

차세대 온실 종합 관리 플랫폼

(IoT based smart greenhouse automation platform)

2023. 4. 20. (목)

방 지 응

 국립원예특작과학원 시설원예연구소

목차 (CONTENTS)

- I. 개요
- II. 국내외 현황
- III. 스마트 온실 당면과제
- IV. 스마트 온실 해결방안
- V. 종합결론



차세대 온실 종합 관리 플랫폼
IOT BASED SMART GREENHOUSE AUTOMATION PLATFORM

I 개요

I. 개요

1. 시설원에 스마트팜

① 개념

- 비닐하우스, 유리온실 등에 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 인공지능, 로봇 등 4차 산업혁명기술을 접목하여 작물의 생육 환경을 원격·자동으로 적정하게 유지·관리할 수 있는 농장

② 세대별 비교

| 구분 | 1세대 | 2세대 | 3세대 |
|----------|------------------|------------------------|-----------------------------|
| 목표효과 | 편의성 향상 '좀 더 편하게' | 생산성 향상 '덜 투입, 더 많이' | 지속가능성 향상 '누구나 고생산·고품질' |
| 주요기능 | 원격 시설제어 | 정밀 생육관리 | 전주기 지능·자동관리 |
| 핵심정보 | 환경정보 | 환경 및 생육 정보 | 환경 및 생육, 생산 정보 |
| 핵심기술 | 통신기술 | 통신기술, 빅데이터, 인공지능 | 통신기술, 빅데이터, 인공지능, 로봇 |
| 의사결정/제어 | 사람/사람 | 사람/컴퓨터 | 컴퓨터/로봇 |
| 대표 예시 | 스마트폰 온실 제어 시스템 | 데이터 기반 생육 관리 소프트웨어 | 지능형 로봇 농장 |
| 시스템 구성요소 | 복합환경제어시스템 + 모바일 | 복합환경제어시스템 + 모바일 + 클라우드 | 복합환경제어시스템 + 모바일 + 클라우드 + 로봇 |

※ 출처 : 농림축산식품부 정책홍보 자료 (<https://www.mafra.go.kr/home/5280/subview.do>)

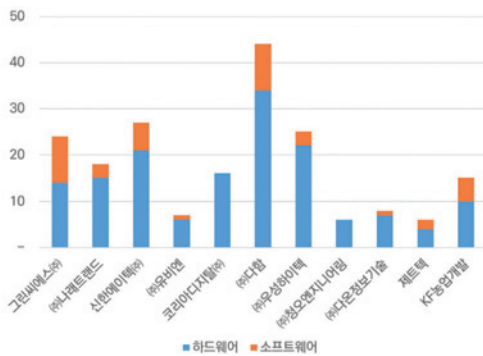
차세대 온실 종합 관리 플랫폼
IOT BASED SMART GREENHOUSE AUTOMATION PLATFORM

II 국내외 현황

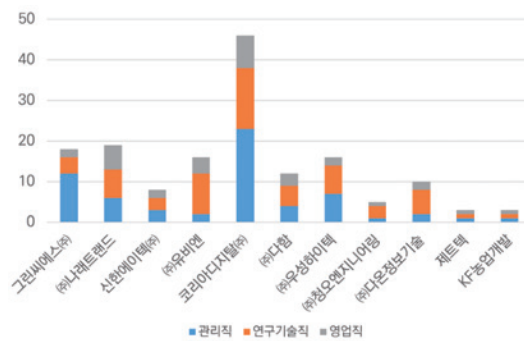
II. 국내외 현황

1. 국내 현황

- ① 국내 복합환경제어시스템은 그린씨에스(주), 신한에이텍(주), 코리아디지털(주) 등 11개 기업에서 개발 및 보급
 - 평균 인원 수 14.18명 중 연구기술직은 5.63명으로 전체 약 40%
 - 시스템 평균 판매 금액은 약 18백만원으로 옵션에 따라 상이함
 - * 하드웨어 : 약 14백만원(78%), 소프트웨어: 약 4백만원(22%)
 - * 정밀 센서 및 구동기 제어 보장 등 하드웨어 신뢰성 부분을 중심으로 홍보
 - 환경제어기와 양액기 통합 솔루션 보유 기업은 6개(약 55%)로 적음



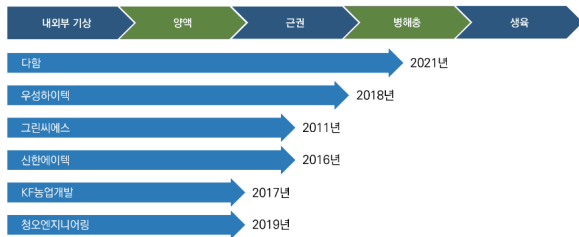
< 국내 기업별 인력 분포(명) >



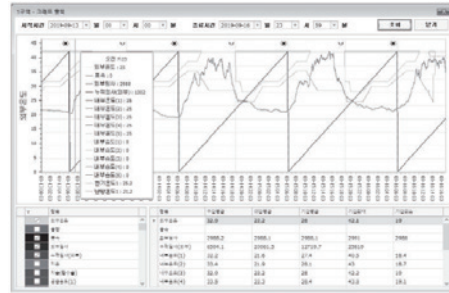
< 국내 복합환경제어시스템 가격 분포(백만원) >

① 대부분의 기업들은 환경 센싱 및 구동기 온/오프 제어의 신뢰성 확보에 노력

- 유선 통신 기반 환경 센싱 항목 다양화 및 시각화 기술 개발
 - * (기존) 내외부 환경정보 → (확대) 배액, 토양함수율, 병해충 정보 등
 - * 표준 스마트팜 유선 통신 프로토콜 기반 센서 사용
 - * 그래프, 차트 등을 활용한 데이터 시각화 및 비교 서비스 등 다양화 시도
- 구동기 제어 신뢰성 제고를 위한 모바일 원격 관리 서비스 확대
 - * (기존) 제어 패널 직접 확인 → (개선) 모바일 앱을 통한 점검 방식
 - * 구동기 오동작, 정전 등 시스템 오류 시 모바일 알림 서비스 제공
 - * CCTV 활용 온실 내 구동기 정상 동작 유무 실시간 확인 서비스 제공



〈 국내 주요 기업 환경 센싱 현황 〉



〈 국내 주요 복합환경제어 데이터 시각화 현황 〉

- 단일 지표 기반 정밀 구동기 온/오프 제어 모델 사용
 - * (기존) - 대부분 일일 구간별 냉난방 온도 구간 설정 모델 활용
 - * 구간별 온도 관리를 위해 천창 및 측창, 유동팬 등 온/오프 제어
 - * 온/오프 제어 시 발생하는 온도 편차를 줄이기 위해 시간 지연, 오차 범위, 평균, 비례 알고리즘 등을 활용

〈 국내외 환경 제어 요소별 활용 지표 현황 요약 〉

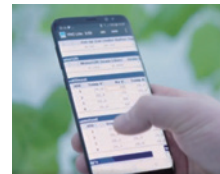
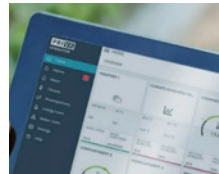
| 구분 | 국내 | | 국외 | |
|-----------------|-------------------------------|----------------------------|--|--------------------|
| | 주요 기준 지표 | 제어모델 | 주요 기준 지표 | 제어모델 |
| 환기 | 온도, 상대습도, 풍향, 풍속, 감우 온도, 상대습도 | 시간 지연, 오차 범위, 비례(P-밴드, 적분) | 온도, 습도부족분, 일사량, 누적일사량, 풍향, 풍속, 비, 강풍, 안개, 태양위치, 병해충 유무, 지붕 청소 로봇 작동 유무 | 비례(P-밴드) |
| 공기유동 | 온도 | 오차 범위 | 온도, 수평·수직 온도편차, 상대습도, 습도부족분, 수평·수직 습도차이, 난방온수온도, 풍향, 커튼 계폐율 | 냉난방, 분무에 따른 오차 범위 |
| 냉방 | 온도 | 오차 범위 | 온도, 최대·최소 냉방 수온 | 오차 범위, 비례(P-밴드) |
| 난방 | 온도, 상대습도, 일사량 | 오차 범위 | 온도, 적산온도, 일사량, 누적일사량, 습도부족분, 파이프 가열 및 냉각 시간 | 난방부하에 따른 난방온수온도 모델 |
| 차광 | 온도, 일사량 | 오차 범위 | 최소 일사량, 최소 외기온도, 최대 달기 시간, 일출 및 일몰 시간 | 시간 구간, 오차 범위 |
| CO ₂ | CO ₂ | 오차 범위 | 풍속, 천창 오픈 위치, 온도, 습도, 팬앰퍼드(냉방) | 시간 구간, 오차 범위 |

2. 국외 현황

- ① 국외 복합환경제어시스템은 프리바(네덜란드), 호겐도른(네덜란드) 등에서 세계적으로 판매 및 보급 중
 - 대표적으로 프리바(Priva)의 경우 전세계 72개국에 공급하고 있으며, 매년 매출액의 약 18%를 R&D에 투자하고 있음
 - * 복합환경제어시스템은 하드웨어(Priva Connext) 및 소프트웨어(Priva Office Direct)로 구성되어 있으며 최적의 온실 기상 및 양액 관리 서비스 제공
 - * 클라우드 기반 데이터 관리 및 모바일 원격 모니터링 서비스 제공
 - 프리바는 온실 규모 및 서비스 기능에 따라 복합환경제어기 3종, 양액기 3종을 판매하고 있음
 - * 복합환경제어기의 경우 1구역 기준 45백만원에서 1억원까지, 양액기는 38백만원에서 60백만원까지 국내에서 판매되고 있음
 - 프리바 오픈 플랫폼(Priva Open Platform)
 - * 다양한 무선 센서 제조사가 환경제어시스템과 연계 할 수 있도록 개방 플랫폼을 통해 이종 센서 간 데이터 모니터링 및 원격 제어 허용
 - * 파트너십을 맺은 기업이 클라우드를 통해 자사의 응용 애플리케이션 개발하고 판매하는 것을 허용



< 복합환경제어기: (좌) 하드웨어, (우) 소프트웨어 >



< 모바일 원격 모니터링 서비스 >

- 호겐도른(Hoogendoorn)의 경우 전세계 32개국에 공급하고 있음
 - * 복합환경제어시스템은 차세대 iSii 프로세스 컴퓨터로 구성되어 있으며 최적의 온실 기상 및 양액 관리 서비스 제공
 - * iSii는 다양한 온실 관리 모델이 S/W 모듈화되어 있어 언제든지 사용자가 원하면 추가할 수 있는 구조로 되어 있음
 - 호겐도른은 기능에 따라 복합환경제어기 2종을 판매하고 있음
 - * 1구역 기준 iSii는 85백만원, iSii Agua는 55백만원에 국내에서 판매
 - 호겐도른 데이터 분석 플랫폼(Hoogendoorn Data Analysis Platform)
 - * 환경 데이터 시각화 및 다양한 지표를 통한 분석 도구 제공
 - * 온실 환경 모니터링, 식물 생육 균형 조절, 식물 생리학 기반 수확 예측 등 다양한 분석 서비스를 모듈화하여 시스템 구축 방식으로 이용 가능



< 복합환경제어기: (좌) 하드웨어, (우) 소프트웨어 >



< 모바일 원격 모니터링 서비스 >



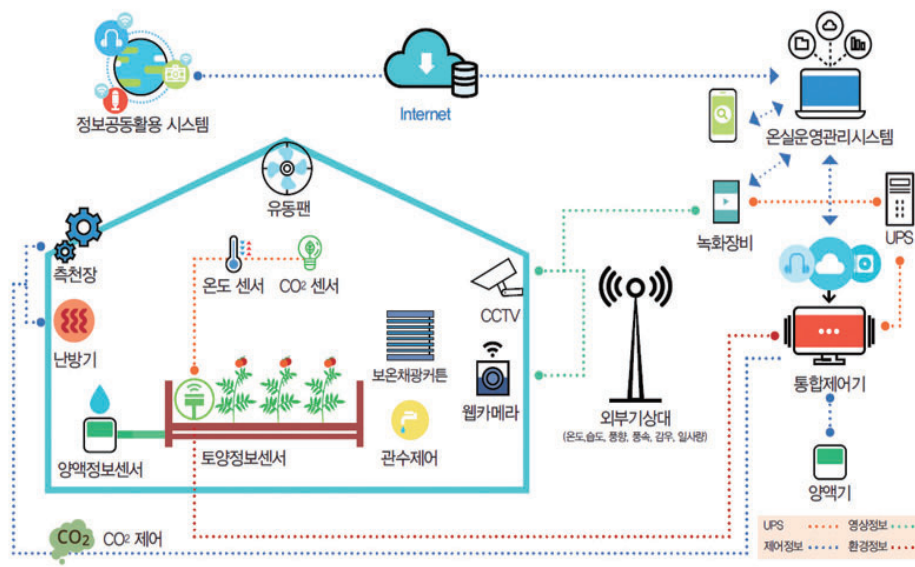
< 데이터 분석 플랫폼 >

차세대 온실 종합 관리 플랫폼
IOT BASED SMART GREENHOUSE AUTOMATION PLATFORM

III 스마트 온실 당면과제

III. 스마트 온실 당면과제

스마트 온실 구성요소



| | |
|------|---------------------|
| 인프라 | 전기, 유무선 통신 네트워크 등 |
| 모니터링 | 기상, 근권, 생육, 병해충 등 |
| 제어 | 환기, 냉난방, 탄산시비, 보광 등 |

※ 출처 : 농수축산신문, 스마트팜을 더 스마트하게, 2018.4.18 (<http://www.afnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=143246>)

1. 인프라

① 스마트팜 ICT 기자재를 위한 전기 설비 및 안전 관리 체계 미흡

- ① 온실 내 센서 등 ICT 기자재에 전원 공급을 위한 전기 배선 및 콘센트 부족 → 별도 전기공사 비용 발생
- ② 방수가 되지 않는 220V 콘센트 사용 및 전선마감불량, 과부하 등으로 인해 감전 및 화재사고 발생



! 스마트팜 ICT 기자재를 위한 전원공급시스템 및 전기시설 가이드라인 개발 필요

② 인터넷 및 내부 유무선 통신 네트워크 시설 부족

- ① 원격 모니터링 및 제어를 위해 유선 인터넷 설치는 필수이나 설치 불가 지역이 많음
 - 설치 불가 지역에는 LTE 라우터 사용 → 고가 요금제 및 산간지역 기지국 부족으로 통신 속도가 느림
- ② 가정용 유무선 네트워크 장비를 사용하는 경우가 많아 신호가 약하고 고장이 잦음



! 스마트팜 ICT 기자재를 위한 네트워크 구축 가이드라인 및 인터넷이 없어도 이용 가능한 시스템 개발 필요

2. 모니터링

① 온실 전용 센서 설치 브라켓 표준 부재

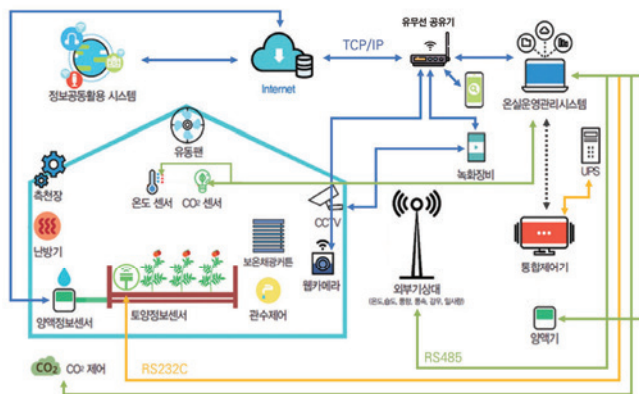
- ② 센서 설치 시 온실 기둥, 중방 등에 줄을 매달아 파이프를 이용하여 설치하는 등 다양한 방법이 사용
 - 사용되는 센서는 일반 산업에서 사용하는 제품으로 온실에 설치해서 사용할 경우 전용 브라켓이 없어 사용에 어려움이 많음



! 온실 내 설치가 용이한 표준 브라켓 규격 및 정밀한 측정이 가능한 하우스징 기술 개발 필요

② 단일 통신 네트워크 및 프로토콜 부재

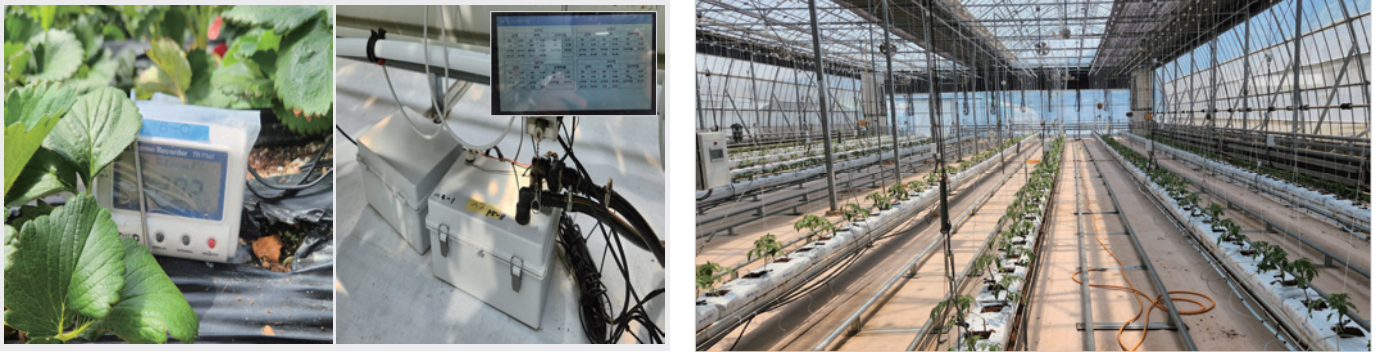
- ③ 온실 내 안정적으로 사용 가능한 통신 네트워크가 없어 기업마다 서로 독자적으로 구축
 - 가정용 Wi-Fi의 불안정한 신호와 타 제품간 IP 충돌, 설치 기사와 네트워크 장비 이해도 부족, A/S 등의 사유로 개별 구축
- ④ 수집 데이터 형태, 제어 기능 등 제품별 특성이 달라 사용하는 통신 프로토콜이 다름
 - RS485 기반 스마트팜 KS 통신 표준을 제정하였으나 제한된 연결 장치 수, 느린 전송 속도 등으로 인해 통합이 어려움



! 스마트 온실을 위한 통신 네트워크 표준화 및 모든 장비를 연결할 수 있는 새로운 통신 프로토콜 개발 필요

③ 데이터 분석을 위한 정보 수집 및 관리 체계 미흡

- ① 센서에서 수집되는 데이터의 측정 시간이 장비마다 차이가 존재함
 - 내부 장비 시계 오작동, 통신이 안되는 데이터로거 사용, 기업별 클라우드 서버를 통해 데이터를 제공받는 경우 등
- ② 센서의 특성, 설치 위치 등 데이터 분석을 위한 메타정보 관리체계 부족
 - 온실 내 센서 설치 위치, 정밀도, 오류, 측정 범위 등 분석을 위한 부가정보와 파이썬, R 등 프로그래밍을 위한 변수 명명법 등



! 동일 시간에 설치된 모든 센서의 값, 위치, 특성 등을 수집 및 관리할 수 있는 기술 개발 필요

3. 제어

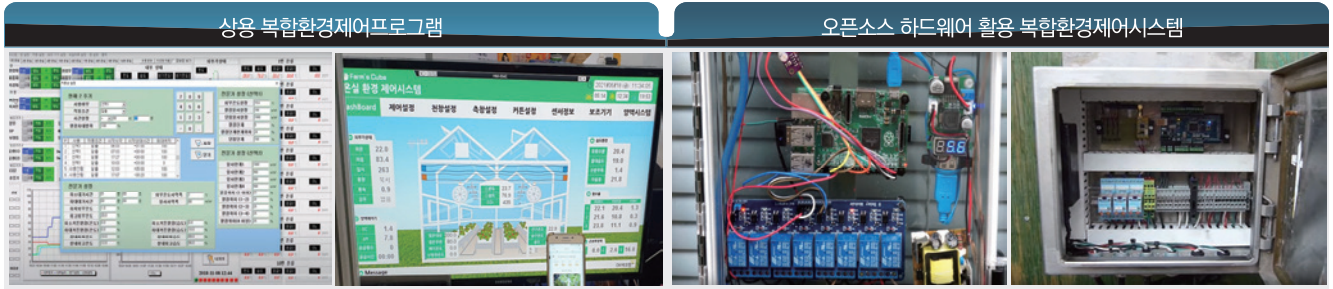
- ① 환경 제어 요소별 개별 컨트롤러 사용으로 통합 제어가 어려움
 - ② 기존 복합환경제어시스템과 별개로 동작하며, 독립된 센서와 제품 고유의 제어 프로그램을 사용
 - 단순 온/오프 제어는 가능하나 알고리즘을 사용한 동작은 복합환경제어시스템 내 추가적인 프로그램 개발 및 비용 발생
 - 알고리즘 제공으로 인한 기술 유출 우려 및 오작동으로 인한 책임 소재, A/S 등으로 인해 개별 컨트롤러 사용이 많음



! 개별 컨트롤러를 없애고 복합환경제어시스템 내에서 통합 관리할 수 있는 기술 개발 필요

② 연구용 표준 복합환경제어시스템 부재

- ① 환경 제어 또는 생육 모델 개발, 신규 센서 검증 등 연구용 표준 시스템이 없어 기술 개발에 어려움이 많음
 - 기존 복합환경제어프로그램은 임의로 수정할 수 없어 새로운 기능을 추가하거나 변경할 수 없음
 - 새로운 모델을 개발하기 위해서는 기존 개발사와 공동 연구를 수행하거나 직접 하드웨어나 소프트웨어를 개발해야 함
- ② 오픈소스 하드웨어를 이용하여 연구에 많이 활용하고 있으나 비전문가 입장에서 너무 많은 시간과 비용이 소요
 - 아두이노 또는 라즈베리 파이 등을 이용하여 간단한 데이터 수집이나 구동기 동작은 가능하나 복합적인 실험은 어려움
 - 데이터 통신, 데이터베이스, 사용자 인터페이스, 시각화 등을 적용하기 위해서는 전공자 수준의 프로그래밍 공부가 필요



연구자가 쉽게 알고리즘 및 모델을 개발하고 적용할 수 있는 연구용 표준 시스템 개발 필요

차세대 온실 종합 관리 플랫폼
 IOT BASED SMART GREENHOUSE AUTOMATION PLATFORM

IV 스마트 온실 해결방안