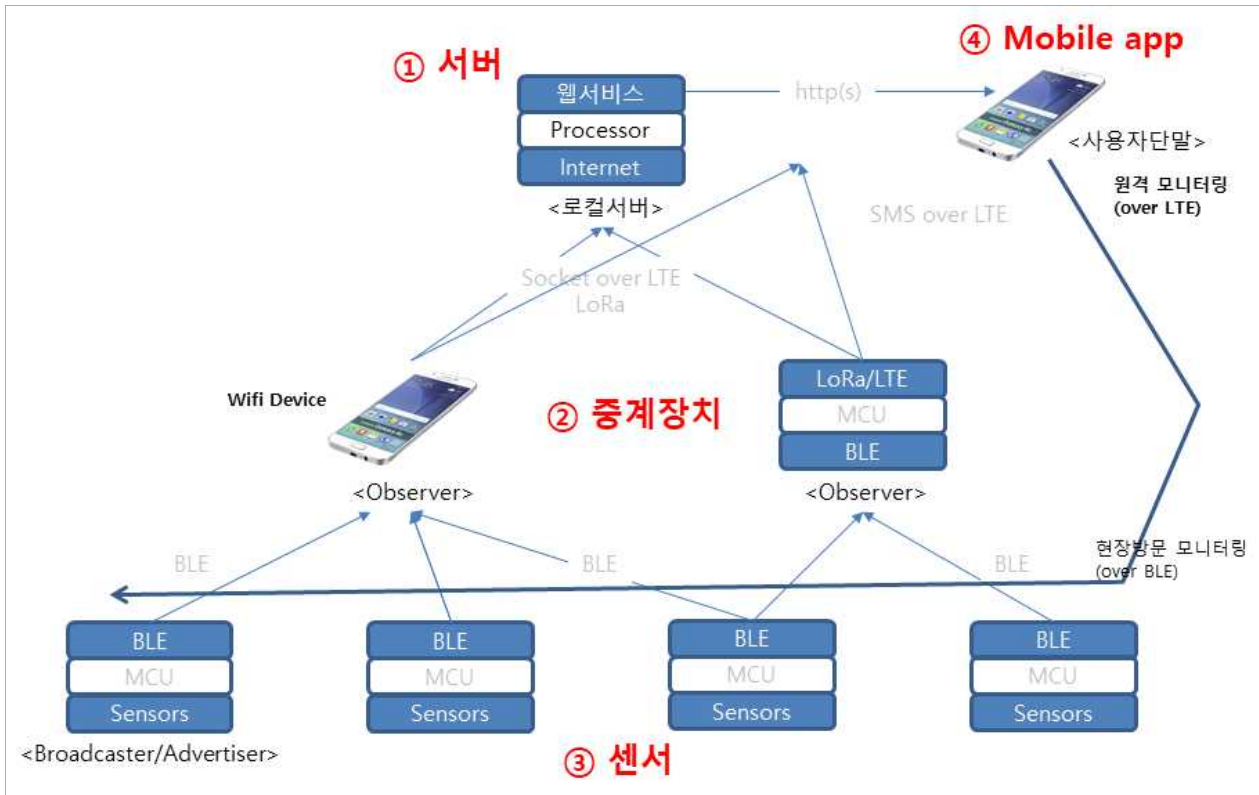
- 실내 농업시설 재배선반에 LED 설치 및 시공
- 식물공장 타입의 밀폐형 재배선반의 설계 및 제작
- 보급형 소형 재배기의 설계 및 목업 제작

(1) 재배사 내부의 온도변화를 외부에서 관찰-관리 할 수 있게 한다

(가) 스마트센서를 환경상태에 민감한 동충하초 재배사에 장착하고 IoT SW 서버 시스템을 통해 재배환경의 24시간 모니터링

① 시스템 구성도

상기를 위해 특용작물 생장관리 서비스 인프라 구성을 다음과 같이 구성
 · 특용작물 생장관리 서비스 인프라 구성도



- 특용작물 생장관리 서비스 인프라 구성도 (전체) -

② 시스템 구성 설명

㉠ 서버

센서를 통해 수집된 데이터를 저장하고 분석하여

㉡ 중계장치

- wifi device (스마트폰 등)을 통해 센서에서 데이터를 취합하여 서버로 전송
- LTE 가 탑재된 복합센서로 바로 서버로 데이터 전송

㉢ 센서

재배환경의 온도, 습도, 조도 값 등을 수집하고 BLE를 통해 주변 중계장치로 데이터를 전송

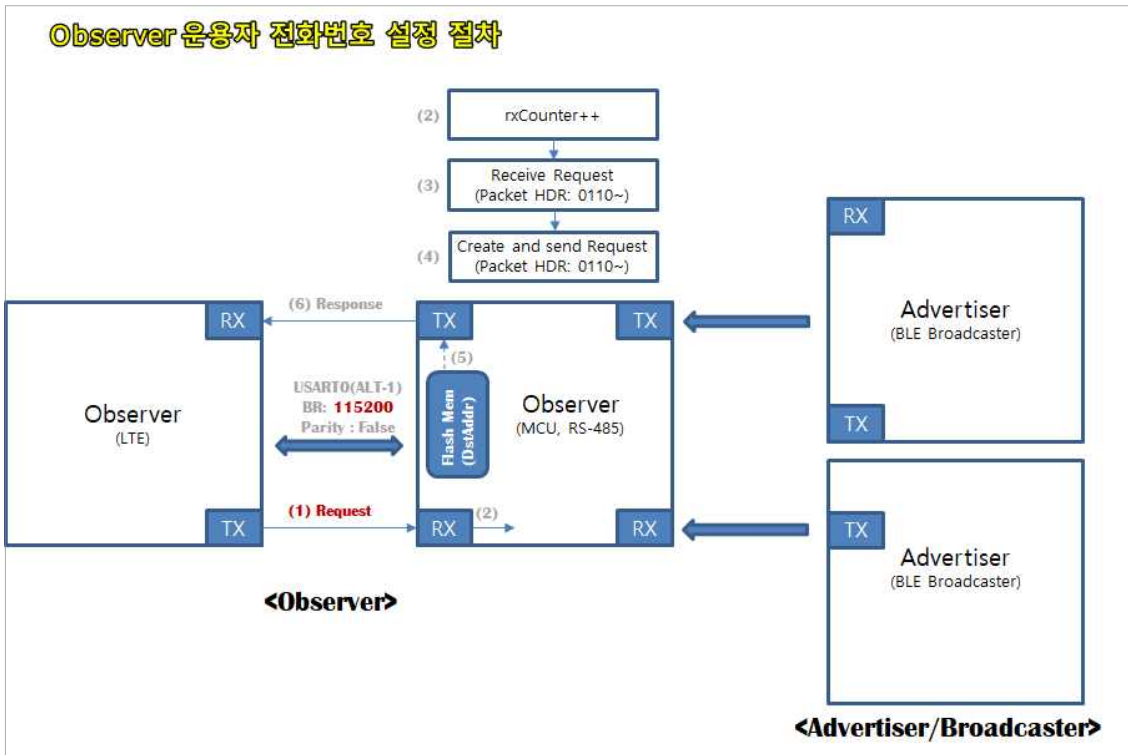
㉣ 모바일 앱

재배환경의 데이터를 실시간 조회 및 그래프 (일간, 주간, 월간)로 조회 및 이상 상황 발생시 알림 제공 등의 기능

③ 세부 개발 항목별 설명

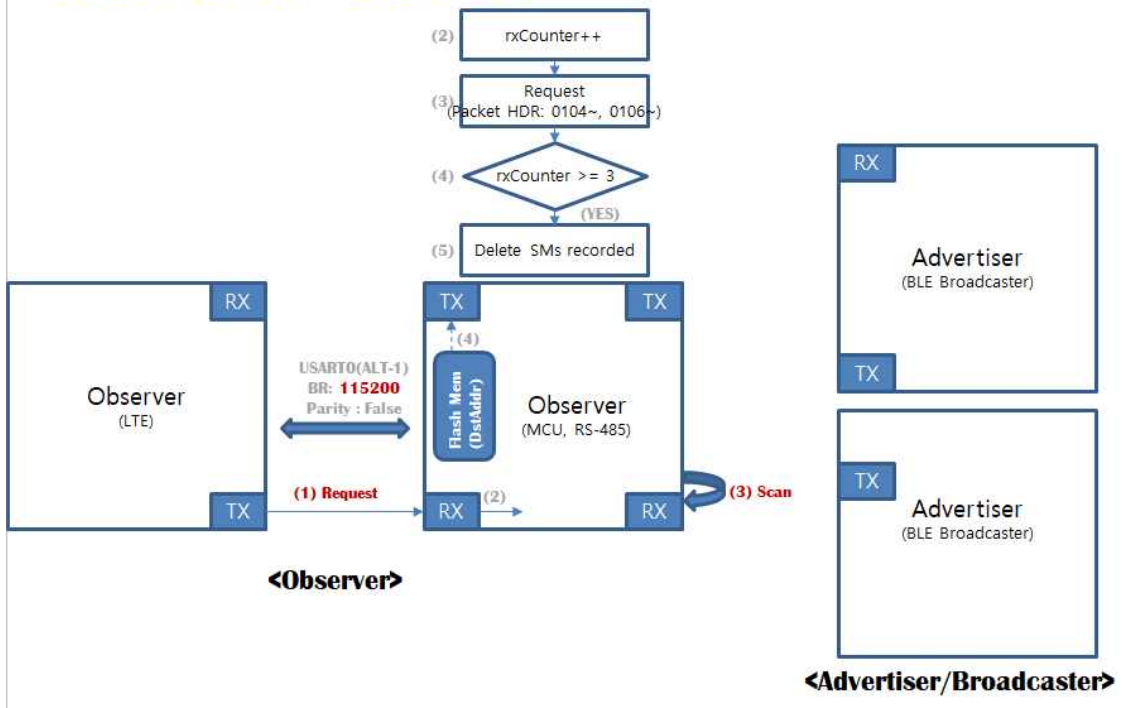
㉔ 서버

- MS-Azure / AWS 2개의 클라우드에서 데이터 서버 운영
- Observer/Advertiser 소프트웨어 구조도



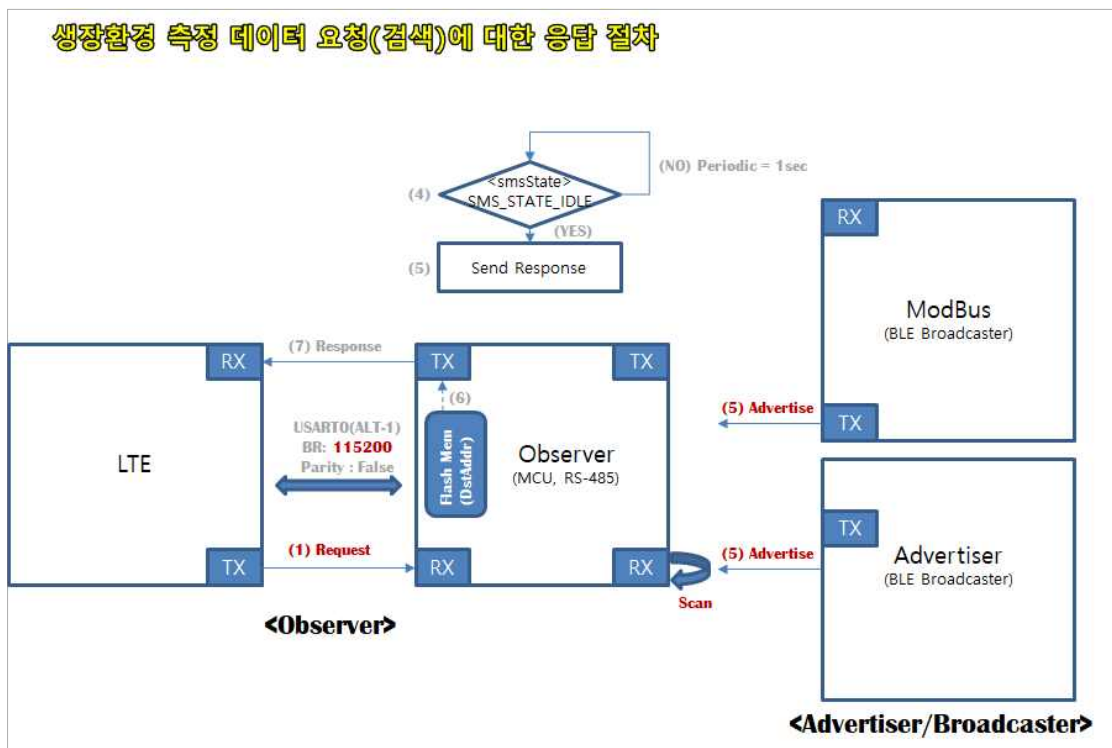
- Observer 운용자 전화번호 설정 구조(절차) -

생장환경 측정 데이터 요청(검색) 절차



- 생장환경 측정 데이터 요청(검색) 절차 -

생장환경 측정 데이터 요청(검색)에 대한 응답 절차



- 생장환경 측정 데이터 요청(검색)에 대한 응답 절차 -

㉠ Observer / Smartphone & Advertiser/Broadcaster 데이터 정의

-advertData 데이터 구조체 정의

·GAP - Advertisement data

(max size = 31 bytes, though this is best kept short to conserve power while advertising)

·static uint8 advertData[] =

// Flags; this sets the device to use limited discoverable mode

(advertises for 30 seconds at a time) instead of general

// discoverable mode (advertises indefinitely) 0x02,

//length of this data,

// index = 0

·GAP_ADTYPE_FLAGS,

// index = 1

·GAP_ADTYPE_FLAGS_BREDR_NOT_SUPPORTED,

// index = 2

// three-byte broadcast of the data "1 2 3" 0x09,

// length of this data including the data type byte

// index = 3

·GAP_ADTYPE_MANUFACTURER_SPECIFIC,

// 0x77, index = 4 0x01,

// SlaveID, index = 5 0x01,

// HI_Temperature, index = 6 value = 30°C (온도*100=3000, 0x012C) 0x2C,

// LO_Temperature, index = 7 0x28,

// Humidity, index = 8 value = 40 0x00,

// HI_Illumination, index = 9 value = 100 0x00,

// MI_Illumination, index = 10 0x00,

// MI_Illumination, index = 11 0x64

// LO_Illumination, index = 12

㉡ ModBus RTU 프레임형식(Frame Format)의 규격 사용

Modicon Modbus Protocol Reference Guide를 따름

㉔ Observer(Canner) 운용 메시지

명령어 <Hexa-String>

- 운영자 전화번호 설정 (신규추가) : 운영자 → Observer(Scanner)
 - ❖ 예) 전화번호(11-byte) : "01094266347"
 - ❖ Request : 0110100000060C303130393432363633343700060C
 - ❖ Response : 01101000000644CB

- 데이터 보고 주기 (Duty-cycle) 설정 : 운영자 → Observer(Scanner)
 - ❖ 예) Duty-cycle(4-byte) : 1분
 - ❖ Request : 01101001000204000000053FA0
 - ❖ Response : 01101001000214C8

- 센싱 데이터 보고 : 운영자 ← Observer(Scanner)
 - ❖ 예) 온도=30, 습도=50, 조도=100
 - ❖ Request : 010407001E003200000064A3D3
 - ❖ Response : -

명령어 <Hexa-String>

- 온도 경계값 설정: 운영자 → Observer(Scanner)
 - ❖ 예) Min(2-byte) = 0, Max(2-byte) = 30°C (온도*100=3000, 0x012C)
 - ❖ Request : 011010020002040000012CBFFB
 - ❖ Response : 011010020002E4C8

- 습도 경계값 설정: 운영자 → Observer(Scanner)
 - ❖ 예) Min(2-byte) = 0, Max(2-byte) = 30
 - ❖ Request : 011010030002040000001EFE72
 - ❖ Response : 011010030002B508

- 조도 경계값 설정: 운영자 → Observer(Scanner)
 - ❖ 예) Min(4-byte) = 30, Max(4-byte) = 100
 - ❖ Request : 011010040004080000001E00000064D0CC
 - ❖ Response : 01101004000484CB

- 설정 경계값 (온도, 습도, 조도) 읽기: 운영자 → Observer(Scanner)
 - ❖ 보고주기(Duty-cycle)=5, 온도(Min/Max) = 0/30°C(0/3000),
습도(Min/Max) = 0/30, 조도(Min/Max) = 30/100
 - ❖ Request : 010400000004F1C9
 - ❖ Response : 010414000000050000012C0000001E0000001E00000064C0F4

㉔ LTE-Modem 과 MCU 간 AT Commands 설계

AT 명령어 및 응답형식

AT 명령어 및 응답 형식

- ▣ 명령어 : TE(MCU) → MT(LTE)
 - ❖ AT+CMD=~<CR>
 - ❖ AT#CMD=~<CR>
 - ❖ AT\$CMD=~<CR>

- ▣ 응답 : TE(MCU) ← MT(LTE)
 - ❖ <CR><LF>OK<CR><LF>
 - ❖ <CR><LF><greater than><space>test Ctrl+Z // Short message 편집을 위한 프롬프트
 data = "test\x1A"
 - ❖ <CR><LF>+~<CR><LF>
 - ❖ <CR><LF>+CMGR: <stat>,<alpha>,<length><CR><LF><pdu><CR><LF>
 // PDU mode
 - ❖ <CR><LF>+CMGR: <stat>,<oa>,<alpha>,<scts>[,<tooa>,<fo>,<pid>,<dcsc>,<sca>,<tosca>,<length>]<CR><LF><data><CR><LF>
 // TEXT mode

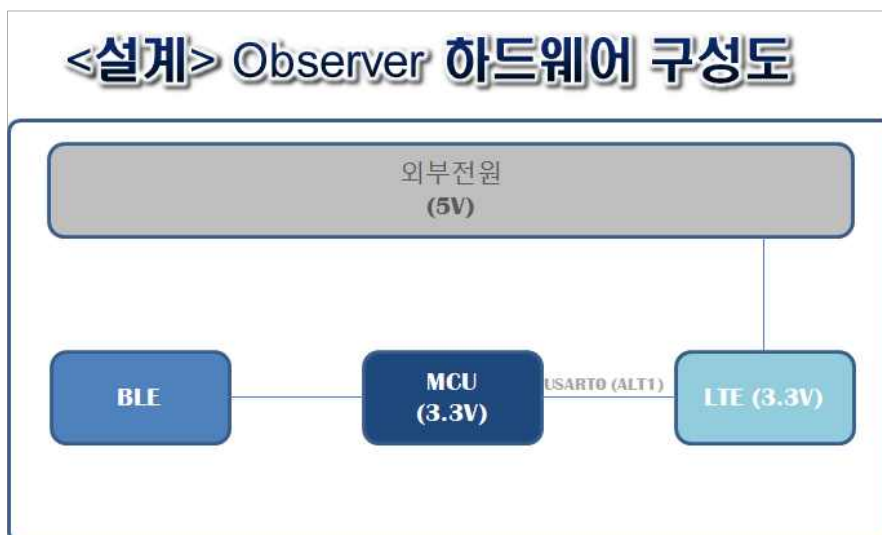
㉕ 중계장치

2가지 타입으로 개발하여 현장상황을 고려하여 편의적인 방법으로 선택 적용할 수 있게 시스템을 구성함

type 1 : 인터넷망이 있는 환경에서는 구형 스마트폰(공기계)를 wifi device로 활용하여 통해 센서에서 데이터를 취합하여 서버로 전송

type 2 : 오지 및 외부 노지 등 인터넷망을 구성하기 어려운 환경에서는 LTE 가 탑재된 복합센서로 바로 서버로 데이터 전송

· 중계장치(type2)의 하드웨어 구성도



- 중계장치 하드웨어 구성 설계도 -

㉔-1 거버 및 회로도 및 합체

중계장치 제작을 위해 다음과 같이 회로도 및 개발 수행

㉔ 중계장치 거버파일

PCB 製造仕様

基板層數	2	層
基板厚	1.6	T
材料	FR-4	
銅箔厚	xx	oz

LAYER STACKUP

	SILK_1
	MASK_1
LAYER_1	COMP_SIDE
LAYER_2	SOLD_SIDE
	MASK_2
	SILK_2

* LONG HOLE TABLE

POINT	EA	Drill Size		Drill Tool
		X	Y	
LH-1	1	0.8	3.0	T3
LH-2	1	3.5	0.8	T3
LH-3	1	3.0	0.8	T3

BOARD'S DRILL SCHEDULE

TOOL	DRILL SYMBOL	DRILL SIZE	COUNT	PLATED
T1	+	0.30	802	YES
T2	×	0.50	5	YES
T3	△	0.80	3	YES
T4	◇	0.90	45	YES
T5	□	2.20	4	NO
T6	○	3.20	4	NO

MODEL: MODBUS DATE: 2017 06 12 LAYER: FAB BOARD ASSEMBLY UPDATE REV: 1.0

- 중계장치 거버 total -

PCB 製造仕様

基板層數	2	層
基板厚	1.6	T
材料	FR-4	
銅箔厚	xx	oz

LAYER STACKUP

	SILK_1
	MASK_1
LAYER_1	COMP_SIDE
LAYER_2	SOLD_SIDE
	MASK_2
	SILK_2

* LONG HOLE TABLE

POINT	EA	Drill Size		Drill Tool
		X	Y	
LH-1	1	0.8	3.0	T3
LH-2	1	3.5	0.8	T3
LH-3	1	3.0	0.8	T3

BOARD'S DRILL SCHEDULE

TOOL	DRILL SYMBOL	DRILL SIZE	COUNT	PLATED
T1	+	0.30	802	YES
T2	×	0.50	5	YES
T3	△	0.80	3	YES
T4	◇	0.90	45	YES
T5	□	2.20	4	NO
T6	○	3.20	4	NO

MODEL: MODBUS DATE: 2017 06 12 LAYER: FABRICATION DRAWING UPDATE REV: 1.0

PCB 製造仕様

基板層數	2	層
基板厚	1.6	T
材料	FR-4	
銅箔厚	xx	oz

LAYER STACKUP

	SILK_1
	MASK_1
LAYER_1	COMP_SIDE
LAYER_2	SOLD_SIDE
	MASK_2
	SILK_2

* LONG HOLE TABLE

POINT	EA	Drill Size		Drill Tool
		X	Y	
LH-1	1	0.8	3.0	T3
LH-2	1	3.5	0.8	T3
LH-3	1	3.0	0.8	T3

BOARD'S DRILL SCHEDULE

TOOL	DRILL SYMBOL	DRILL SIZE	COUNT	PLATED
T1	+	0.30	802	YES
T2	×	0.50	5	YES
T3	△	0.80	3	YES
T4	◇	0.90	45	YES
T5	□	2.20	4	NO
T6	○	3.20	4	NO

MODEL: MODBUS DATE: 2017 06 12 LAYER: COMP ASSEMBLY UPDATE REV: 1.0

PCB 製造仕様

基板層數	2	層
基板厚	1.6	T
材料	FR-4	
銅箔厚	xx	oz

LAYER STACKUP

	SILK_1
	MASK_1
LAYER_1	COMP_SIDE
LAYER_2	SOLD_SIDE
	MASK_2
	SILK_2

* LONG HOLE TABLE

POINT	EA	Drill Size		Drill Tool
		X	Y	
LH-1	1	0.8	3.0	T3
LH-2	1	3.5	0.8	T3
LH-3	1	3.0	0.8	T3

BOARD'S DRILL SCHEDULE

TOOL	DRILL SYMBOL	DRILL SIZE	COUNT	PLATED
T1	+	0.30	802	YES
T2	×	0.50	5	YES
T3	△	0.80	3	YES
T4	◇	0.90	45	YES
T5	□	2.20	4	NO
T6	○	3.20	4	NO

MODEL: MODBUS DATE: 2017 06 12 LAYER: SILK1 UPDATE REV: 1.0

PCB 製造仕様

基板層數	2	層
基板厚	1.6	T
材料	FR-4	
銅箔厚	xx	oz

LAYER STACKUP

	SILK_1
	MASK_1
LAYER_1	COMP_SIDE
LAYER_2	SOLD_SIDE
	MASK_2
	SILK_2

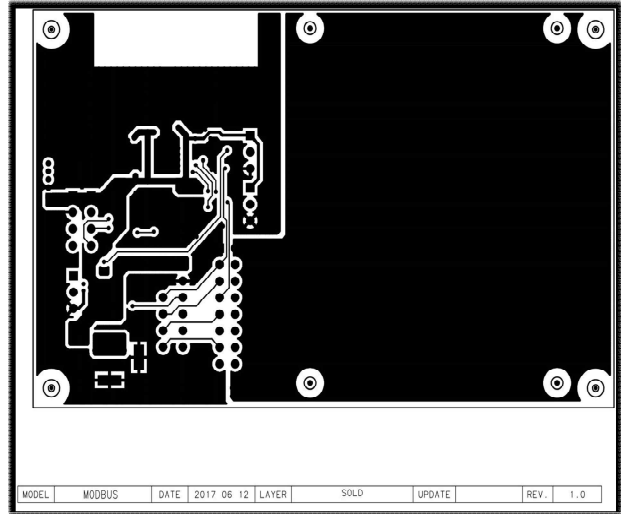
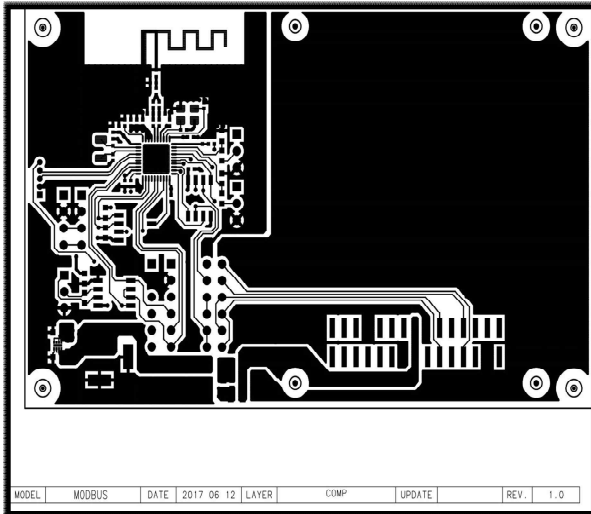
* LONG HOLE TABLE

POINT	EA	Drill Size		Drill Tool
		X	Y	
LH-1	1	0.8	3.0	T3
LH-2	1	3.5	0.8	T3
LH-3	1	3.0	0.8	T3

BOARD'S DRILL SCHEDULE

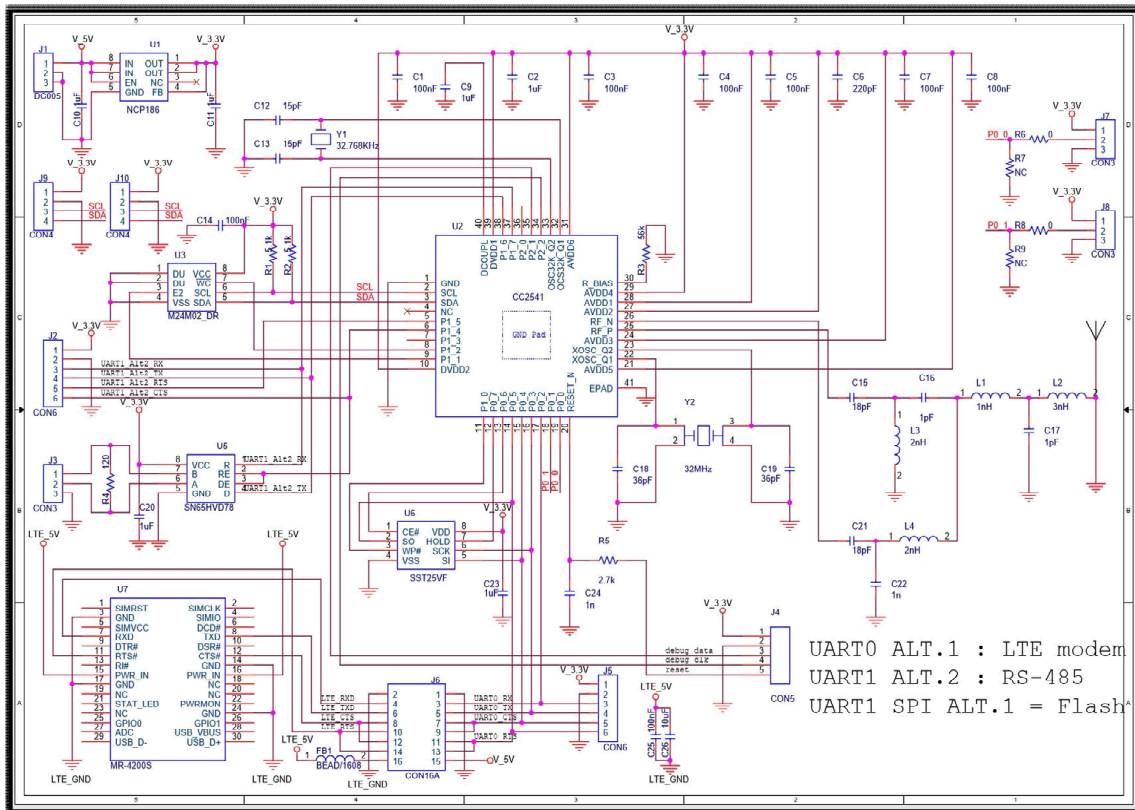
TOOL	DRILL SYMBOL	DRILL SIZE	COUNT	PLATED
T1	+	0.30	802	YES
T2	×	0.50	5	YES
T3	△	0.80	3	YES
T4	◇	0.90	45	YES
T5	□	2.20	4	NO
T6	○	3.20	4	NO

MODEL: MODBUS DATE: 2017 06 12 LAYER: MASK1 UPDATE REV: 1.0



- 중계장치 거버 상세 -

나-2 중계장치 회로도



- 중계장치 회로도 상세 -

㉔-3 중계장치 PCB

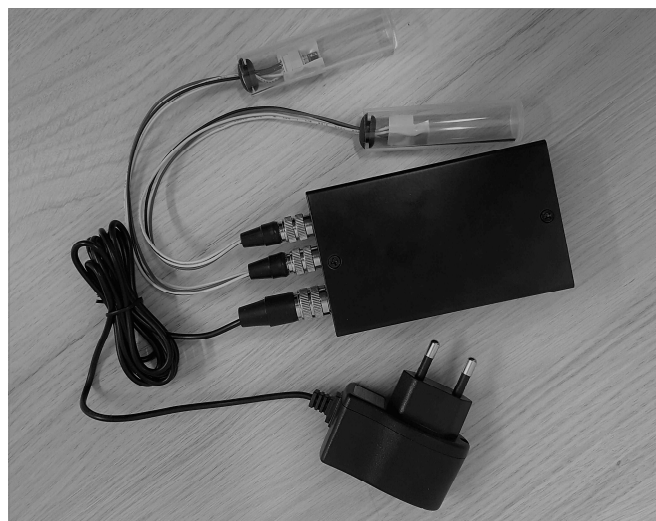


- 중계장치 PCB -



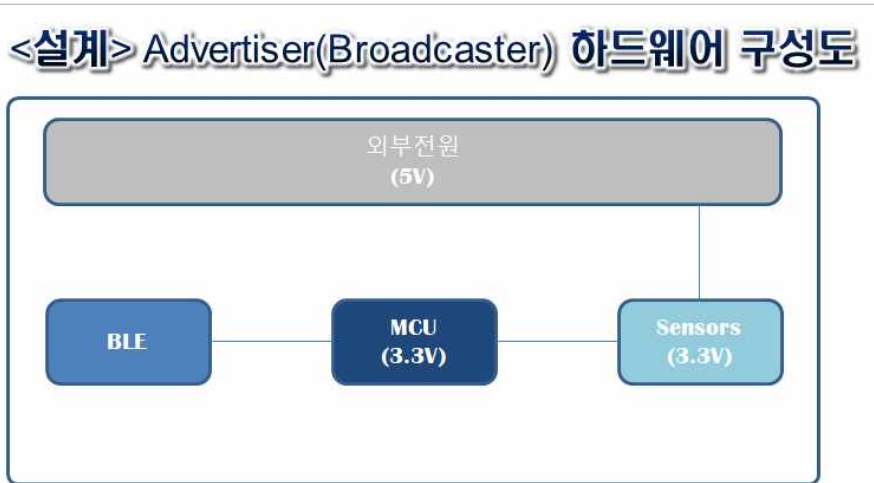
- 중계장치 구성 (통신모뎀, 안테나, 상시전원, 배터리) -

㉔-4 중계장치 시제품



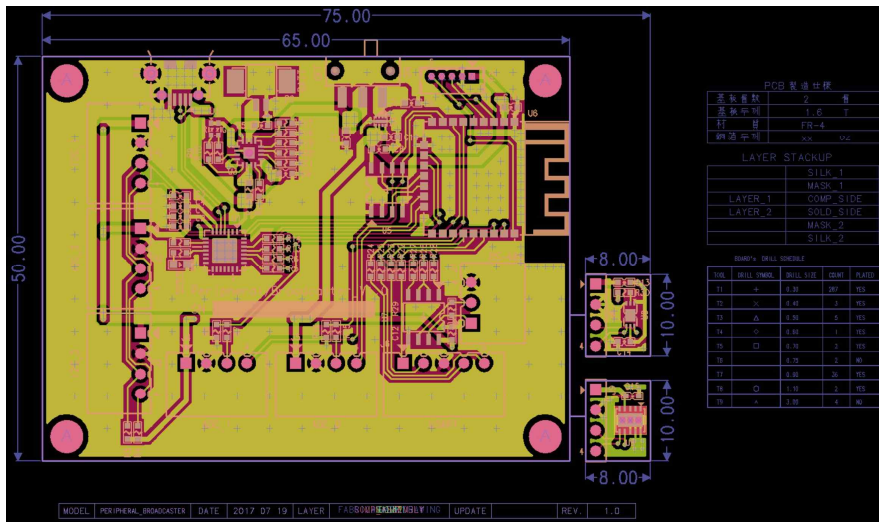
- 중계장치 시제품 -

㉔ 센서

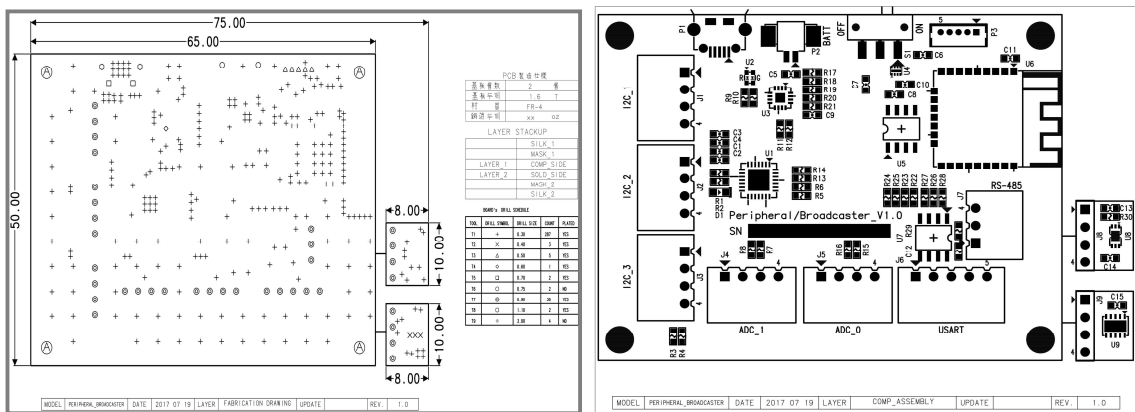


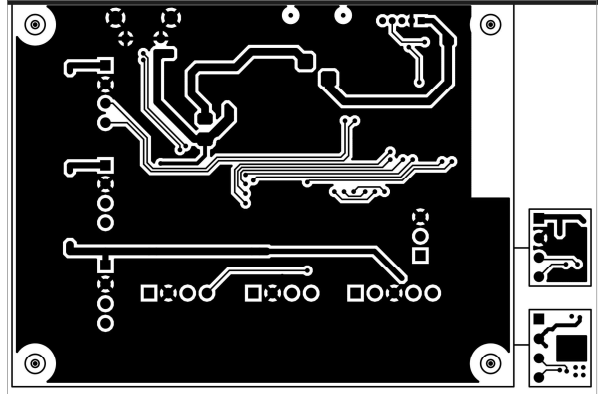
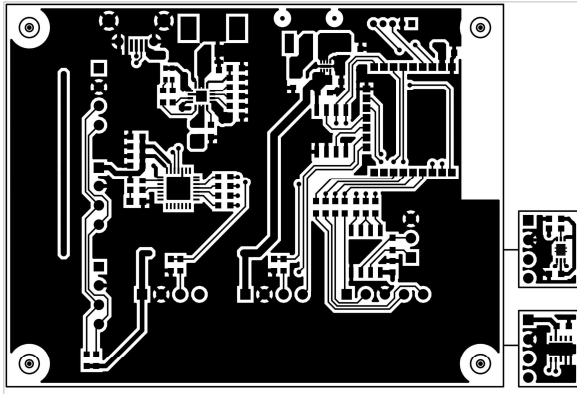
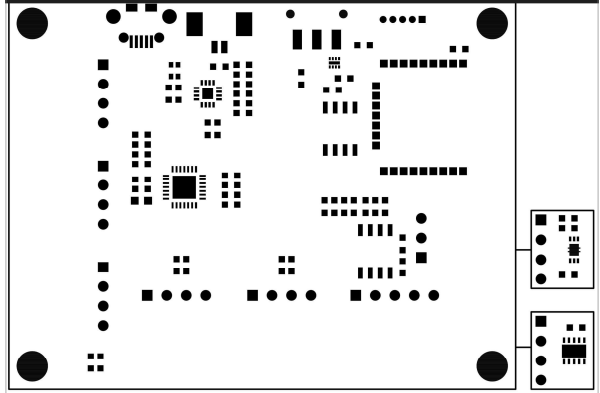
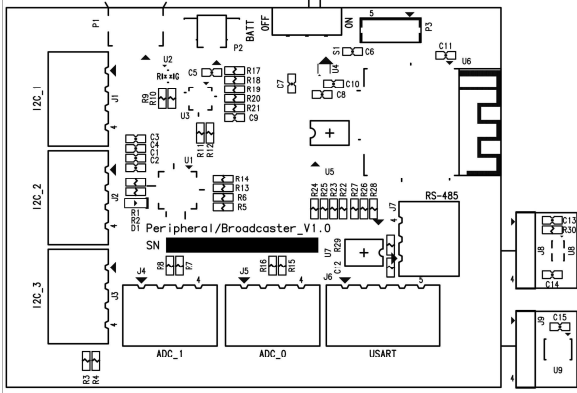
- 센서 하드웨어 구성 설계도 -

㉔-1 센서 거버파일



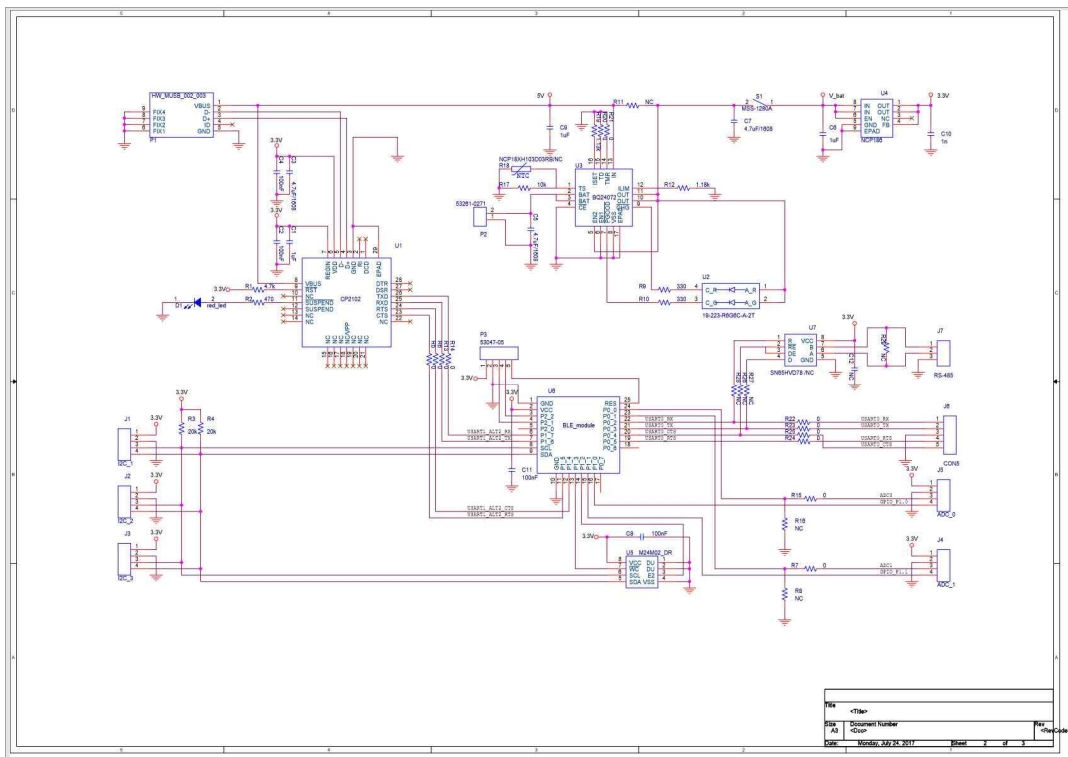
- 센서 거버 total -

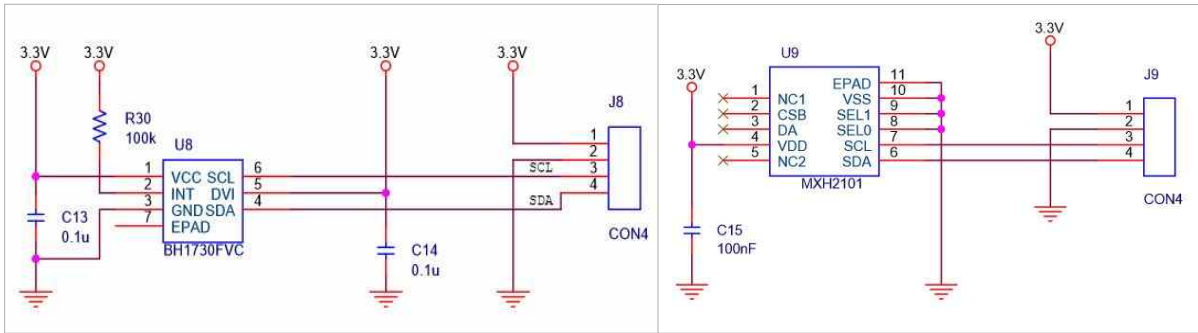




- 센서 거버 상세 -

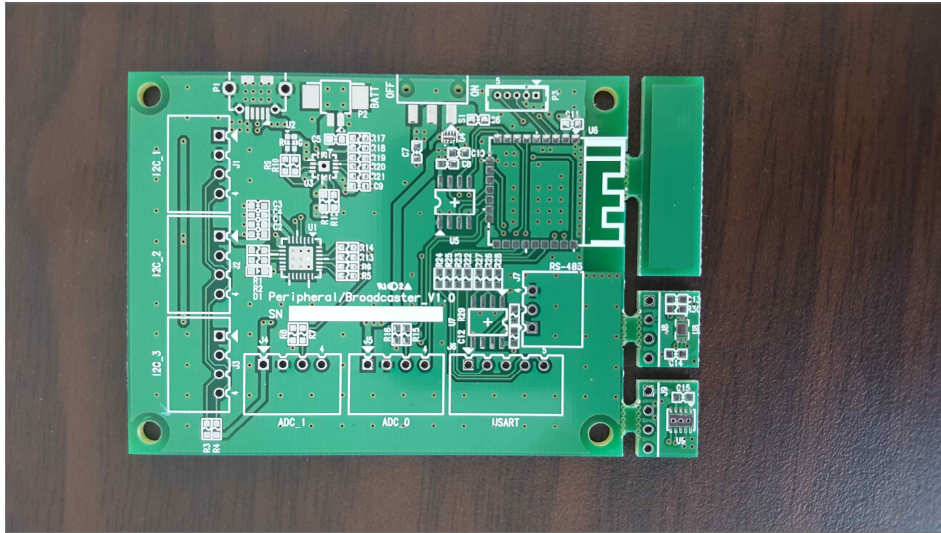
㉔-2 센서 회로도





- 센서 회로도 상세 -

㉔-3 센서 PCB

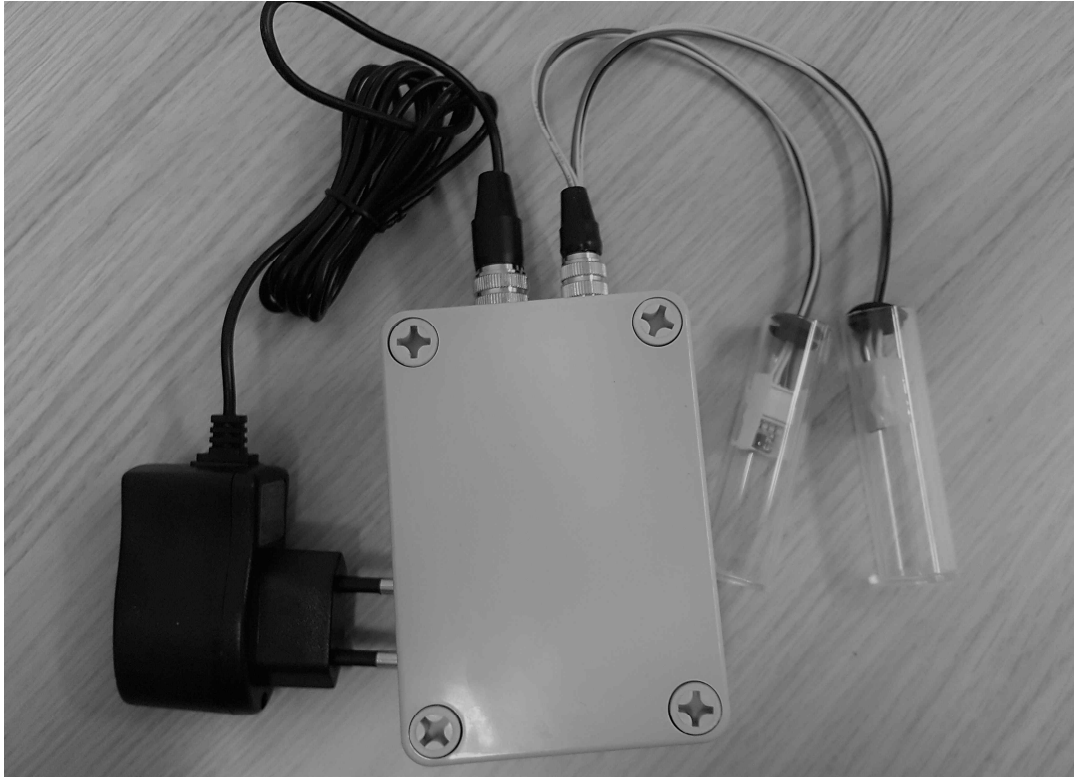


- 센서 PCB 부품마운트 前 -



- 센서 PCB 부품마운트 後 -

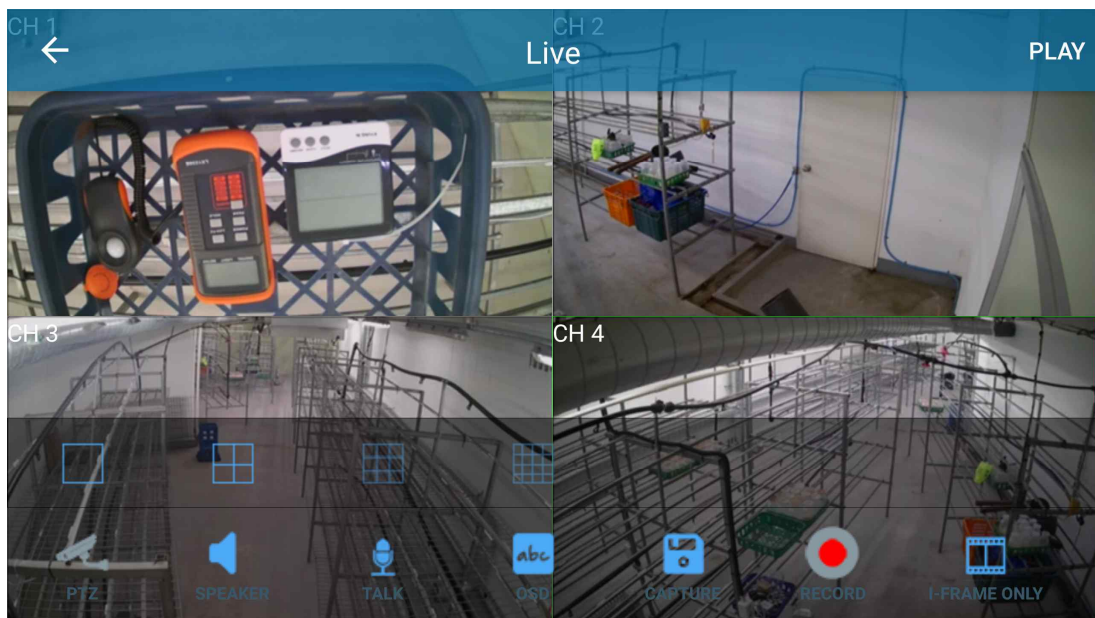
㉔-4 센서 시제품



- Broadcaster (Scanner) 합체 -

㉔ 모바일 앱

- 재배사를 모니터링하는 모바일 Application



- 모바일 앱을 통한 모니터링 실행 -

스마트센서의 데이터를 실시간으로 수집 저장, 분석(그래프, 통계, 이상상황 알림)을 수행하는 Application 개발

㉠-1 기능

구분	기능	비고
인트로	인트로화면	
인트로	휴대폰 설정 블루투스 활성화 체크	
센서관리	권한 코드 등록	
센서관리	센서 등록	
센서관리	센서 목록 조회	
센서관리	센서 삭제	
센서관리	센서 그룹 생성	
센서관리	센서 그룹 수정	
센서관리	센서 그룹 삭제	
정보조회	센서 제공 정보(온도, 습도, 조도 등) 조회	
정보조회	실시간 영상 조회	영상 시스템 연계 필요
정보조회	센서 이상 범위 조회	
정보조회	시간별 상태 그래프 조회	
정보조회	일별 상태 그래프 조회	
정보조회	월별 상태 그래프 조회	
설정	센서 이상 범위 조회	
설정	조도 센서 이상 범위 설정	
설정	온도 센서 이상 범위 설정	
설정	습도 센서 이상 범위 설정	
설정	CO2 농도 센서 이상 범위 설정	
알림	알림 on / off 기능	BLE only인 경우 의미 없음
알림	반복 알림 타이머 설정	BLE only인 경우 의미 없음
알림	알림 팝업 제공	BLE only인 경우 의미 없음
알림	알림 목록 조회	BLE only인 경우 의미 없음
원격제어	장치 원격 제어	원격 제어 시스템 연계 필요

·외부자 및 퇴사자 접속 방지 방안

- 최초 등록 시 대표자가 접속 PW 설정(ID/PW 직원 공유), 별도의 어드민에서 대표자가 PW 변경 가능(대표자만 인지)

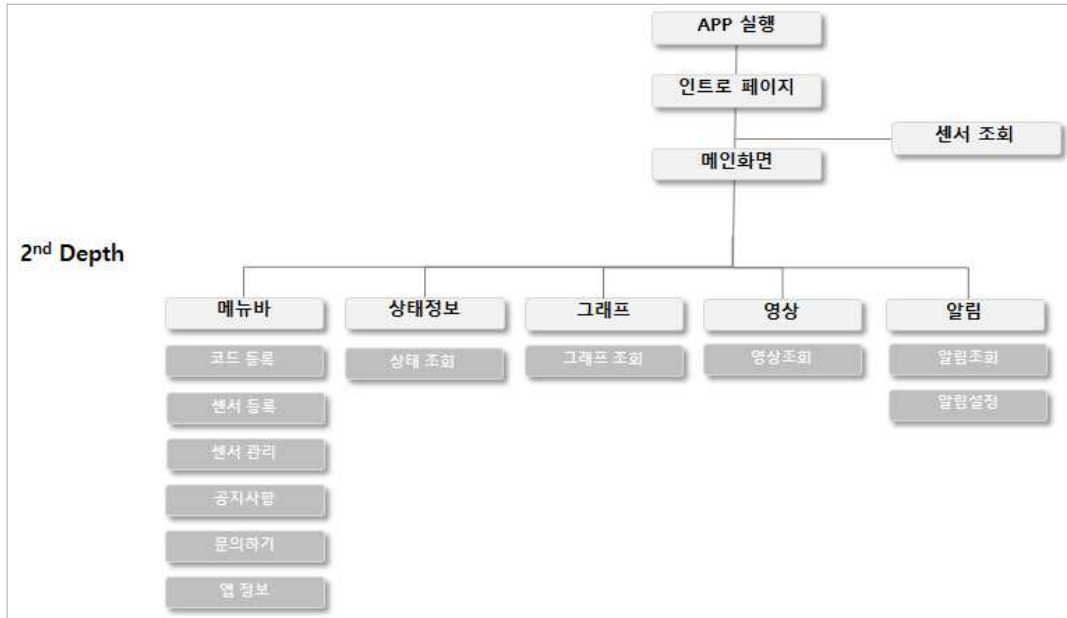
·관리자 1인이 비번변경 관리하는 방식

- 최초 가입시 동일UUID, 동일번호 확인 후 비번 변경시 일치여부확인(폰 교체, 번호 변경 시 문제 발생함)
- 최초 가입시 본인인증수행, 비번 변경시 본인인증수행하여일치여부체크
- 관리자 변경에 대한 이슈 해결 필요

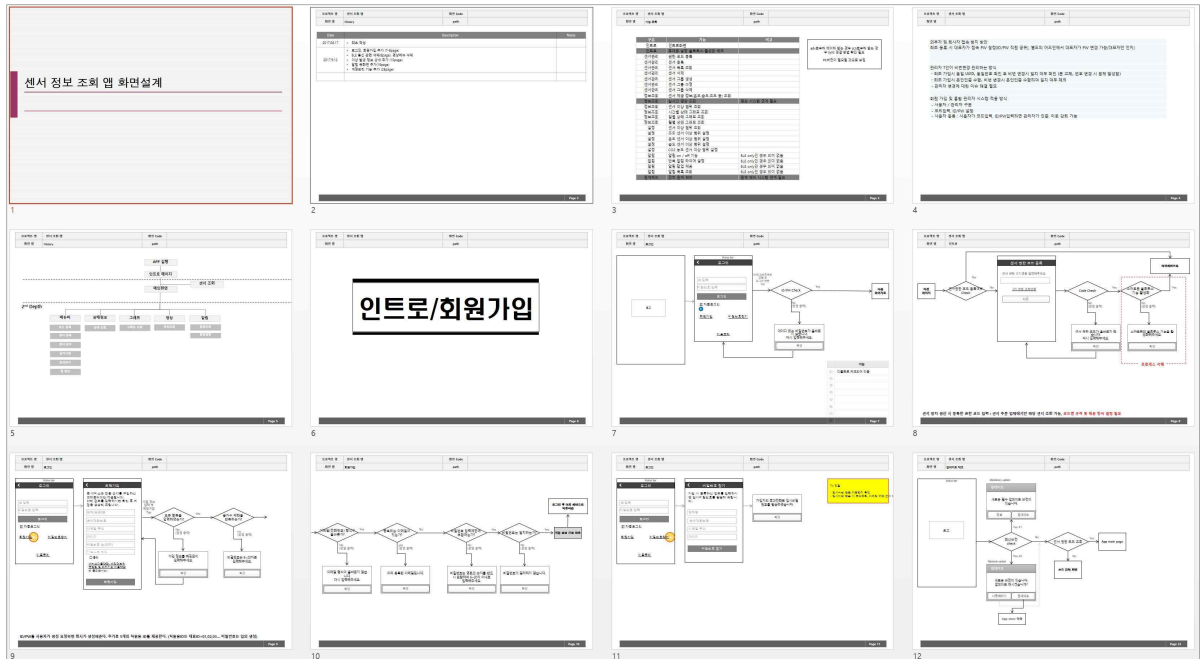
·회원 가입 및 통합 관리자 시스템 적용 방식

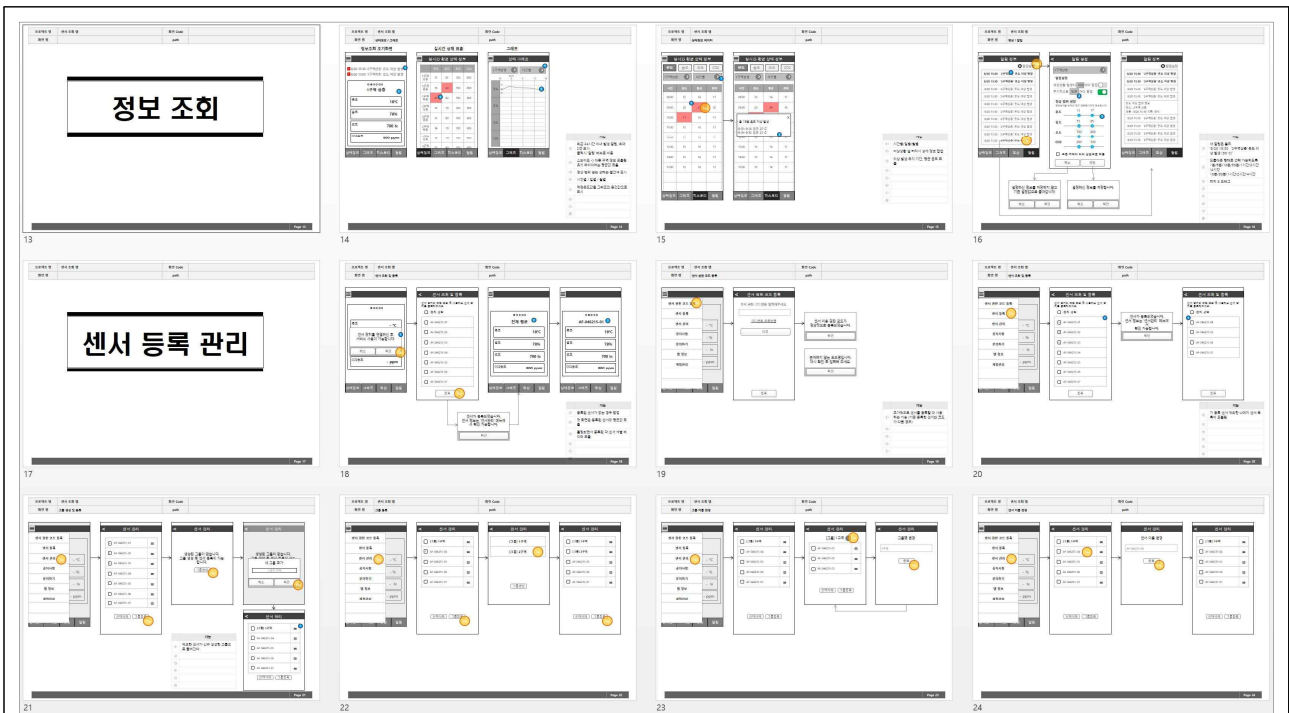
- 사용자 / 관리자 구분
- 코드입력, ID/PW 설정
- 사용자 등록 : 사용자가 코드입력, ID/PW입력하면 관리자가 인증

라-2 메뉴(기능) 구조



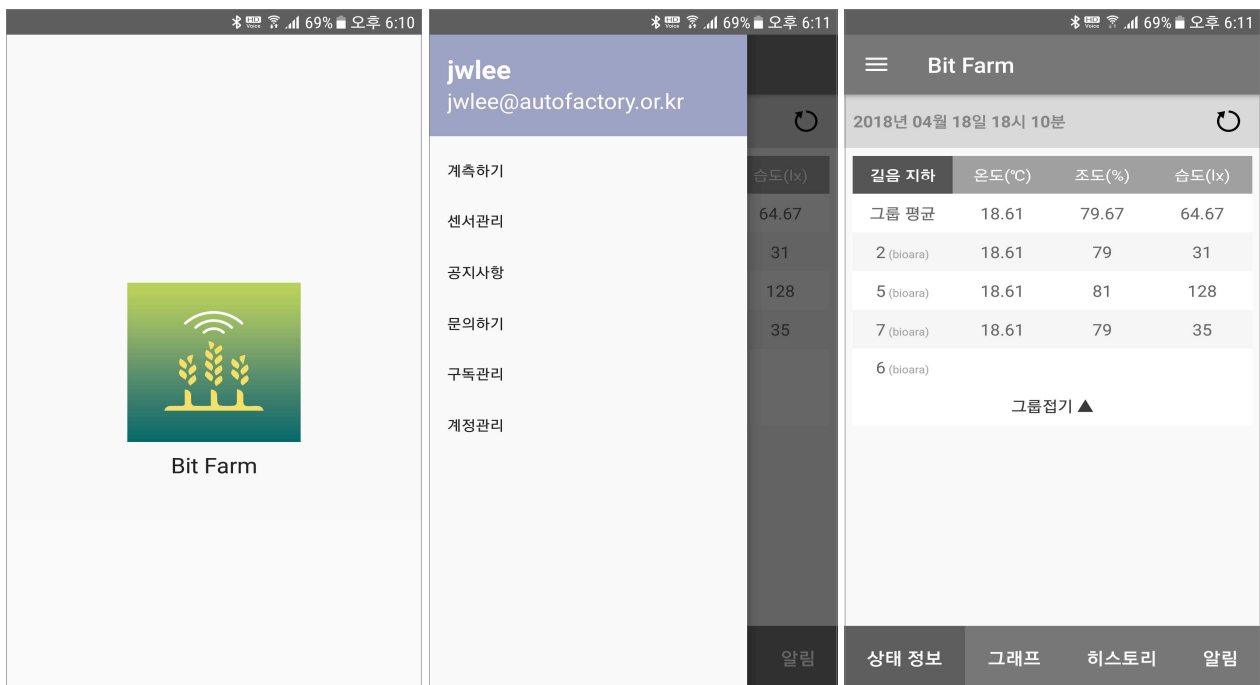
라-3 SB





- 데이터분석 모니터링 모바일앱 SB -

라-4 상용개발 모바일app



Bit Farm

온도 습도 조도

9 시간 별

시간	최소	평균	최대
09일 16:00	22.05	23.28	24.81
09일 15:00	21.36	22.31	22.74
09일 14:00	19.99	22.10	22.74
08일 21:00	23.43	23.49	24.12
01일 13:00	24.12	24.12	24.12
01일 12:00	23.43	23.72	24.12
01일 11:00	23.43	23.43	23.43
01일 10:00	22.74	23.40	23.43

상태 정보 그래프 히스토리 알림

현황판

2018년 04월 18일 18시 12분

2 (bioara)

시간 일 월

	온도	습도	조도
18일 18:00	18.61	79.00	31.00
18일 17:00	17.92	79.00	30.85
18일 16:00	17.92	79.00	30.70
18일 15:00	18.55	79.00	30.65
18일 14:00	18.60	79.00	30.77
18일 13:00	17.65	79.00	30.85
18일 12:00	17.92	79.00	30.97
18일 11:00	18.51	79.00	30.57

현황판

2018년 04월 18일 18시 13분

2 (bioara)

시간 일 월

	온도	습도	조도
18년 04월	17.93	80.24	31.41
18년 04월	17.23	81.00	128.00
18년 03월	18.34	71.25	36.29
18년 03월	17.92	77.00	122.00
18년 02월	18.03	33.37	103.90
18년 01월	17.15	20.30	176.15

알림 설정

미그룹

알림설정

이상 상황 발생시 1분 알림

정상 범위 설정

정상범위를 벗어난 경우 알림메시지가 전송됩니다.

온도 최소 99.0 최대 999.0

습도 최소 -99.0 최대 999.0

조도 최소 -99.0 최대 999.0

모든 구역에 위의 설정으로 적용

저장

Bit Farm

알림설정

01/19 07:06 센서 4 조도 이상 발생

, 조도 이상 발생

조도 : 1461.0

상태 정보 그래프 히스토리 알림

- 데이터분석 모니터링 모바일앱 운영 화면캡처 -

(2) 재배사의 고른 가습도 분포를 위해 동충하초 다단재배선반의 연구개발


*개발 산출물

- 실내 농업시설 재배선반에 LED 설치 및 시공
- 식물공장 타입의 밀폐형 재배선반의 설계 및 제작
- 보급형 소형 재배기의 설계 및 목업 제작

(가) 재배시설 공간에 동충하초 재배 선반에 특용작물(동충하초) 재배에 필요한 LED 설치 및 시공

- ① 선반다이는 기존에 있던 동충하초 철골구조물 활용
- ② 하기 형태의 구조물 6EA 에 설치 및 시공
- ③ 전기작업 등은 별도 소싱을 통해서 진행
- ④ LED 제품은 기성품 중에 버섯재배에 가장 많이 시공된 제품을 사용

제품이미지



특징

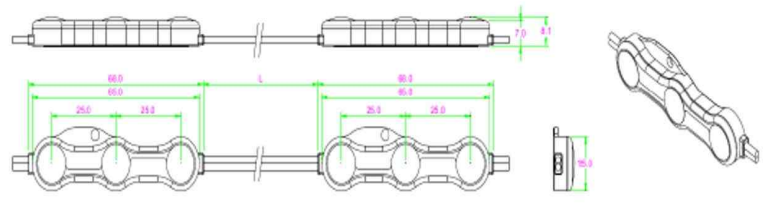
- ▷ 결합형 사출제품
- ▷ 조립가능 제품
- ▷ 광각 및 고휘도 LED PKG 적용 (삼성LED 적용)
- ▷ 1줄 50개 구성
- ▷ 인증

KS / 고효율 인증제품 / UL 인증제품

제품 사양

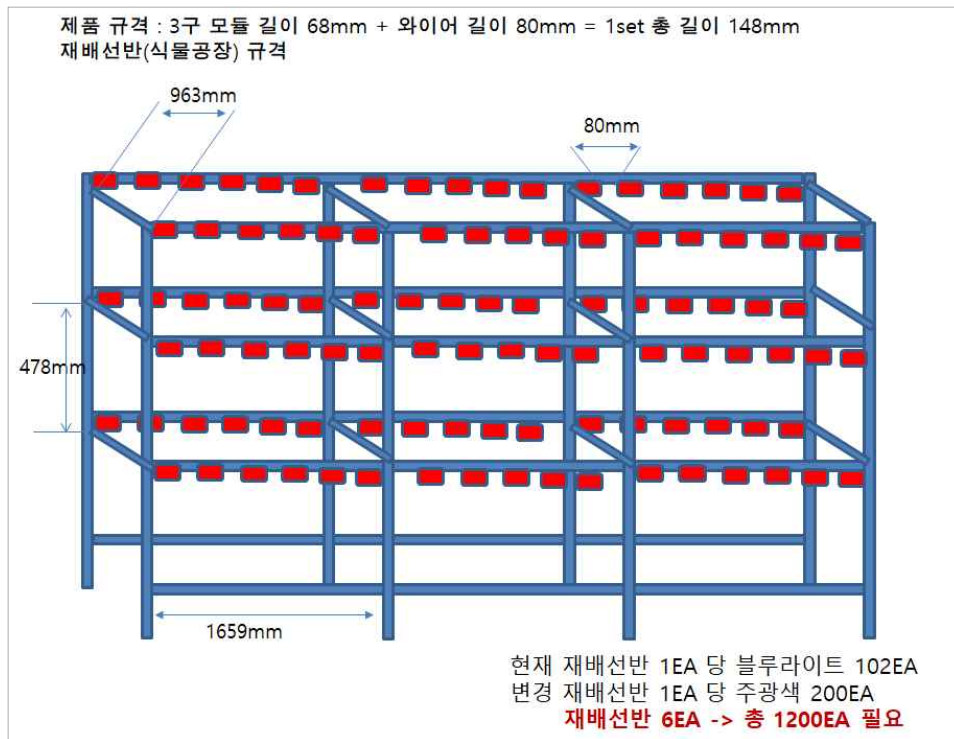
모델명	색상	입력전압	전류	소비전력	사용온도	방수등급	광도 (mcd)	파장 (nm)	와이어 및 케이스재질
Z3U-V05-a4	화이트	DC 12V	95mA	1.14W	-60	IP 68	21,000	-	AWG 18 & ABS

제품크기 (단위 : mm) 및 포장단위



제품크기 (가로 X 세로 X 높이)	제품간 와이어길이 (mm)	LED 간격 (mm)	이너박스 포장수량	아웃박스 포장수량
68 X 15 X 7.1	기본 80 주문사항 협의가능	25	200	2,000

- 설치한 LED spec -



- 철골구조물 선반다이를 활용한 특용작물(동충하초) 재배용 LED 설치 구성 -

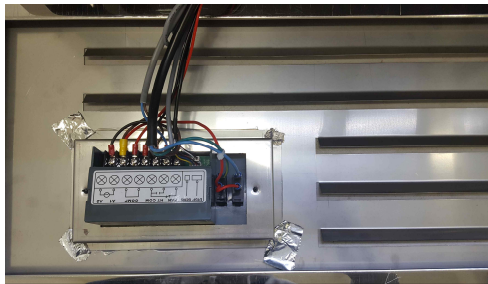
(나) 식물공장 타입의 밀폐형 재배선반의 설계 및 제작

- ① 구조물의 용접, 제작은 별도 소싱을 통해서 진행
- ② 다단 선반별 동충하초 재배를 위한 LED 조명 설치
- ③ 환기설비 (휀 설치)를 통한 습도 조정
- ④ 온도조절을 위한 모터 설치
- ⑤ 콘트롤박스 설치 (외부 패널을 통한 동작)

· 주요 component 설명



- 스마트 디지털 콘트롤 박스 (전면)
 - 자동전동제어 시스템
 - 온도 및 LED, 공조(환기), 냉방
컴프레셔 등 내부 기기를 콘트롤



- 스마트 디지털 콘트롤 박스 (후면)



- 스마트 디지털 콘트롤 박스
(유선 통신 제어 모듈)



- 스마트 디지털 콘트롤 박스
 - 공조(환기), 냉방
 - 컴프레셔 등 내부 기기



- 디지털 온도 센서

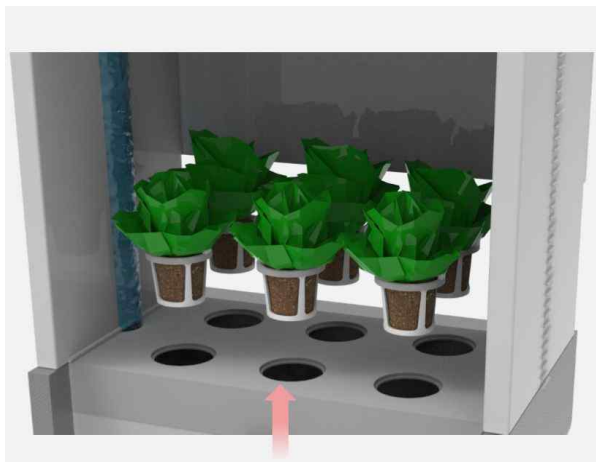
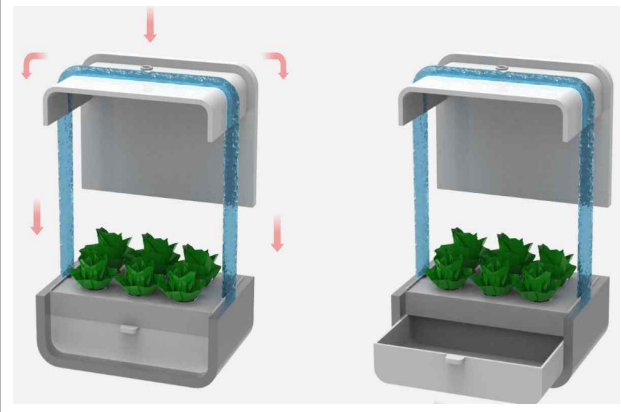
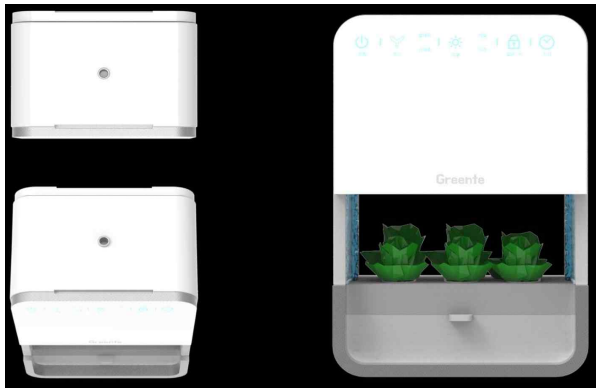


- 최종 제작물 전면부 -



- 최종 제작물 측면부 -

(다) 재배선반의 사업화 모델을 위해 소형화 연구 및 3D 모델링



- 재배선반 소형화를 통한 사업화 제품 컨셉(3D 모델링) -

(3) 연구개발성과

상기 연구개발을 통해 다음과 같은 연구개발 성과를 창출함

(가) 논문게재 성과

(게재연도, 논문명, 저자명, 학술지명, Vol.(No.), 국내외 구분, SCI구분, 등록·기탁 번호)

연구제목	연구내용	연구기간	발표서적 또는 학술지명 (년호,권호 포함)	연구수행당시의 소속기관	역할 (연구책임자또는 연구원)	연구비 지급기관	비고
스마트팜에서의 동충하초 재배를 위한 성장관리 시스템에 관한 연구	환경 변수를 달리한 상황에서 특용작물의 발육결과·성분 분석을 통해 최적의 양과 질을 기계학습을 통해 찾음	2017.04 ~ 2018.03	한국디지털콘텐츠학회 논문지	(주)오토팩토리	연구원	농림축산식품부	(특허) 특용작물 성장관리 서비스 기술개발

(나) 특허성과(출원된 특허 및 등록된 특허를 모두 기재)

출원: 출원연도, 특허명, 출원인, 출원국, 등록·기탁번호

등록: 등록연도, 특허명, 등록인, 등록·기탁번호

현상태	출원	출원구분	등록출원
의뢰인명	(주)오토팩토리	구분	내국
출원인명	(주)오토팩토리		
발명의명칭(영문)	SYSTEM AND METHOD OF MANAGING GROWTH OF SPECIAL CROPS		
발명의명칭(한글)	특용작물 성장관리 시스템 및 방법		
발명자	이재욱		
출원번호 10-2018-0053092			

(다) 기술요약정보

(연도, 기술명, 요약내용, 기술완성도(아이디어 창안·특허만 신청·기술개발진행중·기술개발완료·실용화단계·시장개척단계·기타), 등록·기탁번호)

① 개발연도 : 2017.05 ~ 2018.04

② 요약내용

㉠ 특허요약

특용작물의 성장(growth)을 관리하기 위한 기술적 사상에 관한 것으로서, 보다 구체적으로, 사물인터넷 기기를 제어하여 특용작물 재배 영역에 대한 정보를 검출하고, 검출된 정보에 기반하여 특용작물의 성장 상태를 모니터링하거나 재배기기를 원격 제어하기 위한 특용작물 성장관리 시스템 및 방법에 관한 것이다.

㉡ 논문요약

본 연구에서는 동충하초를 재배 환경을 고려하고, 재배지내의 환경 정보와 시간 추이에 따라 정확하고 효율적인 생육도 정보를 측정하기 위한 IoT 기반 최신 저전력 통신 기술을 도입하였다. 또한 이러한 생육정보를 체계적으로 수집, 관리, 저장 및 머신러닝 기법을 활용하여 분석함으로써 최적 성장환경을 고려한 실시간 수동 및 자동 성장 제어 기능을 포함한 스마트팜 시스템을 제안한다.

㉢ 기술완성도

- 특허 신청
- 기술개발완료

4. 목표달성도 및 관련분야 기여도

		코드번호	D-06
가. 목표달성도			
항 목	계 획	실 적	달성도 (%)
개발목표	특용작물 재배 수율 향상을 위한 가습-온도 조절 다단 재배선반장치 및 운영환경 SSF 개발	특용작물인 동충하초의 재배 수율을 향상시킬 수 있는 생육조건을 확인하여 이를 적용한 다단재배선반장치를 개발하고, 실시간으로 모니터링 할 수 있는 시스템 개발	100%
해당연도 기술개발 내용	1. 기존의 재배조건 탐색	재배조건을 개선하기 위하여 기존의 수율(약 65%)에 대한 생육조건 탐색	100%
	2. 재배환경 모니터링 가능한 시스템 개발하여 적용	원격으로 재배사의 생육환경을 확인할 수 있는 시스템을 개발하여 재배사에 설치하였음.	100%
	3. 통신모듈에 온도, 습도, 조도 등의 센서가 결합된 스마트센서 개발	통신모듈에 온도, 습도, 조도 등의 생육환경을 측정할 수 있는 센서가 결합된 스마트센서를 재배사에 적용하였음.	100%
	4. 기존의 재배조건을 적용하여 새로운 재배사에서의 수율 측정	기존의 재배조건을 새로운 재배사에 적용하였으며, 개발인력 및 모니터링 시스템을 이용하여 환경 유지 되는지 확인. 수율 측정(56.6%로 기존보다 수율이 낮았음.)	100%
	5. 새로운 재배사에 맞는 새로운 생육 조건 탐색 및 수율 측정(5회 실시)	새로운 재배사에 맞는 생육조건을 탐색하기 위하여 5회 정도의 생육 주기를 반복하여 수율을 측정하고, 모니터링 및 센서 시스템으로 생육 환경을 측정하였음.(최종 수율 20% 향상)	100%
	6. 최적의 생육 조건을 유지시킬 수 있는 다단재배선반장치 개발	새로운 재배사에서 설정한 생육조건을 유지시킬 수 있는 다단재배선반장치를 개발하였음.	100%
	7. 다단재배선반장치에서 생육조건 확립 및 수율 측정.	새 재배사에서 수립한 최적의 생육조건을 다단재배선반장치에서 적용 후, 최종적으로 수율 측정하여 기존보다 20% 증가된 수율을 나타내는 것을 확인하였음.	100%

나. 관련분야 기여도

(1) 동충하초 재배 분야 관련 기여도

동충하초는 온도나, 습도 등 생육 환경에 대하여 굉장히 민감하기 때문에 제대로 재배하기 힘든 실정이다. 본 연구를 통하여 기존의 재배환경보다 최종 수율이 20% 정도 증가된 생육 조건을 확립하였고, 이를 관리할 수 있는 모니터링, 센서 시스템을 개발하였다. 이러한 시스템을 이용한다면 국내 농가들도 재배하기 어려우나 가치가 높은 특용작물인 동충하초를 이전보다 쉽게 재배할 수 있어, 동충하초를 재배하려는 농민들에게 큰 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다.

(2) 동충하초 제품 분야 관련 기여도

동충하초는 ‘코디세핀(cordycepin)’이라는 천연 항생물질을 함유하고 있어 예로부터 면역력 증가, 항염증, 항암, 자양강장, 항노화, 원기회복 등의 효능을 가지고 있는 특용작물이다. 이러한 연구결과를 이용하여 국내 제약, 식품, 화장품 회사 등에서 동충하초 관련 제품에 대한 개발이 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라, 동충하초 원료에 대한 시장이 확대되고 수요가 급격히 증가할 시, 현 재배 시스템의 상태로는 안정적인 원료 공급이 불가능할 것이라고 판단된다.

본 연구결과를 활용하여 같은 기간 동안 더 효율적으로 동충하초를 재배할 수 있다면, 원료의 안정적인 공급과 더불어 국내 동충하초 시장에도 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

5. 연구결과의 활용계획

코드번호

D-07

가. 동충하초는 온도나 습도, 조도 등의 생육환경에 크게 민감하므로, 최적의 재배환경을 유지해 주기 위하여 사람이 항상 상주하여 관리를 해줘야 하는 불편함이나, 일정하지 않은 수율로 인하여 원료 공급에 있어 불안정하다는 단점이 있었다. 특히 당사같은 경우에는 동충하초를 재배하고 관리하기 위하여 재배사 환경정비에 투입되는 인력이 많아 낭비되는 인력이 많았던 단점도 있었다.

본 연구를 통하여 개발한 기술로 재배사 환경정비에 투입되는 인력을 다른 생산적인 곳에 활용하고, 그들의 단순노동에 대한 해방감을 통하여 업무만족도를 증가시켜 회사에 전반적인 이익을 창출할 수 있었다.

또한 모니터링 시스템을 이용하여 해외에 있는 바이어들에게도 직접 재배환경을 보여줌으로써 동충하초 원료에 대한 안정감과 신뢰감을 주어, 새로운 매출을 창출할 수 있었다.

나. 단순하게 원료의 생산량이 많아져 매출이 창출되거나 기대 매출이 생기는 것이 아니라, 모니터링 시스템과 센서 기술을 이용한 ‘스마트팜’ 시스템을 도입하려 문의를 해오는 고객들도 많은 상황이다. 최근 무인으로 농작물에게 맞는 최적의 재배환경을 관리할 수 있는 ‘스마트팜’ 시스템이 국내외로 관심이 높아지고 있는 상황인데, 국내뿐만 아니라 해외에서도 고부가가치 원료인 동충하초를 직접 재배하고 싶어하여, 개발한 시스템 자체에 관해 관심을 보여주는 사람들도 많았다. 때문에 본 연구로 개발된 기술 자체를 이용한 매출을 기대할 수도 있는 상황이다.

다. 다만, 연구결과로 제시한 다단재배선반장치의 습도 조절 기능이 미흡하며, 이로 인하여 완전한 제품이 나오지 않은 상태임. 이에 따라 KC인증이나 투자 유치를 받을 수 없어 계획대비 부족한 성과가 나타나게 되었음. 따라서 현재 개발되어 있는 다단재배선반장치에 가습 기능을 추가하여 습도 조절이 가능케 한다면, 계획대비 부족한 성과에 대한 충분한 보완사항이 될 것이라고 생각함. 이미 다단재배선반장치에서 온도나 조도 등 재배환경을 조절할 수 있는 시스템은 갖춰져 있기 때문에, 습도 조절 기능을 따로 추가하는 것에는 큰 무리가 없을 것이라고 생각됨.

라. 효과적인 사업화를 위하여, 다단재배선반장치의 소형화가 아닌 대형화 연구를 통하여 대규모의 시설에서도 편리한 특용작물 재배를 가능케 하여 국내외 농가들의 고부가가치 창출을 이룩할 수 있을 것으로 생각됨.

마. 또한, 과제기간이 부족하여 연구결과인 다단재배선반장치에서의 생육 실험을 반복적으로 진행하지 못하여 추가적인 데이터를 얻지 못한 것이 아쉬운 점으로 남았음. 과제기간 종료 후에도 다단재배선반장치에서 탐색한 최적생육조건으로 주기적인 생육 실험을 반복하여 수율 측정 후, 목표로 했던 85%이상의 수율이 나오는지 측정할 계획임.

바. 아직 연구결과에서 미흡한 부분이 발견되어 확정적으로 사업화를 할 수는 없는 상태이나, 위에서 언급한 추가적인 연구를 통하여 좀 더 ‘스마트팜’에 가까워진 다단재배선반장치 및

모니터링 시스템을 개발하여 국내외 농민들에게 동충하초 원료 재배 및 스마트팜 시스템을 확대시키고 이를 통한 이익을 증대시킨다면 국내외 동충하초 시장 및 농업 분야 확대에 큰 역할을 할 수 있을 것이다.

주관기관 : (주)바이오아라	협동기관 : (주)오토팩토리
<ul style="list-style-type: none"> (1) 연구과제를 통하여 결정된 최적생육조건을 이용하여 특용작물(동충하초) 생산. (2) 개발된 실시간 모니터링 시스템 및 환경 관리 시스템을 이용하여 효율적인 환경 관리. (3) 재배한 우수 원료를 통한 원료 및 완제품 판매 및 수출로 매출액 및 이익 창출. (4) 해외 제약회사 원료 납품, 국내외 대리점 및 당사 보유 유통라인을 통한 완제품 판매. (5) 본 과제로 개발된 스마트팜 시스템을 이용한 신규사업을 통한 이익 창출. 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 바이오아라에서 사용하는 시스템에 대한 유지 보수 및 관리. (2) 대규모 시설에서 사용화할 수 있는 단재배선반장치의 대형화 모델 연구. (3) ‘스마트팜’ 재배 시스템에 대한 보완 및 기술 노하우 국내외 농가에 판매.
<p>➡ 추가적인 연구 개발 및 보완을 통하여 스마트팜 시스템을 구축. 해외 바이어들에게 실시간 모니터링 시스템을 이용한 신뢰도 향상, 재배 시스템에 대한 흥미 유발 등으로 특용작물 원료 및 완제품뿐만 아니라 재배 시스템에 대한 기술 노하우를 판매하여 사업화 가능.</p>	

6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

코드번호 D-08

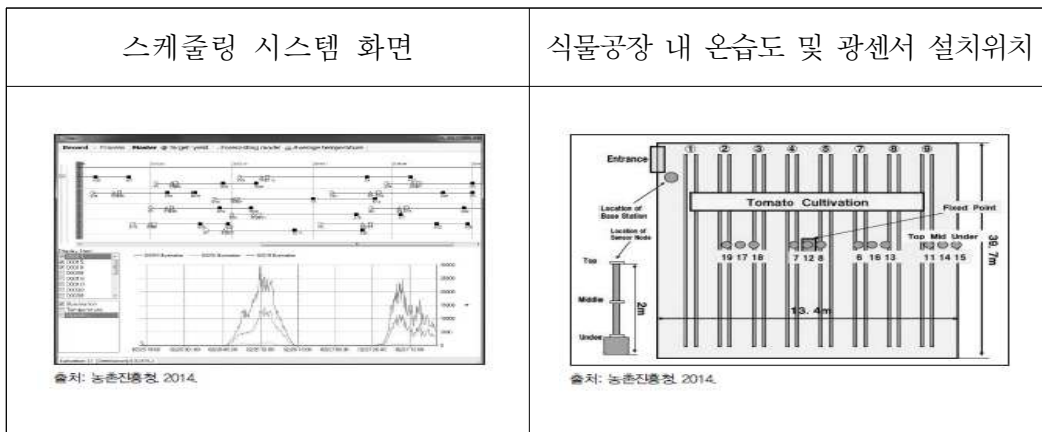
가. 해외기술현황

(1) 일본: 식물공장에서 센서 네트워크를 이용한 일정관리 소프트웨어

식물공장에서 센서 네트워크를 이용한 관리는 기후변화 속에서도 태양광 기반의 식물공장에서 생산된 토마토의 품질저하와 전력의 낭비를 최소화하고, 소비자가 만족할 품질의 토마토를 연중 일정한 양으로 공급할 수 있도록 하기 위해 개발 온습도와 조도 센서를 이용한 온실정보를 지속적으로 수집 및 분석하여 온도 예측 모델과 스케줄링 소프트웨어를 통한 재배일정 및 장비사용을 관리 할 수 있음

주요 기능은 식물공장 내의 온습도, 조도 데이터를 센서를 통해 측정하고, 측정된 정보를 바탕으로 온습도를 예측하고 토마토의 생육에 최적화된 환경제어를 위한 스케줄링 프로그램을 수행하는 것임

시스템의 구성을 보면 온습도와 조도 측정 센서, 누적온도 기반의 작물생육 예측 모델, 스케줄 및 환경정보를 표시하는 스케줄링 시스템으로 이루어져 있음



(2) 시장현황

- (가) 선진국은 이미지분석, 농업로봇, 시설환경 제어, 합리적 영농의사결정 등 다양한 분야에서 ICT 융·복합을 통한 기술개발을 추진하고 있음
- (나) 이의 실현을 위해 사물인터넷, 모바일, 포지셔닝시스템, 서비스지향 객체 아키텍처, 다국어 자동번역, 모델링 및 이미지 분석 등 첨단기술이 필요하며, 이에 가장 근간을 이루는 기술을 사물인터넷 기술로 두고 있음
- (다) 사물인터넷을 통해 수집되는 데이터를 분석하여 작목과 재배형태 및 생육단계별 최적 환경설정, 시설원예작물의 생리장해와 병해충 조기진단 및 수량예측 등에

활용하고 있음



-출처: 사물인터넷 스마트팜 (심근섭, 2014)-

(3) 경쟁기관현황

- (가) 스마트팜 분야에서 선두주자는 미국, 일본, 네덜란드 등을 꼽을 수 있음
- (나) 일본의 경우 후지쯔, NEC, NTT등의 대기업들이 농업분야에서 ICT기술을 접목하여 다양한 서비스를 제공하고 있음. 후지쯔의 농업관리 클라우드 서비스, NEC의 M2M 기반 생육 환경 감시 및 물류서비스 등이 대표적인 사례이에 따라 정부의 주도하에 스마트팜 산업 확대를 적극 장려 중임.
- (다) 야노경제연구소의 조사결과에 따르면 2020년 일본 스마트농업 시장은 308억엔 수준으로 2013년 대비 3.6배 성장할 것으로 전망. 특히 정밀농업 및 판매지원 솔루션, 경영지원 솔루션 분야에서 높은 성장을 기록할 것으로 전망하고 있음.
- (라) 중국의 쉐차이나는 50조원에 스위스의 농화학 기업인 ‘신젠타’를 인수 (2016년)
- (마) ‘몬산토’는 1조원을 투자해 인수한 ‘클라이미트 코퍼레이션’을 인수함. 클라이미트 코퍼레이션은 미국 250만개 지역의 주요 기후정보 데이터, 과거 60년간의 수확량 데이터, 1,500억 곳의 토양 데이터를 확보하여 이를 기반으로 개발한 지능형 소프트웨어 플랫폼을 공급하고 있음
- (바) 스마트 팜의 핵심은 농작물 생육환경과 관련된 빅 데이터의 구축으로, 전통 농수 산업에 사물인터넷(IoT)이 얼마나 잘 접목시키는지 성공 여부를 결정하는 관건임
- (사) 글로벌시장은 2025년에는 1.94조 달러 시장으로 성장할 것으로 예상됨

(4) 표준화현황

(가) 온실내 ICT 융합 관련 국외 연구

Gonda와 Cugnasca(2006)은 온실 내의 불균일하게 발생하는 환경적 특성에 따라 무선 센서 네트워크 시스템을 통한 실시간 환경 특성 모니터링뿐만 아니라 효율적인 제어조절을 위하여 온실용 무선 센서 네트워크를 제안함과 동시에 시스템의

장점과 미래 활용에 대한 표준 제언

Kanjilal 등(2014)은 생산 질 및 양을 증가시킴과 동시에 노동력 절감 등의 효과를 나타내는 현대 기술의 인지도를 개선하기 위하여 효율적인 스마트팜의 자동화 시스템에 대한 정보 제공 및 분석을 통한 체계 구축

(나) 모니터링 및 제어

온실 내부의 환경변수(온도, 습도, pH, 가스 농도 등)의 분석으로부터 환기, 냉·난방장치 등의 제어장치조절을 통한 작물의 최적화된 생육환경 조성과 관련된 연구 및 체계 구축(Ameur 등, 2001; Matese 등, 2009; Omid, 2004; Riquelme 등, 2009; Zhang 등, 2004). 모니터링 및 제어와 관련된 연구는 크게 모니터링 알고리즘, 계측 시스템 개발 및 이미지 프로세싱을 활용한 모니터링으로 구분

Chen 등(2002)은 다중 스펙트럼 화상 기술을 이용하여 작물의 성장 및 상태 모니터링이 원격 센싱 및 작물의 생리학적 상태를 기반으로 계측 알고리즘을 개발. Kia 등 (2009)은 퍼지 논리 방법론을 기반으로 온실 내부의 자동화 관개 시스템에 대한 지능적 관리 시스템 구축에 대한 연구를 수행하였으며 개발된 퍼지 논리 제어기는 관개 모델, 온실 환경 특성, 토양 조건 등을 바탕으로 작물의 수분 흡수량을 효과적으로 예측 할 수 있도록 표준 제언

또한 Guerbaoui 등(2013)은 냉·난방기의 On/Off를 결정하기 위하여 퍼지논리를 이용하여 자동적으로 온실 환경을 조절할 수 있는 시스템을 개발

(다) 서비스 플랫폼

Mancuso 등(2006)은 온실 내 미기후 모니터링 및 무선 센서 네트워크 기술 적용을 위해 온실 내 설치되는 무선센서를 개발하였으며 개발된 센서의 신호와 현장실험에서의 측정치간의 상관관계를 규명하고 작업자의 의사 결정을 지원하기 위한 시스템 구조를 개발.

Anurag 등(2008)은 외부 기상학적 요소들과 작물 재배에 있어서의 환경조건들의 실시간 데이터 측정을 위하여 무선 센서 네트워크 기술을 적용하여 다양한 정보를 취합하고 관개 및 시비시기를 제공하였다. Zheng 등(2011)은 스마트농업 서비스 시스템이 개발되는 가운데 PDA, Zigbee, 그리고 통합 관리 서버 PC와 시스템 구성에 관한 연구를 수행하였으며 PDA와 호스트간의 정보교환을 통해 실시간 관개 의사 정보를 제공하는 기술을 소개

Li 등(2012)은 온실 내 환경변수 측정을 위해 설치된 무선 센서로부터 출력되는 온·습도값을 인터넷 및 모바일으로 전송하여 실시간 온실 환경 모니터링을 위한 시스템을 구축. Li 등(2014)은 또한 독립된 원격 서버와 통신하는 온실 설계에 들어가는 높은 투자비용을 낮추기 위해 데이터를 중앙 집중화하기 위한 Gateway를 만들고 Gateway에서 통합 서버로 데이터를 전송하는 시스템을 설계, 이로부터 무선 센서 네트워크와 인터넷을 결합한 실시간 온실 환경 모니터링 및 제어 시스템을 개발함

7. 연구개발결과의 보안등급

코드번호	D-09
○ 해당사항 없음.	

8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	코드번호		D-10	
					구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록번호
-	-	-	-	-	-	-	-	-

9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

		코드번호	D-11
구분	주요내용	일시	비고 (미실시 사유)
안전관련 교육 및 훈련	연구활동종사자 정기교육 · 훈련	분기별 실시	
	신규채용자 교육	매월 실시	
	연구실 안전보건교육	2017. 09. 18 2018. 01. 16	
연구실 안전진단 및 검사	하계 연구실 안전 점검	2017. 09. 19	
	년초 연구실 안전 점검	2018. 01. 17	
연구내용 및 시설 안전조치	2017년 재배실 작업환경 측정	2017. 11. 15	
기타 안전조치 이행내용	재배실내 개인 전열기 사용 금지		
	재배실 및 동충하초에 외부균 오염방지를 위한 타 작물 및 위생복 미착용 외부인 출입 금지	매월 실시	

10. 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부 / 인용횟수 등)
1	논문	스마트팜에서의 동충하초 재배를 위한 생장관리 시스템에 관한 연구	(주)오토 팩토리	협동 기관	한국디지 털콘텐츠 학회 논문지	-	2018.06.15. (투고 예정)	단독	
2	특허	특용작물 생장 관리서비스 기술 개발	(주)오토 팩토리	협동 기관	대한민국	-	2018.05.08. (특허 출원)	단독	

11. 기타사항

코드번호	D-13
○ 해당사항 없음.	

12. 참고문헌

코드번호	D-14
○ 김혜주, 이태호, 권용삼, 손미원, 김채균, “밀리타리스 동충하초(<i>Cordyceps militaris</i>) 에탄올 추출물의 면역억제 마우스 면역활성에 미치는 영향”, 한국식품영양과학회지, Vol. 41, No. 4, pp. 494-500, 2012.	
	오세욱, 김선희, 송효남, 한대석, “동충하초 품종별 영양성분 비교”, 한국식품과학회지, Vol. 35, No. 1, pp. 15-22, 2003.
	강복희, 이상한, 허상선, 신용규, 이동선, 장홍배, 송봉준, 이진만, “눈꽃동충하초의 배양적 특성”, 한국식품저장유통학회, Vol. 17, No. 3, pp. 365-369, 2010.
	유영진, 서경원, 이공준, 최동철, 최정식, 박정식, 성재모, “곡물배지를 이용한 번데기동충하초 재배기술”, 한국버섯학회지, Vol. 5, No. 2, pp. 81-85, 2007.
	R.A. Humber, “Fungal pathogens and parasites of insects”, Applied microbial systematics, ED. F. G. Priest and M. Goofellow, Kluwer cademic Publishers.
	N. Kinjo, M. Zang, “Morphological and phylogenetic studies on <i>Cordyceps sinensis</i> distributed in southwestern China”, Mycoscience, Vol. 42, No. 6, pp. 567-574, 2001.
	J.S. Zhu, G.M. Halpern, K. Jones, “The scientific rediscovery of an ancient Chinese herbal medicine: <i>Cordyceps sinensis</i> part I”. The Journal of Alternative and Complementary Medicine, Vol. 4, No. 3, pp. 289-303, 1998.
	Y.B. Seo, J.K. Lim, “A bibliographical study on the origin of Chinese Caterpillar Fungus”, The Korea Journal of Herbology, Vol. 13, No. 2, pp. 181-187, 1998.
	한대석, 송효남, 김영언, “동충하초의 현황, 문제점 및 연구방향”, 식품과학과 산업, Vol. 32, No. 4, pp. 67-71, 1999.
	D.C. Steinkraus, J.B., Whitfield, “Chinese caterpillar fungus and world record runners”, American Entomologist, Vol. 40, No 4, pp. 235-239, 1994.
S.M. Cho, H.J. Park, G.S. Seo, J.D. Hong, “Effect of medis composition on the cordycepin and content nutritional components of <i>Cordyceps militaris</i> ”, The Korean	

Journal of Mycology, Vol. 37, No. 2, pp. 161-166, 2009.

민재홍, “스마트팜 기술 동향과 발전 방향”, 정보통신기술진흥센터 기획시리즈, 1778호, pp. 2-12, 2016.

김상철, “한국의 스마트팜 정책 및 기술개발 현황, 한국형 스마트팜 산업 전략 국제심포지엄”, 농촌진흥청, pp. 15-33, 2016.

이지웅, 황정환, 여현, “농업 ICT 융합기술 동향 및 발전 방향”, 한국통신학회지, Vol. 31, No. 5, pp. 54-60, 2014.

장인국, 김세한, 박현, 김명은, 은지숙, “스마트팜을 위한 인공지능망 기술 및 발전 방향”, 정보통신기술진흥센터 기획시리즈, 1777호, pp. 2-12, 2016.

정결, 최영수, “VIS/NIR 스펙트럼을 이용한 배 당도 예측 인공지능망 개발”, 한국농업기계학회 2014 추계학술대회, Vol. 19, No. 2, pp. 226-227, 2014.

F. Kurtulmus, W.S. Lee, A. Vardar, “Immature peach detection in colour images acquired in natural illumination conditions using statistical classifiers and neural network”, Precision Agriculture, Vol. 15, No. 1, pp. 57-79, 2014.

V. Vapnik, The Nature of Statistical Learning Theory, Springer, New York, 1999.

A. Yang, S. Jiang, and H. Deng, “A P2P network traffic classification method using SVM”, The 9th International Conference for Young Computer Scientists, pp. 398-403, 2008.

J. Yu, H. Lee, M. Kim, and D. Park, “Traffic flooding attack detection with SNMP MIB using SVM”, Computer Communications, Vol. 31, No. 17, pp. 4212-4219, 2008.

J. Han and M. Kamber, Data Mining: Concept and Techniques, Morgan Kaufmann Publishers, 2nd Ed., pp. 227-242, 2007.

B. Wu, W. Zhou, and W. Zhang, “The applications of data mining technologies in dynamic traffic prediction”, Intelligent Transportation Systems, IEEE, Vol. 1, pp. 396-401, 2003.

J. Yu, H. Kang, D. Park, H.C. Bang, D.W. Kang, “An in-depth analysis on traffic flooding attacks detection and system using data mining techniques”, Journal of

Systems Architecture, Vol. 59, No. 10, pp. 1005-1012, 2013.

S. Ruggieri, "Efficient C4.5", IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 14, No 2, pp. 438-444, 2002.

A.P. Muniyandi, R. Rajeswari, R. Rajaram, "Network anomaly detection by cascading k-Means clustering and C4. 5 decision tree algorithm", Procedia Engineering, Vol. 30, pp. 174-182, 2012.

W. Dai, W. Ji, "A mapreduce implementation of C4. 5 decision tree algorithm", International journal of database theory and Application, Vol. 7, No. 1, pp. 49-60, 2014.

주 의

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