120002-2

광학 계측 기구를 활용한 스마트 농업 생산성 향상을 위한 실시간 작물 생육 분석 시스템 및 데이터베이스 개발

2022

농림축산식품부 농림식품기술기획평가원

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

농식품기술융합창의인재양성사업 2022년도 최종보고서

발간등록번호
11-1543000-004212-01

광학 계측 기구를 활용한 스마트 농업 생산성 향상을 위한 실시간 작물 생육 분석 시스템 및 데이터베이스 개발

2022.11.09.

주관연구기관 / 카탈로닉스

농 림 축 산 식 품 부

(전문기관)농림식품기술기획평가원

■ 농림축산식품연구개발사업 관리기준 [별지 제17호 서식] <제23조제3호 관련>

최종보고서

보안등급: 일반[●], 보안[ ]

중앙행정기관명	농림축산식품부	사업명	사업명		
전문기관명 (해당 시 작성)	농림식품기술기획평가원		내역사업명 (해당 시 작성)		
공고번호	120002-2	총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
		연구개발과제번호			

기술분류								
국가과학기술 표준분류	LB0899	40 %	LB0804	40 %	ND0506	20 %		
농림식품과학기술분류	RC0199	40 %	RC0103	40 %	RA0401	20 %		

총괄연구개발명 (해당 시 작성)	국문			
	영문			
연구개발과제명	국문	광학 계측 기구를 활용한 스마트 농업 생산성 향상을 위한 실시간 작물 생육 분석 시스템 및 데이터베이스 개발		
	영문	A robust, real-time plant health analysis platform using big-data that is combined with an optical device with triple bandpass filter		
주관연구개발기관	기관명	㈜카탈로닉스	사업자등록번호	133-87-00830
	주소	(우)24252 강원도 춘천시 한림대학길 1, 12210호	법인등록번호	
연구책임자	성명	석 민	직위	대표이사
	연락처 직장전화		휴대전화	
	연락처 전자우편	m.suk@catalonix.com	국가연구자번호	1158 5732

연구개발기간	전체		2020. 01. 29 - 2022. 01. 28(2 년 0 개월)
	단계 (해당 시 작성)	1단계	-
		n단계	-

연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
					지방자치단체		기타( )					
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계		200,000	3,350	63,650	-	-	-	-	203,350	63,650	267,000	-
1단계	1년차	100,000	3,350	30,150	-	-	-	-	103,350	30,150	133,500	-
	2년차	100,000	-	33,500	-	-	-	-	100,000	33,500	133,500	-
n단계	1년차	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	n년차	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
공동연구개발기관							
위탁연구개발기관							
연구개발기관 외 기관							

연구개발담당자 실무담당자	성명	석 민	직위	대표이사
	연락처 직장전화		휴대전화	
	연락처 전자우편	m.suk@catalonix.com	국가연구자번호	1158 5732

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

2022 년 03 월 12 일

연구책임자: 석 민 (인)

주관연구개발기관의 장: 석 민 (직인)
공동연구개발기관의 장: (직인)
위탁연구개발기관의 장: (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

< 요 약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

<table>
<tr><td colspan="2">사업명</td><td colspan="3">농식품기술융합
창의인재 양성 사업</td><td>총괄연구개발식별번호
(해당 시 작성)</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">내역사업명
(해당 시 작성)</td><td colspan="3"></td><td>연구개발과제번호</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술분류</td><td>국가과학기술
표준분류</td><td>LB0899</td><td>40 %</td><td>LB0804</td><td>40 %</td><td>ND0506</td><td>20 %</td></tr>
<tr><td>농림식품
과학기술분류</td><td>RC0199</td><td>40 %</td><td>RC0103</td><td>40 %</td><td>RA0401</td><td>20 %</td></tr>
<tr><td colspan="2">총괄연구개발명
(해당 시 작성)</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제명</td><td colspan="6">광학 계측 기구를 활용한 스마트 농업 생산성 향상을 위한 실시간 작물 생육 분석 시스템 및 데이터베이스 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">전체 연구개발기간</td><td colspan="6">2020. 01. 29 - 2022. 01. 28 (24개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">총 연구개발비</td><td colspan="6">총 267,000 천원
(정부지원연구개발비: 200,000 천원, 기관부담연구개발비 : 67,000 천원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발단계</td><td colspan="3">기초[ ] 응용[●] 개발[ ]
기타(위3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]</td><td>기술성숙도
(해당 시 기재)</td><td colspan="2">착수시점기준(6)
종료시점목표(8)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제 유형
(해당 시 작성)</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제 특성
(해당 시 작성)</td><td colspan="6">당 연구개발의 경우 기존 과제와 달리 기술개발과 동시에 인재를 양성하는 측면에 역점을 두어 진행되었으며, 이를 통하여 실무 기술인력을 확보, 기업 및 국가과학기술발전에 도움이 되고자 하는 목적을 가지고 있음.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구개발
목표및 내용</td><td>최종 목표</td><td colspan="6">다분광 원천기술을 활용한 실시간 작물 생육도 분석 계측기구를 개발하며, 이를 통하여 다양한 환경에 설치가능한 무인 모니터링 스테이션을 설계 및 개발 완료하며, 수집한 데이터를 인공지능적으로 처리하고 해석할 수 있는 빅데이터 플랫폼을 완성함.</td></tr>
<tr><td>전체 내용</td><td colspan="6">1) 다분광 계측기구: 빛의 다양한 파장 중 식물의 반응도에 따라 파장 차이를 보이는 종류의 것에 대해 선택적으로 인지할 수 있는 민감도를 가진 기기를 설계하여 이를 통하여 실시간 생육도를 계측, 작물의 건강 여부를 알 수 있는 신규 제품의 개발
2) 무인 모니터링 스테이션 : 작물 생장에 영향을 미치는 다양한 환경인자 (대기, 수문, 기타 환경)를 수집할 수 있도록 설계된 통합 모니터링 시스템을 완성하고, 자체 전원 및 무선 통신 기능을 통하여 중앙 관제 시스템으로 수집한 빅데이터를 자동 전송하는 에지 컴퓨팅 노드의 완성
3) 인공지능 빅데이터 해석 플랫폼 : 수집한 빅데이터의 시계열, 통계, 기계학습적 해석을 통하여 작물이 건강하지 않은 경우 타당한 이유를 찾아내고 그에 따라 관수 혹은 시비 등의 농작업을 촉구하여 생산성을 극대화하고 관리에 소요되는 인력을 절감할 수 있게 하는 해석 기반 마련</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>연구개발성과</td><td>1) 원천기술 개발 : 다분광 계측기술 및 해석 기술을 개발 완료하였으며 이의 적용성을 강화하기 위하여 부가 연구를 수행, 해양, 하천, 기타 환경분야에도 두루 적용할 수 있는 해석능력을 강화한 제품을 출시하였음.
2) 기계기구 개발 : 무인 모니터링 스테이션의 3차 재설계를 통하여 오지나 험지에도 쉽게 장착할 수 있는 형태의 자체 전원 데이터 수집기를 출시하였음
3) 데이터 해석 기술 개발 : 클라우드 기반 빅데이터 마이닝 및 분석 플랫폼 및 알고리즘을 개발 완료 하였으며 이를 통하여 수집한 빅데이터의 대시보드를 고객사에 제공하고 있음
4) 응용분야 개척 : 농업 분야 이외에도 녹조 탐지 등의 부가기능을 개발하여 현재 민감도 분석 및 학술 논문을 작성 중에 있음
5) 제품화 및 사업화 : 서울시설공단 및 크리스탈밸리 골프장 등에 사용성을 입증하여 이를 납품, 현재 운용 중에 있음</td></tr>
<tr><td>연구개발성과 활용계획 및 기대 효과</td><td>1) 활용계획 : 현 개발 완료 제품은 시장 출시 상태로 적극적인 홍보를 통하여 수요를 발굴하고자 함. 또한 개발 완료된 제품을 바탕으로 전남지역 테스트베드, 판교 테스트베드, 경기 테스트베드 등에서 고도화를 위한 추가 연구개발을 수행 예정에 있으며 이를 통하여 국내 및 해외 수요를 극대화할 계획에 있음.
2) 수출계획 : 현행 태국 2개사 MOU, 베트남 1개사 MOU를 바탕으로 험지 농가의 생산성 증대를 위하여 약 10기 정도의 파일럿 수출을, 이후 100기 내외의 수출 규모가 2022년 내 이루어질 것으로 사료됨
3) 기대효과 : 현재까지 시장에 존재하지 않았던 농업 모니터링 방법론을 제공함으로써 3세대 스마트팜의 달성에 더욱 가까이 가는 효과를 가질 수 있을 것으로 사료되며, 또한 국내 원천기술 기반의 농업 생산성 향상을 통해 큰 경제적 효과를 누릴 수 있을 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td>연구개발성과의 비공개여부및 사유</td><td>해당없음</td></tr>
<tr><td>연구개발성과의 등록・기탁건수</td><td>
<table>
<tr><th rowspan="2">논문</th><th rowspan="2">특허</th><th rowspan="2">보고서 원문</th><th rowspan="2">연구시설・장비</th><th rowspan="2">기술요약정보</th><th rowspan="2">소프트웨어</th><th rowspan="2">표준</th><th colspan="2">생명자원</th><th rowspan="2">화합물</th><th colspan="2">신품종</th></tr>
<tr><th>생명정보</th><th>생물자원</th><th>정보</th><th>실물</th></tr>
<tr><td>2</td><td>25</td><td>1</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>연구시설・장비 종합정보시스템 등록 현황</td><td>
<table>
<tr><th>구입기관</th><th>연구시설・장비명</th><th>규격(모델명)</th><th>수량</th><th>구입연월일</th><th>구입가격(천원)</th><th>구입처(전화)</th><th>비고(설치장소)</th><th>ZEUS 등록번호</th></tr>
<tr><td colspan="9">전 장비 자체보유</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>국문핵심어 (5개 이내)</td><td>스마트팜</td><td>생육도</td><td>원격탐사</td><td>모니터링</td><td>인공지능</td></tr>
<tr><td>영문핵심어 (5개 이내)</td><td>smart-farming</td><td>vegetation index</td><td>remote sensing</td><td>monitoring</td><td>artificial intelligence</td></tr>
</table>

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요····· 5

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용····· 10

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도····· 16

4. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도····· 111

5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획····· 112

별첨 자료····· 115

1. 연구개발과제의 개요

가. 연구개발과제의 필요성

과 제 총 괄 목 표

지상기반 원격 식생-작물 실시간 모니터링 기술을 통한 농업 생산성 향상

세 부 목 표

생육도 계측 기계기구 개발	무인 모니터링 스테이션 개발	빅데이터 분석 및 기계학습 플랫폼 개발
▸실시간 생육도 산출 다분광 광학계측 기술	▸Rugged 시스템 개발 험지 및 오지 설치 가능	▸인공지능 해석 기반 마련 자동 머신러닝/시각화

농식품기술융합 창의인재 양성 사업 - 산업기반연구지원

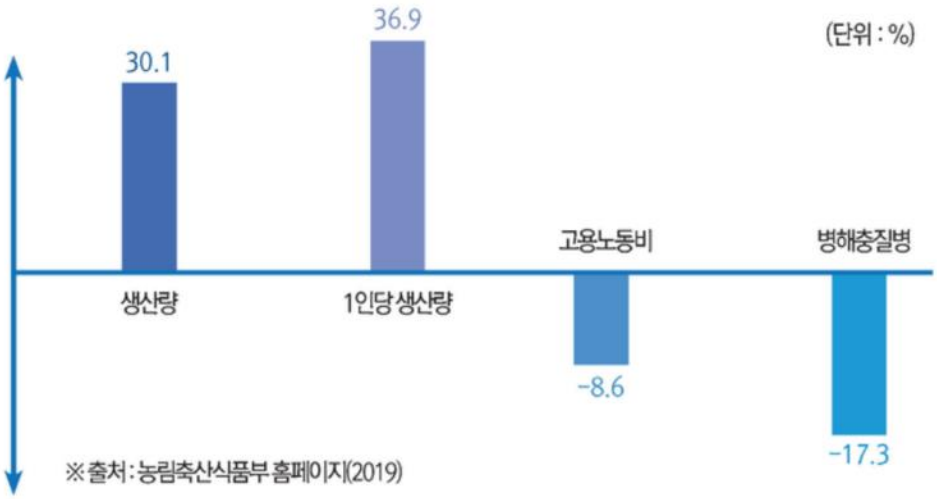
세부 과제 소요	과제 마일스톤
1. 생육도 계측 기계기구	1.1 다분광 계측 기술 개발
	1.2 계측 해석능력 향상 - 민감도 분석
	1.3 최종 다분광 영상 산출 기계기구 개발
2. 무인 모니터링 스테이션	2.1 험지 및 오지 적응성 강화
	2.2 자체 전원 및 충전 시스템 개발
	2.3 다중 센서 연결 및 원격 통신 기능 개발
	2.4 테스트베드 및 실증 적용
3. 빅데이터 분석 및 기계학습 플랫폼 개발	3.1 자동 데이터마이닝 및 인공지능 분석
	3.2 시각화 및 기계학습 구동 개발

◇ 농업 환경 변화와 스마트팜 모니터링 기술의 소요

스마트팜 기술이란 광의(廣義)로는 농작물 생육 정보 및 이에 수반하는 환경 정보 등에 대한 많은 양의 데이터를 바탕으로 작업자의 위치 및 시간에 구애되지 않고 농산물의 생산성과 품질 제고가 가능한 농업 방식으로 정의할 수 있다[1]. 이와 더불어 협의(狹義)로는 농산물 재배에 수반되는 농경 작업을 적시에 자동으로 투입 및 처방함으로써 많은 생산량과 높은 품질의 농작물을 얻는 기술적인 바탕을 말한다.

이러한 스마트팜 기술을 이용한 농업 환경의 개선은 생산성 및 효율성 면에서 많은 이점을 제공한다. 국내 농업은 2000년대 중반까지 지속적인 성장세를 보였음에도 최근에는 농가 소득 정체, 곡물 자급률 하락, 농촌 인구 감소 및 고령화와 더불어 지속적인 기후 변화 추세(climate change regime)에 따라 많은 어려움을 겪고 있다[2].

1) Walter, A., Finger, R., Huber, R., & Buchmann, N. (2017). Opinion: Smart farming is key to developing sustainable agriculture. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(24), 6148-6150.
2) 김지은, 이정우. (2019). 스마트팜 기술 및 시장동향 보고서. 과학기술일자리진흥원, 69. 1-14



전통적인 농업 대비 스마트팜의 생산성 분석

국내 농업생산액은 2001년 32조원에서 2012년 44조원으로 성장하였으나 이후 44조원 내외로 정체되어 있으며, 각 호당 평균 농업 소득은 2001년부터 2015년까지 약 15년간 1,130만 원으로 실질 소득이 감소 추세에 있다. 또한 농가 인구는 2000년 400만 명에서 2015년 260만 명으로 대폭 감소하여 노령화와 결부된 성장 위축이 심화되고 있다[3)4)]. 따라서 스마트팜 기술의 전폭적인 도입을 통해 일손 및 농업 생산성 문제의 해결이 시급하다.

◇ 스마트 작물 재배 모니터링 시스템의 부재 해결

이러한 당면 문제에 반해 현재까지 스마트팜 기계기구는 6차 산업혁명의 사조와 맞물린 이른바 "스마트팜" 기구의 보급 후에도 재래 재배 방법론에 치우쳐 있다. 종래의 스마트팜 기구는 일부 중소기업 및 해외 기업에 한정하여 국내 유통된 바 있으며, 이들 기구는 IoT(Internet of Things) 및 ICT(Information and Communication Technology)를 적용하여 사용자의 일손을 최소화 하였음을 그 홍보에 활용하였음에도 실질적으로는 인공지능적 작물의 생육 조건 파악이나 조실시간 모니터링 기능이 결여된 바 있다.

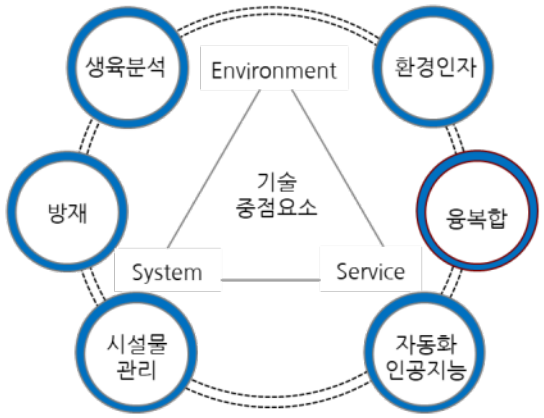
일례로, 기존 경작 기법은 경험적 방법론(empirically-driven method)에 따라 산출된 작물 생육 기간 및 적정 온습도 등의 기 보유 자료(pre-exisiting data)를 이용해 정해진 시간과 조건에 따라 작물의 재배에 관련한 관수 및 온습도 등의 환경인자(environmental variables)를 사람이 수동적으로 조절한다. 더불어, 이러한 방법은 식물의 현재 상태에 관계없이 기 작성된 일정(pre-programmed schedule)에 따라서만 작업을 요구하게 된다. 이에 따라 재배 대상 작물에게 최대 생산성 및 최적 생육도를 제공하기 어렵다.

이에 따라, 재배의 생산 효율성을 높이고 관상 및 원예 분야에 있어서는 적정 개화 시기 및 개화 유지 기간을 확보하기 위해 실시간 생육도의 계측이 필요하다.

3) KOSIS 국가통계포털. (2015). 농가인구통계, 농림어업조사, e-지방지표
4) KASS 국가 농식품통계 서비스. (2019). 농림업 부가가치 및 연도별 농가인구, 농가경제총괄 원천별 농가소득

기술 중점요소 및 시장 소요

기술 요소 구성 및 체계



▶ 환경에 대한 통합적인 통찰을 제공 (Environment)
▶ 분산 센서 및 계측망을 하나의 솔루션으로 통합 (System)
▶ 중장기적으로 지속가능한 분석-해석 서비스 제공 (Service)

비즈니스 기반기술 세부내용

분야	세부내용
생육분석	➢ 실시간 생육도 및 활력도 분석 및 제공 ➢ 수목, 식생, 잔디, 표면 조류(녹조 등) 분석 정보 제공
환경인자	➢ 대기 인자 : 풍향, 풍속, 대기오염, 미세먼지, 악취 등 ➢ 수문-토양 인자 : 함수율, 전기전도도 등
방재	➢ 화재감지 및 경보 (별도 추가 개발) ➢ 홍수 및 범람 경보 ➢ 기기 파손 및 훼손 경보
융복합 서비스	➢ 탄소 및 미세먼지 저감 효율 지표 산출 ➢ 웹 및 앱 기반 통계분석 및 기계학습 결과 표출 ➢ 향후 식생의 활력 예상, 생산량 예상 등
시설물관리	➢ 경기장 및 골프코스 등 설치지역 최적화 기술 제공 ➢ 지리정보체계(GIS) 기반의 데이터 현출 및 통계 제공
자동화 인공지능화	➢ 농작업, 식생 관리 작업 등의 자동화를 위한 자동동보 및 현출 시스템 제공 ➢ 작업 근거 마련 및 예산 절감 수행

◇ 당 연구개발을 통한 최종 개발 제품

당 제품 및 서비스는 노지 및 실내 재배 작물에 대하여 실시간으로 식물의 활력도(생육도)를 산출하며 이를 기계학습을 통해 예측할 수 있게 하는 기계기구 및 이에 수반하는 소프트웨어이다. 이를 통하여 관리자는 예측된 생육도에 따라 관수(물 주기) 및 시비(비료 주기)를 정확한 시기에 계획할 수 있고, 향후 기상전망에 따라 작업 요구도를 파악할 수 있어 식생 관리를 위해 소요되는 자원의 지속가능한 배분과 절감을 추구할 수 있다.

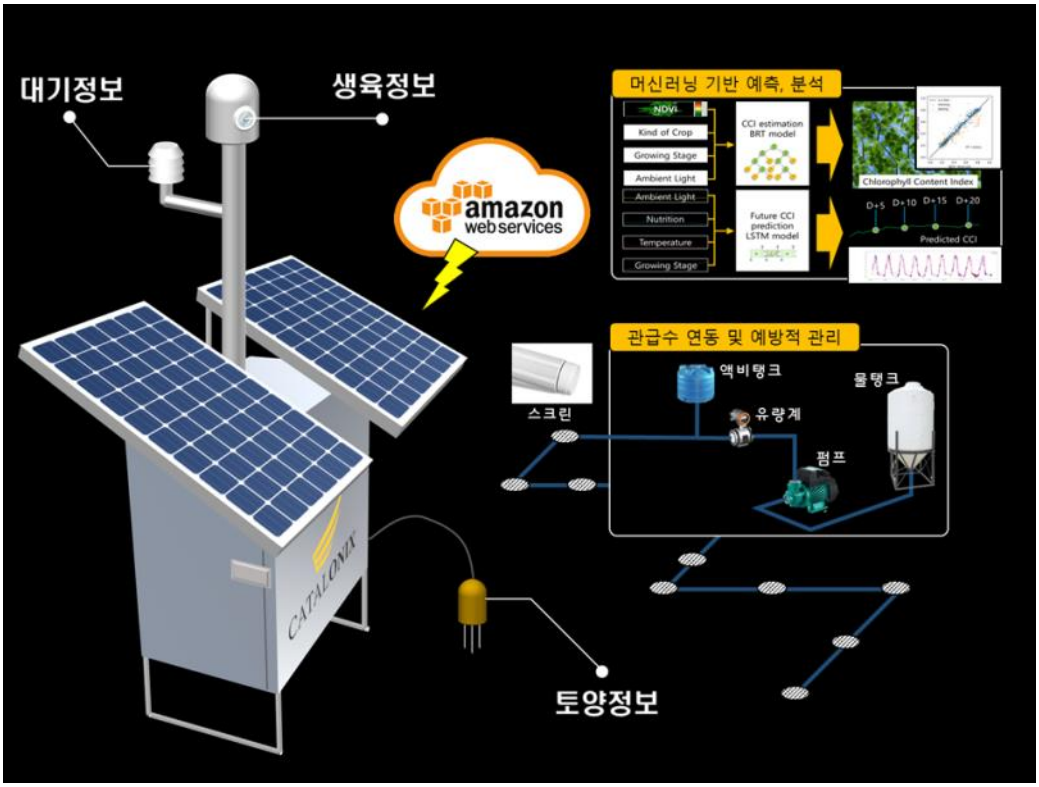
◇ 과제의 목표 및 개요

(1) 연구개발 목표 : 광학 관측 기구를 통하여 산출한 작물의 생육도와 작물의 생장에 영향을 끼치는 인자인 토양 함수율, 전기 전도도, 지온, 기온 및 습도를 바탕으로 기계학습을 통해 향후 생육도를 예측하며, 인공지능을 통해 관수 (물 주기) 및 시비 (비료 주기)를 자동으로 수행할 수 있도록 판단 지표를 제공하는 통합 스마트팜 장비 (무인 모니터링 스테이션) 연구개발

(2) 연구개발 기술
- 광학 원격탐사 기술 (optical remote sensing) : 작물 이미지 프로세싱 (다중 스펙트럼)
- 무선 통신 기술 (wireless communication) : 데이터 송수신 및 신호처리
- 기계 및 로봇 기술 (mechatronics) : 관수 밸브 제어, 시비 용액 제어

(3) 최종 개발 제품 : 무인 모니터링 스테이션 1, 관수 및 시비 모듈 1

(4) 제품 역할 일람
- 무인 스테이션 : 센서 신호처리, 이미지 프로세싱, 인공지능 작업 지시 (관수, 시비)
- 관수 및 시비 모듈 : 시비 용액 저장, 급수 탱크 연결, 유량 측정 및 펌프 로봇 조작



<스마트 노지농업을 위한 무인스테이션의 개념도>

◇ 과제의 단계별 목표 달성

(1) 총괄목표 (제품개발)

○ ICT 기반 광학 생육 모니터링 스마트팜 플랫폼 개발

<최종 개발 제품의 구성>

- 무인 스테이션 (통합 플랫폼) : 기술 성숙도 8단계 달성
- 광학 계측 및 환경인자 계측 알고리듬
- 관수 및 시비 제어 장치 및 알고리듬
- 빅데이터 처리 및 저장 클라우드
- 사용자 경험이 결합된 총괄 플랫폼

○ 총괄목표의 설정 근거

- 당 연구개발은 현재까지 개발되지 않은 실시간 작물 생육도 계측 방법론을 근거로 부가적인 환경 인자의 측정 기술을 결부하여 3세대 스마트팜 플랫폼을 개발하는 데에 그 목적이 있음

- 금년도 관수-시비 로봇 구동 알고리듬을 완성하며, 빅데이터 연동 및 통신기술의 검증, 빅데이터 수집자료의 검증 및 분광복사계를 이용한 캘리브레이션을 수행할 계획에 있음

- 본 연구개발은 다양한 작물의 광학적 분광복사 특성을 이용, 이를 데이터화한 자료를 생성하며 이는 향후 스마트팜 기계기구의 폭넓은 적용에 필수적인 자료로 판단됨

○ 기술 수준 및 성능

- 광학해상도 : 2,560 × 1,080 px
- 광학계측오차 : 다중의 소자를 이용한 픽셀 교차검증으로 RGB 밴드 신호 20 내외

- 지온 계측오차 : 1 ° C
- 동작환경
  1) 온도 : -20 ~ 75 ° C
  2) 습도 : 상대습도 0 - 100%, IP77 이상 방수방진
  3) 전원 : 공급전압 12V (자체 배터리 내장, 태양광 충전), 내부회로 3.3 ~ 5.5V

(2) 세부목표

○ 주요기능

가. 인공지능 관수 및 시비

나. 실시간 생육도 판단

다. 개화시기 및 열매시기 분석자료 제공

라. 작물 영양 과부족 및 병해충 진단으로 작업 통보

○ 광학 생육도 계측기구 및 알고리듬 개발

- 하드웨어: 가. 3중 밴드패스 필터를 적용한 촬상소자, 나. 소자와 중앙 게이트웨이와의 통신, 다. 분광복사계 데이터를 이용한 미세조정의 3단계로 구성. 각 단계는 1개월 간의 개발 및 실증 기간을 가짐

- 생육도 계측 및 빅데이터 구축 알고리즘: 가. 이미지 프로세싱 (픽셀 분리 등), 나. 생육도 산출 방정식 계산, 다. 데이터베이스의 저장. 이는 하드웨어 개발과 동시에 수행 예정

○ 무인 스테이션 개발

- 심미적으로 노지 작물 재배에 적합한 외관을 가지도록 설계 예정. 각 모듈은 설계 완료 상태이며 총괄적으로 2021년 말까지 제작 완료 계획

○ 중앙 게이트웨이 개발

- 통신 및 빅데이터 수집, 능동제어의 핵심으로 현재 회로 구성 완료
- 주요 기술 일람

가. 통신 알고리듬

나. 능동제어 알고리듬

다. 빅데이터 클라우드 연동 알고리듬 등이 개발 중이며 2020년 말 완료 계획

○ 빅데이터 클라우드 및 사용자 경험:

- 전방위적으로 수집한 데이터의 검증과 더불어 저장, 분석을 위하여 빅데이터 클라우드를 구축 예정

<기술의 용도>

○ 인공지능 관수 : 인공지능 판단에 따라 전자동 토양 물 공급

○ 인공지능 시비 : 작물의 상태판단에 따라 전자동 비료 공급

○ 생육도 추이 : 기계학습으로 생산량 예측에 사용할 수 있는 생육도 데이터베이스 제공

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

◇ 수행 개요 및 과정

<기술 분야 및 적용>

본 연구개발에 적용한 기술은 국가과학기술분류체계에 따라 크게

가. 광학/분광학 기술(NB05),

나. 자동화 계측/센서 기술(EA05),

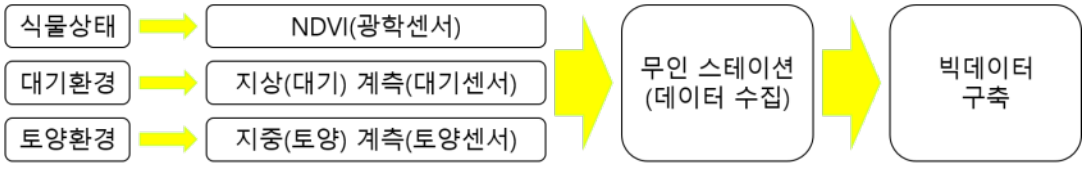
다. 농업 생산 기계 기술(LB08) 등으로 나뉜다.

광학 및 분광학 기술은 식물 및 토양환경, 재배 매질 등에 따라 크게 변하는 물질의 반사 특성을 이용하는 것으로, 특히 식물의 종별 특징이 다르다는 점을 이용한다. 이를 실무적으로 응용하기 위해서 본 연구개발은 광학 기술을 이용, 가능한 많은 수의 식물 별 분광복사 특성 자료를 수집하여 이를 빅데이터 작성의 기초자료로 활용한다.

자동화 계측 및 센서 기술은 다양한 센서의 통신방법과 더불어 회로의 일체화를 꾀하는 데에 이용되며, 당 연구는 지온, 대기온습도, 광학 반사도 등의 폭넓은 계측 분야를 포괄적으로 적용하기 위하여 해당 기술을 활용한다. 농업 생산 기계 기술은 식물의 재배 기법과 재배 생산성 향상에 있어 인공지능적으로 빅데이터를 활용하는 범주에 있어 적용되며, 당 연구개발의 핵심으로 자리한다.

<기술 수준 및 성능>

당 연구개발은 상술한 바와 같이 3세대 스마트팜 플랫폼을 제공하는 데에 그 목적이 있다. 3세대 재배 시스템은 사용자의 작업이 최소화 된 인공지능적 재배 플랫폼을 말하며, 우리나라 정부는 약 2040년 이후로 이의 상용화를 추진하고 있다. 아직까지도 완벽히 개발완료되지 않은 2세대 재배기구와 본 연구개발의 차이점은 재배 과정에 있어 사람의 판단 및 작업이 개입되는 지의 유무이며, 본 연구개발을 통해 획득할 수 있는 노지 스마트팜 시스템은 초기 설치 이후의 정기 점검 등을 제외하면 거의 없다고 할 수 있다. 또한 빅데이터 및 광학 계측, 센서 계측을 통한 데이터를 수집하여 능동적으로 환경인자를 조절한다는 점에 있어 당 플랫폼은 3세대에 걸맞는 전자동화 시스템이라 할 수 있다. 이러한 신규 재배 원천기술의 확보는 단순 상추 및 토마토를 재배하였던 1세대 스마트팜의 한계에서 벗어나 신규 작물 재배로 인해 큰 부가가치를 창출할 수 있으리라 사료된다. 또한 선제적인 3세대 스마트팜의 보급을 본 사업을 통해 확립한다면 미래 약용작물, 임산작물 등 다양한 작물 재배 분야에 있어 국가적으로 진일보할 수 있는 계기가 되리라 예측되는 바이다.



수목 및 작물의 생육환경 측정과 관리의 개념도

○ 기술 연구과정

- 작물의 생육환경

· 작물의 생육에 영향을 미치는 환경 요인에는 온도, 습도, 광량, 토양 수분, 대기조성 등이 있으며 이 중 지리적인 조건에 따라 극적으로 변화하는 온도 및 토양조건이 가장 중요한 요인임

· 온도(기온, 지온)는 식물의 분포와 수도, 종자휴면, 발아 등을 결정하는 중요한 환경 요인이며 이에 순응하지 못한 수목은 생육이 멈추거나 고사함

· 토양환경 또한 작물의 생육에 매우 중요한 요인이며 주변 환경이 양호한 지역일지라도 토양환경이 적합하지 못하면 정상적인 생육이 불가능함

· 따라서 작물의 예방적 관리를 위해서는 기온, 지온, pH, 토양수분함량 등 주요 생육인자들의 시계열 변화를 실시간으로 모니터링하고 수목의 상태를 예측할 필요가 있음

- 원격탐사를 이용한 작물의 모니터링

· 원격탐사는 특정 물체로부터 반사되는 다양한 분광 영역(spectrum)의 전자기파를 분석하여 그 특성을 파악하는 기법으로, 수목 등 식생의 경우 근적외선(NIR) 및 적색광(Red)영역의 분광신호 비율을 이용한 표준화 식생지수(NDVI)를 이용하여 그 활력도를 측정할 수 있음

· 그러나, 원격탐사의 플랫폼으로 주로 이용되는 인공위성 및 항공관측의 경우 그 특성상 숲 상부의 임관층(canopy layer)의 신호를 주로 반영하므로 해당 지역 상층에서 지배적인 수림의 평균적인 활력도만 반영할 수 있었음

· 때문에 임관층 및 임관층 하부의 작물에 대한 정확한 시계열적, 공간적 생육도를 측정할 수 있는 새로운 관측 형태가 필요함

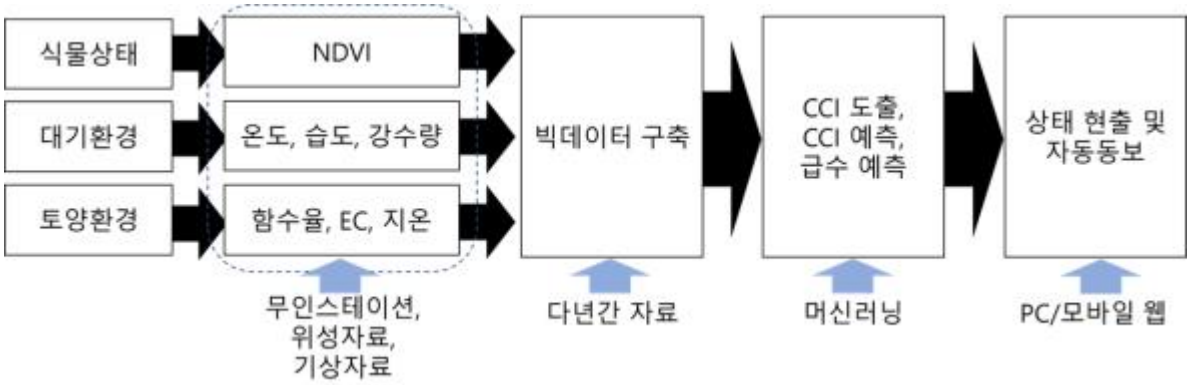
- 무인 스테이션을 이용한 농업 모니터링

· IoT기술과 결합된 무인 관측 스테이션은 임관층 및 임관층 하부의 작물의 생육도 및 생육환경 변화를 높은 시간해상도로 측정할 수 있음

· 광학센서를 이용한 분광학적인 신호분석을 통해 대상 지역 작물의 활력도를 실시간으로 높은 공간해상도 및 시간해상도로 측정할 수 있으며 지표면 관측을 통해서는 토양의 건조도를 간접적으로 측정할 수 있음

· pH, 토양습도, 토양온도, EC 등을 측정하는 지중 설치 센서들은 토양 내 유기물 함량, 산성도, 함수율 등 수목의 생육에 결정적인 영향을 미치는 토양환경에 대한 시계열 데이터를 제공할 수 있음

· 상기 광학센서, 토양센서 등으로부터 생산된 정보들은 중앙 서버로 취합, 누적되어 빅데이터를 생성하며, 이 시계열 데이터를 바탕으로 기계학습을 통한 작물의 활력도 예측모델을 개발하여 예방적 관리를 가능케 함



<무인스테이션 기반 식생관리 시스템의 개념도>

- 전통적인 작물 조사 및 진단 방법과의 비교

· 작물은 외부의 환경변화, 스트레스 등에 의해 생장이 감소 또는 쇠퇴하게 되며 조경수목의 건강도를 측정하는 방법에는 가시적 병징 여부, 잎의 엽록소 함량측정, 잎의 형광 현상 측정, 형성층의 전기 저항치 측정, 광합성 능력측정 등이 있음

· 대표적인 수목 진단법인 Shigometer를 이용한 수세진단은 수목의 형성층 부근에 전극을 삽입시켜 전기 저항치를 측정하는 방법으로, 수목조직내의 수분함량이 낮으면 전기저항이 높아지고 수분함량이 높으면 전기저항이 낮아지는 원리를 이용하여 수목이 받는 스트레스를 수치적으로 확인함

· 신초나 잎에 나타나는 가시적인 상태로 수목의 상태를 진단하는 방법 또한 널리 이용되고 있으며 잎의 뒤틀림, 황변, 잎의 양 등을 바탕으로 토양의 적합도, 토양 습도, 무기영양소 부족, 염해, 병해충 등을 간접적으로 파악할 수 있음

· 그러나, 개별 수목의 건강 상태를 직간접적으로 관찰하는 전통적인 방법은 넓은 지역의 수목에 대한 모니터링이 필요할 시 시간과 비용이 과다하게 요구됨

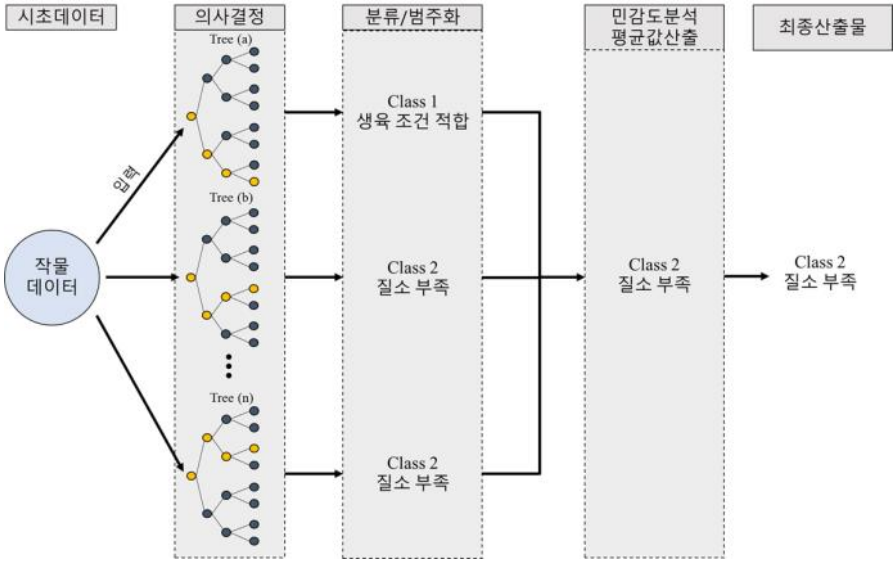
· 넓은 지역에 대해 효율적으로 수행될 수 있는 수목의 생육도 및 생육환경의 원격 모니터링 기법 개발이 필요함

○ 연구개발 수행 내용

· 실시간 생육도 계측기구 개발 : 당 연구개발을 통하여 개발 완료될 생육 계측 기구는 다중 밴드패스 필터와 촬상소자로 구성되며, 이에 결부된 하우징, 냉각팬, 전원 장비가 있다. 이를 통하여 무인 스테이션은 실시간으로 자료를 중앙 서버로 전송할 수 있으며, 이를 이미지 분석 및 기계학습의 기초 자료로 사용한다.

· 기계학습 모델 개발 : 상기 생육도 계측기구 및 무인스테이션 내장 토양 센서로부터 수집한 빅데이터는 당 연구개발을 통해 완성될 기계학습 모델에 산입되어 이를 통해 작물의 병충해 여부, 영양 과부족 여부를 판단한다.

· 인공지능 농작업 알고리듬 개발 : 상기 기계학습 결과와 더불어 경험적인 산술식을 통해 언제 얼마나 관수 및 시비가 필요한지를 판단하고, 내장 로봇의 조작을 통해 자동으로 관수 및 시비를 수행한다.

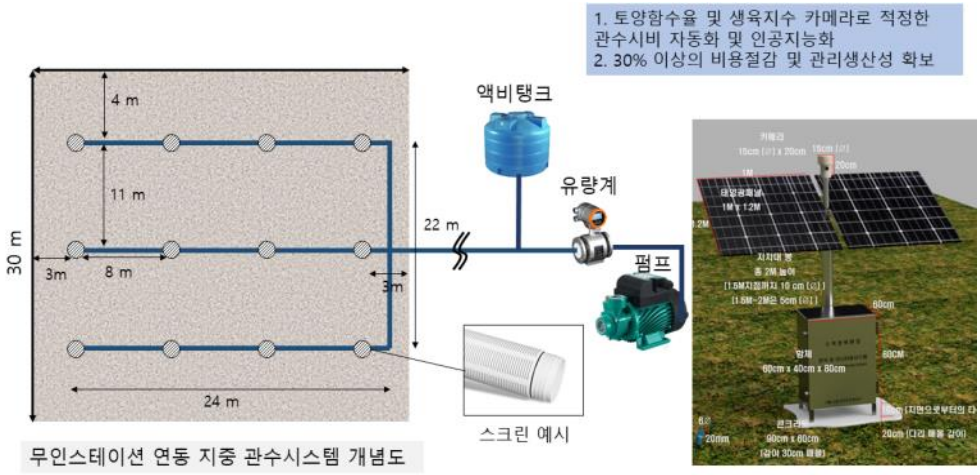


<인공지능 관수 시비 판단 모델 개요>

· 무인 스테이션 개발 및 연동 : 모든 하드웨어를 연동할 수 있는 무인 스테이션을 제작하고 이를 통해 통신 및 데이터 저장, 자동 로봇 처방 등을 수행할 수 있도록 한다.

<연구개발 무인 스테이션의 얼개>

· 관수 및 시비 로봇 개발 : 상기 판단 결과를 통하여 농작업이 필요한 경우, 개발될 관수 및 시비 로봇을 통하여 자동으로 물 주기 및 비료 주기 작업을 수행할 수 있도록 한다.



<관수 및 시비 시스템의 구조도>

· 통합 작물 관리 시스템 : 웹 혹은 앱을 통하여 데이터를 시각화하고 이를 작업자 및 농가에 통보할 수 있는 시스템을 구축한다.

◇ 최종성과 요약

[정성적 성과]
◦ 식물의 광학적 특성 변화를 이용한 실시간 생육도 계측 기기의 실무 유효성 검증
◦ 공통 식물 및 재배 작물의 광학적 특성을 표준화식생지수 및 표준화환경식생지수로 수치화한 데이터베이스 제작
◦ 식물의 환경 적응 및 해당 스트레스에 따른 광학적 특성 변화 및 생화학적 특성 (엽록소) 변화 추적 기반 마련
[정량적 성과]
◦ 공인인증기관의 기기 검증
1) 송수신 데이터 일치율 90% 이상
2) 산출 식생지수와 기계학습을 통한 예측 식생지수의 결정계수 0.6 이상
3) 장착 센서 인증 및 노드 데이터 검증

1-3. 1차년도 연구개발 목표 및 결과

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차 년도 (2020)	스마트 농업 생산성 향상을 위한 실시간 작물 생육 분석 시스템 및 데이터베이스 개발	광학 작물생육 계측기기 개발	– 하드웨어 개발 – 구동 소프트웨어 개발	생육지수 산출 알고리듬 개발 완료 하드웨어 개발 완료 (양산화 중)
		하드웨어 회로 재설계	– 기존 하드웨어의 전원 및 릴레이 재설계 – 기존 하드웨어에 방수/방진 기능 추가 – 발열 통제 및 전력 효율 증대	당 세부연구를 통하여 신규 하드웨어 플랫폼 제작 완료
		생화학분석 플랫폼 마련	– 식물의 생화학적 상태변화를 광학적으로 추적하는 플랫폼 개발	엽록소 농도 및 광학 생육지수 산출 하드웨어 개발 완료

1-4. 2차년도 연구개발 목표 및 결과

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
2차 년도 (2021)	스마트 농업 생산성 향상을 위한 실시간 작물 생육 분석 시스템 및 데이터베이스 개발	무인스테이션 및 자동관수장치 개발	– 하드웨어 개발 – 구동 소프트웨어 개발	전체 제품 개발 완료
		개발품 실증 및 양산	– 골프장 등에 활용가능한 새로운 형태 제품 개발 – 다양한 분야 적용성 탐색	당 연구과제를 통하여 실제 판매 완료
		빅데이터 검증	– 현 수집 데이터의 분석을 통해 검증	빅데이터 검증을 통한 대시보드 작성 완료

ㅇ 수행내용

<1차년도>

- 실시간 식물 생육도 및 건조도 계측 및 산출 기구 개발
  · CCD 촬상소자 및 3중 밴드패스(R, G, NIR) 필터 기반 NDVI 측정 기구 개발
  · 이미지 해상도: 8 Mpx, 1080P 지원, IR필터 제거
  · 세부 파장대역: 550 nm; 660 nm; 850 nm
- 실시간 지상(대기) 환경인자 계측 모듈 개발
  · 미세먼지 농도 측정
  · 교체가 가능한 모듈 방식으로 구성
  · 해상도: 미세먼지 농도(0.1mg/m^3)
- 실시간 지중(토양) 환경인자 계측 모듈 개발
  · 토양 함수율, 지온, EC 측정
  · 교체가 가능한 모듈 방식으로 구성
  · 해상도: 함수율(2%), 지온(0.1°C), EC(0.01 dS/m)

<2차년도>

- 무인 모니터링 스테이션 개발
  · 식물 생육도 및 건조도 계측기구, 지상 및 지중 환경인자 계측 모듈 탑재
  · 통신 모듈 탑재
  · 내부 배터리 탑재(동작온도 -20°C ~ 50°C)
- DB 축적 및 분석 시스템 개발
  · 계측 데이터를 전송받아 저장, 빅데이터화하는 중앙 서버 설치 및 알고리듬 개발
  · GIS기반 원격 스테이션의 위치 정보, 실시간 관측 정보 및 과거 정보 표출 웹/앱 개발
  · 빅데이터 기계학습 기반 식물 활력도 예측 모델 제공 및 자동동보 시스템 개발
  · 디바이스 원격 조정(on/off; 관측 방향) 기능 개발

ㅇ 수행방법

<1차년도>

- 실시간 생육도 및 건조도 계측 및 산출 기구 개발
  · 라즈베리파이 및 CCD카메라모듈 기반 3중 밴드패스 필터 적용
  · 제품 구성: 3중 밴드패스 필터, 광학 이미지 센서, 연산 프로세서, 저장장치, 전원 모듈
  · 현재까지 존재하지 않았던 임관층 이하의 식생 관측 및 관리 하드웨어로 식생의 정밀 모니터링 기법을 새로이 정립
  · 3중 밴드패스 필터의 적용을 통하여 국지 식생에 대한 원격탐사 기법을 진일보할 수 있는 통합 솔루션이 제공 가능
  · 방수, 방진 하우징 처리
- 실시간 지상(대기) 환경인자 계측 모듈 개발
  · 미세먼지 농도 등 대기조건과 관련된 환경인자를 측정함
  · 교체가 가능한 모듈 방식으로 구성하여 유지관리의 용이성 제고
  · 해상도: 미세먼지 농도(0.1mg/m^3)
  · 각 국제표준을 충족하는 센서를 사용

· 라즈베리파이 및 기성 제품 혼용
· 방수, 방진 하우징
- 실시간 지중(토양) 환경인자 계측 모듈 개발
· 토양 함수율, 지온, EC 등 토양 환경인자와 관련된 데이터를 수집
· 교체가 가능한 모듈 방식으로 구성하여 유지 및 관리의 용이성 확보
· 해상도: 함수율(0.1%), 지온(0.1°C), EC(0.01 dS/m)
· 라즈베리파이 및 기성 제품 혼용
· 방수, 방진 하우징
<2차년도>
- 무인 모니터링 스테이션 개발
· 생육도 및 건조도 계측기구, 지상 및 지중 환경인자 계측 모듈 탑재
· 태양광 모듈(18V 20W 이상급)을 탑재하여 외부 전원 연결 없이도 관측 가능
· 통신 모듈을 탑재하여 데이터를 실시간으로 전송
· 내부 배터리(동작온도 -20°C ~ 50°C)를 탑재하여 기상조건에 따라 태양광 발전이 불가능할 시 안정적인 전원 확보
· 방수, 방진: 국제 보호 등급 IP65 수준 이상
- DB 축적 및 분석 시스템 개발
· 원격 서버 구축
· 통신모듈을 통한 계측 데이터 전송 및 저장 기능
· 시계열 데이터를 누적하는 빅데이터 알고리듬 구축
· GIS기반 원격 스테이션의 위치 정보, 실시간 관측 정보 및 시계열 정보를 검색 가능하고 이를 화면에 표출하는 웹 서비스 개발
· 누적된 빅데이터 및 기계학습을 기반으로 식물 활력도 예측 모델 구축
· 특정 임계값 초과 시 자동동보하하는 예방적 관리를 위한 시스템 개발
· 디바이스 원격 조정(on/off; 관측 방향) 기능 개발

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 산업연구인력 양성 목표 및 결과

(1) 산업연구인력 양성 목표

▲ 인력양성 목표 : 즉시 투입이 가능한 수준의 인재 양성
- 실무 적용 능력을 배양한 석사급 인재 확보
- 빅데이터 및 스마트농업 기술 역량 증진

▲ 목표인원 : 5-10 명 (당초 5명 계획, 인력 수급 현황에 따라 변동)

▲ 인력양성 계획 :
- 전문인력 양성 분야

· 박사급 : 토양환경학 및 수리수문학 (Soil science and hydrology)

· 석사급 : 데이터분석 (Data Analysis) / 환경공학 (Environmental Engineering)

· 학사급 : 데이터분석 (Data Analysis)

- 전문인력 활용 계획

· 박사급 : 환경 특성에 따른 토양 수리전도도 (hydraulic conductivity) 변화 연구, 토양 상태에 따른 실시간 작물 생장 변화 연구, 스마트 농업 해외 학술 발표 주관 (미국) 박사과정 학위(뉴멕시코공과대학 박사과정 파견, 지구과학 토양분야)

· 석사급 : 연구과제 수행 (선임연구원 / 연구원)
작물 실시간 영양상태 및 질량분석, 환경조건에 따른 작물의 광학적 특성 연구
각지 토양의 Spectroradiogram 및 스마트 농업 분석

· 학사급 : 연구과제 수행 (연구원), 과제 정리 및 연구 보조 수집데이터 정렬 및 분석, 스마트 농업 논문 작성 보조 및 교육 수강

(2) 산업연구인력 양성 결과

▲ 양성인원 : 총 9 명

▲ 양성과정
- 실무 교육 및 보수교육을 통한 인적 역량 증진
- 파견 및 참관 교육의 적극적 활용을 통한 현장 역량 및 배경지식 함양
- 하기 계획표 및 수행실적을 통해 양성

▲ 수행연구과제와의 양성인력의 역량 강화 연계성
- 농식품 기술 중 스마트농업 기본 데이터 실무교육을 실시하여 향후 농산 분야 종사자로서 실무 활용할 수 있는 기술 및 지식을 배양
- 분광학 기반의 원격탐사기술에 대한 이해도를 증진하여 다양한 센서 등에 적응력을 강화, 실무 하드웨어 개발에 응용

▲ 소속기업 종사자로 연구역량 제고 성과
- 연구역량 제고를 통하여 지속적인 국가과제 수주 및 수행 중
- 서울시 주관 혁신챌린지, 경기도 주관 테스트베드, SK 임업과의 협업 등을 통해 다양한 분야의 스마트 농업 기술 적용

▲ 기대 효과 및 향후 인력활용 계획
- 박사급
  · 식생관측용 카메라, 환경관측용 디바이스 및 네트워킹 기술을 적용 및 응용 가능한 분야의 거시적 탐구(조경수 관리, 임산자원 관리, 수질모니터링, 미세먼지 저감 모니터링, ESG경영 등)
  · 작물별/수종별 필요 장기수집데이터(토양환경, 대기환경 등)와 관련된 확장연구
  · 3차원 공간정보 데이터와 결합한 신규 농업 모니터링 기술 개발 연구(3차원 작물 생장모니터링, 3차원/시계열 탄소축적량 산정 등)
  · 작물별/수종별 장기데이터 확보를 위한 산학 네트워킹

- 석사급
  · 자체 모니터링 데이터 확보를 위한 디바이스 개념 설계 및 개선 연구(식생관측 카메라, 엽면적지수 측정 디바이스)
  · 작물별/수종별 장기데이터 확보를 위한 인력활용계획 및 실험설계(작물 모니터링, 환경 모니터링, 3차원 스캐닝 등)
  · 확보 기술을 적극 활용 가능한 잠재적 수요처 및 시장 분석
  · 시계열, 영상 패턴 예측 AI모델 등에 대한 최신 트렌드 분석, 당사 실정에 맞는 수집 데이터 확립 및 측정 실무 관리

- 학사급
  · 농업실용화기술 개발을 위한 현장 데이터 수집, 디바이스 설치, 개발 등
  · 확보한 장기데이터를 기반으로 시계열 예측 AI, 영상패턴분석 AI 등의 학습 실무
  · 데이터 라벨링 및 크라우드소싱 인력 관리/교육자료 생산
  · 데이터 확보와 관련된 협조/현장 수요 파악을 위한 위한 농가 방문/설문조사

(3) 1차년도 교육훈련 내용 및 성과

교육훈련결과보고서 (2020년도)

기술이사	대표이사
한경도	전결

<table>
<tr><td rowspan="2">이수자</td><td>소 속</td><td colspan="4">부설연구소</td></tr>
<tr><td>직 위</td><td colspan="2">연구원 및 사무원</td><td>성 명</td><td>권동재, 이선영, 김영준</td></tr>
<tr><td colspan="2">교 육 강 좌 명</td><td colspan="2">2020산업인력 보수교육/재교육</td><td>교 육 기 관</td><td>자체</td></tr>
<tr><td colspan="2">교 육 기 간</td><td colspan="2">2020. 03. ~ 2020. 12.</td><td>교 육 장 소</td><td>자체</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="9">교 육 일 정</td><td>일자</td><td>시간</td><td colspan="2">교육 과목</td></tr>
<tr><td rowspan="3">5/15</td><td>10:00~12:00</td><td colspan="2">기술로드맵 작성 및 활용법</td></tr>
<tr><td>13:00~15:00</td><td colspan="2">연구개발 개요 및 이론</td></tr>
<tr><td>15:10 ~ 17:10</td><td colspan="2">무인스테이션 개발 방향 및 이론</td></tr>
<tr><td rowspan="3">7/16</td><td>09:00 ~ 12:00</td><td colspan="2">문서관리 및 연구사업 과제관리</td></tr>
<tr><td>13:20 ~ 14:50</td><td colspan="2">현행 정부 기조 및 사업 소개</td></tr>
<tr><td>15:00 ~ 17:00</td><td colspan="2">분광학 기초 및 대학물리</td></tr>
<tr><td rowspan="2">8/13</td><td>09:00 ~ 11:30</td><td colspan="2">전산학 기초</td></tr>
<tr><td>13:00~15:00</td><td colspan="2">Object-oriented programming</td></tr>
<tr><td colspan="2">학습 목표 및 업무활용</td><td colspan="4">- 기술로드맵 및 농식품기술개발 이해
- 연구개발 컨센서스 형성
- 분광학 및 전산학 기본 이해
- 프로그래밍 이해</td></tr>
<tr><td colspan="6">위와 같이 교육훈련 결과를 보고합니다. (수료증 및 TOPS교육만족도 첨부)

2020 년 12 월 29 일

보 고 자 : 한경도</td></tr>
</table>

과목	기술로드맵 작성 및 활용법 연구개발 개요 및 이론 무인스테이션 개발 방향 및 이론	강사	(강사소속) ㈜카탈로닉스 (성　　명) 한경도
교육내용	❑ **기술로드맵 이해** - 기술로드맵의 가치와 이용 방안 설명 - 현행 자사 기술로드맵 소개 및 보유 기술 설명 - 국내외 주요 개발사 기술로드맵 소개 ❑ **연구개발 개요** - 분광학 기반 원격탐사 이론 설명 - 무인스테이션 얼개 및 설계 설명 - 향후 발전방향 토의 (자유 토의) ❑ **연구개발 이론** - 일반물리학 강의 - 기술의 적용과 프로토타입 설계 (자유 토의)		
업무활용방안	❑ **활용방안** - 내부문서 공람 (기밀 취급) - 자유 토의 결과 트렐로 공유 - 연구 정책 수립에 활용 ❑ **직원 의견** - 내부 펌웨어의 중요성을 인지하였음 - 클라우드 기반 시스템의 활용도가 높음을 인지하였음		

과목	문서관리 및 연구사업 과제관리 현행 정부 기조 및 사업 소개	강사	(강사소속) ㈜카탈로닉스 (성　　명) 석민
교육내용	❑ **정부 기조 및 정책 드라이브** - 현행 지자체 정책 설명 - 현행 정부 유관기관 정책 설명 - 개발 방안 자유토의 ❑ **연구개발 과제관리** - 과제 관리 시스템 설명 - 담당자 및 카운터파트 설정 - 향후 발전방향 토의 (자유 토의) ❑ **문서관리** - 문서 공람 및 결재 절차 - 사업 추진 방향 설명		
업무활용방안	❑ **활용방안** - 내부문서 공람 (기밀 취급) - 자유 토의 결과 트렐로 공유 - 연구 정책 수립에 활용, 문서 기안 등에 즉각 적용 ❑ **직원 의견** - 사업 관리 시스템에 대하여 이해하였음 - 사업 추진 방향에 대해 이해할 수 있는 기회였음		

과목	분광학 기초 및 대학물리 전산학 기초 Object-oriented programming	강사	(강사소속) ㈜카탈로닉스 (성　　명) 한경도
교육내용	❑ **일반물리 이해** - 일반물리학 중 광학 기초내용 소개 - 기술의 적용 원리 설명 ❑ **전산학 이해** - 자료수집 방법론 설명 - 자료처리 방법론 설명 - 빅데이터 클라우드 소개 및 설명 ❑ **프로그래밍** - 동적관리 및 메모리 할당 소개 - 펌웨어 설계 설명 - 객체지향 설계 설명		
업무활용방안	❑ **활용방안** - 내부문서 공람 (기밀 취급) - 자유 토의 결과 트렐로 공유 - 연구 정책 수립에 활용 ❑ **직원 의견** - 프로그래밍 기초를 이해하였음 - 빅데이터 활용 방안에 대해 자체로 별도 고민하겠다는 의견이 있었음		

◦ **교육 내용의 필요성 (1차년도)**

- 현 기계학습 모델 보완을 위한 트레이닝 데이터 확보
- 현 제공 데이터의 경우, 정밀성 및 관측주기의 문제로 실제로 활용되기가 힘듦
- 스마트팜 데이터의 고도화를 통해서, DB 판매 기계학습모델 판매에 이를수있음
- 기존의 스마트팜 시설/장비 업체의 경우, 부실한 데이터 및 분석 모델로 인해서 꾸준하게 고정밀 데이터에 대한 요구가 발생함

◦ **실행내용 (1차년도)**

- 전남 농장을 중심으로 총 6개소 생육 데이터 확보
- 정규식생지수(NDVI)기반 엽록소지수(CCI)도출 기계학습 모델 고도화 및 검.보정
- 시계열데이터 기반 작물 활력도 예측 및 산출량 예측 모델 고도화
  가. 각종 환경조건의 시계열 변화에 따른 작물의 활력도 변화 예측(일단위 또는 주단위)
  나. 각종 환경조건의 시계열 변화의 결과로 인한 작물의 최종 산출량 예측
  다. 작물의 최종 산출량 극대화를 위한 환경조건 탐색

◦ **기대효과 (1차년도)**

- 기계학습 모델 실증 및 고도화에 활용
- **NDVI 및 기계학습을 활용한 식물 생육도(엽록소지수 CCI) 예측**

가. NDVI 및 작물의 종류를 바탕으로 한 엽록소지수(Chlorophyll content index) 산출을 위한 기계학습 모델을 개발하기 위한 기초 자료 축적

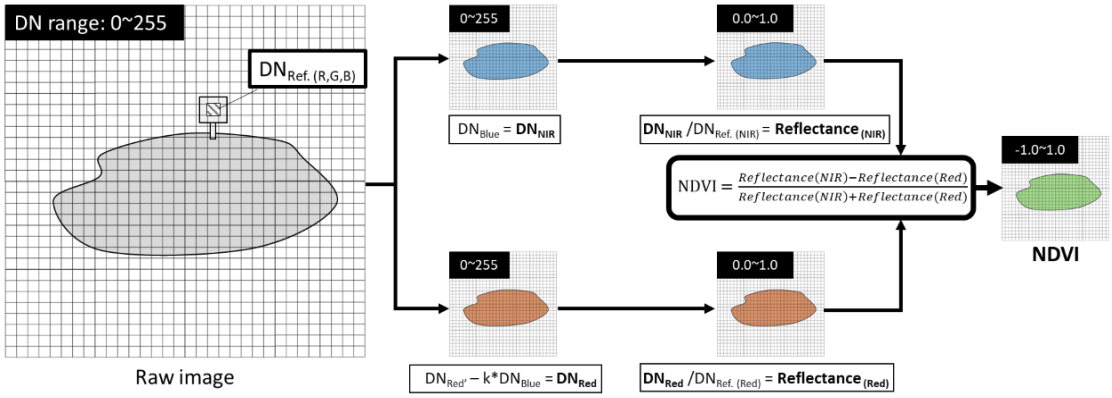
(1) Predictor: NDVI, 주변광량, 작물의 종류 등

(2) Predictand: 엽록소지수(CCI)

나. 엽록소측정기 데이터를 이용한 기계학습 모델의 검.보정

◦ **교육 프로그램의 결과물 및 성과 (1차년도)**

- 다분광 식물 생육 계측 기법 개발



<RGB카메라를 활용한 식생지수의 계산 방법>

· 일반적인 디지털카메라(RGB카메라)를 개조하여 근적외선(NIR) 신호를 얻고, 이를 바탕으로 식생지수(NDVI)를 얻을 수 있는 카메라 시스템을 개발함

· (박사급 인력) : 당 카메라 시스템의 전체적인 구성, 지향점 등을 설정하고 참고문헌 등을 통한 국제적인 기술, 연구 흐름 탐구

· (석사급 인력) : 당 카메라 시스템의 구체적인 요소(듀얼밴드패스필터, 사용할 기성 카메라 모델, 레퍼런스 등)를 설정하고 운용에 필요한 소프트웨어 코딩 진행

· (학사급 인력) : 당 카메라 시스템을 현장에 설치하고 필요 시 엽록소측정기, 스펙트로라디오미터 등을 동원한 현장 캘리브레이션 진행

– 무인 모니터링 스테이션 개발

· 다양한 형태로 존재하는 각종 센서의 연결성을 증진하고 무선 통신 기능과 자체 전원을 탑재, 험지 및 오지에 다양하게 설치할 수 있으며 환경인자를 서버로 지속 전송하여 분석가능한 형태로 저장하는 기능 포함

· 1차년도 교육훈련으로 양성한 인력을 통하여 무인스테이션과 관련한 하드웨어 및 소프트웨어의 개발을 완료함

· (박사급 인력) : 당 시스템의 전체적인 구성, 지향점 등을 설정하고 관련문헌에 기초하여 수집이 필요한 환경요소 탐구

· (석사급 인력) : 시스템이 구성하는 데 필요한 구체적인 센서와 장비들을 도출하고 적절한 설치 위치, 운용 방법을 설정하며 관련 소프트웨어와 장비, 하우징 준비과정을 관리

· (학사급 인력) : 필요한 센서류와 각종 장비, 하우징 등을 구매 및 조립하고 통합 운용을 위한 소프트웨어를 구축하며 필요 시 현장 데이터 수집도 진행

대 상 지	주 소	식재현황	디바이스(10)
올림픽대로 여의하류IC	영등포구 당산동 365	소나무, 느티나무, 청단풍, 산딸나무, 남천, 철쭉, 조팝나무, 화살나무 등	풀스펙(1) 기본스펙(1) 마이너스펙(1)
강변북로 성수대교 하부	성동구 성수동1가 695-1	· 현황: 느릅나무, 철쭉 · 예정: 소나무, 이팝나무 등	풀스펙(1) 기본스펙(1) 마이너스펙(1)
올림픽대로 개화IC	강서구 개화동 131-37	소나무, 이팝나무, 복자기, 철쭉, 사철나무, 조팝나무, 화살나무 등	기본스펙(1) 마이너스펙(1)
올림픽대로 한강철교 하부	동작구 노량진동 316	산수유, 철쭉, 조팝나무, 맥문동	기본스펙(1)+@ 마이너스펙(1)

<양성인력을 활용하여 수집한 수목 생육환경 데이터의 예시(서울시설공단 관내 도로완충녹지)>

(4) 2차년도 교육훈련 내용 및 성과

교육훈련결과보고서 (2021년도)

기술이사	대표이사
한경도	전결

이수자	소 속	부설연구소		
	직 위	연구임원, 연구원 및 사무원	성 명 (신규인원)	한경도, 권동재, 이선영, 김영준, 김승훈 (김상우, 김민지, 이승아)
교육강좌명		2021 연구산업인력 교육훈련	교육기관	자체, 경북대학교, 강원대학교, 한림대학교
교육기간		2021. 02. ~ 2021. 12.	교육장소	자체, 경북대학교, 강원대학교, 한림대학교

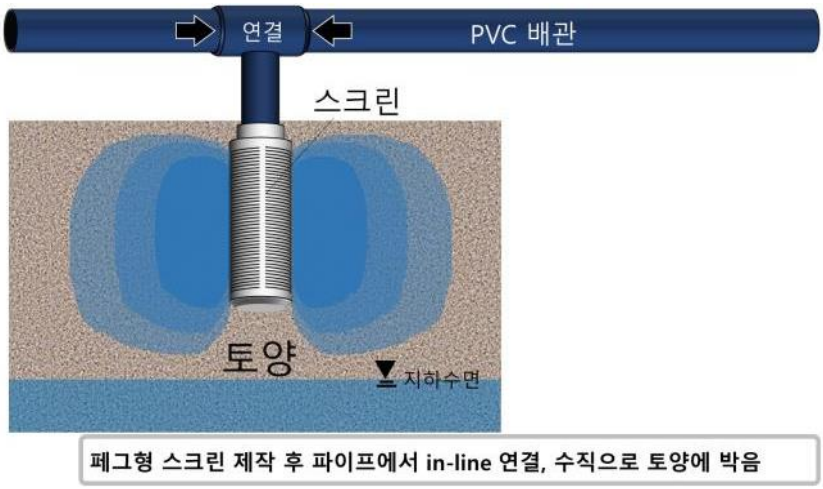
교육일정	일자	시간	교육 과목
	2/10 (수)	전일	한림대학교 테스트베드 참관 교육 (여주시) - 이승환 교수 연구실 - 네트워크 기반 관수제어 시스템 실제
	4/12 (월)	10:00 ~ 12:00	능동관수기법 해설 (연구소장 권동재)
		13:30 ~ 15:00	능동관수기법 설계와 적용 (연구소장 권동재)
		15:30 ~ 17:00	해외 동향 및 시장 (기술이사 한경도)
	6/14 (월)	11:00 ~ 12:30	데이터 수집 및 프로세싱 기법 (기술이사 한경도)
		14:00~15:00	기계학습 기초자료 가공 (연구소장 권동재)
		15:00 ~ 18:30	적용사례 및 응용 (연구소장 권동재)
	7/19 (월)	09:30 ~ 12:30	데이터 레이블링 및 SQL (기술이사 한경도)
		13:30 ~ 14:30	3차원 데이터의 매핑 및 실제 (연구소장 권동재)
		15:00 ~ 17:30	데이터 정합성 및 처리 윤리 (연구소장 권동재)
	8/3 (화)	10:00 ~ 12:00	농식품기술 국내외 동향 (기술이사 한경도)
		13:30 ~ 15:00	신규 개발 제품 기획 (연구소장 권동재)
		15:30 ~ 17:00	아이디어 도출 및 자유토의 (연구소장 권동재)
	8/20 (금)	전일	강원대학교 미래융합학부 파견 교육 (춘천시) - 최기영 교수 연구실 - 파프리카 실내 농법의 실제 - 광보강 다단대차형 재배기술 시연 - 환경 능동 조절 및 생육 제어
	12/20 – 12/22 (월-수)	전일	경북대학교 전자공학부 파견 교육 (대구시) - 박순용 교수 연구실 - 3차원 작물 생육도 계측 방법 개론 - 점군 계측 및 데이터 프로세싱

학습 목표 및 업무활용	- 농식품기술개발 첨단기술 이해 - 연구개발 컨센서스 형성 - 데이터 애널리틱스 및 프로세싱 실무 교육 - 고등교육기관 파견 및 참관 교육

위와 같이 교육훈련 결과를 보고합니다. (수료증 및 TOPS교육만족도 첨부)

2021 년 12 월 21 일

보 고 자 : 한경도

과목	네트워크기반 관수제어 시스템 실제 2021년 2월 10일 수요일	강사	(강사소속) 학교법인 한림대학교 (성명 / 직위) 이승환 교수
교육내용	❑ **관수제어 시스템 개요** - 관수란 무엇인가 - 국내외 개발 동향 - 테스트베드 배경 및 발전방향 ❑ **제어 시스템 개발** - 필요 조건 및 적용 방향 - 설계 방향 - 향후 발전방향 토의 ❑ **Scalable manufacturing** - 확장성이 있는 관수 시스템 개발 - 단가 및 목표고객 설정		
업무활용방안	❑ **활용방안** - 내부문서 공람 (기밀 취급) - 가안 설계도면 도출 - 연구 정책 수립에 활용, 문서 기안 등에 즉각 적용 ❑ **직원 의견 및 피드백** - 신규 관수 제어 시스템을 설계 완료하였음 - 향후 개발 방향에 대해 이해하였음  페그형 스크린 제작 후 파이프에서 in-line 연결, 수직으로 토양에 박음		

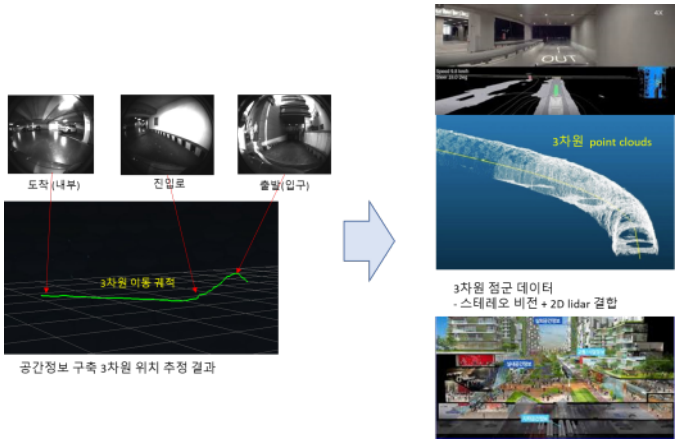
과목	능동관수기법 개론 2021년 4월 12일 월요일	강사	(강사소속) ㈜카탈로닉스 (성명 / 직위) 권동재 연구소장 한경도 기술이사
교육내용	❑ **능동관수기법 해설** - 토양함수율 및 계측 - 함수율 변화에 따른 재배 인자 변화 - 동계 변화 및 대응방안 ❑ **능동관수기법 설계와 적용** - 실제 미니어쳐 제작 실험 - 제어 메커니즘 및 알고리즘 - 향후 발전방향 토의 ❑ **해외 동향 및 시장분석** - 해외 적용 사례 소개 - 시장규모 및 목표 마켓쉐어		
업무활용방안	❑ **활용방안** - 내부문서 공람 (기밀 취급) - 동계 관수관리 기법 도출 - 향후 개발 방향에 반영 ❑ **직원 의견 및 피드백** - 동계 관수 제어 시스템을 설계 완료하였음 - 여러모로 어려운 작업으로 보이지만 개발을 통해 해결하겠음

과목	데이터 애널리틱스 2021년 6월 14일 월요일	강사	(강사소속) ㈜카탈로닉스 (성명 / 직위) 권동재 연구소장 한경도 기술이사
교육내용	❑ **데이터 수집 및 프로세싱 기법** - 데이터의 센서를 통한 수집 - 프로세싱 기본 – 자료관리, 자료형, 공공데이터 ❑ **기계학습 기초자료 가공** - training/testing datasets - 노드와 노드를 통한 데이터 변형 - 결과물의 과학적 해석 ❑ **적용사례 및 응용** - 데이터 대시보드 개요 - 데이터 대시보드의 설계와 제공 기법		
업무활용방안	❑ **활용방안** - 내부문서 공람 (기밀 취급) - 실무 농업 빅데이터의 해석에 대해 적용 - 향후 개발 방향에 반영 ❑ **직원 의견 및 피드백** - 데이터 실무에 대한 이해가 되었음 - 자격증 취득 등에 유용하게 사용할 수 있을 것으로 보임		

과목	데이터 시각화 및 가공 2021년 6월 14일 월요일	강사	(강사소속) ㈜카탈로닉스 (성명 / 직위) 권동재 연구소장 한경도 기술이사
교육내용	❑ **시각화 및 가공 개요** - 데이터 마이닝 기법 소개 - 센서의 종류와 특성 - Accuracy 와 precision의 차이 ❑ **실무 애널리틱스 교육** - 기상기후 인자 변화에 따른 식물 생육도 추이 변화 분석 - hands-on activity를 통한 실무 역량 강화 - 이미지 프로세싱 및 해석 ❑ **향후 전망 및 응용분야 소개** - 농업 빅데이터의 전망과 응용 - 새로운 형태의 인사이트 도출 방안		
업무활용방안	❑ **활용방안** - 내부문서 공람 (기밀 취급) - 데이터 실무에 두루 활용 - 향후 개발 방향에 반영 ❑ **직원 의견 및 피드백** - 데이터 전반에 대한 이해가 되었고 향후 외부교육을 별도로 이수하고 싶은 희망이 있음		

과목	신규기술개발 교육 및 토의 2021년 8월 3일 화요일	강사	(강사소속) ㈜카탈로닉스 (성명 / 직위) 권동재 연구소장 한경도 기술이사
교육내용	❑ **3차원 환경인자 계측 및 개발** - 점군 계측을 기반으로 한 생육도 계측 실제 - 영상 이외의 다양한 센서 개발 방법론 - 스마트시티 적용방안 토의 ❑ **빅데이터 및 데이터베이스 관리 기술 개발** - 빅데이터 수집 후 후가공 기법 - SQL 및 하둡을 통한 빅데이터 관리 - 처리 및 공유 방법론 ❑ **맨파워 및 자원 소요** - 예산 및 연구개발 비용 - 향후 교육훈련 계획안 제공		
업무활용방안	❑ **활용방안** - 내부문서 공람 (기밀 취급) - 향후 개발에 반영 및 연구 예산 확보 - 데이터베이스 체계의 재설계 방안 마련 ❑ **직원 의견 및 피드백** - 빅데이터 가공 이외의 관리 기법을 새로 배웠음 - 여러 가지의 기법을 적용하여 시각화 등에 응용하겠음		

과목	수직농장 및 실제 실내재배 강의 2021년 8월 20일 금요일	강사	(강사소속) 강원대학교 (성명 / 직위) 최기영 교수
교육내용	❑ **수직농장 개요** - 수직농장의 적용과 실제 - 노지 재배 대비 효율성 - 노동력 및 자원 투입 ❑ **파프리카 작물 특성** - 작물의 식물생리학적 특성 - 재배 소요 요소 및 자원 - 기술개발을 통한 효율성 증진 방안 ❑ **광보강 기법** - 기술의 개념 - 개발 기계기구 설명		
업무활용방안	❑ **활용방안** - 내부문서 공람 (기밀 취급) - 실내 재배 작물종 증진 - 종자획득 및 향후 추가개발 기술 도출 ❑ **직원 의견 및 피드백** - 실제 재배 환경을 보고 새로운 의미를 마련할 수 있었음 - 다른 작물의 적용이 쉽게 가능할 것으로 보임		

과목	3차원 생육도 계측 및 점군 계측 2021년 12월 20일 월요일 - 2021년 12월 22일 수요일	강사	(강사소속) 경북대학교 (성명 / 직위) 박순용 교수
교육내용	❑ **3차원 공간 계측 및 농업 적용** - 생육도 계측 기법 소개 - 다분광 영상의 2차원, 3차원 수집 기법 - 기계팔을 이용한 수집 기법 ❑ **점군 자료 가공 방법 및 공간분포 해석** - 생육도 공간 자료 수집 방법의 적용 - 점군자료의 시각화 ❑ **공학적 개발 응용** - 3차원 계측기구 소개 - 계측 기구 제작 방법론		
업무활용방안	❑ **활용방안** - 신규 제품 개발 - 3차원 점군 생육도 계측 개발 - 특허 취득 ❑ **직원 의견 및 피드백** - 어려워 보였던 점군 계측을 쉽게 이해할 수 있었음 - 실제 프로세싱 응용에 반영하겠음을 피력  공간정보 구축 3차원 위치 추정 결과 3차원 점군 데이터 - 스테레오 비전 + 2D lidar 결합		

◦ **교육 내용의 필요성 (2차년도)**

- 신규인원 충원에 따른 데이터 애널리틱스 및 제품 개발 방법론 지식 공유
- 새로운 형태의 제품 고도화 및 빅데이터 인사이트 제공을 위한 조직 역량 강화 필요
- 공간정보로 확장 가능한 형태의 스마트팜 기술 확보

◦ **실행내용 (2차년도)**

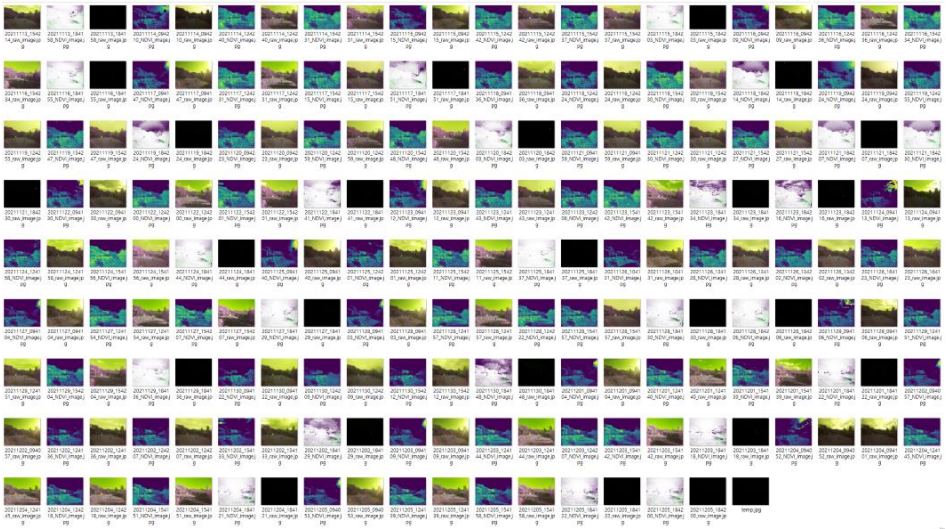
- 주요 협업 학자 (강원대, 경북대, 한림대) 파견 및 참관 교육 실시
- 수집 빅데이터의 정밀성 강화 및 해석능력 강화를 위한 실무 교육 수행

◦ **기대효과 (2차년도)**

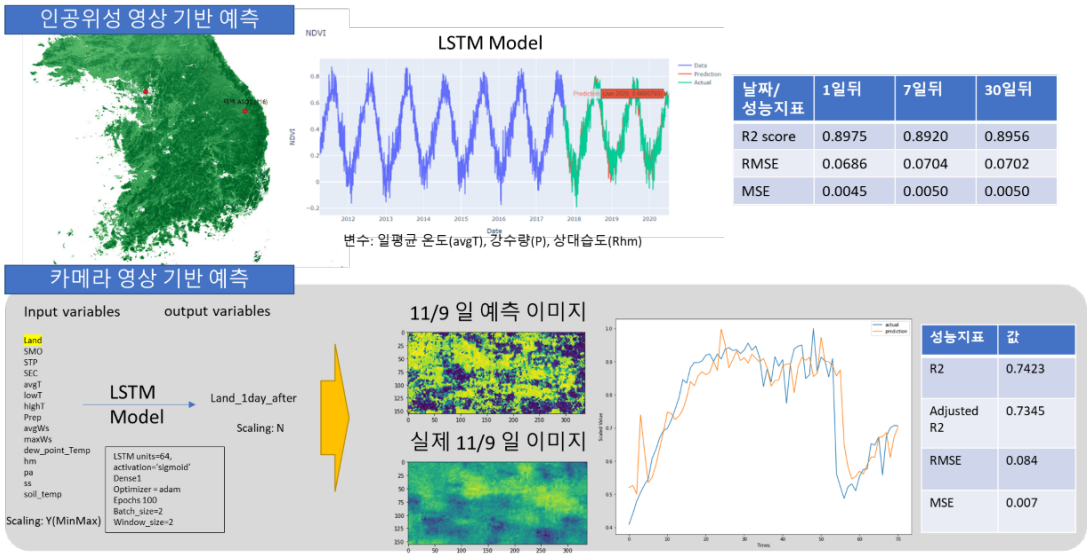
- 신규 제품 개발 및 다양한 분야 적용 방안 모색
- 정량적 해석 기반의 고객 만족 도출

◦ **교육 프로그램의 결과물 및 성과 (2차년도)**

- 식생지수 예측 기계학습 모델 구축



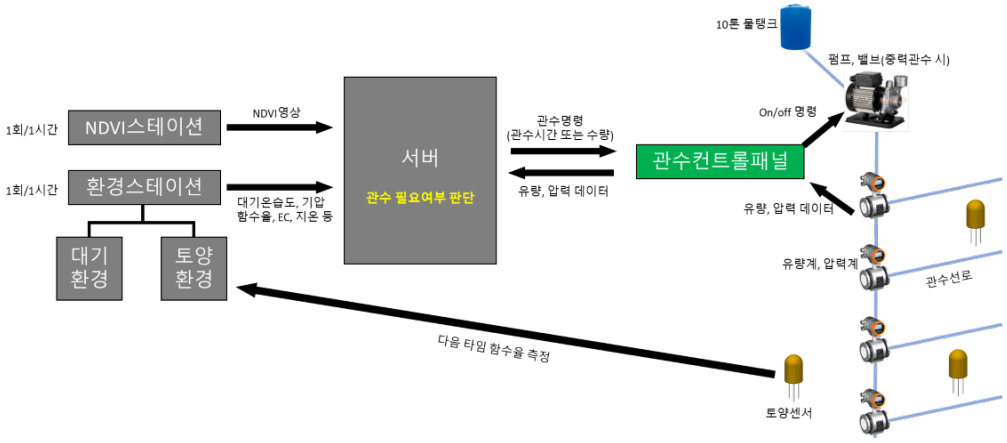
<누적된 영상데이터의 예시(서울시설공단 도로환경처 관리지역)>



<식생지수 및 영상 패턴 분석의 예시>

· 1차년도를 통하여 설치된 디바이스를 바탕으로 식생지수, 대기환경, 토양환경 시계열 데이터를 누적함
· 누적 데이터의 결측치 및 이상치를 보완하고 NDVI이미지의 경우 개체별, 장소별로 프로세싱을 수행
· 최종 프로세싱된 시계열데이터를 바탕으로 NDVI의 평균값을 예측하는 AI모델을 구축함
· (박사급 인력) : 당 시스템에서 수집하는 데이터의 종류와 관측대상 식물의 특성을 고려하여 식생지수 예측을 위한 예측인자(predictor)의 구성, AI기법들에 대한 문헌 검토
· (석사급 인력) : 시계열 및 시계열 이미지 예측을 위한 AI기법들에 대한 문헌 검토 및 데이터 구조 설계, 성능지표 설계
· (학사급 인력) : 데이터 프로세싱, AI모델 코드 작성 및 성능검증 실무

- 능동관수 기법 및 연동시스템 개발

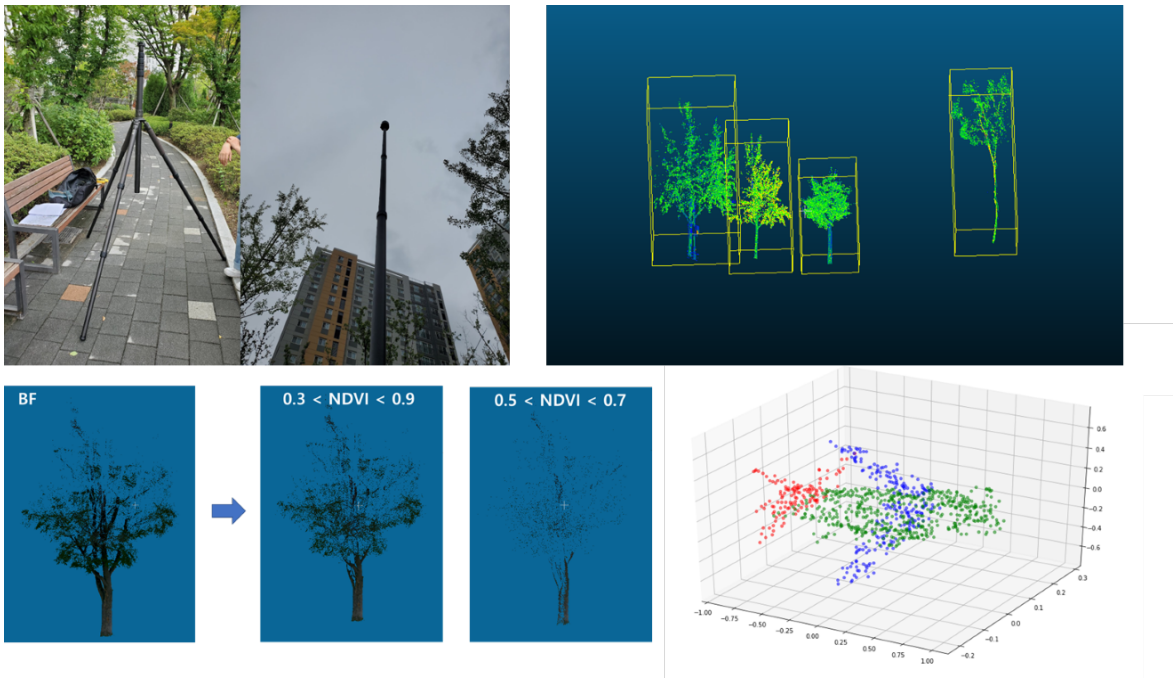


<관수시스템의 개념도>

· 식생 및 환경예측 알고리즘을 이용하여 미래 상태를 예측하여 선제적인 농작업 지시를 할 수 있는 시스템 개발완료
· 서울월드컵경기장, 도로완충녹지 등에 이식 예정
· (박사급 인력) : 대상 식물의 종류, 전원제공 유무 등 설치 환경에 적합한 능동관수 기법들(중력관수 등)에 대한 문헌 검토
· (석사급 인력) : 각종 필요 장비 및 센서 구성에 대한 설계, 지중관수, 중력관수, 펌프관수 등 종류에 따른 관로 및 관수면적에 대한 계산
· (학사급 인력) : 관수컨트롤러 코딩, 센서 융합 코딩, 하드웨어 준비 등

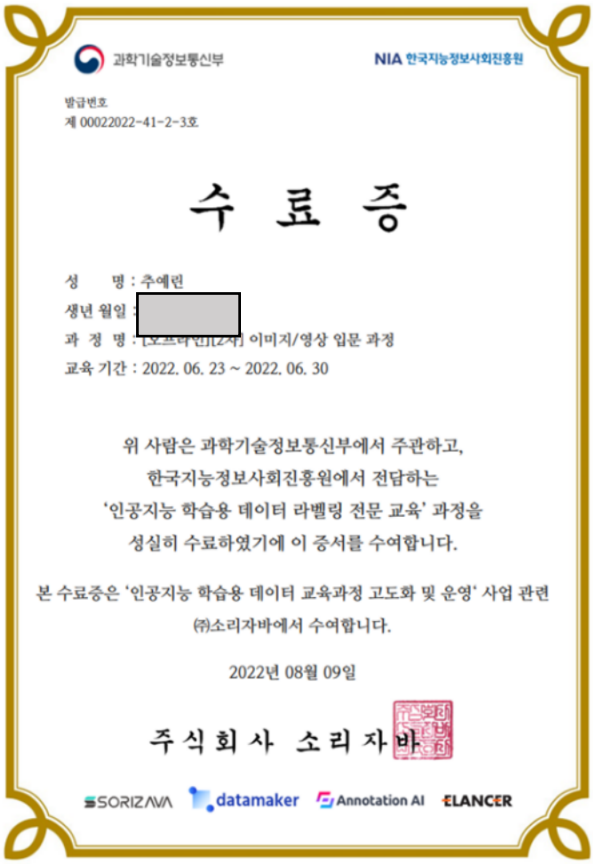
<상황별 관수시스템 요건 연구>

– 3차원 농업공간 계측 기법 개발



<수목 3차원 스캐닝 및 점군데이터의 분리 과정 예시>

· 식물/작물의 3차원 정보 획득을 통한 입체적 생장 정보, 탄소축적량 분석 등에 활용하기 위한 기법 개발
· (박사급 인력) : 3차원 스캐닝과 관련한 선행 연구 분석, 목적에 적합한 방법론 탐구
· (석사급 인력) : 적합한 3차원 스캐닝 장비 및 기타 장비(수고측정기, 엽면적측정기 등) 등의 탐구, 3차원 점군데이터의 정제 방안 탐구
· (학사급 인력) : 3차원 스캐닝 데이터 수집 및 점군데이터 정제 실무, 개체 분리 및 점군데이터 분리 AI모델 구축



과학기술정보통신부 NIA 한국지능정보사회진흥원

발급번호
제 00022022-41-2-3호

수 료 증

성 명 : 추예린
생년 월일 : [redacted]
과 정 명 : [오프라인][2차] 이미지/영상 입문 과정
교육 기간 : 2022. 06. 23 ~ 2022. 06. 30

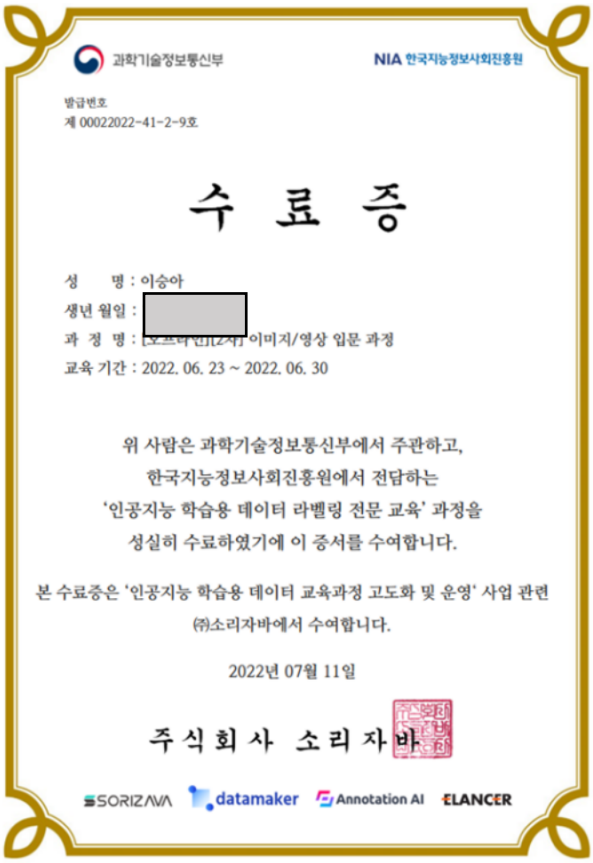
위 사람은 과학기술정보통신부에서 주관하고,
한국지능정보사회진흥원에서 전담하는
'인공지능 학습용 데이터 라벨링 전문 교육' 과정을
성실히 수료하였기에 이 증서를 수여합니다.

본 수료증은 '인공지능 학습용 데이터 교육과정 고도화 및 운영' 사업 관련
㈜소리자바에서 수여합니다.

2022년 08월 09일

주식회사 소리자바

SORIZAVA datamaker Annotation AI ELANCER



과학기술정보통신부 NIA 한국지능정보사회진흥원

발급번호
제 00022022-41-2-9호

수 료 증

성 명 : 이승아
생년 월일 : [redacted]
과 정 명 : [오프라인][2차] 이미지/영상 입문 과정
교육 기간 : 2022. 06. 23 ~ 2022. 06. 30

위 사람은 과학기술정보통신부에서 주관하고,
한국지능정보사회진흥원에서 전담하는
'인공지능 학습용 데이터 라벨링 전문 교육' 과정을
성실히 수료하였기에 이 증서를 수여합니다.

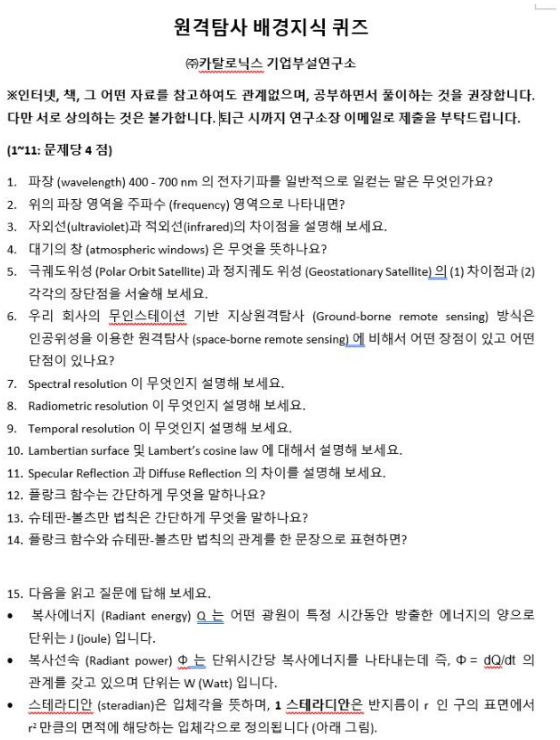
본 수료증은 '인공지능 학습용 데이터 교육과정 고도화 및 운영' 사업 관련
㈜소리자바에서 수여합니다.

2022년 07월 11일

주식회사 소리자바

SORIZAVA datamaker Annotation AI ELANCER

<인공지능 학습용 데이터 구축 관련 교육훈련 진행 중>



원격탐사 배경지식 퀴즈

㈜카탈로닉스 기업부설연구소

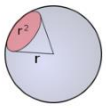
※인터넷, 책, 그 어떤 자료를 참고하여도 관계없으며, 공부하면서 풀이하는 것을 권장합니다. 다만 서로 상의하는 것은 불가합니다. 퇴근 시까지 연구소장 이메일로 제출을 부탁드립니다.

(1~11: 문제당 4 점)

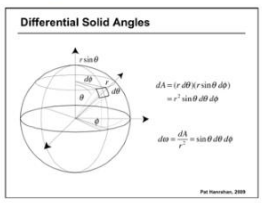
1. 파장 (wavelength) 400 - 700 nm 의 전자기파를 일반적으로 일컫는 말은 무엇인가요?
2. 위의 파장 영역을 주파수 (frequency) 영역으로 나타내면?
3. 자외선(ultraviolet)과 적외선(infrared)의 차이점을 설명해 보세요.
4. 대기의 창 (atmospheric windows) 은 무엇을 뜻하나요?
5. 극궤도위성 (Polar Orbit Satellite) 과 정지궤도 위성 (Geostationary Satellite) 의 (1) 차이점과 (2) 각각의 장단점을 서술해 보세요.
6. 우리 회사의 무인스테이션 기반 지상원격탐사 (Ground-borne remote sensing) 방식은 인공위성을 이용한 원격탐사 (space-borne remote sensing) 에 비해서 어떤 장점이 있고 어떤 단점이 있나요?
7. Spectral resolution 이 무엇인지 설명해 보세요.
8. Radiometric resolution 이 무엇인지 설명해 보세요.
9. Temporal resolution 이 무엇인지 설명해 보세요.
10. Lambertian surface 및 Lambert's cosine law 에 대해서 설명해 보세요.
11. Specular Reflection 과 Diffuse Reflection 의 차이를 설명해 보세요.
12. 플랑크 함수는 간단하게 무엇을 말하나요?
13. 슈테판-볼츠만 법칙은 간단하게 무엇을 말하나요?
14. 플랑크 함수와 슈테판-볼츠만 법칙의 관계를 한 문장으로 표현하면?

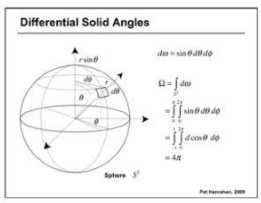
15. 다음을 읽고 질문에 답해 보세요.

- 복사에너지 (Radiant energy) Q 는 어떤 광원이 특정 시간동안 방출한 에너지의 양으로 단위는 J (joule) 입니다.
- 복사선속 (Radiant power) Φ 는 단위시간당 복사에너지를 나타내는데 즉, Φ = dQ/dt 의 관계를 갖고 있으며 단위는 W (Watt) 입니다.
- 스테라디안 (steradian)은 입체각을 뜻하며, **1 스테라디안**은 반지름이 r 인 구의 표면에서 r^2 만큼의 면적에 해당하는 입체각으로 정의됩니다 (아래 그림).

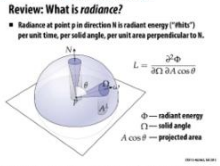


우리는 구의 표면적이 4 π r^2 인 것을 알고 있습니다. 따라서 최대 입체각 (구 전체) 은 4 π (sr) 이 됨을 알 수 있습니다. 물론 그냥 적분을 해도 구할 수 있습니다 (아래 그림 참고).





- 휘도 (Radiance) 는 L 로 나타내며 단위는 [W/m² sr] 입니다. 말로 표현하면 광원이 정사영된 단위면적당, 단위입체각당 방사하는 복사선속입니다.



- 조도(Irradiance) 는 E 로 나타내며 단위는 [W/m^2] 입니다. 즉, 단위면적당 2π sr(반구의 입체각)에서 입사하는 복사선속으로 생각할 수 있습니다 (아래 그림). 복사 발산도(Radiant exitance)는 M 으로 나타내며 E 와는 반대로 단위면적당 반구의 입체각으로 방사하는 복사선속으로 생각할 수 있습니다.

<교육훈련 평가 시험의 예시>

(5) 교육훈련 증빙

▲ 관리자 교육훈련 및 자격훈련

<table>
<tr>
<td>
</td>
<td>
</td>
</tr>
<tr>
<td>Google Data Analytics Professional 인증
(2021. 06. - 2022. 02.)</td>
<td>UN-Unitar 기후변화과정 수료 인증
(2021. 11. - 2022. 01.)</td>
</tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>
</td>
</tr>
<tr>
<td>Johns Hopkins University COVID-19 데이터분석 과정 인증
(2021. 08. - 2022. 01.)</td>
<td>PMI Institute 원격 관리자 역량 교육 수료 인증
(2021. 10. - 2022. 02.)</td>
</tr>
</table>

▲ 연구전문인력 양성 결과

- 대상 인원 : 한경도, 권동재, 이선영, 김영준, 김승훈, 김상우, 김민지, 이승아
- 양성과정
  가. 기존 인원 : 참관 및 파견교육을 바탕으로 신기술 인지 유도 및 신규 개발 활용
  나. 신규 인원 : Data analytics 보수교육을 바탕으로 실무 데이터 처리, 수집, 가공 분야에 대한 총괄 교육 실시
- 투입비용
  가. 기존 인원 : 연간 20,000 천원 / 인 비용 소요 (교육훈련 예산)
  나. 신규 인원 : 연간 35,000 천원 / 인 비용 소요 (교육훈련 및 OJT)
- 양성완료에 따른 업무할당 및 투입
  가. 서울혁신챌린지 사업 (2022) : 한경도, 권동재, 이선영, 김상우, 김민지, 이승아
  나. 기상청 기상기술사업화 사업 (2022) : 한경도, 권동재, 이선영, 김상우, 김민지, 이승아
  다. 국가 공공데이터 사업 (2021~) : 한경도, 권동재, 이선영, 김승훈, 김영준, 김상우, 김민지, 이승아

(6) 과제 수행 간 총괄 연구인력 확보 내용

□ 본 과제 수행을 통한 신규인력 확보 실적 : 총 9 인

성명	생년월일	역할구분	직위	학위 및 전공		입사년도
				년도	학위교/학위	
석민		법인총괄	대표이사	2015		2017
한경도		기술총괄	기술이사	2020		2017
양한길		과제 및 운영총괄	경영이사	2016		**2021**
권동재		총괄책임자	부설연구소장	2019		2019
도기석		연구책임자	부연구소장	2012		**2021**
이선영		데이터총괄	책임연구원	2022		2018
김승훈		기술사업관리/영업	팀장	2010		2018
김영준		인력 및 과제관리	팀장	2009		2018
김상우		하드웨어 개발	선임연구원	2018		**2021**
김민지		농업빅데이터 분석	연구원	2021		**2021**
이승아		환경데이터 계측	연구원	2021		**2021**
김창규		환경데이터 가공	연구원	2021		**2021**
최완민		환경데이터 분석	연구원	2020		**2021**
박하은		연구보조	직원	-		**2021**
공정식		하드웨어 개발	책임연구원	2013		**2020**
안민창		연구보조	연구원	2015		2019
계	16명					

2) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

○ 산출물 및 결과

<1차년도>

- 실시간 생육도 및 건조도 계측 및 산출 기구 개발
  · 휴대형 시제품 개발완료
  · 설치형 시제품 하우징 및 자료전송 알고리즘 개발 완료
- 실시간 지상(대기) 환경인자 계측 모듈 개발
  · 실시간 자료전송 시스템 개발완료
- 실시간 지중(토양) 환경인자 계측 모듈 개발
  · 함수율, 지온, EC 복합센서 도입
  · 실시간 자료전송 시스템 개발완료

<2차년도>

- 무인 모니터링 스테이션 개발
  · NDVI카메라, 미세먼지 센서, 토양 센서 통합 및 데이터로거 개발 완료
  · 배터리(2기) 및 태양광 패널(2기) 탑재
  · 통신모듈 및 데이터 전송 기능 개발완료
  · 방수, 방진 함체 개발완료
  · 프로그램의 원격 업데이트 기능 개발완료
- DB 축적 및 분석 시스템 개발
  · LTE 기반 계측 데이터 실시간 전송 기능 개발완료
  · 데이터를 전송받아 빅데이터 구축, 분석을 수행하기 위한 원격 서버(아마존 AWS 기반) 구축 완료
  · 시계열 데이터를 누적하기 위한 DB 개발 완료
  · 각 무인스테이션의 위치 정보, 실시간 관측 정보 및 시계열 정보를 검색 가능한 웹 서비스 개발완료
  · 위성자료 기반 NDVI예측 방법론 테스트 완료
  · 사업대상지의 기초자료 수집 및 공인 기관 인증완료
  · 과학적 방법론에 의거하여 함수율, EC, NDVI 등에 대한 기준값 제시
  · 상기 기준값들을 바탕으로 하는 이메일, SMS 기반 자동동보 시스템 개발 완료

[사업 세부 추진내역 (1차년도)]

○ 실시간 수목 생육도 및 건조도 계측 및 산출 기구 개발

· 라즈베리파이 기반 NDVI계측기구 개발완료

* CPU : 1 .4GHz ARM Cortex-A53 MP4

* RAM : 1 GB LPDDR2

* Raspberry Pi Camera Module v2 (NO IR)

(1080p30, 720p60, 3280×2464 Pixels)

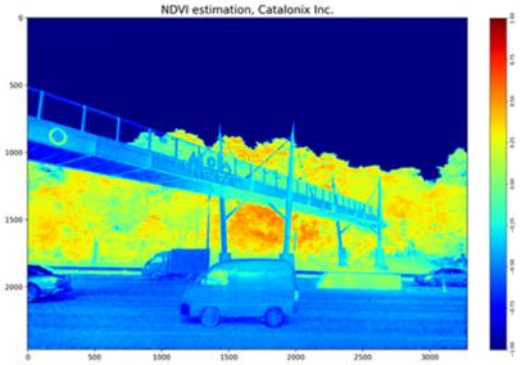
* Triple bandpass filter

(550 nm (G); 660 nm (R); 850 nm (NIR))

· NDVI, EVI 계측 및 저장

· 설치형 및 휴대용 제품 개발완료

· 실시간 데이터 전송 기능 개발완료

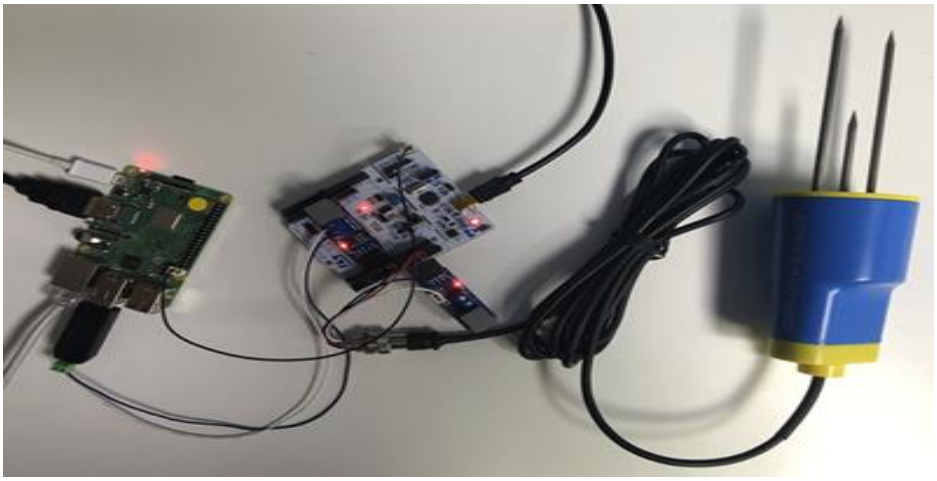


○ 실시간 지상 및 지중 환경인자 계측 모듈 개발

- 실시간 지상(대기) 환경인자 계측 모듈 개발

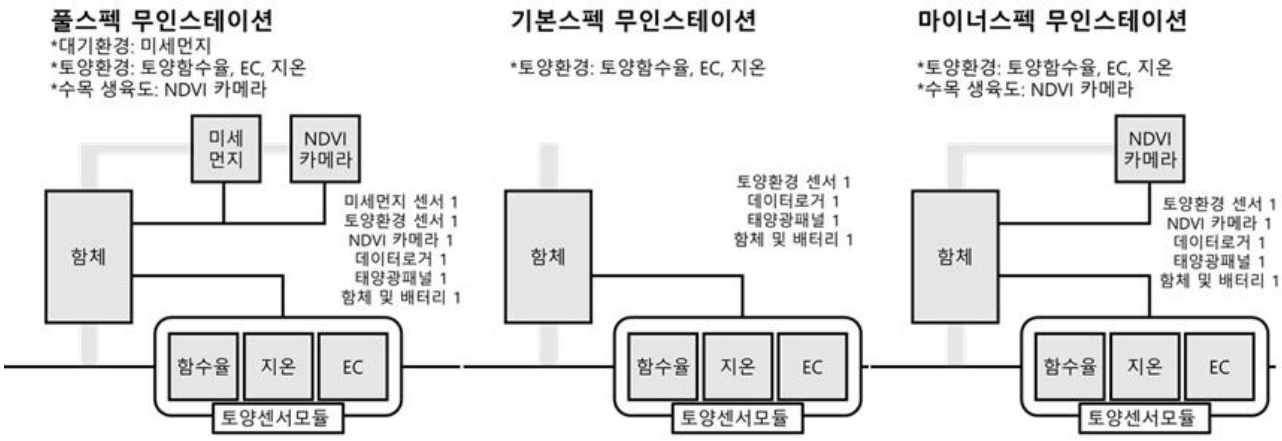
- 실시간 지중(토양) 환경인자 계측 모듈 개발

· KSM8900모델 기반 지중환경인자 계측 모듈 구성완료
· 커넥터 및 운용 소프트웨어 개발완료(표준화 연결방식 개발완료)
· 해상도: 함수율(0.1%), 지온(0.1°C), EC(1%)
· 검출 범위:
  함수율 측정범위 : 0.0～ 100.0% VWC
  전기전도도 측정범위 : 0～ 10 dS/m
  지온 측점범위 : 0～60 ℃. ±0.5 ℃
· 전원: 5V DC



○ 무인 모니터링 스테이션 개발

- 함체 및 무인스테이션 개발



· 식물 생육도 계측기구, 지상 및 지중 환경인자 계측 모듈 탑재 및 체계통합 완료

· LTE통신모듈 탑재(모델명 : ME-I21KL)

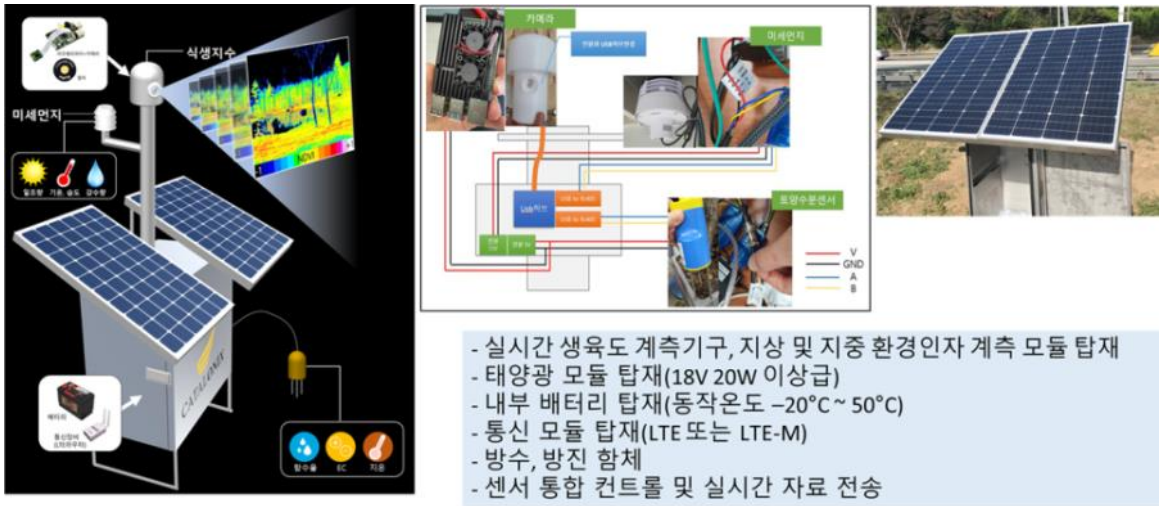
· 내부 배터리 2기 탑재 (동작온도 -20°C ~ 50°C)

· 태양광 패널 2기 탑재

· 실시간 자료 전송 기능 개발 완료

· 한정된 예산 내에서 최대한 많은 지역을 관측하고자 풀스펙 무인 스테이션, 기본스펙 무인스테이션, 마이너스펙 무인스테이션으로 나누어 설치하여 효율성 제고

· 방수, 방진이 가능한 배선 및 배터리 함체 개발 완료



- DB축적 및 분석 시스템 개발

· 아마존 AWS 기반 서버 구축 완료

· CPU : 2, RAM : 4.00 GB, SSD : 80. 00 GB, OS: CentOS 7.8.2003 (필요 시 즉각적인 증설 가능)

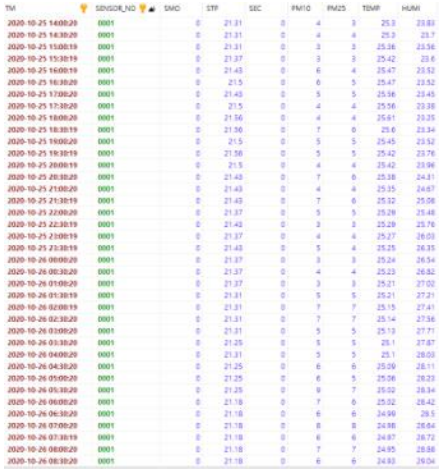
· LTE 통신을 기반으로 각 무인스테이션에서 실시간 관측 정보를 전송받음

· 시계열 데이터를 누적하는 DB 연동

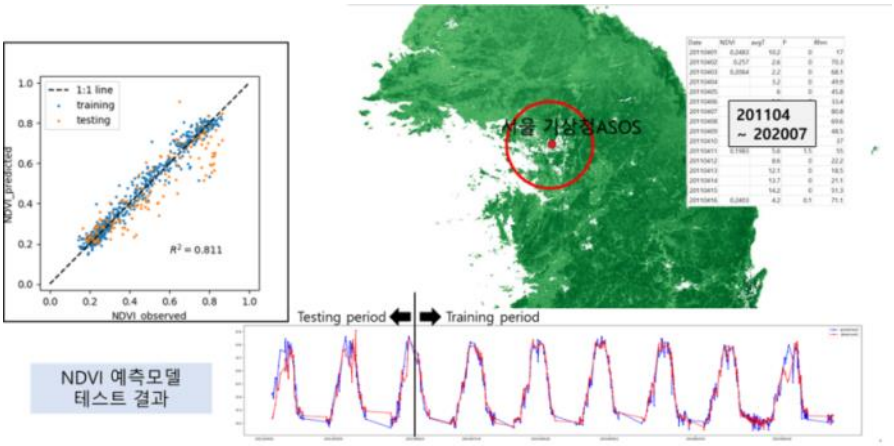
· 실시간 관측 정보 및 시계열 정보를 검색 가능한 웹 서비스 구동 중

· 디바이스 원격 조정 기능 개발

· 과학적 방법론 기반 EC(ECe), 함수율, NDVI값에 따른 경보 기준값 설정

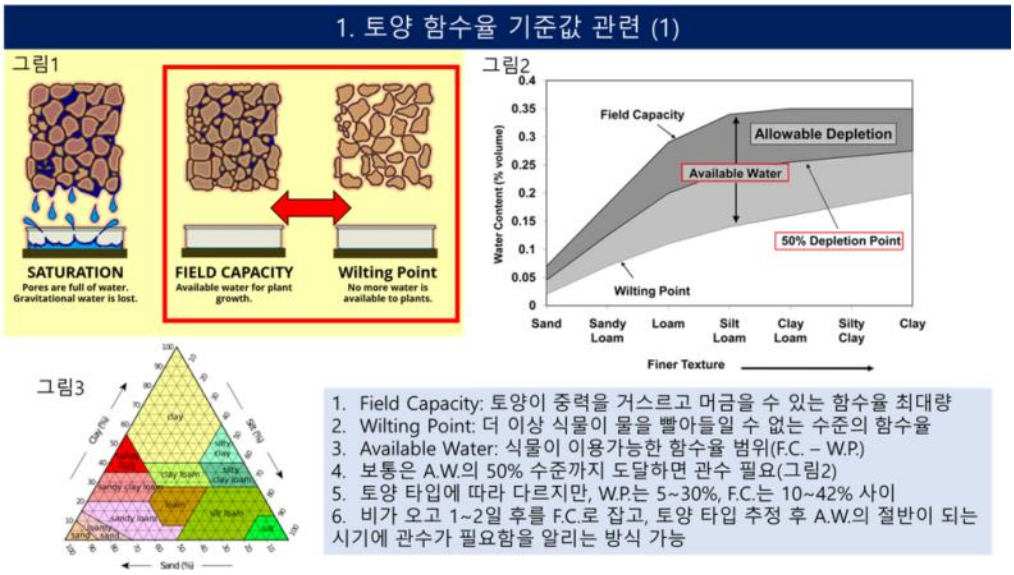


· 기계학습 기반 식물 활력도 예측 모델 개발: 테스트 지역(서울 기상청 ASOS 위치)을 대상으로 수집된 인공위성 영상 및 기상청 자료를 기반으로 NDVI 예측 모델 개발 완료



NDVI 예측모델 테스트 결과

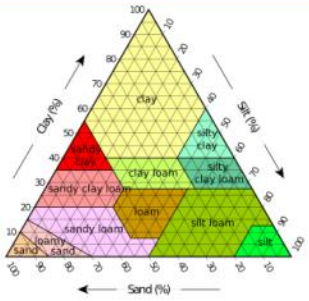
– 토양 함수율 기준값 관련 연구 및 논문작성(접수 전)



1. 토양 함수율 기준값 관련 (2)

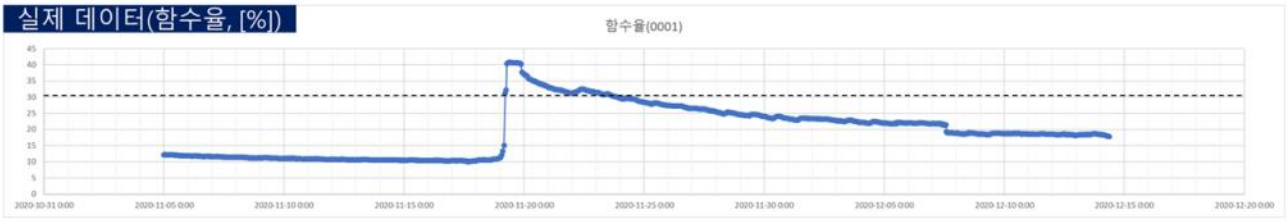
Soil Type	Permanent Wilting Point	Field Capacity
Sand	5% VWC	10% VWC
Loamy Sand	5% VWC	12% VWC
Sandy Loam	8% VWC	18% VWC
Sandy Clay Loam	17% VWC	27% VWC
Loam	14% VWC	28% VWC
Sandy Clay	25% VWC	36% VWC
Silt Loam	11% VWC	31% VWC
Silt	6% VWC	30% VWC
Clay Loam	22% VWC	36% VWC
Silty Clay Loam	22% VWC	38% VWC
Silty Clay	27% VWC	41% VWC
Silt	30% VWC	42% VWC

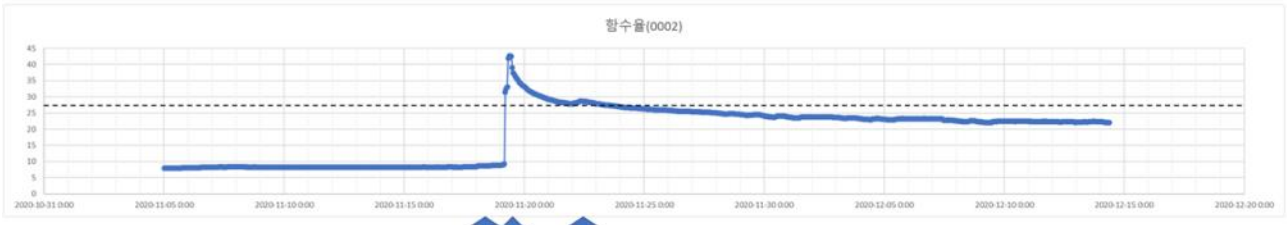
비가 오고 1~2일 후를 F.C.로 잡고, 토양 타입 추정 후 A.W.의 절반이 되는 시기에 관수가 필요함을 알리는 방식 가능



사이트별로 고려를 달리 해야 하고(지형기복의 문제), 장기적인 데이터를 쌓는다면 다소간의 조정은 있을 수 있으나, 기본적으로 세 군데 중의 한 군데만이라도 A.W.의 50%수준에 미달하면 관수가 필요한 것으로 판단

실제 데이터(함수율, [%])





강수

15일	16일	17일	18일	19일	20일	21일
평균기온:11.1℃ 최고기온:14.9℃ 최저기온:8.2℃ 평균운량:3.4 일강수량: -	평균기온:12.4℃ 최고기온:18.3℃ 최저기온:7.5℃ 평균운량:2.1 일강수량: -	평균기온:15.9℃ 최고기온:20.0℃ 최저기온:11.7℃ 평균운량:7.4 일강수량:0.1mm	평균기온:16.6℃ 최고기온:18.7℃ 최저기온:14.8℃ 평균운량:9.8 일강수량:12.2mm	평균기온:13.6℃ 최고기온:19.1℃ 최저기온:6.9℃ 평균운량:9.8 일강수량:86.9mm	평균기온:-2.8℃ 최고기온:-7.0℃ 최저기온:-0.3℃ 평균운량:6.6 일강수량:0.0mm	평균기온:6.5℃ 최고기온:12.8℃ 최저기온:-0.3℃ 평균운량:6.1 일강수량:0.2mm
22일	23일	24일	25일	26일	27일	28일
평균기온:5.6℃ 최고기온:9.1℃ 최저기온:1.5℃ 평균운량:7.8 일강수량:4.8mm	평균기온:1.7℃ 최고기온:5.9℃ 최저기온:-1.5℃ 평균운량:0.3 일강수량: -	평균기온:2.9℃ 최고기온:6.4℃ 최저기온:-0.2℃ 평균운량:6.1 일강수량: -	평균기온:4.6℃ 최고기온:9.5℃ 최저기온:0.0℃ 평균운량:5.4 일강수량: -	평균기온:5.6℃ 최고기온:10.9℃ 최저기온:1.9℃ 평균운량:5.5 일강수량: -	평균기온:4.1℃ 최고기온:7.7℃ 최저기온:0.6℃ 평균운량:4.9 일강수량:0.0mm	평균기온:-0.1℃ 최고기온:2.8℃ 최저기온:-2.3℃ 평균운량:2.9 일강수량: -

Field Capacity: 27~30% 추정 -> Sandy Loam ~ Loam

Sandy Loam	8% VWC	18% VWC
Sandy Clay Loam	17% VWC	27% VWC
Loam	14% VWC	28% VWC

Available Water: 10~14%

경보기준: **평균** 12% VWC 이하로 떨어질 경우

· 작물 생장에 적절한 함수율 구간은 토양의 타입에 따라 다르며, 토양이 중력을 거스르고 머금을 수 있는 물의 최대 상태(Field Capacity, F.C.)로부터 작물이 취할 수 있는 함수율 최소상태(Permanent Wilting Point, W.P.)까지의 차이가 Available Water(A.W.)임.

· 농업분야의 경우 통상적으로 A.W.의 절반 수준까지 떨어질 경우 관급수가 필요한 것으로 판단함

· 대상지들의 토양은 주로 Sandy Loam ~ Loam에 해당하는 것으로 판단됨

· 따라서 약 10% VWC 가량의 A.W.가 예상되며 따라서 F.C. 함수율을 약 25~30%로 가정할 경우 함수율 약 20~25%부터 관급수가 필요함

· 그러나 생산량 극대화를 추구하는 농업과는 그 목적에 다소 차이가 있고, 관리의 용이성을 고려할 때 W.P. 까지 다소 여유를 둔 수준으로 경보 함수율 하한선을 지정함(추후 생육 데이터 수집 후 변경 가능)

- 토양 EC 기준값 관련 연구

2. EC 관련 (1)

EC는 토양 내 영양분의 양과 상관관계가 있으나, 직접적으로는 염도(Salinity)와 관련이 있다. 너무 높으면 식물이 염해를 입고, 너무 낮으면 양분이 부족한 것으로 판단해야 한다. 우리나라의 도로완충지의 경우 EC가 높아지는 요인으로는 제설작업 등의 영향이 있을 것이며, 지나치게 낮은 EC일 경우 시비 등을 통한 관리가 필요할 것이다.

Convert BULK EC to PORE WATER EC

$$\sigma_\omega = \frac{\varepsilon_\omega \sigma_b}{\varepsilon_b - \varepsilon_{\sigma_b=0}}$$

σ_ω conductivity of the pore water
ε_ω real portion of the dielectric permittivity of the soil pore water -> 대략80
σ_b bulk electrical conductivity -> 센서로 측정하는 수치
ε_b real portion of the dielectric permittivity of the bulk soil -> 대략20
$\varepsilon_{\sigma_b=0}$ real portion of the dielectric permittivity when σ_b = 0 -> 통상적으로 4.1

Convert PORE WATER EC to ECe(SATURATION EXTRACT EC)

$$\sigma_e = \sigma_\omega \left(\frac{\theta}{\theta_s}\right) \Rightarrow \sigma_e = \frac{80\theta\sigma_b}{\theta_s(\varepsilon_b - 4.1)}$$

θ 함수율
θ_s 포화상태 함수율 -> 약 50%가정

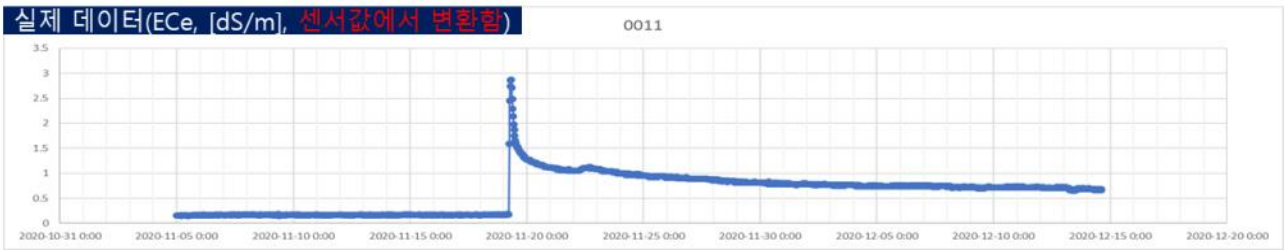
이 식에 센서값을 대입하면 ECe가 나오고,
이를 경우에 따라서는 다시 참고문헌의 수치로 환산하여 (EC1:1 등) 비교해야함
농작물의 ECe의 경우 0.75-5.00 (dS/m or mS/cm) 사이면 적정한 수준이다.

2. EC 관련 (2)

사업대상지의 ECe 데이터를 보고 판단한바, 일반적인 농업용으로 적합한 환경보다는 다소 척박한 것으로 판단됨. 다만, 새로이 나무를 심고 비료를 준 사이트들은 ECe가 농업환경의 그것과 유사하게 좋은 것으로 나타남(개화IC, 여의하류 IC).

생산량의 극대화를 추구하는 농업과는 그 목적에서 다소 차이가 있고, 유지관리 비용의 문제도 있으므로 ECe의 하한 수치(낮음 경보 수치)는 다소 완화시켜 적용해도 무방할 것으로 생각됨. 그러나 염해의 경우 식물의 즉각적인 고사를 유발할 수 있으므로 다소 보수적인 수치를 적용하는 것이 합당해보임.

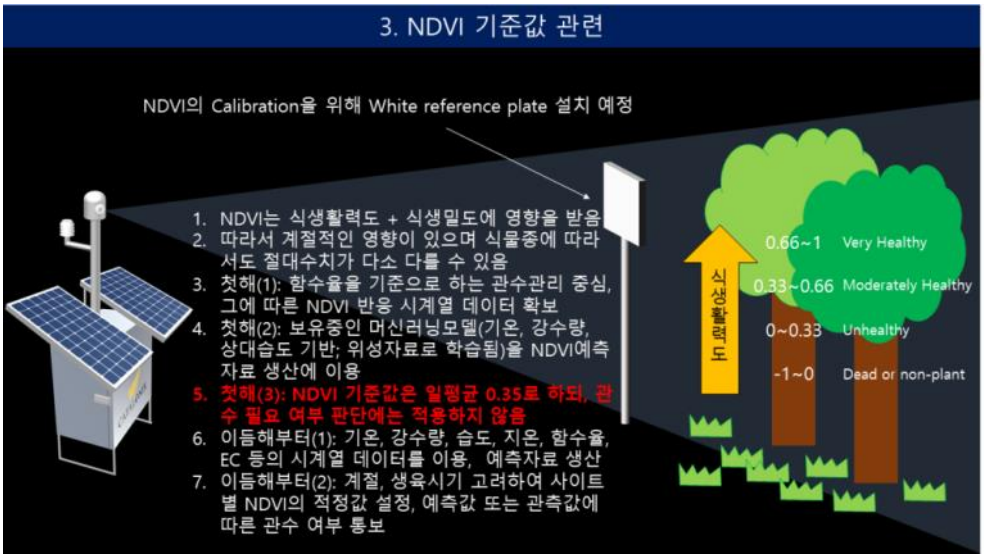
ECe 하한기준: 0.4 dS/m
ECe 상한기준: 5.00 dS/m



· EC센서로 측정되는 수치는 토양+공극수 전체에 해당하는 bulk EC임
· 따라서 여러 문헌에서 표준적으로 사용되는 ECe, EC1:1 등의 수치와 직접 비교하기 위해서는 적절한 변환이 필요함
· ECe로의 수치 변환 후 관측한 대상지들의 자료를 관찰한바, 일반적인 농업용으로 적합한 환경보다는 다소 척박한 것으로 판단됨.
· 다만, 새로이 나무를 심고 비료를 준 사이트들은 ECe가 농업환경의 그것과 유사하게 좋은 것으로 나타남

· 생산량의 극대화를 추구하는 농업과는 그 목적에서 다소 차이가 있고, 유지관리 비용의 문제도 있으므로 ECe의 하한 수치(낮음 경보 수치)는 다소 완화시켜 적용해도 무방할 것으로 생각됨. 그러나 염해의 경우 식물의 즉각적인 고사를 유발할 수 있으므로 다소 보수적인 수치를 적용하는 것이 합당해보임

- NDVI 기준값 관련 연구 (완료)

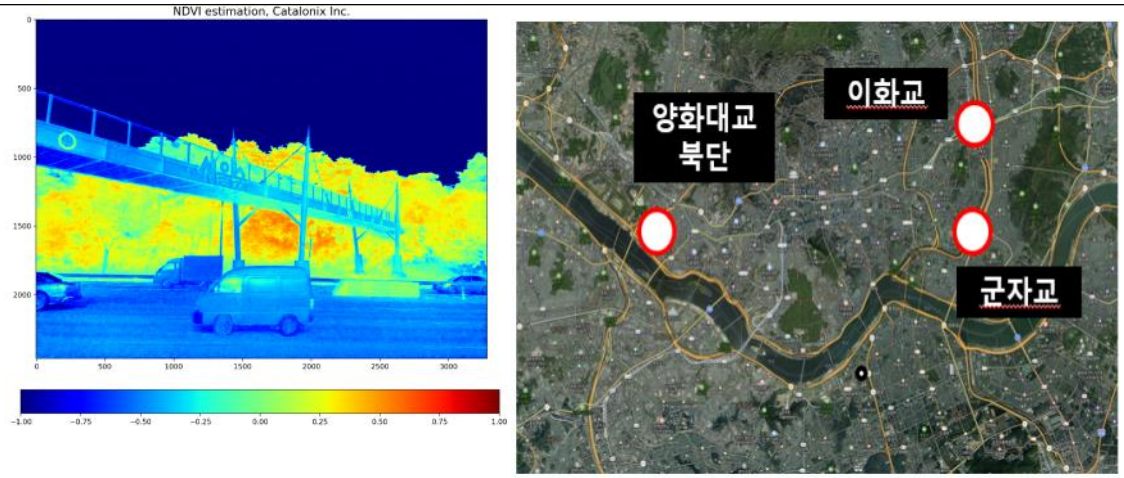


· NDVI는 식생활력도 + 식생밀도에 영향을 받음
·따라서 계절적인 영향이 있으며 식물종에 따라서도 절대수치가 다소 다를 수 있음
·첫해(1): 함수율을 기준으로 하는 관수관리 중심, 그에 따른 NDVI 반응 시계열 데이터 확보
·첫해(2): 보유중인 머신러닝모델(기온, 강수량, 상대습도 기반; 위성자료로 학습됨)을 NDVI예측자료 생산에 이용
·첫해(3):NDVI 기준값은 일평균 0.35로 하되, 관수 필요 여부 판단에는 적용하지 않음
·이듬해부터(1): 기온, 강수량, 습도, 지온, 함수율, EC 등의 시계열 데이터를 이용, 예측자료 생산
·이듬해부터(2): 계절, 생육시기 고려하여 사이트별 NDVI의 적정값 설정, 예측값 또는 관측값에 따른 관수 여부 통보

[사업 세부 추진내역 (2차년도)]

가. 무인스테이션 개발 성료 및 적용

<'21년도 카탈로닉스 개발 무인 스테이션>



<NDVI 실측 영상 및 환경관리 스테이션 설치 장소>

<환경스테이션 세부 설치장소>

- 에지컴퓨팅 노드(edge-computing node) 및 CCD카메라 기반 NDVI 계측기구 개발/설치완료
- NDVI, EVI 실시간 계측 및 저장
- 환경정보(대기, 토양, 식생) 실시간 수집 및 카탈로닉스 서버 전송
- 스테이션 시험인증
- 환경인자(토양함수율, 온도, 습도, NDVI 수치 등) 설치장소별 지표 수집/관리

나. 골프장 잔디 생육 향상을 위한 관리 시스템 개발 적용

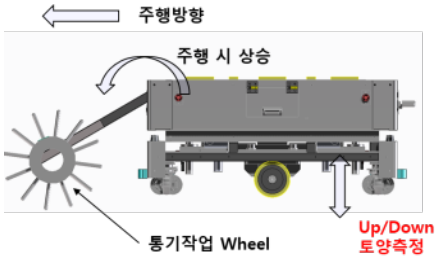
- 다양한 환경 적용을 위한 데이터 현출 시스템 설계 및 판매
- 당 과제 연구개발을 통한 새로운 형태의 사업 모델 도출 완료

다. 무인스테이션 기반 노지 및 잔디 생육관리 및 생산성 향상 방법론 연구개발

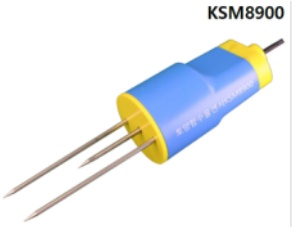
- 잔디의 생육 및 병충해의 조사는 연구자나 현장 전문가가 주관적으로 판단하는 시각적 평가(visual ratings)에 의해 주로 이루어지고 있으며, 이러한 시각적인 평가 결과는 질적인(qualitative) 것보다 양적인(quantitative) 형질에서 전문가의 경험이나 훈련 정도에 따라 그 평가 결과에 큰 차이를 보일 수 있음[5)]
- 하나의 개체로부터 줄기가 생장하며 퍼지거나 분열로 개체의 크기가 커지는 잔디의 특성상 생육 상황이나 병해충 피해를 조사할 때 개체별 평가가 어려우므로 특정 면적에 대한 양적 평가에 의존할 수밖에 없으며, 최근에는 객관적으로 더욱 정확한 상황을 파악하기 위해 드론을 이용하여 이미지를 획득하고 이를 분석(image analysis)하여 피복률, 병반면적률 등을 평가하는 방식이 도입되기 시작함
- 드론은 그 특성상 일정한 구역을 높은 시간해상도(temporal resolution)로 지속적, 장기적으로 관측하기는 힘들기때문에 잔디의 장기적인 관리에는 부적합한 부분이 있음. 잔디의 전체적인 생육도를 분석하는 측면에서는 광학 인공위성 기반 식생지수 영상도 활용이 가능하지만, 인공위성은 공간해상도(spatial resolution)의 제약이 있고(10~20m), 재방문주기(revisit period)도 16일 가량으로 길어서 특히 구름이 많은 계절에는 필요한 시기의 영상을 얻기가 어려운 문제가 있음
- 장기적으로 **잔디의 생육 예측과 예방적 관리를 효율적으로 진행하기 위해서는 잔디의 생육 상태를 짧은 주기로 안정적으로 관측할 수 있는 영상 획득 방식**과 함께 각종 기상데이터, 토양관측 데이터도 함께 수집하고 융합하여 잔디의 생육 전반에 대하여 종합적인 판단이 가능한 새로운 시스템이 필요함
- 서울월드컵경기장 및 국내 스포츠용으로 가장 많이 사용되고 있는 초종은 캔터키블루그래스 종으로 잎이 부드럽고 생육속도 및 회복력이 빨라 애용되나 한랭 습윤한 유라시아 북방지역이 원산지인 한지형 잔디의 특성상 여름에 고온다습하고 겨울에 한랭건조한 한반도 기후에서 품질을 유지하기 위해서는 섬세한 생육환경 관리가 필요함[6)]
- **생육도 및 생육환경의 섬세한 모니터링에 기반한 의사결정으로 자원의 투입을 최소화하면서 최상의 품질을 달성하고자 하는 잔디관리의 지향점은, 근래 각종 농업 현장에서 활용도가 높아지고 있는 원격탐사(remote sensing), 공간정보(Geographic Information System, GIS), 정보통신(Information and Communications Technology, ICT), 사물인터넷(Internet of Things), 빅데이터(big data), 기계학습(machine learning)을 활용한 정밀농업(precision agriculture, PA) 기술의 지향점과 일맥상통하며, 따라서 잔디관리 시스템에 적극적으로 정밀농업 기술을 접목할 필요가 있음**

○ 토양환경 관측장비 개발 (완료)

- 경기장 내부 토양환경을 주기적으로 관측하고 통기 작업까지 할 수 있는 자동화 로봇 장비



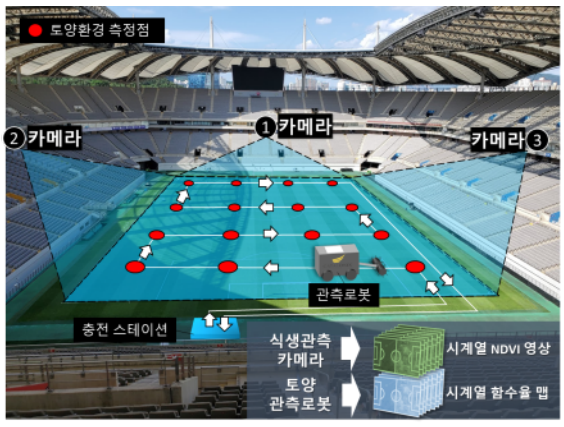
- 토양환경 검측: 지정된 포인트들로 이동하여 토양센서(KSM8900)의 탐침 삽입 후 토양 함수율, 온도, EC 측정을 반복



정격	전원	5Vdc
	소비 전력	70mA @5Vdc
	통신	RS-485
치수	외형	120mm * Ø 60 (전극 길이 : 110mm)
	무게	360g (표준 케이블 포함)
	케이블	표준 3Meter

- 통기 작업: 필요한 타인(tine)의 직경, 타입, 밀도에 따라 원통 교체가 가능하도록 제작하며 필요에 따라 탈착 가능

타인직경 (mm)	타인간격 (cm)	홀의 수 (개)/㎡	단위면적당 갱신율 (%)	20% 갱신을 위한 통기작업 회수
6	2.5X2.5	1600	4.91	4.1
	2.5X5	800	2.45	8.1
	5X5	400	1.23	16.3
10	2.5X2.5	1600	11.04	1.8
	2.5X5	800	5.52	3.6
	5X5	400	2.76	7.2
12	2.5X2.5	1600	19.63	1.0
	2.5X5	800	9.82	2.0
	5X5	400	4.91	4.1
16	2.5X2.5	1600	30.68	0.7
	2.5X5	800	15.34	1.3
	5X5	400	7.67	2.6



- 수동 조작: 토양환경 관측/관리용 로봇의 수동 조작 및 비상 시 즉시 정지 가능

- 안전 기능: 위험 상황 인식 시 운행을 중단하고 제자리에 즉시 정지하며 아래 센서 후보 중 현장에 적합한 방식으로 선택

  · 초음파 센서 : 초음파 센서로 인식한 물체의 거리가 일정 이내의 경우 정지.

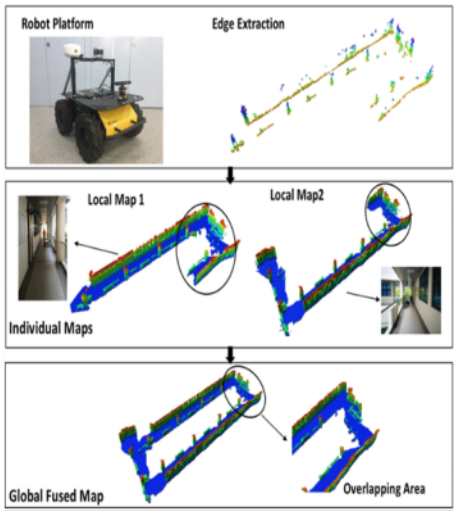
  · 3D Lidar, 2D Lidar : 이동 경로 상의 장애물을 인식하고 정지.

  · 범퍼: 동작 즉시 정지 해제 시, 일정 시간 이후 정지 해제.

초음파 센서

범퍼

2D Lidar 센서



3D Lidar 센서

- 무선 데이터 전송(LTE 또는 LoRa 기반)
- 자동 충전 기능

  · 작업이 끝난 후 로봇이 자동으로 충전 스테이션으로 이동하여 배터리를 충전하고(O-Cam QR인식) 대기상태에 진입

  · 220V 전원 대응

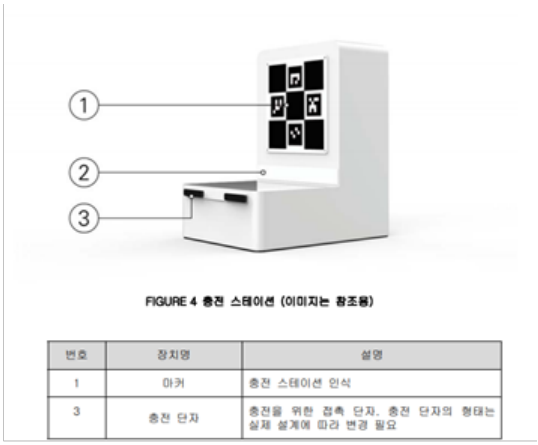
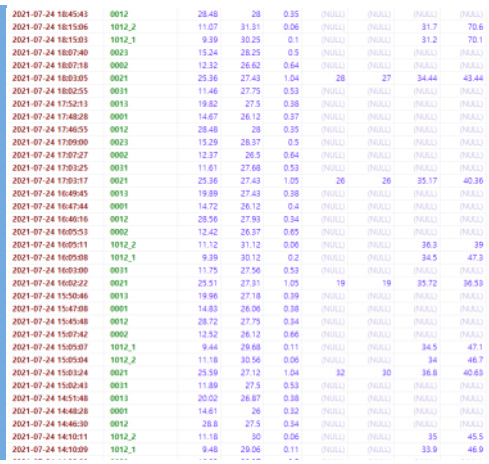


FIGURE 4 충전 스테이션 (이미지는 참조용)

번호	장치명	설명
1	마커	충전 스테이션 인식
3	충전 단자	충전을 위한 접촉 단자. 충전 단자의 형태는 실제 설계에 따라 변경 필요

○ 대기 환경 관측장비



- 대기 환경(기상) 관측장비의 구성
  - · 기온, 상대습도, 기압, 풍향, 풍속, 미세먼지, 조도 등 측정
  - · 모듈 방식으로 구성하여 유지관리의 용이성 제고
  - · 라즈베리파이 및 기성 제품 혼용
  - · 하우징의 방수, 방진: 국제 보호 등급 IP65 수준 이상
  - · 무선 데이터 전송(LTE 또는 LoRa 기반)

○ 장비 통합 관제 시스템

- HA(HomeAssistant) 플랫폼을 활용한 각종 장비, 센서의 원격 무인관리

· 루틴 지정, 자동화 작업으로 편의성 제고

· 효율성과 보안성 동시 확보

· 모바일 앱을 통한 실시간 설정 적용/실시간 시설 정보 확인

· 시설 내 무선 컨트롤

· 보안, 설비 동작 관련 다양한 타이머 설정 가능

- IoT 게이트웨이(Gateway)

· 유무선 센서, 장비 간의 연결을 중계하여 다양한 맞춤형 무인 자동화 설정

· CPU : Broadcom BCM2711 (Quad-Core)

· RAM : 2GB LPDDR4-3200 SDRAM

· POWER : USB-C Type 5V DC 3A

· 전송 프로토콜: Zigbee, WiFi, BT, Ethernet

· 운영체제 : Linux (Customized)

· 제품 크기 : 180 x 105 x 38mm

· 동작 온도 : 0˚c ~ +50˚c

– 온·오프 스마트 스위치: 무선으로 전기제어가 가능하여 광범위하게 활용할 수 있는 온·오프 스마트 스위치로 소프트웨어적으로 on/off 컨트롤이 불가능한 장비 또는 센서에 적용

· 전송 프로토콜: Zigbee

· 무선 주파수: 2.4GHz ISM frequency band

· 정격 전압 : AC 220v, 50Hz

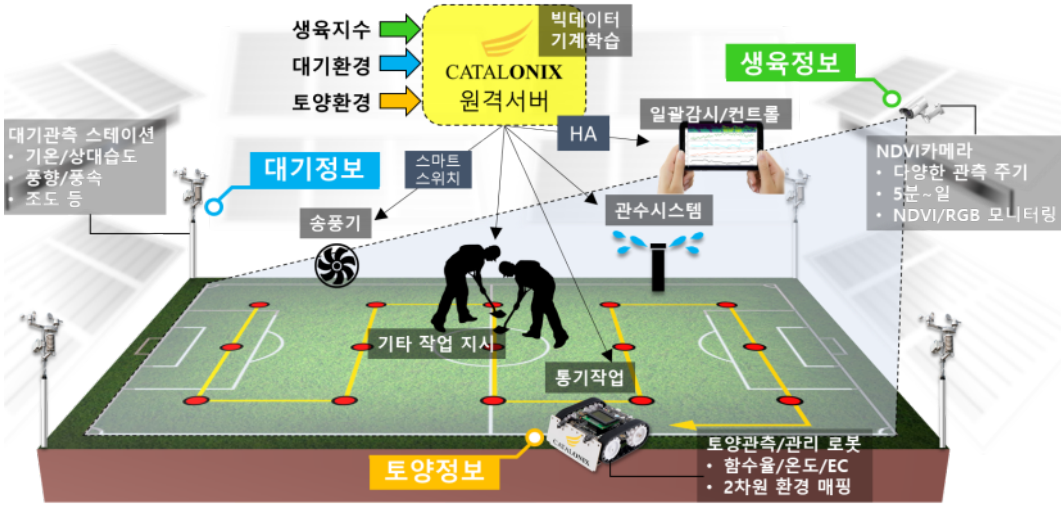
· 정격 부하 : MAX 16A 2000W

· 제품 크기: 88 x 39 x 23mm

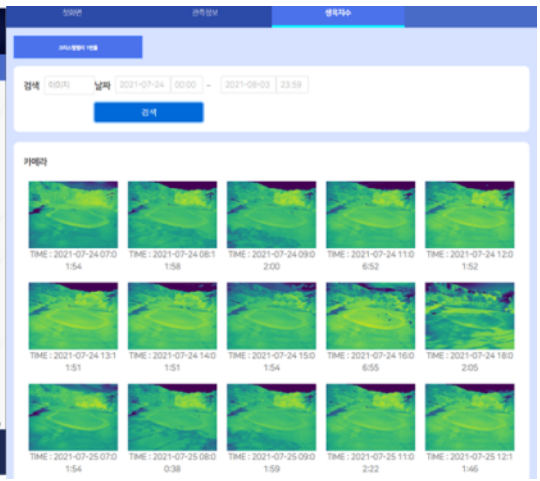
· 동작 온도 : -20˚c ~ +45˚c

· 제품 무게 : 55g

· 소재 : V0 Flame Retardant PC



○ 생육 현황 및 예측, 예방적 작업지시 및 경보 현출을 위한 웹/앱

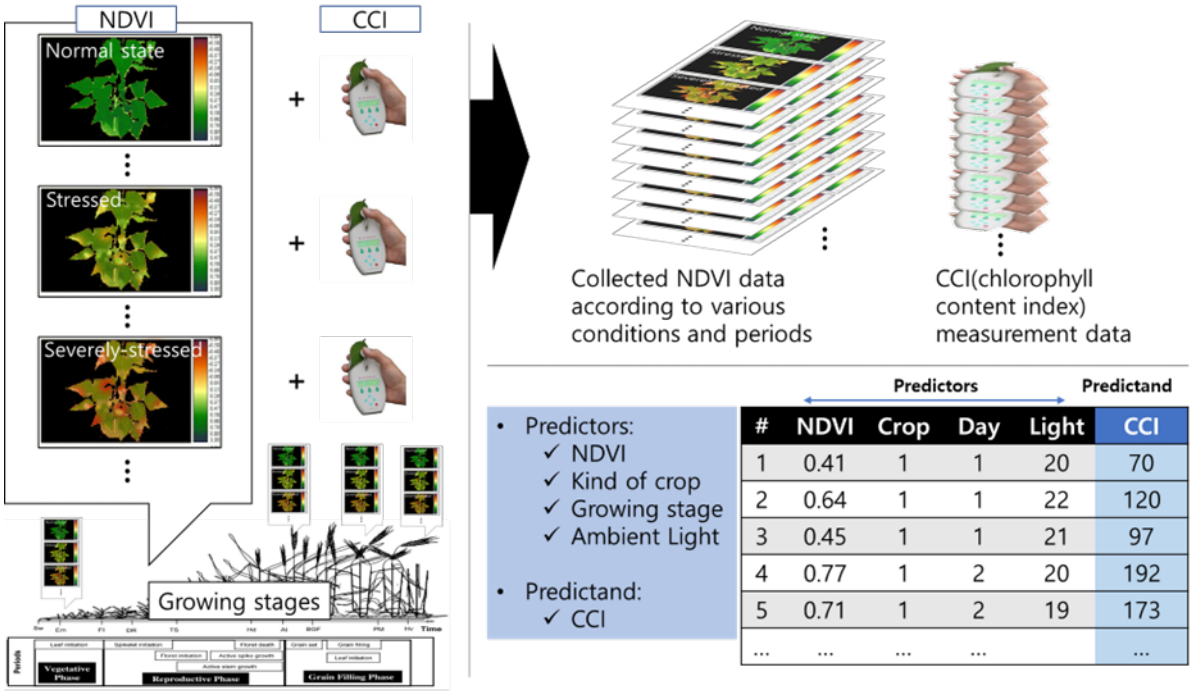


· 웹 및 앱 API를 이용한 사용자 경험 제공 : 데이터 접근, 통계분석 등

· 실시간 잔디 상태(수치, 영상), 예측(생육도, 품질 등)서비스 제공, 관수 소요 및 사용자 맞춤 설정 제공

○ 엽록소지수 산출을 위한 기계학습 모델

- 데이터 구축 방법



#	NDVI	Crop	Day	Light	CCI
1	0.41	1	1	20	70
2	0.64	1	1	22	120
3	0.45	1	1	21	97
4	0.77	1	2	20	192
5	0.71	1	2	19	173
...	...	...	...		...
1000	0.82	1	50	21	347

Dataset

70%

Random split

30%

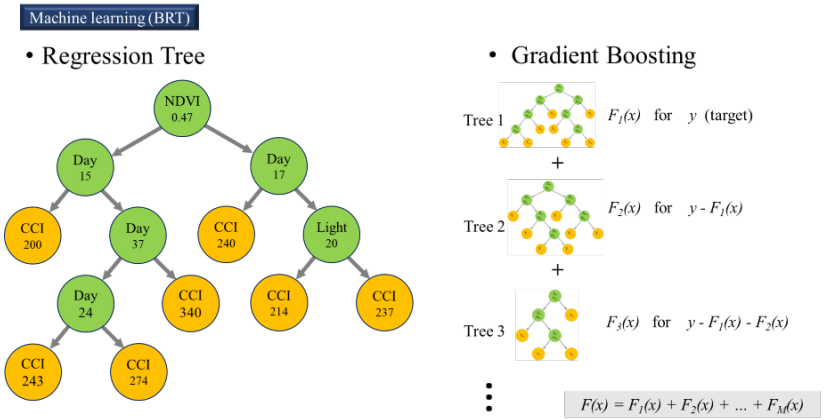
#	NDVI	Crop	Day	Light	CCI
1	0.51	1	1	19	69
2	0.62	1	1	23	119
3	0.65	1	1	18	115
4	0.72	1	2	22	187
5	0.69	1	2	20	172
...	...	...	...	...	...
700	0.80	1	50	20	357

Training dataset

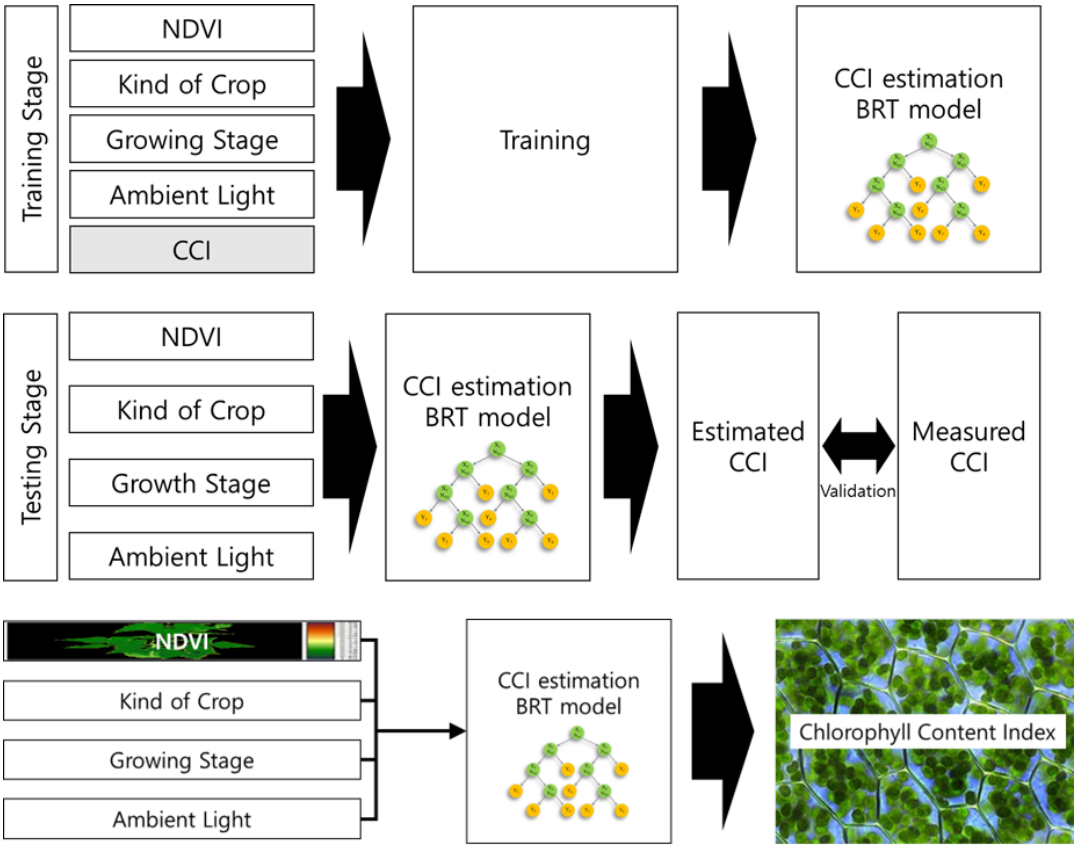
#	NDVI	Crop	Day	Light	CCI
1	0.47	1	1	22	69
2	0.63	1	1	19	114
3	0.71	1	1	17	128
4	0.75	1	2	24	193
5	0.59	1	2	21	164
...	...	...	...	...	...
300	0.87	1	50	22	324

Testing dataset

- Boosted Regression Tree

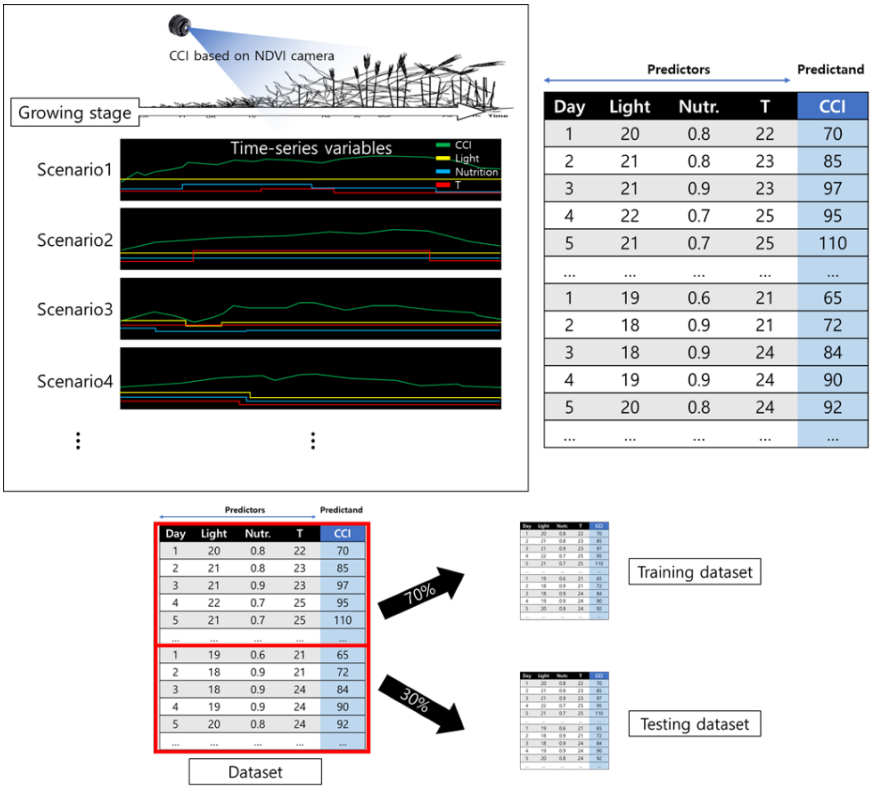


– 엽록소지수 산출을 위한 학습 및 Testing 절차

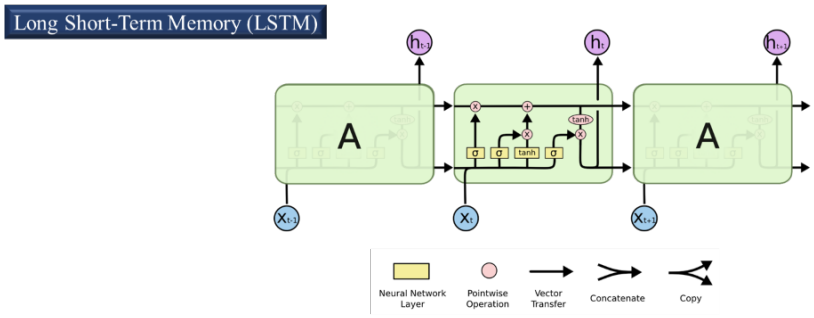


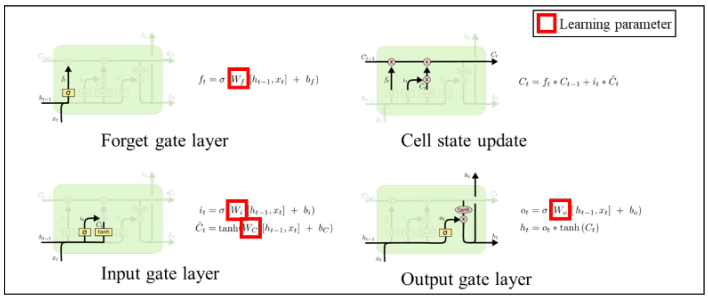
○ 미래 식생지수 산출을 위한 기계학습 모델

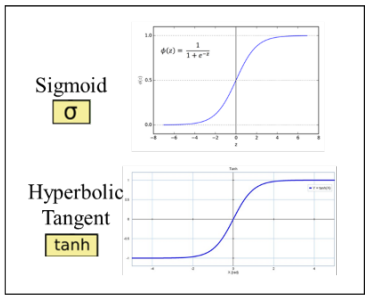
– 데이터 구축 방법



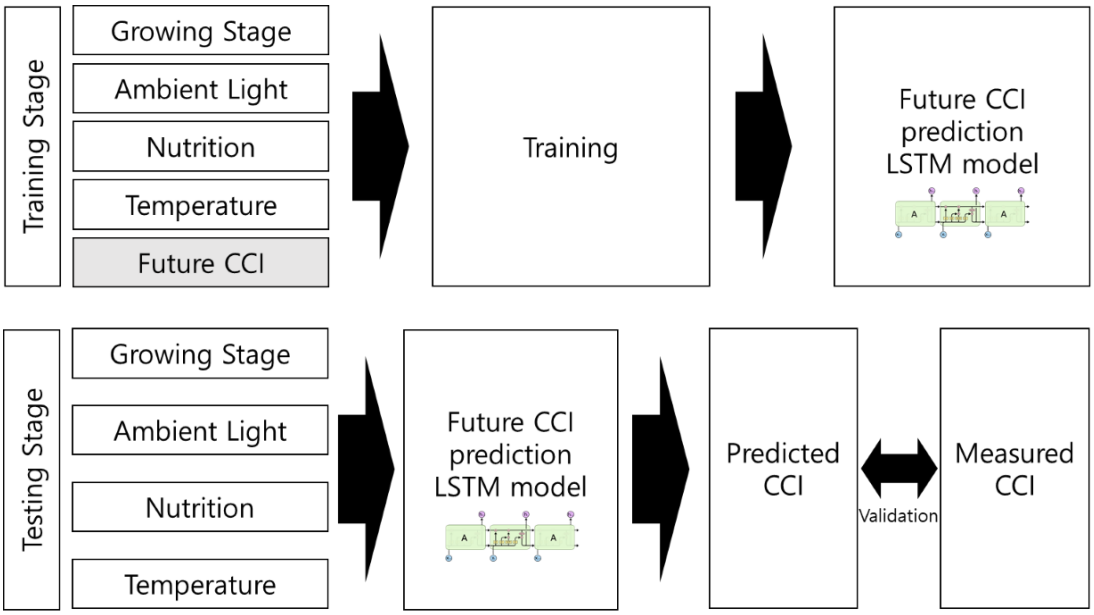
- Long Short-Term Memory(LSTM)



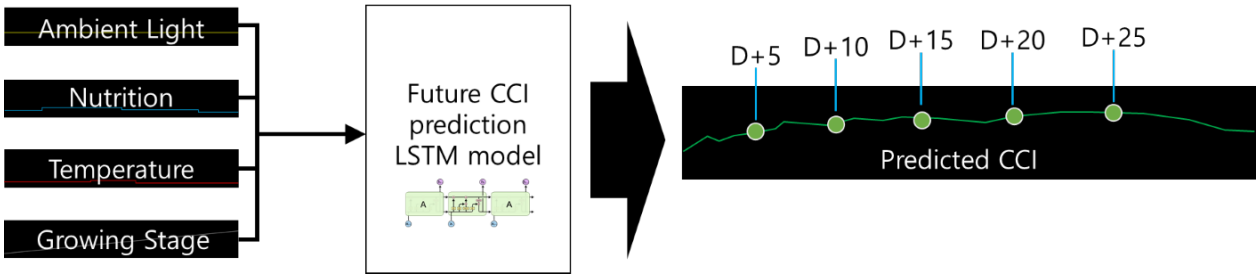




- 시계열 데이터를 바탕으로 미래 상태 예측을 위한 학습 및 testing 절차



- 시계열 예측 모델을 활용한 산출량 최적화의 개념

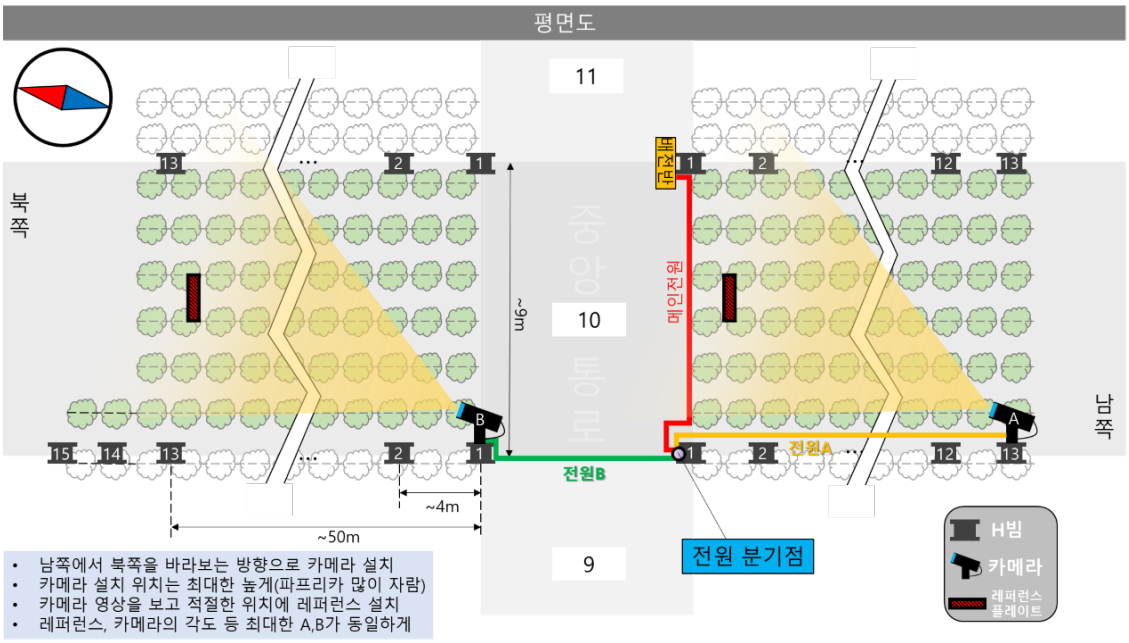


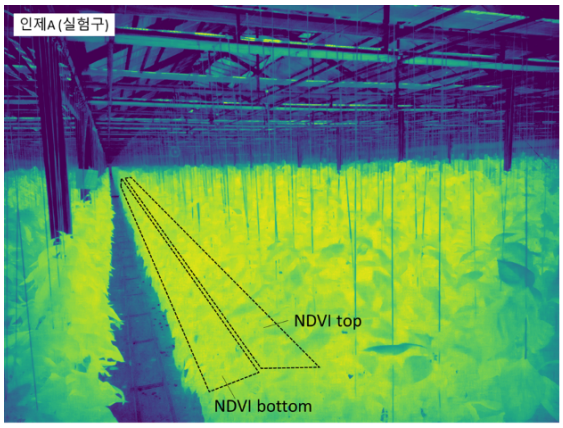
· 시계열적인 NDVI 또는 엽록소농도의 변화양상은 작물의 산출량과 강한 상관관계가 있음은 여러 연구결과들을 통하여 알려져 있음

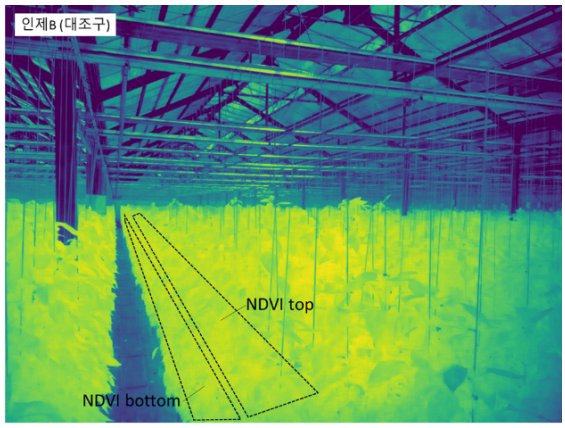
· 즉, 작물의 산출량과 시계열적인 식생지수의 변화양상을 여러 작기동안 관찰한다면 산출량 극대화를 위한 최적의 환경 시나리오를 찾아내어 제공해줄 수 있음

○ 실제 농업현장에서 측정한 광 조건 변화와 NDVI와의 상관관계 연구

– 실험장소: 강원도 인제 우정영농(파프리카농장)







· 차광막의 셋팅이 다른(A와 B)를 구성하고 광 조건의 차이에 따른 NDVI 및 주변환경의 변화를 관찰함

· 모든 자료를 2시간 인터벌로 resampling

· 차광막 작동 시각은 11시~15시

· 실험구(처리구): A, 대조구: B

· NDVI는실험구 및 대조구 모두 상부(top)와 하부(bottom)를 나눠서 측정

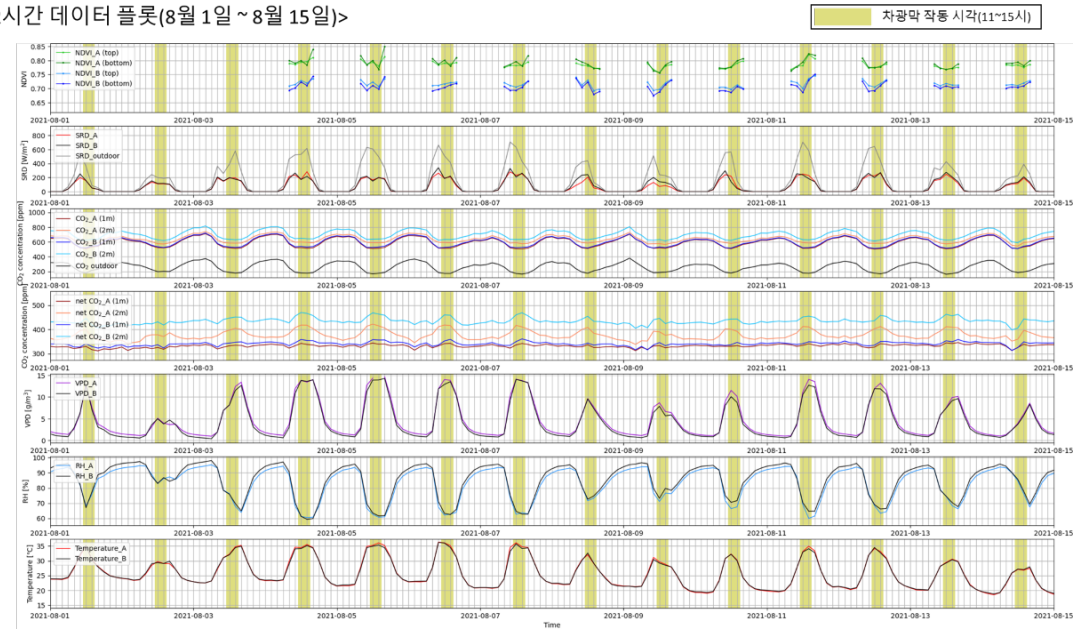
· Net CO_2는 외부의 CO_2 농도를 초과하는, 온실 내부환경에서 발생한 것으로 추정되는 CO_2 농도를 나타냄

· VPD(Vapor Pressure Deficit; 적정 수증기부족분)는 포화수증기량과 절대습도의 차이로, 상대습도(RH)와 마찬가지로 식물의 생육에 중요한 요소라 판단하여 추가하였으며, 절대습도는 아래의 공식으로 구함(Bolton, 1980)

$$Absolute\ Humidity\ (grams/m^3) = \frac{6.112 \times e^{\left[\frac{17.67 \times T}{T+243.5}\right]} \times rh \times 2.1674}{273.15 + T}$$

– 데이터 플롯(일부)

<2시간 데이터 플롯(8월 1일 ~ 8월 15일)>



NDVI와의 상관관계				
	A_상부	A_하부	B_상부	B_하부
SRD	-0.42357	-0.42584	-0.33215	-0.40002
CO2_1m	0.019387	-0.04795	-0.19142	-0.12482
CO2_2m	0.01426	-0.03946	-0.16424	-0.09879
net_CO2_1m	-0.24006	-0.22973	-0.43416	-0.32142
net_CO2_2m	-0.23443	-0.14954	-0.28494	-0.19679
VPD	0.047969	0.194032	0.133373	0.163132
RH	-0.00866	-0.17286	-0.04972	-0.10052
TEMP	0.054397	0.141782	0.237927	0.210701

– 관찰 결과 및 해석

· 파프리카의 NDVI는 상부가 하부보다 NDVI가 대체로 높음

· 파프리카의 NDVI는 SRD(Solar Radiation)와 음의 상관관계를 보임

· 파프리카의 상부보다는 하부의 NDVI가 SRD에 더 민감한 음의 상관관계를 보임. 이는 상대적으로 확산광에 의지하는(광조건이 열악한) 하부의 환경 때문인 것으로 판단됨

· CO_2 농도는 NDVI와 음의 상관관계를 보임. 이는 NDVI가 높을수록 광합성이 활발하고 이에 따라 CO_2 가 소모되는 양상을 보여 줌

· SRD가 강할 때, net CO_2 가 증가하며 이는 광호흡이 일어나기 때문으로 추정됨

· 실험구는 대체로 대조구보다 NDVI가 우세하며 이 경향은 하부에서 더 뚜렷함. 시간이 지날수록 실험구의 NDVI우세는 강해짐. 또한 시간이 지나면서 실험구의 상부 우세 가 실험구의 하부 우세만큼 상승하는 것으로 나타남. 이는 파프리카가 수직으로 생장하는 영향이 잡힌 것으로 보임.

· NDVI A/B 비율은 CO_2 A/B(2m) 비율과 비교적 강한 음의 상관관계를 보인 반면 CO_2 A/B(1m) 비율과는 비교적 강한 양의 상관관계를 보임. 동시에 VPD A/B, Temperature A/B와는 상대적으로 덜 강한 음의 상관관계를 보임

· 즉, NDVI가 높아지면(광합성이 활발해지면) 상부(2m)의 CO_2 가 하부(1m)의 CO_2 보다 상대적으로 많이 감소하는 것을 뜻함

· 대조구 대비 실험구의 상부(2m)의 CO_2 농도는 지속적으로 하락하며, 이는 파프리카의 생장으로 온실 상부(2m)로 광합성 활동의 중심이 옮겨가는 영향 때문인 것으로 판단됨

· 반면 대조구 대비 실험구의 하부(1m)의 CO_2 농도는 지속적으로 상승하는데, 이는 대조구 파프리카가 실험구에 비하여 광합성의 중심이 아래쪽에 머무는 것으로 해석 가능

(2) 정량적 연구개발성과

<연구성과 목표 대비 실적>

성과목표		사업화지표											연구기반지표									
		지식재산권			기술실시(이전)		사업화					기술인증	학술성과				교육지도	인력양성	정책활용·홍보		기타(타연구활용등)
													논문									
		특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		SCI	비SCI	논문평균IF	학술발표			정책활용	홍보전시	
단위		건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		건		명	건	건	
가중치		10	20		10	10	10			10						5		20		5	
최종목표		3	1	0	1	10	1	200	25	3	100	1	0	2	2.0	2	2	3	0	4	2
2021년도	실적	10	3	0	1	100	1	600	25	8	1000	1	-	2	2.5	1	2	8	0	15	2
달성율(%)		100	100	-	100	100	100	100	100	100	100	100	-	100	100	100	100	100	100	100	100

- ㅇ 당 연구개발 수행을 통한 NDVI 계측 기구 도출
  1. CCD 카메라 기반의 정규식생지수 오차율 보정완료
  2. 정규식생지수와 실제 식생활력도와의 상관관계 검증완료
- ㅇ 대기환경 측정 : 미세먼지 농도 측정 해상도 검증완료
- ㅇ 지중환경 측정 검증완료
  1. 토양 함수율 측정 해상도
  2. 지온 측정 해상도 검증완료
  3. EC 측정 해상도 검증완료
- ㅇ 함체 및 내장기기
  1. 방수방진 등급 충족
  2. 배터리 동작 온도 만족
- ㅇ 정량평가를 위한 필수 설정 지표

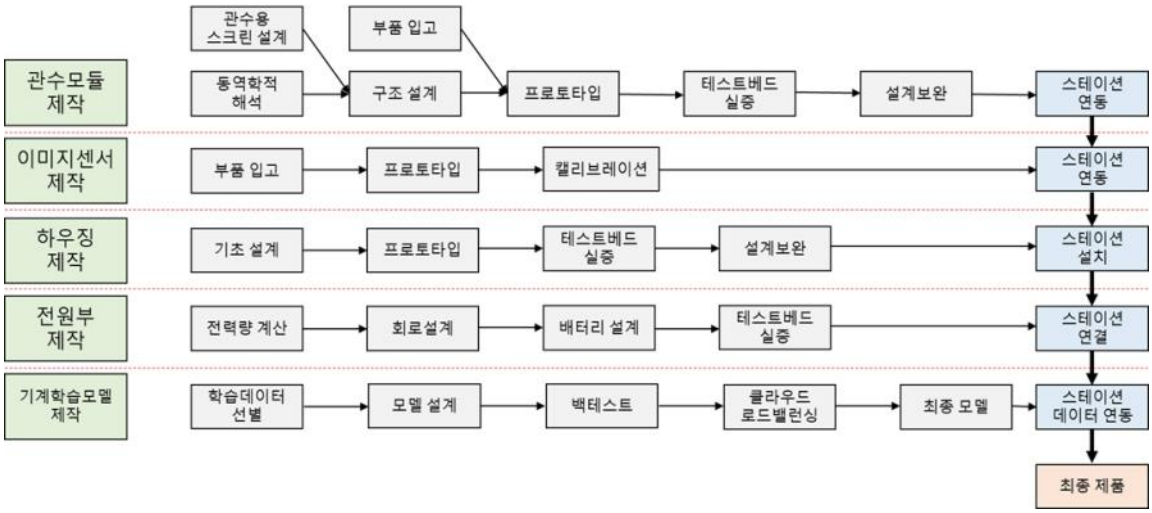
평가항목 (주요성능)	단위	평가 비중 (%)	성과 지표 (목표치)	평가방법
CCD 카메라 기반의 정규식생지수 오차율	퍼센트	-	-10% 이하	자체 평가(레퍼런스: spectroradiometer) 오차율 $= \frac{\sum\lvert 카메라NDVI - 레퍼런스NDVI\rvert}{\sum 레퍼런스NDVI} \times 100$
정규식생지수와 실제 식생활력도와의 상관관계	-	*30*	-결정계수 0.6 이상	공인인증기관을통한 인증완료(0.967)
미세먼지농도 측정 해상도	퍼센트	*10*	-0.1mg/m^3	해당 기준을 충족하는 센서 사용
토양 함수율 측정 해상도	퍼센트	*10*	-2%	해당 기준을 충족하는 센서 사용
지온 측정 해상도	퍼센트	*10*	-0.1°C	해당 기준을 충족하는 센서 사용
EC 측정 해상도	퍼센트	*10*	-3%	해당 기준을 충족하는 센서 사용
방수방진 등급	등급	-	-IP65이상 또는 이에 준하는 성능	해당 기준을 충족하는 함체 사용
데이터 송수신 정확성	퍼센트	*30*	90%	공인인증기관 평가(100%충족)

○ 산출 성능지표 및 평가결과

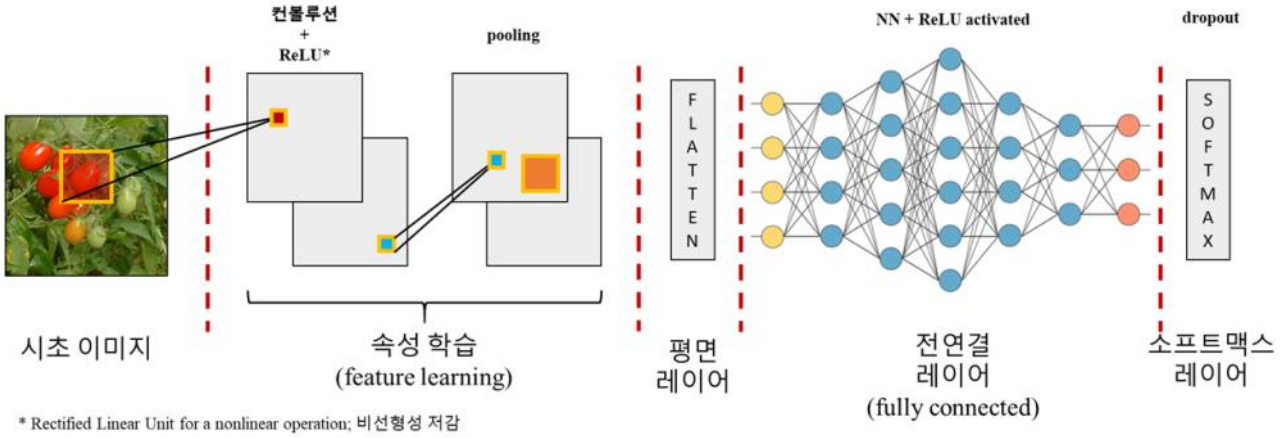
성능지표	최종 개발목표	가중치 (%)	평가방법	평가결과	
				점수	분석
데이터 송수신 정확성	수집 센서 데이터의 송수신 정확성	30	시험기관인증	30	송수신정확성 100% 기준충족
미세먼지 측정 데이터 정확성	환경부 기준 1등급 (등급기준 정확성 85% 이상)	10	인증센서 활용 및 시험기관 인증	10	전문인증기관 확인 및 인증서 발행
토양 수분 측정 정확성	측정범위0.0 ~ 100.0%VWC 정확도 ±3%VWC (0 ~ 50%VWC) 해상도 0.1%VWC	10	인증센서 활용 및 시험기관 인증	10	전문인증기관 확인 및 인증서 발행
토양 EC 측정 데이터 정확성	측정범위 0 ~ 10dS/m 정확도 ±0.1dS/m (@ 0 ~ 1dS/m) ±10% (@ 1 ~ 10dS/m) 해상도 0.01dS/m	10	인증센서 활용 및 시험기관 인증	10	전문인증기관 확인 및 인증서 발행
지온 측정 데이터 정확성	측정범위 0 ~ 60°C, ±0.5°C 정확도 ±1℃ 해상도 0.1℃	10	인증센서 활용 및 시험기관 인증	10	전문인증기관 확인 및 인증서 발행
정규식생지수와 실제 식생 활력도와의 상관관계	결정계수 0.6 이상	30	시험기관인증 및 전담기관 확인	30	시험기관 인증 및 결정계수 달성(0.96784) 기준충족
계		100		100	

○ 정량적 사업화 지표

- 연구 및 생산 핵심 공정 수립: 1-2차년도를 통하여 관수-시비 로봇 구동 알고리듬을 완성하였으며, 빅데이터 연동 및 통신기술의 검증, 빅데이터 수집자료의 검증 및 분광복사계를 이용한 캘리브레이션을 수행하였음



- 기계학습모델 핵심 공정 수립: 생육도 계측기구 및 무인스테이션 내장 대기 및 토양 센서로부터 수집한 빅데이터를 이용 기계학습 모델 적용 완료



- 획득 완료 기술 분야 및 용도

세부기술 분야	기술 용도
광학 실시간 생육도 계측	o 실시간 생육도 측정 자료를 통한 능동 관수-시비 알고리듬 적용 o 실시간 생육도 측정 자료의 누적을 통한 생산성 및 향후 생육 예측
ICT 실시간 환경인자 계측	o 실시간 환경인자 계측 자료를 통한 능동 환경인자 조절 알고리듬 적용 o 실시간 환경인자 자료의 누적으로 생산성 및 향후 생육 예측
능동 관수 조절	o실시간 관수 조절 알고리듬을 통하여 공급되는 양분의 농도와 물의 양을 조절 o 식물의 생장 시점에 따라 필요한 양분 및 물의 양이 다른 점을 감안하여 광학 생육도 및 광 반응, 영양 반응 등의 인자를 파악하여 최적 생육조건을 조성
원격 통신 및 빅데이터 클라우드	o 빅데이터를 사용자 환경으로부터 수집하며 부가적으로 분광복사계를 이용하여 각 식물의 고유한 특성자료 수집 및 적용 o 웹 및 앱 API를 이용한 사용자 경험 제공 : 데이터 접근, 통계분석 등

○ 정량적 획득 기술 총괄표

내역	수행결과
(H/W) CCD기반 정규식생지수(NDVI) 계측 기구 개발	- CCD카메라(IR필터 제거) 및 3중 밴드패스 필터를 이용한 정규식생지수 계측 기구 개발완료 - 자체 모듈화 공정을 통한 계측기구 제품 제작 및 KC 인증 완료 - CCD/CMOS 기반 계측 시스템의 민감도 분석 및 reference plate 제작을 통한 자동 검보정 시스템 확립
(H/W) 실시간 지상(대기) 환경인자 계측 모듈 개발 (대기 온습도, 미세먼지 등)	- 대기 온습도, 미세먼지 측정 센서의 통합, 연동, 운용 시스템 개발완료 - 실시간 자료 검보정을 위한 인공지능 알고리즘 개발 및 탑재
(H/W) 실시간 지중(토양) 환경인자 계측 모듈 개발 (함수율, 지온, EC 등)	- 토양 함수율, 지온, EC 측정 센서의 통합, 연동, 운용 시스템 개발완료 - 기존 theta probe의 배열 형태 (array) 제작을 통한 3차원 지중 데이터 수집 기술 확보 - 국가표준에 의거한 센서 프로토콜 제작 및 적용 완료
(H/W, S/W) 환경 스테이션 설치 운용, 기계학습 모델 개선	- 서울지역 10개소 설치, 환경관리 정보 실시간 수집, 생육정보 기계학습 결과 도출 - 기타 지역 골프장, 실내 스마트팜 농장 실증 완료 - 판교 테스트베드 확보를 통한 실외 도심 복합환경의 인자 수집 기반 마련 완료
기타 추가 연구개발 사항	- 동적 모니터링 시스템 개발 (기존 시스템에 PTZ 기능 및 사물 객체 인식 기능 추가) - 3D 계측 시스템 부가 기능 개발 (스테레오비전 기반 depth map)

(3) **세부 정량적 연구개발성과**(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

[과학적 성과]

☐ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Suitability of satellite-based hydro-climate variables and machine learning for streamflow modeling at various scale watersheds	Hydrological Sciences Journal	Seyoum W. M. & **Dongjae Kwon** (공동)	13	United Kingdom	Taylor & Francis	SCIE	2020/07/31	2626667	50%
2	Numerical Investigation of Sweep Effect on Turbulent Shock-Wave Boundary Layer Interaction	AIAA Journal	**Sunyoung Lee**	2	United States	American Institute of Aeronautics and Astronautics	SCIE	2022 (발행중)	00011452 1533385X	50%

☐ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	AIAA Aviation 2020 Forum	**Sunyoung Lee**	2020/06/15	Virtual event	United States
2	AIAA Aviation 2021 Forum	**Sunyoung Lee**	08/02/2021	Virtual event	United States
3	AIAA Aviation 2021 Forum	**Sunyoung Lee**	08/03/2021	Virtual event	United States
4	AGU Fall Meeting 2021	**Kyungdoe Han**	2022/12/15	New Orleans, LA	United States
5	GSA CD/RM Joint Annual Meeting	**Kyungdoe Han**	2022/03/16	Las Vegas, NV	United States

☐ 기술 요약 정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용여부	허용방식
해당없음								

☐ 보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호
해당없음			

☐ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도
해당없음				

[기술적 성과]

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

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	식물생육장치 및 그 제어방법	대한민국	카탈로닉스				카탈로닉스	2021-09-07	10-2301658	50	Y
2	광보강 다단대차형 식물재배장치	대한민국	카탈로닉스				카탈로닉스	2017-10-12	10-1787430	100	Y
3	열화상 장치	대한민국	카탈로닉스				카탈로닉스	2021-07-08	10-2277509	50	Y
4	전력생산 태양광 패널 모니터링을 위한 열적외선 온도 계측 장치 및 그 계측 방법	대한민국	카탈로닉스				카탈로닉스	2020-12-17	10-2194729	100	N
5	식물 생육 상태 판단 방법 및 이를 이용한 식물 생육 장치	대한민국	카탈로닉스	2020-12-03	10-2020-0167865		카탈로닉스		10-2020-0167865	100	Y
6	식물 생육 상태 판단 방법 및 이를 이용한 식물 생육 장치	대한민국	카탈로닉스	2020-12-03	10-2020-0167864		카탈로닉스		10-2020-0167864	100	Y
7	모듈형 스마트팜 장치	대한민국	카탈로닉스	2021-01-29	10-2021-0013541		카탈로닉스		10-2021-0013541	100	Y
8	식물 생육 상태 판단 방법 및 이를 이용한 식물 생육 장치	대한민국	카탈로닉스	2021-01-29	10-2021-0013542		카탈로닉스		10-2021-0013542	100	Y
9	야간 조도 데이터 보정 방법	대한민국	카탈로닉스	2021-08-20	10-2021-0110298		카탈로닉스		10-2021-0110298	100	N
10	야간 조도 데이터 활용 방법	대한민국	카탈로닉스	2021-08-20	10-2021-0110299		카탈로닉스		10-2021-0110299	100	N
11	무인 관수 및 시비 시스템 및 방법	대한민국	카탈로닉스				카탈로닉스	2022-01-07	10-2021-0070390	50	Y
12	관수 및 시비를 위한 이동형 로봇 시스템	대한민국	카탈로닉스	2021-08-20	10-2021-0110528		카탈로닉스		10-2021-0110528	100	Y
13	포장용수량 추정 시스템 및 방법	대한민국	카탈로닉스	2021-09-24	10-2021-0126686		카탈로닉스		10-2021-0126686	100	Y
14	그린잔디 품질관리 시스템 및 품질관리 방법	대한민국	카탈로닉스				카탈로닉스	2022-05-11	10-2398240	50	Y

ㅇ 지식재산권 활용 유형

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

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
1	√									
2	√									
3										
4										
5	√	√								
6	√	√								
7	√	√								
8										
9	√	√								
10	√	√								
11										
12										
13	√	√								
14	√									
15	√									

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율
해당없음							

□ 신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호
해당없음					

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		
해당없음						

□ 표준화

ㅇ 국내표준

번호	인증구분[1]	인증여부[2]	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류[3]	제안/인증일자
1	KC인증	완료	전파인증	-	당사	-	2022/02/09
2	시험인증	완료	시험성적서	ICT	당사	-	2022-02-09

* 1] 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.
* 2] 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.
* 3] 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

ㅇ 국제표준

번호	표준화단계구분[1]	표준명	표준기구명[2]	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식[3]	제안자	표준화 번호	제안일자
해당없음										

* 1] 국제표준 단계 중 신규 작업항목 제안(NP), 국제표준초안(WD), 위원회안(CD), 국제표준안(DIS), 최종국제표준안(FDIS), 국제표준(IS) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
* 2] 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 공동기술위원회1(JTC1) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
* 3] 국제표준(IS), 기술시방서(TS), 기술보고서(TR), 공개활용규격(PAS), 기타 중 해당하는 사항을 기재합니다.

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	무인 모니터링 스테이션	2021.06.01	㈜카탈로닉스	서울시설공단	수목 모니터링	2020.03 - 2021.06	-	-

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
해당없음						

* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*
1	200,000 천원	80,000 천원	120,000 천원	400,000	인적역량 강화 신제품 개발

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식[1]	사업화 형태[2]	지역[3]	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	자가실시	신제품 개발	국내	식생 모니터링 솔루션	서울시내 수목 모니터링 솔루션 납품계약	서울시설공단	100,000	-	2021	10년
2	자가실시	신제품 개발	국내	골프장 모니터링 솔루션	골프장 모니터링 솔루션 납품계약	㈜유골프	계약 체결	-	-	20년
3	자가실시	신제품 개발	국내	수목 모니터링 솔루션	수목 모니터링 솔루션 제공 협업 MOU	SK임업	계약 체결	-	-	20년

* 1] 기술이전 또는 자기실시
* 2] 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등
* 3] 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
수목 모니터링 솔루션	2021	100,000		100,000	표준대차대조표
빅데이터 및 공공데이터 사업	2021	500,000		500,000	표준대차대조표
합계				600,000	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과			모니터링 기계기구 수입 대체 효과		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		1-2		
	소요예산(천원)		500,000		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			600,000	1,200,000	3,000,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	10	30	50
		국외	-	10	20
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		모니터링 기술을 활용한 해양, 하천, 도심 모니터링 기술 부가 개발을 통하여 해외 스마트시티 및 ESG 사업 분야 진출		
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
			1,000,000	2,000,000	3,000,000
	수출		-	500,000	1,500,000

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2020년	2021년	
1	창의인재양성	㈜카탈로닉스	1	7	8
합계					

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	5
		생산인력	3
	개발 후	연구인력	13
		생산인력	3

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
해당없음				
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도	국산 식생 및 작물 모니터링 솔루션	1,000,000	200,000	300,000	500,000	8	
기대 목표	국산 식생 및 작물 모니터링 솔루션	2,000,000	500,000	600,000	500,000	8	2023년 기대목표

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원
해당없음					

□ 기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/ 수입
해당없음									

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용
해당없음							

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	공간정보 활용을 위한 옴부즈맨 포럼	공간정보 취득 및 구축에 대한 탈규제 방안 마련	국토교통부	2022	관련법령 규제완화 및 법개정 반영

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구 분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용
해당없음					

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	연구인력 양성	2022	2	4				2	2		1	1	**4**

□ 산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원
해당없음						

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비
1	기상청	기상기술사업화	노지농업의 재배 생산성 향상을 위한 작물 생육도/생육환경 모니터링 및 작업관리 시스템 개발	권동재	920,000 천원

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용
해당없음						

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	보도기사	서울경제	카탈로닉스, 빅데이터 분석 기술 미래 방향성 제시	2021.10.20
2	보도기사	시사뉴스	데이터만 있으면 미래가 보인다 '카탈로닉스'	2021.10.20
3	보도기사	대한금융신문	데이터만 있으면 미래가 보인다 "카탈로닉스"	2021.10.20
4	보도기사	데일리경제	강원도 테크 기업 카탈로닉스, 스마트팜 관리를위한 플랫폼 개발	2021.10.20
5	보도기사	더파워	테크 기업 카탈로닉스, 스마트팜 관리를 위한 스마트 식생환경분석	2021.10.20
6	보도기사	디스커버리뉴스	카탈로닉스, 스마트팜 관리를위한 플랫폼 개발	2021.10.20
7	보도기사	비욘드포스트	강원도 테크 기업 카탈로닉스, 스마트팜 관리를위한 플랫폼 개발	2021.10.20
8	보도기사	한국영농신문	강원도 테크 기업 카탈로닉스, 스마트팜 관리 위한 플랫폼 개발	2021.10.20
9	보도기사	비지니스코리아	카탈로닉스, 스마트팜 관리 위한 플랫폼 개발 알려	2021.10.20
10	보도기사	아이티비즈	카탈로닉스, 스마트팜 관리 위한 플랫폼 개발	2021.10.20
11	보도기사	동아일보	[농업이 IT(잇)다] 석민 카탈로닉스 "스마트팜 데이터로 스마트시티 첨병 될 것"	2021.09.03
12	보도기사	전자신문	산업융합촉진 옴부즈만, 서울디지털재단과 '디지털 규제 제로' 추진	2022.02.23
13	보도기사	프레시안	공공데이터 청년인턴 활동 시작	2021.07.23
14	보도기사	머니투데이	춘천시, 공공데이터 지원사업 2개 과제 선정…국비 4억 확보	2021.04.23

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
연구개발 기간 내 해당 없음						

[인프라 성과]

□ 연구시설・장비

구축기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설・장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설・장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)
자체 보유 시설장비 외 해당 없음								

* 「과학기술기본법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설・장비 종합정보시스템을 의미합니다.

[그 밖의 성과]

[당 연구개발을 통한 수목 생육 모니터링 및 계측 기법 확립 완료]

1 수집 프로세스

• 여러 대(예: 4대)의 레이저 스캐너를 나무를 중심으로 배치하고, 색상이 포함된 3차원 포인트 클라우드 획득

• 레이저 스캐너들의 위치를 조절하며 나뭇가지 등 추가적으로 스캐닝이 필요한 영역의 3차원 데이터 추가 획득

• 나무를 중심으로 임의의 위치에 마커를 배치한 후 색상 영상을 획득

• 색상 영상에 포함된 마커들을 인식하여 레이저 스캐너들 사이의 3차원 위치 정보를 보정

• 보정된 레이저 스캐너들 사이의 위치 정보를 이용하여 통합된 하나의 원시 3차원 포인트 데이터를 획득

2 데이터 수집 장소

• 산림에서 나무 1 ~ 3 그루를 중심으로 여러 대의 레이저 스캐너를 배치할 수 있는 공간

3 데이터 수집 도구

• Leica RTC360 또는 FARO Focus 350 Plus 레이저 스캐너

• 레이저 스캐너들 사이의 보정을 위한 마커가 출력된 보드

4 데이터 저장 방안

• 각 시점 별 레이저 스캐너의 3차원 포인트 데이터 (LAS, PLY, OBJ 등) 및 색상 영상 (JPG, PNG 등)을 저장

5 데이터 관리 방안

• 시점 별 레이저 스캐너로 획득된 3차원 포인트 데이터에서의 노이즈 및 잡음 제거

• 레이저 스캐너 프로그램에서 제공되는 3차원 포인트 데이터 정확도 보정

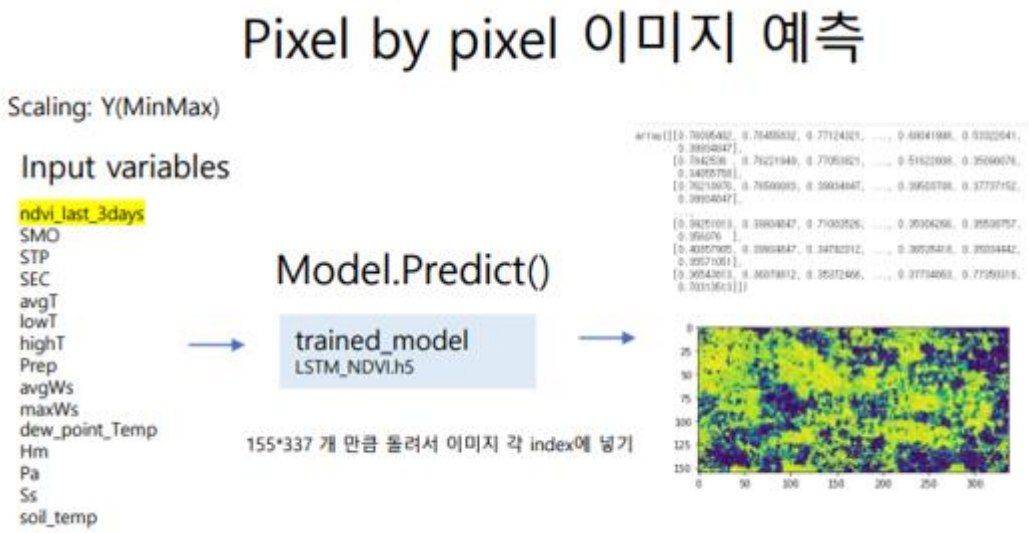
• 레이저 스캐너에서 제공하는 프로그램을 이용하여 불필요한 영역의 3차원 데이터 제거 및 부족한 영역에 대한 3차원 포인트 데이터 재획득

• 획득한 3차원 포인트 데이터의 밀도들이 일관될 수 있도록 외부 소프트웨어 또는 장치의 소프트웨어를 이용한 필터링 수행

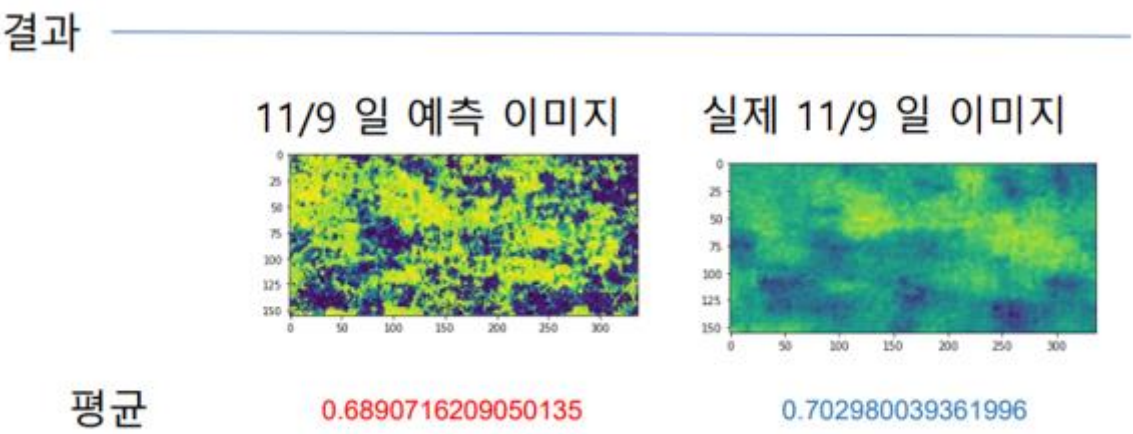
구 분	작업 전	작업 후
작업 이미지		
작업부분 확대		

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항

[당 연구개발을 통한 기계학습 모델 개선 결과]



<Pixel by Pixel 이미지 예측방식 개선내용>

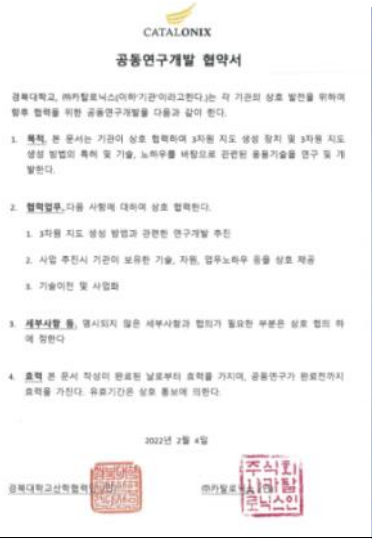


<개선된 기계학습 모델 사용, 식생지수 예측 영상 자료>

- 식생지수 예측 계산이 가능한 기계학습 모델 개선
- 기존 NDVI 평균 예측으로 진행되어 큰 오차율을 가진 코드를 축적된 환경정보를 사용하여 보다 정확도 높은 예측 방법론의 적용을 통해 개선
- 신규개발 pixel 단위 정밀 예측 기법을 이용하여 미래 생육영상 출력
- 부가적 환경정보 수집이 진행됨에 따라 예측 생육영상 정확도 상승

[국내외 업무협약]

- 강원도 도시재생지원센터 협약 체결(2021.10.07.)
  · 스마트팜, 스마트시티 연구개발 업무 진행
- 경북대학교 산학협력단과 공동연구개발 협약 체결(2022.2.4.)
  · 관광도로 디지털 트윈, 공간 정보 데이터 구축 공동 연구개발 진행
- Green Hand Community Enterprise와 해외 업무 협약 체결(2022.1.18.)


CATALONIX

공동연구개발 협약서

경북대학교, ㈜카탈로닉스(이하"기관"이라고한다.)는 각 기관의 상호 발전을 위하여 향후 협력을 위한 공동연구개발을 다음과 같이 한다.

1. 목적. 본 문서는 기관이 상호 협력하여 3차원 지도 생성 장치 및 3차원 지도 생성 방법의 특허 및 기술, 노하우를 바탕으로 관련된 응용기술을 연구 및 개발한다.

2. 협력업무. 다음 사항에 대하여 상호 협력한다.

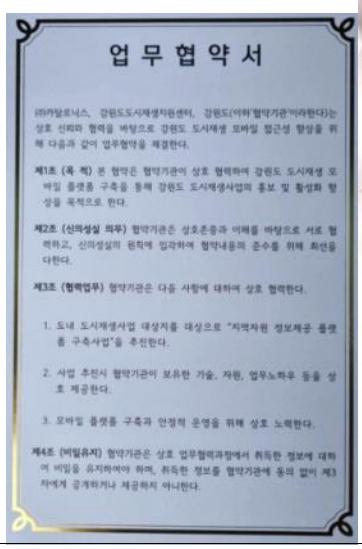
1. 3차원 지도 생성 방법과 관련한 연구개발 추진
2. 사업 추진시 기관이 보유한 기술, 자원, 업무노하우 등을 상호 제공
3. 기술이전 및 사업화

3. 세부사항 등. 명시되지 않은 세부사항과 협의가 필요한 부분은 상호 협의 하에 정한다.

4. 효력 본 문서 작성이 완료된 날로부터 효력을 가지며, 공동연구가 완료전까지 효력을 가진다. 유효기간은 상호 통보에 의한다.

2022년 2월 4일

경북대학교산학협력단 ㈜카탈로닉스 주식회사 카탈로닉스인


업 무 협 약 서

㈜카탈로닉스, 강원도도시재생지원센터, 강원도(이하"협약기관"이라한다)는 상호 신뢰와 협력을 바탕으로 강원도 도시재생 모바일 접근성 향상을 위해 다음과 같이 업무협약을 체결한다.

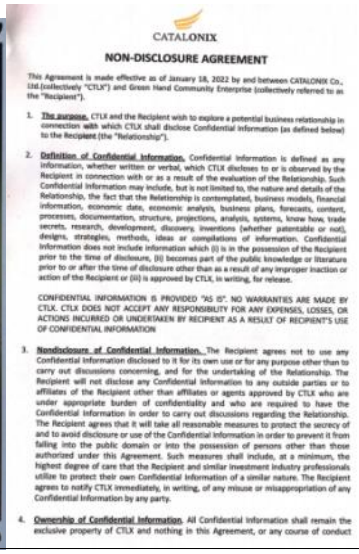
제1조 (목 적) 본 협약은 협약기관이 상호 협력하여 강원도 도시재생 모바일 플랫폼 구축을 통해 강원도 도시재생사업의 홍보 및 활성화 향상을 목적으로 한다.

제2조 (신의성실 의무) 협약기관은 상호존중과 이해를 바탕으로 서로 협력하고, 신의성실의 원칙에 입각하여 협약내용의 준수를 위해 최선을 다한다.

제3조 (협력업무) 협약기관은 다음 사항에 대하여 상호 협력한다.

1. 도내 도시재생사업 대상지를 대상으로 "지역자원 정보제공 플랫폼 구축사업"을 추진한다.
2. 사업 추진시 협약기관이 보유한 기술, 자원, 업무노하우 등을 상호 제공한다.
3. 모바일 플랫폼 구축과 안정적 운영을 위해 상호 노력한다.

제4조 (비밀유지) 협약기관은 상호 업무협력과정에서 취득한 정보에 대하여 비밀을 유지하여야 하며, 취득한 정보를 협약기관에 동의 없이 제3자에게 공개하거나 제공하지 아니한다.


CATALONIX

NON-DISCLOSURE AGREEMENT

This Agreement is made effective as of January 18, 2022 by and between CATALONIX Co., Ltd.(collectively "CTLX") and Green Hand Community Enterprise (collectively referred to as the "Recipient").

1. The purpose. CTLX and the Recipient wish to explore a potential business relationship in connection with which CTLX shall disclose Confidential Information (as defined below) to the Recipient (the "Relationship").

2. Definition of Confidential Information. Confidential Information is defined as any information, whether written or verbal, which CTLX discloses to or is observed by the Recipient in connection with or as a result of the evaluation of the Relationship. Such Confidential Information may include, but is not limited to, the nature and details of the Relationship, the fact that the Relationship is contemplated, business models, financial information, economic date, economic analysis, business plans, forecasts, content, processes, documentation, structure, projections, analysis, systems, know how, trade secrets, research, development, discovery, inventions (whether patentable or not), designs, strategies, methods, ideas or compilations of information. Confidential Information does not include information which (i) is in the possession of the Recipient prior to the time of disclosure, (ii) becomes part of the public knowledge or literature prior to or after the time of disclosure other than as a result of any improper inaction or action of the Recipient or (iii) is approved by CTLX, in writing, for release.

CONFIDENTIAL INFORMATION IS PROVIDED "AS IS". NO WARRANTIES ARE MADE BY CTLX. CTLX DOES NOT ACCEPT ANY RESPONSIBILITY FOR ANY EXPENSES, LOSSES, OR ACTIONS INCURRED OR UNDERTAKEN BY RECIPIENT AS A RESULT OF RECIPIENT'S USE OF CONFIDENTIAL INFORMATION

3. Nondisclosure of Confidential Information. The Recipient agrees not to use any Confidential Information disclosed to it for its own use or for any purpose other than to carry out discussions concerning, and for the undertaking of the Relationship. The Recipient will not disclose any Confidential Information to any outside parties or to affiliates of the Recipient other than affiliates or agents approved by CTLX who are under appropriate burden of confidentiality and who are required to have the Confidential Information in order to carry out discussions regarding the Relationship. The Recipient agrees that it will take all reasonable measures to protect the secrecy of and to avoid disclosure or use of the Confidential Information in order to prevent it from falling into the public domain or into the possession of persons other than those authorized under this Agreement. Such measures shall include, at a minimum, the highest degree of care that the Recipient and similar investment industry professionals utilize to protect their own Confidential Information of a similar nature. The Recipient agrees to notify CTLX immediately, in writing, of any misuse or misappropriation of any Confidential Information by any party.

4. Ownership of Confidential Information. All Confidential Information shall remain the exclusive property of CTLX and nothing in this Agreement, or any course of conduct

<참고 1> 연구성과 실적 증빙자료 예시

성과유형	첨부자료 예시
연구논문	논문 사본(저자, 초록, 사사표기)을 확인할 수 있는 부분 포함, 연구개발과제별 중복 첨부 불가)
지식재산권	산업재산권 등록증(또는 출원서) 사본(발명인, 발명의 명칭, 연구개발과제 출처 포함)
제품개발(시제품)	제품개발사진 등 시제품 개발 관련 증빙자료
기술이전	기술이전 계약서, 기술실시 계약서, 기술료 입금 내역서 등
사업화 (상품출시,공정개발)	사업화된 제품사진, 매출액 증빙서류(세금계산서, 납품계약서 등 매출 확인가능 내부 회계자료) 등
품목허가	미국 식품의약국(FDA) / 식품의약품안전처(MFDS) 허가서
임상시험실시	임상시험계획(IND) 승인서

<참고 2> 국가연구개발혁신법 시행령 제33조제4항 및 별표 4에 따른 연구개발성과의 등록·기탁 대상과 범위

구분	대상	등록 및 기탁 범위
등록	논문	국내외 학술단체에서 발간하는 학술(대회)지에 수록된 학술 논문(전자원문 포함)
	특허	국내외에 출원 또는 등록된 특허정보
	보고서원문	연구개발 연차보고서, 단계보고서 및 최종보고서의 원문
	연구시설·장비	국가연구개발사업을 통하여 취득한 3천만 원 이상 (부가가치세, 부대비용 포함) 연구시설·장비 또는 공동활용이 가능한 모든 연구시설·장비
	기술요약정보	연차보고, 단계보고 및 최종보고가 완료된 연구개발성과의 기술을 요약한 정보
	생명자원 중 생명정보	서열·발현정보 등 유전체정보, 서열·구조·상호작용 등 단백체정보, 유전자(DNA)칩·단백질칩 등 발현체 정보 및 그 밖의 생명정보
	소프트웨어	창작된 소프트웨어 및 등록에 필요한 관련 정보
	표준	「국가표준기본법」 제3조에 따른 국가표준, 국제표준으로 채택된 공식 표준정보[소관 기술위원회를 포함한 공식 국제표준화기구(ISO, IEC, ITU)가 공인한 단체 또는 사실표준화기구에서 채택한 표준정보를 포함한다]
기탁	생명자원 중 생물자원	세균, 곰팡이, 바이러스 등 미생물자원, 인간 또는 동물의 세포·수정란 등 동물자원, 식물세포·종자 등 식물자원, DNA, RNA, 플라스미드 등 유전체자원 및 그 밖의 생물자원
	화합물	합성 또는 천연물에서 추출한 유기화합물 및 관련 정보
	신품종	생물자원 중 국내외에 출원 또는 등록된 농업용 신품종 및 관련 정보

210mm×297mm[(백상지(80g/m^2) 또는 중질지(80g/m^2)

(4) 제품화 성과 (골프장용 제품 소개서)

카탈로닉스 환경스테이션 제품 소개서

(‘ 21.12.31.)

□ 목　　적

○ 골프장 그린 관리관측용 통합환경(토양, 지상)스테이션

- 생육관측 카메라
- 토양관측 센서 스테이션
- 기상관측 센서 스테이션

□ 설치 방법

기본형의 경우, 생육관측 카메라 1개, 토양관측 센서 스테이션 2개, 기상관측 센서 스테이션 1개를 1set로 한곳의 site를 관측 분석함.

- 고급형의 경우, 고정밀 관측 및 분석 등이 다양하게 구성가능

□ 주요 기능 및 가격

구　분	설　명(기본형 기준)	가격
생육관측	식물의 생육관측 및 예측(NDVI)	250만원
토양관측	토양 온도, EC, pH, NPK(질소, 인, 칼륨)	240만원
기상관측	풍향, 풍속, 대기온도, 대기습도, 미세먼지, 이산화탄소, VOCs	200만원

□ 추천 설치 형태

○ 9홀 기준

구 분	설치 숫자	가격	총액
생육관측	9기	2,250만원	4,400만원 (410만원 할인)
토양관측	9set(18개)	2,160만원	
기상관측	2기	400만원	
연간 서버/통신	9기	900만원	780만원 (월 65만원)

* 상기가격은 기반비용을 제외한 가격임

- 토양관측기기에 기상 온습도 장치 추가장착

○ 18홀 기준

구 분	설치 숫자	가격	총액
생육관측	18기	4,500만원	8,600만원 (1,020만원 할인)
토양관측	18set(36개)	4,320만원	
기상관측	4기	800만원	
연간 서버/통신	18기	1,800만원	1,320만원 (월 110만원)

* 상기가격은 기반비용을 제외한 가격임

- 토양관측기기에 기상 온습도 장치 추가장착

3) 목표 달성 수준

추 진 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 생육도 계측 기계기구 개발 ○ 산업 연구인력 양성	○ 계측기계기구 및 추가 개발 기구 완성 ○ 목표 초과 달성	○ 100% ○ 267%

4) 사업 강화를 위한 외부기관 컨설팅 및 기술조사 결과

[컨설팅 개요]

본 연구개발 과제의 성공적인 이행을 위하여 당사는 별도의 컨설팅을 통해 기술 개발 기법 및 향후 방향성에 대한 정보를 취득하였기에 하기와 같이 내용을 기술함

☐ 주관기관 : ㈜윕스

☐ 컨설팅의 사업적 목적 : 기존 기술내역 및 향후 개발방향에 따른 사업성 제고

☐ 컨설팅의 인재양성 목적 : 기존 및 신규인원의 첨단 기술 인지능력 제고 방안과 향후 기술사업화에 직접 투입되어 업무 수행 시 필요한 기초 능력을 배양

☐ 컨설팅의 당 사업과제 관계 : 사업과제의 총체적인 완결성 및 신규성을 확보하고 과제 성료에 따른 향후 발전사항 도출

[컨설팅 결과]

☐ 산업분야 개요

(1) 노지 스마트팜

▢ 본 개발과제가 속하는 노지 스마트팜은 온실이 아닌, 일반 노지에 적용되는 스마트팜으로 농작물 재배지 환경에 대한 정보를 센싱, 분석해 실제 농업 현장에서 발생할 수 있는 기술임

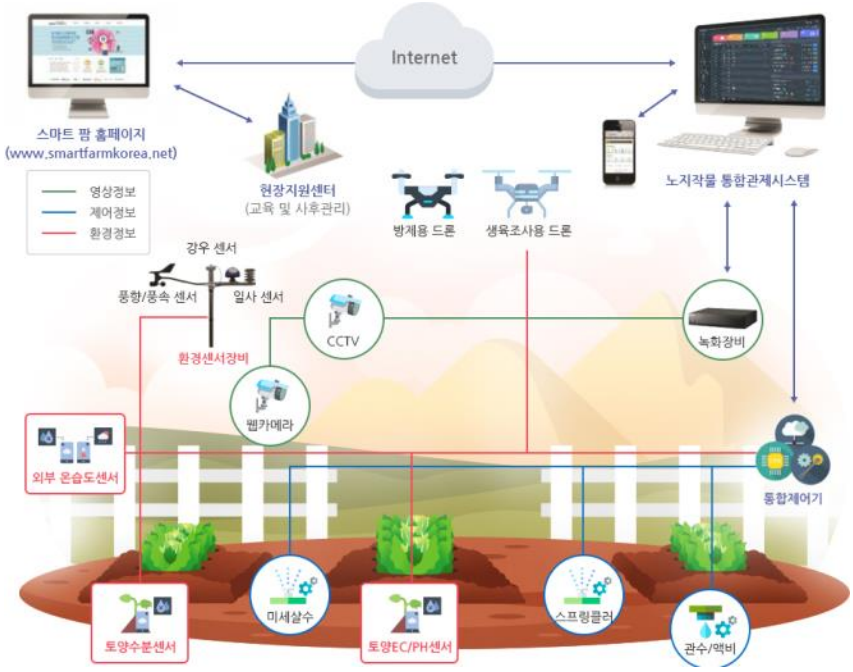
o PC 또는 모바일을 통해 온·습도 기상상황 등을 모니터링하고 원격으로 관수, 병해충 관리 등이 가능한 스마트 채소밭

o 노지스마트팜에 설치된 대표적인 ICT 장비로는 토양수분센서를 들 수 있는데, 센서에서 수집되는 수분량 데이터와 온습도 및 풍향, 풍속 등을 감지하는 기상센서의 측정값에 따라 스프링클러나 관수시설이 자동으로 가동됨

- 예를 들면, 토양 수분 함유량이 텃밭 운영자가 설정한 값 밑으로 떨어지면 점적 밸브를 원격에서 제어하여 자동으로 물을 공급함. 해당 스마트팜 운영자가 언제 어디서든 스마트폰으로 시스템에 접속하여 관수장비가 제대로 가동하는지를 실시간으로 확인할 수 있음

o 현재 국내 스마트팜은 대부분 비닐하우스 같은 시설 내부에서 하드웨어를 중심으로 단순히 환경을 제어하는 기술로 구성되어 있다. 반면 국내 농경지 면적의 95%는 시설이 아닌 노지로 노지에서 쉽게 적용할 수 있는 농업 ICT기술이 필요함

[노지 스마트팜 개념도]



[노지 스마트팜 주요 구성요소]

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		적외선카메라, DVR(녹화장비) 등
시설별제어 및 통합제어 장비		환기, 난방, 에너지 절감시설, 차광 커튼, 유동팬, 온수/난방수 조절, 모터제어, 양액기 제어, LED 등
최적생육환경 정보관리시스템		실시간 생장환경 모니터링 및 시설물 제어 환경 및 생육정보DB 분석시스템 등

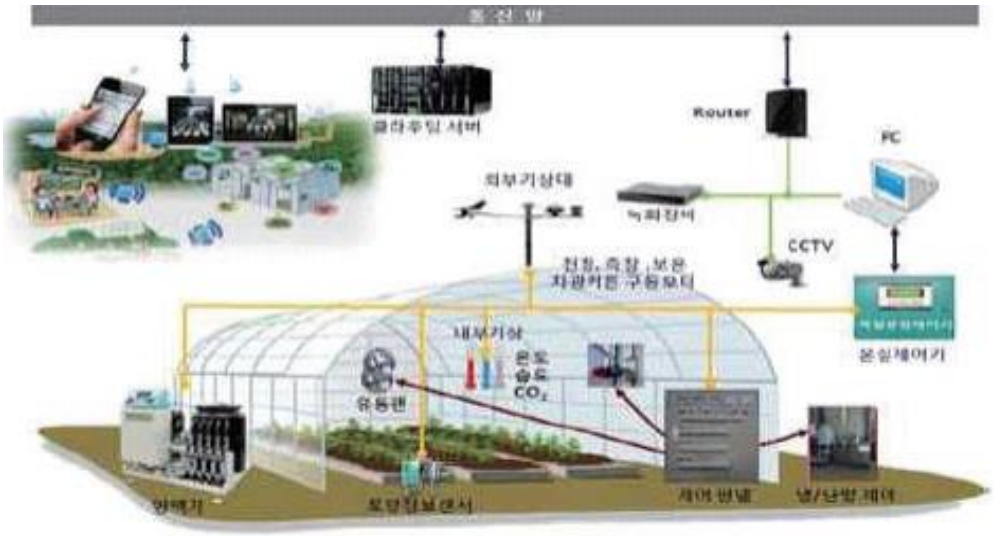
□ **(협의)** 스마트팜은 농작물과 가축의 생육정보와 환경정보 등에 대한 정확한 데이터를 기반으로 언제 어디서나 농작물과 가축의 생육환경을 점검하고, 적기 처방을 함으로써 노동력·에너지·양분 등을 종전보다 덜 투입하고도 농산물의 생산성과 품질 제고가 가능한 농업을 말함

□ 이를 구현하기 위해 스마트팜은 일반적으로 IoT, 빅데이터, AI, 자동화시스템 및 로봇기술들을 시설원예(비닐·유리 온실), 축사, 과수원 등에 접목하여 농작물과 가축의 생육환경 유지·관리를 원격 또는 자동으로 수행할 수 있는 지능화된 농장형태를 가짐

o 스마트팜의 운영원리는

- 첫째, 생육환경 유지·관리 SW로 온실·축사의 온도, CO2 수준 등 생육조건을 설정
- 둘째, 온습도, 일사량, CO2, 생육환경 등을 자동으로 수집해 환경정보를 모니터링
- 셋째, 자동·원격으로 냉·난방기 구동, 창문개폐, CO2, 영양분·사료 공급 등

[스마트팜 온실 구성]



※ 출처: 농림축산식품부(2016), 스마트팜 운영실태 분석 및 발전방향 연구

□ **(광의)** 농업과 ICT의 융합은 생산분야 이외에 유통·소비 및 농촌생활에 이르기까지 현장의 혁신을 꾀할 수 있도록 다양한 형태로 적용될 수 있으며, 이를 광의의 스마트팜이라 할 수 있음

o 스마트농업은 농업 가치사슬(Value-chain, 생산·유통·소비)과 농업의 전후방 산업(예, 농기계, 종자, 비료, 식품, 외식산업 등) 영역까지 ICT가 모두 적용되는 광의의 개념임. 흔히 정밀농업(Precision Agriculture), 스마트팜(Smart Farm), 디지털농업(Digital Agriculture) 등 다양한 용어로 불리지만 이들은 스마트농업의 하위 개념임

[농업 생산 시스템의 전환]

※ 출처: 농림축산식품부(2019). 미국 스마트농업 및 IT 시스템을 활용한 농작물 재배현황 및 관리

□ 생산·유통·소비 등 농·식품의 가치사슬(value-chain)에 ICT를 융·복합하여 생산의 정밀화, 유통의 지능화, 경영의 선진화 등 상품, 서비스, 공정 혁신 및 새로운 가치를 창출하는 것을 의미

[농업과 ICT 융복합의 주요 유형 및 사례]

구분		추진내용
생산	시설원예 환경제어	• 센싱 기반 시설물 제어 및 생장환경 관리 - 환경센서 : 온·습도, CO2, pH, LED - 시설센서 : 정전센서, 창문, 차양, 환풍기 등
	지능형 축사관리	• 센싱 기반 축사환경 제어 및 사양·질병관리 - 환경 및 시설센서 : 온·습도, 암모니아, CCTV 등 - Web 기반 cloud 서비스

□ 산업분야 특징

▢ 농업의 생산 시스템이 과거 '경험 기반'에서 점차 '빅데이터 기반 예측 관리'로 전환

o 이에 따라 농부의 직간접적인 경험과 노하우에서 벗어나 데이터의 분석, 예측, 맞춤 처방으로 시장상황에 따라 능동적인 대처가 가능해짐. 따라서 빅데이터의 활용 여부가 미래 농업의 경쟁력을 좌우할 전망임

- 첨단기술이 접목된 스마트농업의 생산 과정은 4단계로 전개됨. 첫 번째는 관찰 단계로 사물인터넷(Internet of Things, 이하 IoT) 기술을 통해 기후, 토질, 생육환경을 모니터링하고 데이터를 수집함. 두 번째는 수집된 데이터는 인공지능(이하 AI) 기반 빅데이터 분석을 통해 생산에 필요한 의사결정을 내리는 처방 단계임. 세 번째는 지능화된 농기계 및 농업용 로봇을 활용해 농작업을 수행함. 마지막 단계는 기존 및 새롭게 산출된 정보를 분석하여 향후 계획을 수립함

- 스마트농업은 생산 단계에서부터 가공, 유통, 관리, 경영까지 ICT 활용이 빠르게 확대되면서 새로운 비즈니스 모델을 창출하는 것이 특징임. 대표적인 사례로 빅데이터 기반 농장관리서비스를 제공하는 데이터 파밍(Data Farming) 기업들이 등장하며 데이터 기반 서비스 산업이라는 신규 사업이 등장했음. FarmLogs, Farmers Business Network, Granular 등이 대표적인 데이터 파밍 업체임

▢ 스마트팜 용수공급장치는 관수관비 제어기술로 선진국의 경우 이스라엘은 재배환경 모니터링 분야의 선두주자로 농작물의 크기, 줄기의 변화, 잎의 온도 등 농작물 생장 정보를 자동 측정, 급수주기와 급수량 자동 조절 등으로 수확량 예측 가능

o 관수제어 기술은 복합환경 제어기와 연계되어, EC 및 pH 제어를 기본으로 하며 타이머 기능과 적산일사 개념을 이용하여 자동관수, 식물생체 정보를 이용하여 관수하는 시스템 개발

- 500nm파장의 배경광을 이용하여 식물의 비파괴 측정을 통하여 체내 수분 상태를 분석하고, 적산일사값과 비교하여 관수개시 시점을 결정하는 기술 개발

- 네덜란드의 그로단과 같은 배지회사는 스마트팜 관수장비 제어기술이 자파제품에 특화된 센서를 개발할 정도로 발전

- 수십 년간의 연구를 통하여 온실의 관수관비 제어 기술은 완성된 수준으로 추가 연구들은 거의 진행되고 있지 않음

▢ 우리나라는 국부적인 관수(급액) 관리 기술 개발에 편중되어 있으며 시스템 중심보다는 재배적 관점에서 양분관리 기술이 개발되고 있음

o IoT 플랫폼을 활용하여 필요한 물과 양분의 양을 자동으로 산출하고 모바일 기기로 원격제어가 가능한 기술이 개발되었으나, 충분한 현장 실증이 부족

o 일반 농가는 타이머 방식으로 관수제어, 연동 또는 복합환경 제어기를 이용할 경우 타이머+적산일사량을 기준으로 자동관수하며 식물체 증산류를 이용하여 관수시점을 정하는 기술은 개발되었으나 복합환경 제어기와는 연계 불가

o 지하부 환경 측정을 위한 센서의 정밀도와 내구성에 대한 신뢰도가 낮으며, 호환성 및 가격 경쟁력이 부족하며 토성별, 작물 시기별 관수관비 수치가 시스템과 연결되어 자동관리될 수 있는 다양한 모델 개발 필요함

o 또한 대형 유리 온실의 경우 식물 생육정보와 연계된 관수관비 제어 기술이 부족한 실정임

▢ 한국은 국산 스마트팜 관련제품의 상용화 수준이 낮아 고가의 외국산 제품을 사용해야한다는 문제점이 있음. 외국산 제품 점유율이 높은 문제를 개선하기 위해 정부는 외제보다 비용이 저렴하면서도 효율을 높이기 위한 국내 제품 개발과 보급에 나설 계획을 밝힘

o 이에 하드웨어의 국산화는 물론 최적의 생육정보를 분석해 현장에 제공하는 소프트웨어의 국산화를 진행 중

o 한편 스마트팜 전문 인력 육성체계를 강화하고, 농가 실습교육과 사후관리(A/S)강화 등 스마트팜 운영농가의 성과제고를 위한 현장 밀착형 지원강화에 적극 나서며 스마트팜 보급에 힘쓰고 있음

□ ㈜카탈로닉스 주력 산업 구조

▢ 스마트농업이란 농업 가치사슬을 이루는 ① 농·축산물 및 식품의 생산, ② 유통/판매, ③ 소비 전 단계에 ICT 융복합 기술을 접목하여 생산성, 안전성, 경제성 및 품질 향상과 각 단계의 활동 주체들 간 상생할 수 있는 생태계 구축을 의미

[스마트농업 가치사슬]

※ 출처: 2015.12."Introduction of ICT Convergenced Smart Farm Tech of Korea“, 농촌진흥청

□ 스마트팜 기술은 크게 ①생육환경관리 ②농작업자동화 ③품질유통관리로 분류 가능

[스마트팜 기술분류]

분류 항목	기술내용
생육환경관리	• 최상의 생육조건을 찾고 최적의 재배환경(온/습도, 광량, CO2 등) 또는 축사환경을 제공하기 위한 센서/설비/시스템 설계 및 제어기술 • 복합환경 제어시스템 설계 및 자동제어 기술, 에너지 기술 등 • 생육계측 및 정보관리 기술, 병충해 또는 가축질병의 진단·예측기술
농작업자동화	• 인간의 노동력이 투입되는 농작업 관리시스템, 농작업 기기(작업 보조기, 자동화 시스템, 로봇 등) 설계 및 제어기술
품질유통관리	• 농축산물의 상품성을 최상으로 유지하고 농가수익을 극대화하기 위한 시장과 산지의 정보 활용기술 및 의사결정시스템 설계기술

o 농업은 ICT(정보통신), BT(바이오), ET(환경) 등 첨단 기술이 융합된 新산업으로 진화 중이며 고품질, 고효율화 지원이 가능한 지능정보기술 기반의 스마트팜 기술이 노동인구 및 농지 감소, 기상이변 등의 문제해결 방안으로 대두

- 향후 농업부문에 지능정보 및 ICT융합기술 도입의향을 밝힌 농업인들의 비중이 높은 것으로 나타나 농업부문의 ICT융합기술 수요가 확대될 것으로 전망

- 전체 ICT융합기술 미도입 농가의 82.5%가 ICT융합기술의 유용성에 대해 긍정적으로 인식하였으며 70.6%가 향후 ICT 도입 의향에 긍정적으로 답변

□ 스마트팜 산업의 경우 전방 및 후방 모두에 산업파급효과가 큰 수준이며, 정부의 지속적인 투자 정책을 통하여 시장의 변화가 이루어지고 있는 이 활성화된 형태임. 정부 기관과 기업의 협업을 통하여 시스템 및 시설을 구축중이며, 일부 지역을 중심으로 스마트팜 시설을 적용 및 운영하고 있음

[스마트팜 산업 구조]

후방산업	스마트팜 분야	전방산업
고효율 에너지 산업, (LED 인공조명, 태양열, 지열 등), 지능형 로봇, 실내 환경감지 시스템, 식품바이오산업, 기계용 소재 및 부품, 가공 및 도장 모듈, sub-system 조립	시설인프라 (비닐하우스, 유리온실, 축사 등) 사물인터넷(IoT), 원격 센서기술	기계용 작업기 조립 생산, 판매 및 기술서비스, 휴대용 전자기기, (무선)통신 시스템, 바이오(종자개량), 바이오(병해충 예방 약품)

□ 농업현안 해결을 위해 농업 가치사슬을 전반에 걸친 ICT 융복합 기술개발이 필요

o (생산) 생산량 및 출하시기 조절을 위해서 생산량, 경락가, 수요 예측 등의 기술개발 요구

o (유통/판매) 구조를 효율화하기 위해서는 입·출하 자동화 및 유통량 파악 등의 기술개발 요구

o (생산) 생산량 및 출하시기 조절을 위해서 생산량, 경락가, 수요 예측 등의 기술개발이 요구됨

[AI 기반의 스마트팜 산업 구조]

관점	세부기술
표준화 및 개방형 공동 플랫폼 개발	• 센서, 제어기, 통신장치 등 센서 제반 기술의 표준화 • 개방형 서비스 플랫폼 구축 • 사용자 중심형 인터페이스 개발
제어, 자동화, 로봇화	• 시설원예 복합 환경 관리 기술 개발 • 온실 복합 환경 제어 시스템 및 알고리즘 개발 • 에너지절감기술(신재생에너지)과 연계된 스마트그리드 통합형 온실 제어 알고리즘 개발 • 지역적 차별형 환기팬 및 순환팬 제어 시스템 개발 • 환기량 분석을 통한 추가적인 강제 환기 운영 알고리즘 개발
생육생체 모델	• 우리나라 대표 작물 대상의 현열 및 잠열을 포함하는 생장모델 개발 • 작물의 동적 생육 모델링 개발 및 진단 및 의사 결정 알고리즘 개발 • 에너지 부하 관련 장기적 현장 실험 • 생산성 관련 주요인자들의 통계적 접근을 통한 가중치 분석과 이의 모듈화 및 알고리즘 설계
빅데이터 활용 모델 개발 및 성과평가	• AI 기반 빅데이터 표준화, DB 구축방안 개발 및 생육 DB 구축 • 데이터베이스 분석 및 활용 소프트웨어 개발 • 스마트 팜 모델 성과 분석 프로그램 개발
웹 및 모바일 서비스	• 웹 시스템을 통한 실시간 관리 및 생산 정보 제공 • 이미지 프로세싱을 이용한 병충해 식별 시스템 및 경보 시스템 개발

□ ㈜카탈로닉스 주력 시장 현황 및 전망

(1) 세계 스마트팜 시장 현황 및 전망

▢ (세계시장) 세계 스마트팜 시장 전망 결과, 2025년 시장규모는 약 220억 달러로 2020년부터 2025년 까지 연평균 약 9.8%정도 성장률로 지속적인 증가가 예상됨

o 지역별로는 2017년 기준 미주 지역이 27억 9,600만 달러로 전체 시장의 44.1%를 차지하였으며, 뒤를 이어 유럽 19억 3,700만 달러(30.6%), 아시아태평양 12억 300만 달러(19.0%) 순의 점유율을 보임

- 1980년대 중반 미국에서 정밀농업이 등장한 이래로 미국과 캐나다는 농업 선진화가 빠르게 이루어 졌으며, 대규모 기업형 농장을 중심으로 스마트팜의 주요 시장을 차지하고 있음

- 향후 인구가 빠르게 증가하고 있는 인도, 중국, 동남아시아가 속한 아시아태평양 지역이 18.02%로 가장 높은 성장률을 보일 것으로 전망

o 급속한 인구 증가, 농산물에 현대 기술사용 급증, 가축 모니터링 및 연료 공급을 위한 질병 감지에 대한 농부의 관심 증가로 인해 식량 공급 시스템에 대한 압력 증가 스마트 관개 시스템의 성장. 또한, 농업 기술 부문에 대한 투자 증가는 스마트 농업 시장의 성장을 촉진함

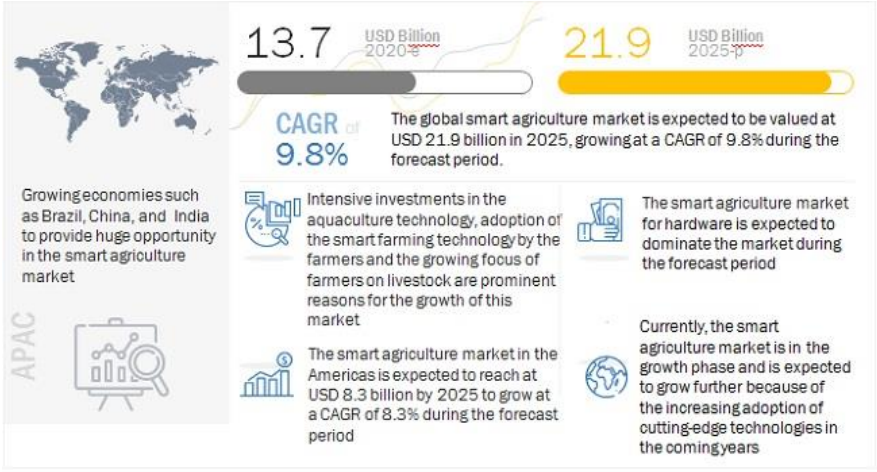
[세계 스마트팜 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 달러, %)

연도	2020	2021	2022	2023	2024	2025	CAGR
세계시장	138	151	166	183	201	220	9.8

※ 출처: Smart Agriculture Market by Agriculture Type (Precision Farming, Livestock, Aquaculture, Greenhouse), Hardware (GPS, Drones, Sensors, RFID, LED Grow Lights), Software, Services, Application, Farm Size, and Geography - Global Forecast to 2025, Markets and Markets

[스마트 농업 시장의 기회요인]



※ 출처: Smart Agriculture Market by Agriculture Type (Precision Farming, Livestock, Aquaculture, Greenhouse), Hardware (GPS, Drones, Sensors, RFID, LED Grow Lights), Software, Services, Application, Farm Size, and Geography - Global Forecast to 2025, Markets and Markets

□ 생산적인 의사 결정을 위한 대용량 데이터 관리의 중요성 증대

o 데이터 관리는 스마트 농업 도구 사용자가 직면한 주요 과제임. 스마트 농업 도구를 사용하는 농장에서 얻은 데이터는 농부가 생산적인 결정을 내리는 데 도움이 되기 때문에 매우 중요함. 정밀 농업에서는 매핑, 가변 비율 파종, 토양 테스트, 수확량 모니터링 및 과거 작물 윤작과 관련된 대량의 중요한 데이터가 정기적으로 생되며, 성공적인 스마트 농업 기술은 농장 조건 평가에 전적으로 의존하므로 이 데이터를 적절하게 저장하고 관리해야함.

o 농업 데이터를 관리하기 위한 산업 표준이 없으며, 이것은 재배자에게 작업을 어렵게 만듦

o 따라서 농부와 재배자에게 데이터를 효과적으로 획득, 관리, 처리 및 사용하기 위한 적절한 데이터 관리 도구와 기술을 제공하는 것이 필수적임

□ 2025년까지 가장 큰 시장 점유율을 유지할 것으로 예상되는 하드웨어 제품

o 하드웨어 부문은 2020년에 스마트 농업 시장에서 가장 큰 점유율을 차지할 것으로 예상됨

o 신기술 및 현대적인 스마트 농업 기기의 채택이 증가함에 따라 예측 기간 동안 하드웨어 제품에 대한 스마트 농업 시장의 성장이 주도될 것으로 예상

o GPS/GNSS 수신기, 관개 컨트롤러, 안내 및 조향 시스템과 같은 자동화 및 제어 시스

템의 채택이 증가하면서 농업 관행에 대한 새로운 접근 방식이 생겨났으며 이는 시장 성장을 촉진하고 있음

o 또한 낙농가에 의한 IoT 및 AI 기반 가축 모니터링 장치의 급증은 가축 모니터링 부문에서 하드웨어 장치의 성장을 가속화하는 주요 요인 중 일부임

□ 2020년부터 2025년까지 수확량 모니터링 애플리케이션(정밀 농업) 및 사료 관리(가축 모니터링)가 상당한 시장 점유율을 차지할 것으로 예상됨

o 정밀 농업 도구는 수확량 모니터링 응용 프로그램에 널리 사용되며, 따라서 이 응용 프로그램은 2019년에 가장 큰 시장 점유율을 차지했음

o 제한된 수의 자원을 사용할 수 있는 최적의 작물 생산에 대한 필요성이 증가함에 따라 농부들 사이에서 정밀 농업 도구가 수확량 모니터링 응용 프로그램에 엄청난 인기를 얻고 있음

o 사료관리 응용프로그램은 자동 사료 공급 시스템 및 건식 사료 공급 시스템에 대한 수요 증가로 인해 예측기간 동안 가축 모니터링 시장의 가장 큰 규모를 계속 차지할 것으로 예상됨

□ 노지농업 부문은 2020년에서 2025년까지 주요 시장 점유율을 차지할 것으로 예상됨

o 정밀 농업 도구의 구현은 농업의 개념을 영원히 바꾸어 전통적인 농업 활동을 보다 효율적이고 예측 가능하게 만들 가능성이 있음

o 유도 기술, 원격 감지, 스마트 센서, 드론, 가변율 기술(VRT)과 같은 정밀 농업 기술은 토양과 작물을 효과적으로 관리할 수 있게 했으며, 이러한 기술은 안내 및 탐색 애플리케이션을 위한 현장 장비 및 장치와 함께 사용됨

o 노지농업 분야는 2020년 70억 달러에서 2025년 128억 달러로 성장할 것으로 예측됨

o 노지농업 분야의 경우 자율주행 트랙터와 농업용 드론 시장이 급성장하여(각각 연평균 24.0%, 35.9%) 스마트농업의 큰 축을 이룰 것으로 전망됨

[스마트 농업 시장의 기회요인]

※ 출처: MARKETSANDMARKETS, 2020

□ 미국 스마트농업의 시장규모는 2019년 25억 달러로 2027년까지 연 9.6%씩 성장전망

[미국 스마트팜 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 달러, %)

연도	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	CAGR
미국시장	25	27	30	33	36	40	43	47	52	9.6

※ 출처: KOTRA 해외시장뉴스(2021), 윕스 재가공

o 현재 스마트농업은 도입기에 접어들고 있지만 향후 기술 채택이 늘어남에 따라 높은 성장 잠재력을 보유하고 있음. 또한 최근 3년간 애그푸드테크(AgFood Tech) 투자 규모가 369억 달러를 기록하며 스마트농업에 대한 기대가 한층 더 커지고 있음

o 스마트농업은 앞으로 지능형 농기계와 로봇, 드론 등이 농작업을 담당하고 농장관리와 의사결정은 AI 기반 빅데이터 분석에 의존할 것으로 전망됨. 이로 인해 광범위한 데이터 수집이 성장의 핵심으로 부각되며 데이터 농업시대가 본격화될 것임. 또 2020년 이후부터 5G 기술의 시행으로 원격지에서도 초고속 인터넷 보급이 확대될 것으로 전망됨

o 국가별로는 미국이 전체 투자 금액의 46.7%를 차지해 가장 많았으며, 그 뒤를 이어 중국(35억 달러), 인도(24억 달러), 브라질(7억 달러) 순임. 미국은 2018년 79억 달러를 투자받아 전년 대비 67% 증가했고 투자 건수도 2017년 대비 23% 늘어난 567건을 기록함

▢ (네덜란드) 대표적인 스마트팜 국가로서, 국토면적은 우리나라의 1/2에 불과하지만, ICT활용 도입을 통해 세계 2위의 농산품 수출국이 되었음

o 네덜란드는 대표적인 원예국가로 전체 온실의 99%가 유리온실이며, 수십 년간 누적된 데이터와 재배환경 최적화 노하우를 바탕으로 각종 센서와 제어 솔루션을 개발하였음.

o 이러한 농업 ICT기술을 통해 생산량 및 품질 최적화를 도모하고 있으며, 또한 네덜란드 대표기업인 프리바(Priva)사는 세계 최고 수준의 온실 환경 제어 시스템을 생산하여 세계 각국에 수출하고 있음

▢ (미국) 농업에 IoT는 물론 나노기술, 로봇 기술 등을 본격적으로 접목 시도

o IoT는 물론 나노기술, 로봇기술 등을 융합하여 농업에 활용하려고 하고 있으며, 구글의 경우 토양, 수분, 작물 건강에 대한 빅데이터를 수집해 종자, 비료, 농약 살포에 도움을 주는 인공지능 의사결정 지원 시스템 기술개발에 나선 실정임

▢ (일본) 일본에서는 IBM, NEC, 후지쯔, NTT 등 기업들이 농업분야에 ICT기술을 접목하여 다양한 서비스를 제공하고 있음.

o 일본 IBM의 농산물 이력 추적 서비스, NEC의 M2M 기반 생육 환경 감시 및 물류서비스, 후지쯔의 농업 관리 클라우드 서비스시스템 등이 대표적인 사례임

▢ (이스라엘) 스마트팜의 여러 분야 중 이스라엘은 재배환경 모니터링 분야의 선두주자로 농작물의 크기, 줄기의 변화, 잎의 온도 등 농작물 생장 정보를 자동 측정, 급수 주기와 급수량 자동조절 등으로 정확한 수확량을 예측하도록 하며, 특히 농작물 스트레스 감지센서 개발로 생산량을 40% 이상 증대 함

[스마트관개 시장의 기회요인]

(단위 : 억 달러, 건 수)

※ 출처: 삼정 KPMG 경제연구원

☐ 2010년부터 2019년까지 10년간 PEF, VC, 액셀러레이터(AC) 등의 글로벌 투자자가 애그테크 분야 기업에 투자한 건수는 연 24.5%씩 증가함

o 2019년 투자 건수는 495건으로 2010년 69건과 비교해 7배 이상 증가했다. 공개된 딜(Deal)을 기준으로 거래액은 2019년 64억 달러(약 7조1400억 원)에 달함

o 로보틱스 기술을 바탕으로 농장 효율화를 돕는 플랫폼 기업 '씽씨(호주)', 항공 이미지를 바탕으로 정밀농업을 지원하는 '타라니스(이스라엘)', 거대 규모의 노지재배에 적합한 로봇개발 업체 '팜와이즈랩스(미국)', 정밀 드론 스프레이 제조업체 '란티조(미국)' 등이 최근 투자를 받은 스타트업들임

o 구글은 몬산토가 인수한 '클라이밋 코퍼레이션'에 투자한데 이어 농업 데이터를 비교·분석해주는 '파머스 비즈니스 네트워크(미국)', 사과 수확용 로봇을 개발한 '어번던트 로보틱스(미국)', 이마트도 투자한 '벤슨 힐 바이오시스템(미국)', '바워리 파밍(미국)' 등에 투자함

(2) 세계 스마트관개 시장 현황 및 전망

☐ (세계시장) 세계 스마트관개 시장 전망 결과, 2025년 시장규모는 약 21억 달러로 2020년부터 2025년 까지 연평균 약 15.3%정도 성장률로 지속적인 증가가 예상됨

o 정부 정책은 물 절약, 스마트 도시 성장, 스마트 관개 시스템의 성장을 촉진하기 위한 효율적인 관개 시스템의 필요성에 대해 착수

o 또한, 농업 기술 부문에 대한 투자 증가는 스마트 관개 관리 시스템의 성장을 촉진 함

[세계 스마트관개 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 달러, %)

연도	2020	2021	2022	2023	2024	2025	CAGR
세계시장	10	11.5	13.3	15.3	17.7	21	15.3

※출처: Smart Irrigation Market with COVID-19 Impact Analysis by System Type (Weather-Based, Sensor-Based), Application (Smart Greenhouse, Open Field, Residential, Golf Courses, Turf & Landscape), Component (Controllers, Sensors, Water Flow Meters), and Geography - Global Forecast to 2025, Markets and Markets

[스마트관개 시장의 기회요인]

※ 출처: Smart Irrigation Market with COVID-19 Impact Analysis by System Type (Weather-Based, Sensor-Based), Application (Smart Greenhouse, Open Field, Residential, Golf Courses, Turf & Landscape), Component (Controllers, Sensors, Water Flow Meters), and Geography - Global Forecast to 2025, Markets and Markets

☐ COVID-19가 확산되면서 글로벌 스마트 관개 시장을 포함한 농업 생태계 전반의 공급망이 중단됨

- o 하드웨어 장비의 공급이 방해를 받아 농업 가치 사슬 전반에 걸쳐 기업에 영향을 미쳤으나, 원격 관개 작업은 인간 개입이 적기 때문에 전염병의 영향을 덜 받았으며 이러한 기술은 앞으로 더 많은 수요를 목격할 것으로 예상됨
- o 전 세계 농업 농장의 IoT 장치 설치는 연평균 14%의 성장률을 보일 것으로 예상되며, COVID-19는 또한 현장의 노동 요구 사항을 줄이면서 관개 일정을 최적화하기 위해 전 세계 농업 농장에 IoT 장치 설치를 가속화할 것으로 예상됨. 연결된 농업 기기의 수는 중장기적으로 유망한 성장을 보일 것으로 예상
- o 스마트 관개 시장의 회복은 날씨 기반 및 센서 기반 시스템에 대한 수요가 크게 증가할 것으로 예상

☐ 스마트폰과 무선 관개 컨트롤러의 통합으로 코로나19 이후 상당한 기회 창출

- o 개발도상국 및 선진국에서 스마트폰의 보급은 시간이 지남에 따라 증가했으며 농업과 관련된 여러 사용자 친화적인 응용 프로그램과 통합되어 주택 소유자, 잔디 관리자 및 스마트 홈 계약자를 위한 휴대하기 쉬운 도구로 더욱 발달함
- o 현재 음성 지원 서비스를 기반으로 자동화된 관개 일정을 제공하는 관개 컨트롤러 공급자가 몇 개 있음. 예를 들어, Rachio는 음성 제어 Rachio 3 스마트 스프링클러 컨트롤러와 Rachio 3 무선 유량계를 출시하여 농부가 스마트폰을 사용하면 기후 데이터와

날씨 변화에 대한 정확한 정보를 얻는 데 도움이 되어 그에 따라 관개 일정을 계획할 수 있음

▢ 컨트롤러는 세계 스마트 관개 시장에서 가장 광범위하게 사용되는 구성 요소

- o 컨트롤러는 자동 관개 시스템의 중요한 구성 요소이며, 컨트롤러 개발의 기술 발전으로 인해 컨트롤러 채택이 증가함
- o 컨트롤러는 관개 응용 프로그램을 제어하기 위해 대규모 상업 농장에서 널리 사용되었지만 소규모 농장과 주거 또는 상업 부문에서는 비교적 새로운 기술임
- o 지난 몇 년 동안 시장에 나와 있는 스마트 컨트롤러 제품의 수는 극적으로 증가했으며 다양한 제조업체가 다양한 제어 기술 솔루션을 개발함.

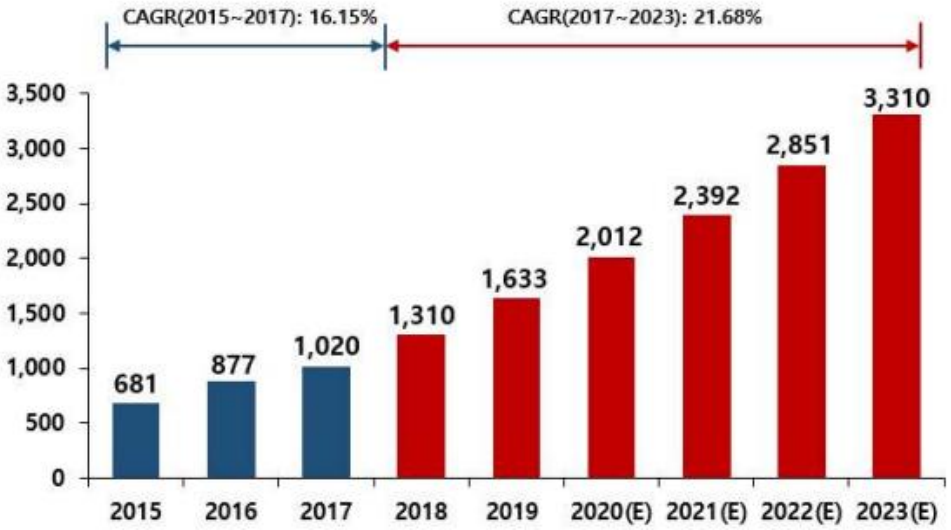
▢ 미주 지역은 2019년에 스마트 관개 분야에서 가장 큰 시장을 차지했으며 2025년까지 지배적일 것으로 예상

- o 미주 지역은 세계 스마트 관개 시장에서 가장 큰 시장 점유율을 차지하고 있으며 2025년까지 시장을 지배할 것으로 예상
- o 이 지역에서 스마트 관개 시스템을 채택한 것은 대규모 상업 농장에서 이러한 시스템을 사용하고 비농업 분야에 날씨 기반 및 전기 기반 시스템의 사용이 증가했기 때문임
- o 미주 지역의 농부 또는 재배자는 컨트롤러, 센서, 유량계 및 관개 관리 소프트웨어와 같은 스마트 관개 시스템 및 IoT 관련 장치를 점점 더 많이 채택하고 있음
- o 미주 지역은 농장, 주거지, 골프장에 스마트 관개 시스템이 가장 많이 설치되어 있음. 이 지역은 스마트 관개 시장의 여러 주요 업체의 본거지임. 이들 중 The Toro Company(미국), Hunter Industries(미국), Rain Bird Corporation(미국), HydroPoint(미국), Rachio(미국), Banyan Water(미국) 및 Rain Machine(미국). 이 회사들은 혁신적인 제품과 서비스를 출시하고 스마트 관개 솔루션의 R&D에 광범위하게 지출함으로써 미주에서 스마트 관개 시장의 성장에 기여함

(3) 국내 스마트팜 시장 현황 및 전망

▢ 국내 스마트팜 시장은 2017년 1,020억 원 규모이며, 이후 연평균 21.68%의 높은 성장세를 보이며 2023년에는 3,310억 원의 시장규모를 형성할 것으로 전망

[국내 스마트팜 시장규모 및 전망 (단위: 억 원)]



※ 출처: : Markets&Markets 'Smart Agriculture Market - Global Forecast to 2023'(2018), NICE평가정보(주) 재구성

*주1: 2020년, 2022년 시장규모는 전후년도의 평균값을 적용하여 추정함. *주2: 연평균환율1$= 1,131.49원(2015), 1,160,50원(2016), 1,130.84원(2017~2023)

o 국내 농가당 경지면적은 1.4만㎡[7]로 스마트팜의 주요 시장인 미국(180만㎡), 캐나다(635만㎡)에 비해 매우 작은 수준임. 국내 스마트팜 시장규모 역시 세계 시장의 1.42%, 아시아태평양(APAC) 시장의 7.50% 수준에 그치고 있으며, 2017년 기준 일정 수준의 스마트팜 시설이 갖춰진 국내 유리온실 재배 비중은 0.8%로 이 역시 일본(4.5%)과 글로벌 평균(17.0%)에 비해 현저히 낮음

□ 2013년 농림축산식품부는 '농림식품 과학기술 육성 중장기 계획(2013~2022)'*을 수립

o 스마트온실 면적은 2013년 이전 345ha에 불과했으나, 2018년 4,900ha까지 확대 (연평균 70% 성장)되었으며, 2022년에는 7,000ha로 확대 계획

[국내 스마트팜 보급현황 및 전망]

(단위 : ha)

연도	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2022
시설원예 스마트온실 면적	345	405	769	1,912	4,010	4,900	5,017	7,000

※ 출처: 국회입법조사처('19.12.30), 스마트팜 확산·보급 사업 현황과 과제

□ 국내 스마트팜은 유통, 소비 등의 분야로 확산되고 있지만, 현재까지는 농업생산을 핵심으로 하여 전개되고 있음. 생산 중에서도 모니터링 및 제어단계에 집중되어 있는 것으로 판단되며, 빅데이터 등을 활용한 최적화 알고리즘 개발, 로봇 등과 연계된 자동화 기술 등은 현재 연구개발 단계에 머물러 있는 것으로 파악됨

o 현재 우리 농가에 적용되고 있는 스마트팜 시스템은 주로 환경정보(온·습도, CO2, 조

도 등) 기반으로 스마트 미디어를 통해 재배시설의 개폐 및 제어(보온덮개, 천창, 커튼, 환풍기, 스프링클러, 양액, 열풍기 등)하는 수준에 머물러 있음

o 향후, 재배 생육정보 기반의 생육단계별 정밀한 작물관리를 위한 생육 최적 환경설정 모델 개발 및 작물생리 장해 병충해 진단 전문 모델 개발이 요구됨

▢ 국내 노지 스마트팜 현황을 살펴보면, 지역별 정보연계 노지농가 현황은 하기와 같음. 사과와 콩 작물에 대해 스마트팜 운영을 많이 하고 있으며, 지역별로는 전남이 가장 많이 활발히 운영 중인 것으로 나타남

[국내 지역별 정보연계 노지 농가 현황]

품목	세종	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	합계
감귤	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10
꽈리고추	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	11
대파	0	0	0	0	0	0	39	0	0	0	39
마늘	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	13
무	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10
배추	0	0	25	0	0	0	18	0	0	0	43
복숭아	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	15
블루베리	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	16
사과	0	0	0	0	0	0	0	77	0	0	105
양파	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	30
콩	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	120
합계	0	9	0	15	0	23	103	88	0	10	412

※ 출처: 스마트팜코리아

□ ㈜카탈로닉스 경쟁업체 동향

(1) 해외 경쟁업체 동향

▢ 세계 각국에서 농업분야에 지능정보 및 ICT기술을 활용하여 산업 경쟁력을 높이고 부가가치를 창출하기 위해 다양한 노력을 기울이고 있음

o 농업분야 중에서도 스마트팜을 중심으로 한 글로벌 경쟁이 심화되고 있음

[스마트팜 해외 업계 현황]

기업명	사업내용
살리나스밸리 (미국)	• 생육환경이 센서를 통해 자동 모니터링 되고 있으며, 무인농업로봇을 개발하여 노지농업에 활용
PRIVA (네덜란드)	• 온실에서 작물이 필요로 하는 온도, 습도, 조명, 영양 요소를 자동으로 관리할 수 있는 온실환경제어시스템 및 양액자동제어시스템을 개발 보급 • 또한, 온실의 환경 제어 기술을 기반으로 빌딩의 내부 환경과 에너지 소비량을 관리할 수 있는 시스템을 개발하여 네덜란드 공공건물의 약 30%에 적용하고 있음

Wageningen UR (네덜란드)	• 네덜란드 농업자연식품부의 연구비를 지원받아 오이를 자동 수확할 수 있는 로봇을 개발 * 온실 환경에서 오이 판별 95% 수준의 정확도
Hortimax (네덜란드)	• 복합 환경제어기 생산 전문회사로서 브랜드 인지도가 우수하고, 우리나라에서는 파프리카 재배에 사용되고 있음.
Hogendoorn (네덜란드)	• 범용센서 채택과 자유로운 반개방구조로 보일러와 같은 기기의 선택과 설치가 쉽고 자유로운 복합 환경제어시스템 제공으로 가장 많이 보급됨
IBM (미국)	• 1～2km의 좁은 지역들을 위한 정확한 지역 일기예보를 제공하는 '지역밀착형(hyperlocal)' 일기예보를 제공하는 IBM의 딥썬더를 기반으로 작물의 재식, 재배, 추수, 운송 등 농업 전반에서 수확량 증가(기상예측모델과 접목을 통해 작물 손실 25% 축소), 품질개선을 지원할 수 있는 시스템을 개발
블루리버 테크놀러지 (미국)	• 레터스 봇(Lettuce Bot)은 수백만 장의 식물 이미지가 저장된 데이터베이스에서 식물과 잡초를 즉각적으로 구분하여 잡초를 제거하고, 작물만을 선별하여 비료를 살포
후지쯔 (일본)	• IoT 센서를 이용하여 재배환경의 데이터를 실시간으로 계측, 수집하는 동시에 클라우드 서비스를 이용하여 데이터를 축적/분석하여 토마토 등 작물재배에 활용할 수 있도록 재배시설에서 기온, 지온, 수분, 일사량, 토양의 비료농도 등을 측정, 수분 간격으로 클라우드 서버에 전송되어 수집/분석/예측 등을 수행한 후 각 농가에 최적의 물과 비료의 양 제시 • 2012년 10월, 농업 경영을 지원하는 클라우드 서비스 '아카사이(Akisai)' 상용화, 식물공장 관련 사업 추진 등
토요타 미디어서비스 (일본)	• 단순 환경제어 자동화를 넘어 재배기술 노하우를 소프트웨어화해 최적의 환경관리, 생체정보 수집 및 생육진단을 위한 농업IT관리 솔루션 개발을 추진
에어로팜(미국)	• 첨단 스마트팜 개발하여 운영 중 • 작물 생장에 최적화된 LED 자동화 시스템을 적용하여 수확량을 기존의 스마트팜보다 75% 향상 • 에어로팜 시스템은 13만 개의 데이터를 모니터링하고 분석 및 예측을 통해 수확하고 있어 고품질을 일관성 있게 유지
BOSCH (독일)	• 노지 스마트농업 장비·설비 및 데이터 관리 솔루션 산업 활성 • 스마트 노지농업 기계·시스템을 공급하고 있음 • Deepfield Robotics를 설립하여 센서기술 기반의 스마트농업(노지, 축산 등) 시스템을 사용화 함

(2) 국내 경쟁업체 동향

[스마트팜 국내 업계 현황]

기업명	사업내용
우성하이텍	• 국내 온실조건에 적합하도록 환경제어가 가능하고 적용 시스템에 대한 AS 및 기술자문력이 상대적으로 우수함 • 우성하이텍은 연동 그린하우스 내외부에 설치된 온도센서, 습도센서, CO2센서, 풍향/풍속 센서, 강우 센서 등으로 환경상태를 인식하고 분석/예측하여, 각종 환경조절용 기계장치를 유기적으로 작동시켜 최적의 재배환경을 유지되도록 하는 시스템을 개발 • (주요생산 제품) 시설원예 원격제어시스템, ICT복합환경시스템, 자연환기시스템, 배양액 자동공급기, 시설원예 커튼제어시스템 등
KT	• 아랍에미리트(UAE) 샤르자 코르파칸에 약 600㎡(180평) 규모의 장애인 맞춤형 ‘스마트팜’ 을 구축 • IoT 통신망·양액기·유동팬·모터 등으로 구성된 ‘KT기가 스마트팜 2.0’ 솔루션을 선보이고 농가를 대상으로 한 보급 사업을 확대하고 있음. 이 솔루션은 기존 버전보다 구축비를 40% 줄일 수 있어, 초기투자의 부담을 줄임 – 스마트팜 도입효과를 홍보하기 위해 서울·용인·담양·부여·성주 등 5곳에 스마트팜 실습교육장을 운영 중이며, 용인·김제·논산·성주·춘천에 현장지원센터를 설치해 농가의 스마트팜 도입 지원
㈜그린CS	• 스마트팜 ICT 장비, 스마트팜 빅데이터 모델링, 싸이렌팜(온습도, 정전, 도난경보 등) 등 스마트팜 분야 진출을 위한 기술개발을 추진 중 – 스마트팜 ICT 복합 환경 제어기(센서 및 원격 모니터링, 사용자 환경제어, 원격 제어 등), 스마트팜 작물 생육진단 빅데이터 서비스 – 온도/습도, 정전, 도난경보까지 스마트폰으로 확인하는 우리 농장 하우스 창고 지킴이 서비스
㈜농정사이버	• IoT, 스마트팜, 빅데이터, 클라우드팜 등을 적용하여 온실, 축산, 유통, 과수 등 다양한 분야의 개발과 실증에 주력 – 관제실에서 각 지역에 분산되어 있는 스마트농장 경영관리를 유무선 통신망으로 양방향 동시에 컨설팅, 진단, 예측, 제어, 경보, 저장, 복구 등을 공유하는 지능형시스템
미래원(주)	• 엽채류 수직형 식물공장을 설립하였으며 2019년 472억 원에서 2020년 590억 원으로 25% 매출액 증가 • 각 품종에 적합한 최적의 환경을 AI와 빅데이터 분석을 통해 제공하여 생산성은 일반 농지에 비해 40배 높음 • 식물광합성에 필요한 10가지 환경 변수를 첨단기술로 재현
우듬지팜(주)	• 150여 농가와 함께 파프리카, 토마토, 딸기 등의 작물을 재배하는 농업회사법인 • 첨단 ICT 기술을 활용한 농경관리 시스템 구축을 통해 연간 720톤 규모 작물을 생산·유통 • 스마트폰, PC를 이용한 재배환경 원격제어, 상태조회, 비상통보, 데이터 조회, 영상 확인, 재배 데이터 수집, 활용을 통한 생육 알고리즘 빅데이터 활용 재배관리 시스템 구축

[국내 주요 사업자 서비스 동향]

기업명	사업내용
경농	• 2021년 노지작물과원 스마트영농 모델개발 사업의 주 사업자 선정 • 작물과 지역에 따라 드론을 이용한 방제 및 생육조사, 페로몬트랩을 이용한 해충예찰, 무인방제 등 다양한 시스템이 적용
ETRI	• 2020년 디지털트윈과 AI 기술을 활용하여 영상, 음성의 분석을 통한 사양관리 기술 개발 중
KT	• 2017년 2월, ‘GS1 농식품 정보’ 플랫폼 기반으로 만든 데이터를 가공해 ‘농산물 이력정보’ 솔루션 제공
긴트	• 2020년8월, 클라우드 기반 농업기계 인텔리전스 시스템 상용화
스마트팜 융합연구단	• 2018년 저가형 통합제어기와 생육 센서 기술 개발 • 2018년, 비닐하우스 내부의 환경관리를 위한 저가형 통합제어기와 생육센서 기술 개발
㈜나래트렌드	• 2020년,IoT와 AI를 활용한 클라우드 기반 팜노트 서비스 상용화
㈜유비엔	• 2018년 400MHz대역 RF를 사용한 스마트팜 ICT 기자재 개발 • 2018년 SaaS 기반 스마트팜 서비스를 제공하기 위한 팜링크 상용화
그린랩스	• 재래식 농법을 개량한 실제 '스마트팜' 구축·운영과 빅데이터 분석을 통한 '디지털 농업' 서비스가 핵심 사업모델 • 생산부터 유통까지 전 과정의 농업 빅데이터 구축
엔씽	• 컨테이너를 활용한 '수직농장' 기술 분야에 특화한 스타트업 • 컨테이너를 활용한 모듈형 수직농장과 사물인터넷(IoT) 기반 농장관리 시스템 특허를 보유 • 수경재배 방식으로 물 사용량을 98% 절약하면서 단위 면적당 생산량은 100배나 늘릴 수 있음. 중동 지역에 모듈형 컨테이너 수직농장을 '턴키' 수출 중
에이아이에스	• 품종, 토양, 기상 등 각종 생육 정보를 취합해 노지작물의 생산량을 기존보다 20~30% 끌어올릴 수 있는 노지스마트팜 솔루션 개발
쉘파스페이스	• 인공 광원을 통해 식물 생장을 단계별로 정밀 제어하는 특허기술 보유 • 품종별 식물의 발아·모종·이식·생장·수확 전 단계의 필요한 최적의 인공 광원을 방출

[국내외 주요업체 실적(2016~2018 ICT 확산사업 대상 농가 기준)]

기업명	점유율
㈜그린CS	21.55%
㈜우성하이텍	11.21%
신한에이텍	7.97%
삼일엔지니어링	5.60%
미푸코그린	5.39%
KT	4.96%
웅광전기	4.74%
나래트랜드	3.88%
농정사이버	3.45%
큰돌	2.80%
동우	2.37%
유비엔	2.16%
대영지에스	2.16%
합계	100.0%

□ ㈜카탈로닉스 관련 정책 동향

(1) 국내 정책 동향

▢ 노지 스마트농업 시범사업 본격 추진

o 스마트팜 보급·확산 정책이 시설원예 및 축산 등에 집중되어 있던 가운데, 정부는 노지 부문의 스마트 농업 모델 개발을 위한 사업 추진에 박차를 가하고 있음. 노지로 점차 정책·사업 추진이 확대되면서, 데이터 기반의 스마트 영농 확산을 이룰 것으로 기대됨

o 다양한 스마트 농업 관련 기술혁신과 관련하여 실용적인 첨단 미래형 기술개발을 위해 농축산 및 식품 연구 관련 부, 처, 청 간 협력뿐만 아니라 지역혁신기관과 기업을 연계해나가고 있는 양상을 보이고 있음. 이를 통해 농축산 및 식품 부문에 대한 다양한 현

안에 관한 기술개발을 주도하고 기반 기술 지원을 확대해오고 있음

- 농림축산식품부, 농촌진흥청, 과학기술정보통신부는 2021년부터 2027년까지 7년간 약 3,867억 원을 ①스마트팜 현장 보급 및 확산을 위한 제2세대 스마트팜의 기술 고도화, ② 인공지능·로봇·에너지 등 제3세대 스마트팜 원천기술 확보에 집중적으로 투자해나가겠다고 밝힘

▢ 농림축산식품부는 2019년 10월, 지자체 단위로 생산자 단체, 농기계 관련 기업, 공공기관 등을 참여자로 한 '노지 스마트 농업 시범사업'을 2020년부터 2022년까지 추진해나갈 것이라고 발표함

- 2018년부터 2019년까지 시·군 단위로 노지 스마트 농업화와 관련한 시범사업을 단년도 사업으로서 추진해왔으나, 지원 장비는 ICT 장비에 그치는 등 사업 추진상 제한적인 부분이 존재했음. 2020년부터 추진될 '노지 스마트 농업 시범사업'을 통해 규모화된 농경지에 IoT, ICT 장비와 더불어 첨단 농작업 기계를 접목해 기상·작황·농작업 정보 등을 수집·활용할 수 있는 데이터 영농을 구현하는 것을 목적으로 함

- 노지에서 발생하는 데이터를 수집·분석, 활용할 수 있는 기반을 마련하고 과학적인 생산계획 및 관측·수급관리가 가능하도록 관련 기술개발을 촉진할 계획임. 가령 드론을 활용한 농작물 수급 예측 기술 등이 포함됨. 이와 같이 수집된 데이터를 활용해 주요 품목의 작황 파악, 수급 예측과도 연계해나가며 스마트 농업 수준을 점진적으로 제고해나갈 것으로 기대됨

▢ 농림축산식품부는 한국국토정보공사(LX)와 함께 스마트한 농산물 관리를 위해 정확한 위치 기반 서비스를 토대로 한 빅데이터 플랫폼을 갖추며 지리정보시스템(GIS, Geographic Information System) 기반의 스마트 농업 구현에 적극

- 농림축산식품부는 2019년 5월, LX와 'GIS 기반 빅데이터 플랫폼 구축사업을 위한 업무협약'을 체결하고, 농업 분야의 빅데이터 플랫폼 구축을 통해 농산물 수급 불안정을 해결하기 위한 방안을 모색해나갈 계획을 밝힌 바 있음

- 본 협약체결에 따라 LX는 제주도 및 강원도 평창 내 농지를 대상으로 드론 및 무인항공기(UAV, Unmanned Aerial Vehicles)을 띄워 지적 기반의 디지털 팜맵(Farm Map)을 구축하며, 농림축산식품부에서 제공하는 다양한 농업 데이터를 접목하여 농산물 수급안정을 위한 예측모델 개발에 나서고 있음

▢ 과학기술정보통신부는 기술개발 경험과 노하우를 바탕으로 미래 스마트팜 기술개발을 본격 추진하기 위해 농림축산식품부 및 농촌진흥청과함께 '스마트팜 다부처 패키지 혁신기술개발 사업'을 공동으로 기획, 준비

- 과학기술정보통신부(구 미래창조과학부)는 농림부와 농진청과 함께 국가 신산업 창출을 목적으로 정부출연(연)을 대상으로 융합연구사업을 시행하고, 2015년 10월, 한국과학기술연구원(KIST) 주관으로 스마트팜솔루션(SFS, Smart Farm Solution) 융합연구단을 출범시킴

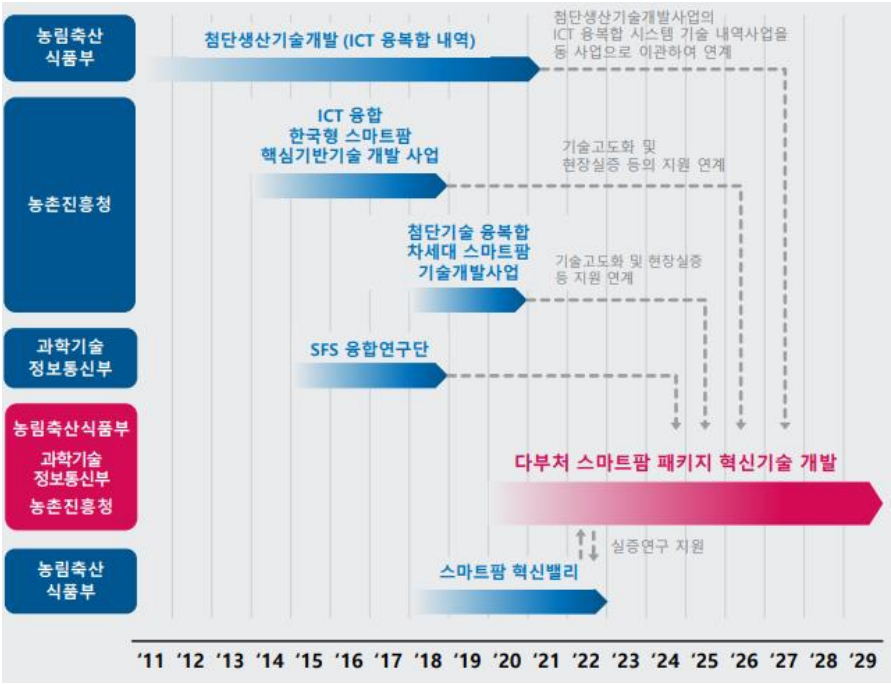
- SFS 융합연구단을 통해 과학기술정통부는 2015년 10월부터 2018년 10월까지 3년간 미래 스마트팜 기반기술 개발에 총 276억 원을 투자함. 해당 기간 동안 연구단은 선진국 성능 대비 저가의 표준기반 국산 시스템을 개발하는 것을 목표로 두고, 비닐하우스 내 작물의 생육상태와 환경을 모니터링하고 맞춤형 시비를 처방하는 기술 개발 등에 중점을 두었음. 그리

하여 총 16여 개에 이르는 현장에 바 로 적 용 가능한 주요 기술성과를 창출함

- 과학기술정보통신부는 기술개발 경험과 노하우를 바탕으로 미래 스마트팜 기술개발을 본격 추진하기 위해 농림축산식품부 및 농촌진흥청과 함께 '스마트팜 다부처 패키지 혁신기술개발 사업'을 공동으로 기획, 준비 중임. 농림축산식품부에서는 즉시 적용 가능한 스마트팜의 표준화·사업화 등을 위한 상용화 기술 개발에 나서며, 농촌진흥청에서는 스마트팜의 고도화를 위한 핵심 기술 개발 추진, 과학기술정보통신부는 차세대 미래 스마트팜 기술 개발을 추진해나갈 예정임. 2020년부터 2029년까지 10년간 정부출연금 5,438억 원, 민간 부담금 1,722억 원으로 사업규모는 총 7,160억 원에 이르는 기술개발 사업임

- '스마트팜 다부처 패키지 혁신기술개발사업'은 기존 각 부처에서 추진하고 있던 스마트팜 관련 기술개발 사업을 통합하고, 부처 간 역할을 분담해 연계·협력하여 진행해 나간다는 차원에서 차별점을 가짐

[스마트 농업 관련 부처별 R&D 사업 추진 현황]



※ 출처: 농림축산식품부, 과학기술정보통신부, 농촌진흥청(2018), 과학기술정보통신부(2018.10) '혁신 성장 선도산업 스마트팜'

o (괴산) 국내 농경지 면적의 95% 이상을 차지하고 있는 노지 농작물을 대상으로 첨단 ICT 기반의 데이터 농업기술을 적용하고 실증·확산하고자 함

- 괴산 노지스마트농업지원센터는 불정면 탑촌리 일원에 23억 원을 들여, 데이터센터 1개소, 농기계센터 1개소 등 전체 3886.6㎡의 대지면적에 건축면적 1555.63㎡의 규모로 조성될 예정

- 괴산군은 2022년까지 노지스마트농업 시범사업을 성공적으로 완수해 인프라 구축, 기술확보 등 기반을 마련하고, 2025년까지 인프라, 서비스의 검증과 표준화, 규격화, 모듈화로 스마트농업인을 지속적으로 육성한다는 계획

- 초고속의 네트워크, 사물인터넷 기술을 포함한 첨단 ICT 기술을 기반으로 시범사업 단지 내 작물의 생육과 관련된 생육환경정보(기상환경, 토양환경, 토양영양) 작물생육정보 및 재배이력 등의 다양한 데이터가 수집되고 모니터링 되며, 수집된 데이터는 노지 스마트농업

지원센터에 구축돼 있는 인공지능(AI) 빅데이터 플랫폼의 분석을 거쳐 '농작업 의사결정 지원서비스'로 제공될 예정

- 밭에서는 가뭄 시 관수를, 논에서는 집중호우 시 배수를 자동으로 실시하는 기술이며, 기상재해 조기경보서비스는 기상청의 기상자료와 현장 필지의 실측 기상자료를 적용한 시스템으로 기상재해 발생을 조기에 알려 사전에 재해를 예방하는 정밀 물관리 기술 활용하여 작물 생산성 향상 도모
- 블록체인 플랫폼을 통해 현장실증 필지 내 생산이력과 유통·소비까지 관리할 수 있으며, 통합관제시스템은 실시간으로 디지털자료를 계측하고 제어가 가능한 시스템으로 여러 센서들과 연결해 자동으로 콩의 생육 분석도 가능
- 이를 통해 지능화된 관수, 농기계 및 농업용 로봇을 활용해 농작물의 생육환경에 최적화된 농작업 관리를 수행하며, 모든 데이터는 저장돼 가공 및 유통 단계에서 농산물의 이력 관리에 활용됨
- 더불어, 기존 이력 데이터와 새롭게 산출된 모든 데이터를 기반으로 생산, 가공, 유통의 과정에서 스마트농업을 통해 효율적인 농업경영활동을 지원하게 됨

[괴산 노지 스마트농업 시범사업 종합계획도]

※ 출처: 괴산군

o (무안) 양파재배에 노지 스마트 기술 적용

- 2000㎡(약 600평)의 양파 밭에 스프링클러 4대와 태양광으로 작동하는 토양 양·수분 측정센서 4대, 스프링클러 자동제어장치 등 자동 물관리시스템이 설치하여 자동으로 물 공급함. 자동 물관리시스템은 노지 스마트팜의 핵심 기술로, 작물이 최적의 수분 상태를 유지할 수 있게 양파 생육단계에 따라 자동으로 물을 공급하도록 설계함. 밭에 설치된 센서가 토양의 양·수분을 자동으로 측정하는 데다 기상예보 등의 미래 값도 고려해 관수할 수 있기 때문에 과수분 또는 가뭄으로 인해 작물이 피해를 볼 위험을 줄여줌
- 1㏊(약 3000평)의 양파재배지에 동력분무기로 농약을 살포할 경우 2시간가량 소요되지만, 드론으로 방제작업을 실시하면 8분의 1 수준인 15분으로 줄며, 방제도 드론으로 진행함

[무안 양파 디지털농업기술 현장시연회]

※ 출처: 농민신문

□ 스마트팜 혁신밸리 사업 계획 발표

o 스마트팜을 혁신성장 선도사업으로 선정하였으며, 2020년부터 2022년까지 전국에 혁신밸리 4개소(상주, 김제, 밀양, 고흥) 조성 계획을 밝힘

- 해당 사업은 약 4,200억 원의 매우 큰 규모로, 시설구축 사업비는 2,800억 원 수준
- (개념) 스마트팜 집적화, 청년창업, 기술혁신(R&D), 판로개척 기능이 집약되어, 농업인-기업-연구기관간 시너지를 창출하는 거점
- (구성) 스마트팜 단지(청년임대농장 포함), 창업보육센터, 실증단지를 기본 요소(20ha+α)로, 연계 사업군(정주여건 등) 패키지 지원
- (조성방향) △생산·유통, 교육, R&D, 창업·비즈니스 등 기능을 최대한 집적화, △청년·기업이 정착할 수 있도록 주거·복지·문화서비스 사업과 연계, △지역 특성에 맞는 특화모델을 발굴하여, 농업인과 기업 참여 유도

[스마트팜 혁신밸리 사업 계획]

지역	사업 면적	총 사업비
전남 고흥	59.5ha	1,056억원
전북 김제	54.6ha	907억원
경남 밀양	47.4ha	876억원
경북 상주	40.9ha	1,325억원
합계	**202.4ha**	**4,164억원**

※ 출처: IBK 투자증권 리서치본부(2019)

□ ICT를 활용한 농산업 분야에 대한 첨단화 추진 계획 수립 (2019.12)

o 농림축산식품부는 농림식품과학기술 육성 종합계획에서 'ICT를 활용한 농산업 분야에 대한 첨단화 추진계획'을 수립하여 농식품 분야 미래기술 발굴 및 기술개발 투자 확대

계획

- 스마트농업 실증연구로 실용화모델 개발 ('19년)4종 → ('24년) 16종
- 지능형 정밀 노지농업 생산시스템 개선 : 실시간 토양정보 계측 기술 ('19년) 토양 EC → ('24년) 토양 pH
- 농업 미세먼지 저감 ('19년) 10% 이상 → ('24년) 30% 이상

□ 첨단정보통신기술을 융합한 스마트농업을 지원하고 생태 친화적 미래 농업에 대한 연구개발 강화를 주요 농정공약 제시, 문재인 정부 100대 국정과제에서 '지속가능한 농식품 산업 기반 조성' 정책 방향 제시 (2017.07)

o '4차산업혁명위원회'에서 농업 산업 혁신을 위해 인공지능 기반 무인화·과학화로 친환경 정밀 농업 실현 제시

- 혁신성장 정책에서 공통 추진하는 패키지형 R&D 투자 플랫폼의 우선 적용 분야로 스마트팜 분야 선정, 문재인 정부 혁신성장동력 과제로 스마트팜을 후보과제로 선정하는 등 적극적인 투자확대 노력 추진

(2) 해외 정책 동향

□ (일본) 일본 농림수산성은 데이터 공유 기반의 농업 데이터 플랫폼인 WAGRI*를 개발하여, '수요 데이터에 기반 한 농업생산 실현'을 목표로 '19.4월부터 본격 운용

o 농업데이터 수집 플랫폼인 와그리(WAGRI)를 개발하고, 민간 기업을 중심으로 데이터기반 비즈니스 모델로 추진 중임. 2019년부터 수도작, 밭농사, 시설원예 등 69개의 실증사업을 추진하고 있음

- 수도작은 대형(14과제), 중산간(12과제), 수출형(4과제) 등 3가지 형태로 진행하고 있으며, 밭농사(6과제), 과수·차(11과제), 시설·원예(8과제), 축산(3과제), 노지 채소·화훼(11과제) 등 69과제가 진행 중임

[스마트팜 혁신밸리 사업 계획]

※ 출처: IBK 투자증권 리서치본부(2019)

o 스마트농업 확대 대안은 인공지능, 빅데이터, IoT, 로봇 등 기술의 개발 및 적용을 강조, '인공지능 미래농업 창조프로젝트' 등의 시책 추진 계획(2016.06)

- 궁극적으로 농가의 수익구조 개선, 신규 농업주체의 확대를 통해 일본 농업·농촌의 급속한 인구감소 및 고령화에 대응. 경쟁력과 지속가능성을 동시에 확보하려는 노력의 일환

o 농림수산업을 위한 R&D 투자 확대하고 있으며, 세계 최첨단 IT국가로 성장하기 위한 데이터 기반 부가가치 창출 투자 확대

o 2030년, 모든 농가에 ICT 보급을 목표로 스마트 팜 추진 종합 패키지를 만들어 시책을 추진

- 스마트 팜 추진 시 발생하는 비용과 효과를 분석하여 실증 연구를 진행하고 '공유'를 키워드로 새로운 농업 지원 서비스를 창출하기 위해 플랫폼과 육성 프로그램 개발을 지원

- 무엇보다 농업 데이터 활용도를 높이기 위해서 농지 인프라를 완비하고 실습 환경을 정비. 이 밖에도 농업 고등학교 등 스마트 농업 교육을 충실히 시행하고 스마트 농업 기술의 해외 진출 또한 지원할 계획

□ (미국) 농무부(USDA)를 중심으로 스마트 노지농업의 연구개발 및 보급을 지원하고 있으며, 최근 농촌의 광대역망·데이터 인프라 확장을 추진하고 있음

o USDA 산하 ARS(Agricultural Research Service) 및 NIFA(National Institute of Food and Agriculture)을 중심으로 중장기적 연구를 추진

o USDA는 스마트 노지농업의 실제 적용에 필수적인 농촌 지역 인터넷 망 및 데이터 인프라 확장을 중심으로 스마트농업 추진전략 발표함(USDA, 2019)

o 지속되는 가뭄 및 농작물 생산 악화로 인한 기후변화에 따른 스마트 농업전략 발표(2017.01) 및 로보틱스 로드맵(2016)에서는 농업분야에 대한 방향성을 제시하고 있으며, 정밀농업 방향 제시(2016.11)

o 미국 정부는 농업 및 과학기술 진흥 정책을 추진하고 있으며, 빅데이터를 토대로 한 민간 기업들의 관련 기술 개발이 활발

- IBM사의 '딥 썬더(Deep Thunder)'는 GPS를 활용한 일기예보를 제공하여, 농가의 정밀농업 실현 및 불확실한 기후 영향 감소 등을 추구

- Deep Deer사의 레티스 봇(Lettuce Bot)은 빅데이터와 AI를 사용하여 제초작업 개선

□ (중국) '전국 농업현대화 계획('16~'20년)에서 농업 기술 장비와 정보화 수준 제고를 위해 IoT, 지능형 설비 보급 확대 목표를 제시(2019.12)

- 이를 위해 '20년까지 정보기술 응용 비율과 농민 인터넷 보급률을 각각 17%와 52%까지 올리고, 농촌 가정에서 정보 도입을 80% 이상 확대

□ (유럽) 4차 산업혁명 대응 EU 농업 성장전략은 정보통신기술(LETI-ICT) 등과 융·복합되는 방식으로 폭 넓게 반영·전개(2016)

□ (네덜란드) 농식품 클러스터 구축으로 농업 첨단기술 및 시설원예 분야 선도

o 정부·기업·대학 간 협력을 통하여 농식품 클러스터를 구축

- 바헤닝헌 대학 연구소를 중심으로 글로벌 식품기업, 농약회사 등이 밀집된 농식품 클러스터인 '푸드밸리(Food Valley)'[8]를 조성

- 현재 푸드밸리 안에 200개 이상의 농식품 기업과 연구소가 있으며, 혁신과 협업의 기반 마련

[네덜란드 농식품 클러스터 '푸드밸리']

※ 출처: 푸드밸리 홈페이지

o 또한, 네덜란드의 기후와 일조량 측면에서 불리한 농업환경을 유리온실로 극복함으로써, 시설원예의 규모화·집단화·첨단화 실현

- 유럽형 온실로 불리는 '벤로형(Venlo) 온실'은 추가 증축이 용이하고 구조상 모든 농작업의 기계화가 가능. 네덜란드는 유리온실의 개발을 통해 시설 내부 설비분야, 통합관리 시스템, 관수 및 비료 공급 설비 등 해당 산업을 선도

[벤로형(Venlo) 유리온실]

※ 출처: Agriexpo 홈페이지

o 농업생산 및 유통·소비부문의 강점강화를 위한 빅데이터 분석 기반의 농업 시스템 구축

8) '19년 푸드밸리의 매출은 약 66조원, 네덜란드 GDP의 10%에 달함

연구(2018.01)

▢ (독일) ‘농업 4.0(Landwirtschaft 4.0)’을 목표로 농업의 디지털화를 추진하고, 최근 정밀 농업(Precision Agriculture)*을 광범위하게 도입

- GPS 데이터 사용 기술이 우수한 독일에서는 컴퓨터 프로그램과 연결된 농기계 등을 사용하여 작업 효율화 및 에너지 절감을 도모

o 한편, 독일 프라운호프 IESE 연구소를 중심으로 ‘디지털마을 프로젝트’ 추진

- 스마트 노지농업을 위한 기본 인프라인 농촌 지역 데이터 광대역 및 네트워크 범위가 독일의 경우 OECD 32개국 중 28위 수준으로 부족하여 스마트팜 보급에 장애

- IESE 연구소는 도농 간 격차 극복 및 농촌 내 디지털 인프라 확충을 목적으로 ‘Digitale Dörfer(Digital Village) 플랫폼’을 개발하여, 3개 지자체와 협력하여 시범 운영

- 디지털 플랫폼을 도입한 지자체가 ’15년 3개에서 ’19년 24개로 증가하였으며, 현재 저렴한 비용의 플랫폼이 상용화 단계에 돌입

o 각종 산업에 디지털 서비스를 접목한 신비지니스 모델 창출을 통해 4차 산업혁명 대응(2018)

- 디지털 기술(혁명)에 기반 한 농업과학기술 연구·혁신 활동 증가는 4차 산업혁명의 여파가 농업성장전략에 반영하고 있다는 증거

- 유럽집행위원회(’16)는 지속가능한 농업·농촌을 위한 우선순위 의제를 설정하고, 디지털 기술 및 인프라, 다분야·다국적 연구 협력을 강조

□ ㈜카탈로닉스 관련기술 현황 및 전망

(1) 스마트농업의 주요 기술 동향

▢ 농업은 현재 첨단기술과 접목되어 지능화, 자동화, 간편화가 진행되고 있으며 데이터가 풍부한 산업으로 변화되고 있음

o 스마트농업 기술은 체계적인 데이터 관리를 통해 불확실성이 감소되고 생산성과 수익성을 향상시킬 뿐 아니라 물과 비료 및 에너지와 같은 자원의 소비를 최소화할 수 있음. 또한 정밀 데이터를 통해 기술적 난제들도 해결할 수 있을 것으로 기대됨

[스마트농업의 주요기술]

기술	정의	용도
사물인터넷	사물에 다양한 센서 디바이스를 활용, 실시간으로 데이터 수집, 공유하며인터넷으로 주고받는 기술	로봇, 드론, 센서 등 활용 토양, 작물, 환경 등 정보 수집
빅데이터	디지털 환경에서 생성된 방대한 데이터, 데이터를 구성하고 있는 물리적 하드웨어와 이를 기반으로 하는 앱과 소프트웨어를 포괄하는 플랫폼	IoT기반 수집된 데이터 분석, 예측으로 최적 재배환경 컨설팅
클라우드	데이터를 중앙컴퓨터에 저장하여 인터넷 접속으로 언제 어디서든 데이터를 이용할 수 있는 것	데이터 보관과 농장 관리에 필요한 정보처리 및 커뮤니케이션 제공
인공지능	인간의 지능적 행동(사고, 학습, 자기계발 등)을 모방할 수 있는 컴퓨터공학 및 정보기술	축적된 빅데이터 분석 후 필요한 정보 제공
농업용로봇	스스로 외부 환경을 인식하고 상황을 판단하여 자율적인 동작을 통해 지능화된 또는 서비스를 제공하는 기계	노지농업용, 시설농업용, 축산용 구분 -자율주행 트랙터, 콤바인, 방제용 드론 - 파종, 제초, 수확용 로봇 - 로봇 착유기, 생육관리 로봇
농업용드론	무선전파로 조정하는 무인항공기 (Unmanned Aerial Vehicle)	항공 촬영으로 매핑, 파종, 살포, 작물의 생육상태, 병해충 검출 등 사용
5G	5세대 이동통신 기술 - 4G 대비 전송속도 20배 빠름 - 처리 용량은 100배 많음	가상현실, 자율주행, 사물인터넷 기술구현 5G 바탕 새로운 서비스 시장 출현 전망

출처: USDA, TechRepublic

- 음영표시는 당사 개발 관련 기술

□ 시설원예 환경관리 표준 기존 하드웨어 기반의 환경관리 제어 시스템 기술과 더불어 소프트웨어 기반의 작물별 제어시스템 기술 개발이 발전하고 있으며 IoT기술과 클라우드 기술과 접목하여 기존 생산 소비예측 물류 유통구조 개선 목적뿐만 아니라 경작도구와의 데이터를 접목시키는 방향으로 발전되는 추세

□ 스마트팜 실외 과수 밭작물 등 로봇 운용 표준 자율주행 무인 트랙터를 개발 완료하였으며 텔레매틱스를 이용한 스마트 시스템과 결합하여 영농관리 시스템과 경영 개선 서비스를 개발 중

(2) 해외기술동향

□ The Climate Corporation(미국)

- 미국 250만 개 지역의 주요 기후 정보 데이터, 과거 60년간 수확량 데이터, 1,500억 곳의 토양데이터를 확보 중이며, 이를 토대로 개발한 지능형 소프트웨어 플랫폼을 농업인들에게 서비스하고 있음

▢ Trimble (미국)

- 농부들이 농장 운영의 모든 측면을 연결할 수 있도록 하는 Farmer Core라는 새로운 보급형Trimble Ag 소프트웨어 구독을 출시

▢ Topcon Agriculture (미국)

- 농부를 위한 연결, 클라우드 서비스 및 데이터 분석을 통합하는 클라우드 기반 농장 워크플로 개선 도구인 Topcon Agriculture Platform을 출시

▢ Rain Bird Corporation(미국)

- Rain Bird는 호주 전역의 Rain Bird Gold Irrigation 제품의 주요 유통업체로서 Living Turf (호주)와 파트너 관계를 맺었으며, 이 파트너십을 통해 Rain Bird는 호주에서 확장할 수 있음
- 고급 물 관리 도구, 진단 및 여러 가지 새로운 산업 기능을 갖춘 2선식 관개 시스템용 ESP-LXIVM 시리즈의 사용하기 쉬운 컨트롤러를 출시

▢ Toro Company(미국)

- Ventrac Products의 제조업체인 Venture Products(미국)를 인수하여 조경, 잔디, 눈 및 얼음 유지 관리 카테고리의 고객을 수용할 수 있는 확장된 제품 라인으로 전문 시장에서 성장함
- Tractor Supply Company(미국)와 장기적인 전략적 파트너십을 발표하였으며, 이 파트너십은 The Toro Company의 기존 채널 전략과 발자국을 보완함

▢ Hunter Industries(미국)

- 재배자가 스마트폰을 사용하여 원격으로 관개를 관리할 수 있도록 2개의 Bluetooth 지원 배터리 작동 컨트롤러를 출시함
- Hunter Industries는 Bluetooth 지원 탭 타이머인 BTT를 Hunter 제품군에 도입했으며, BTT는 식물, 꽃, 묘목장, 온실 및 작은 잔디밭에 앱으로 제어되는 가벼운 관개를 제공함

▢ Cropx (이스라엘)

- 토양의 상태를 측정하고 그 데이터를 클라우드로 저장함으로써 유무선 단말이 언제 어디서나 저장된 데이터에 접속할 수 있는 하드웨어와 소프트웨어 솔루션 제공

▢ HortiMax (네덜란드)

- 다양한 센서와 기상 정보를 이용하여 시설의 환경을 예측하고 시설내의 온도 편차를 최적화하는 솔루션을 제공 중 또한 인공과일 센서, 적외선 온도센서, 이산화탄소 센서 등을 이용하여 보다 정확한 작물주변 환경 정보를 수집할 수 있는 기술과 사용자 설정이 가능한 소프트웨어 기반의 제어시스템을 통해 다양한 제어 옵션을 지정할 수 있는 기술을 개발

▢ PRIVA (네덜란드)

- 온실환경제어 기술을 활용하여 각종 센서와 모니터링 장치가 유기적으로 작동하는 시스템을 개발하고 이를 활용하여 원예시설 내부 다수의 블록을 동일조건으로 제어 가능한 기술 확보

▢ 미도리 (일본)

- 입문형과 프로형으로 상용 서비스 진행 중에 있으며 입문 버전의 경우 초기비용이 89,000엔, 월 클라우드 사용 비용은 2,260엔 수준으로 카메라 온습도 일사량 센서 등 최소한의 센서를 지원, 프로 버전은 노지 재배와 대규모 생산 시설에서 사용이 가능한 형태로 초기 비용이 128,000엔, 월 클라우드 사용 비용은 2,260엔 수준이며 최대 6종류 16개까지 온습도 센서, 일사량, CO2, 토양복합 센서(수분/지온/EC) 등의 지원이 가능한 형태이나 센서를 활용한 생산량, 병해 예측 등 핵심 알고리즘의 지원은 미비

▢ OPTiM (일본)

- AI, IoT, 빅데이터를 활용한 농업 지원을 목표로 진행 작업 부담의 경감 및 생산성 향상을 위해 OPTiM 정보 관리, Cloud IoT OS에 의한 시각화 수확시기 및 수확량 예측, 농사기록지원, 원격 지원 등 노동력 최소화를 위한 서비스 제공이 주목적. 블록체인 시스템을 통한 고품질 안심 등을 위한 기술도 개발 중

▢ Agri Field Manager (일본)

- 드론이나 스마트 폰으로 촬영 한 농장이나 농작물의 영상 및 이미지 인공지능을 이용하여 분석하고 효과적으로 작물의 생육 관리하는 플랫폼으로 다양한 분야의 센서 정보를 융합하여 고급 생육 분석을 제공하는 서비스를 제공하고 있으며 세계 최초로 무인 항공기 이미지에 의한 딥 러닝 기술을 이용한 병해충 탐지기술을 개발. Agri Assistant는 자동 음성 입력에 의해 쉽게 농사 기록을 학습하여 GAP 취득에 필요한 농사 정보의 공유 가능

(3) 국내기술동향

▢ IoT 장치로부터 수집한 데이터와 AI를 접목하여 최적 생육환경 조성 및 생산 소비를 실시간으로 연결하는 IoT 기반 스마트팜 환경관리기술 개발 진행

o (농촌진흥청) 한국형 스마트팜 모델을 정의하고 국내 업체들과의 상호연동을 위한 테스트베드를 통해 지속적인 연구를 수행하고 있으며 한국형 스마트팜 세대 모델의 기술 개발을 완료하고 2019년 현장 적용을 추진

o (농림축산식품부) 스마트팜 ICT기자재 국가표준의 확산을 통하여 국내 스마트팜 ICT기자재간 상호호환성을 꾀하고 이를 통해 국산제품의 품질 향상과 유지보수의 편리성을 도모하기 위하여 스마트팜 국가표준 확산사업을 2020년부터 추진

o (스마트팜 융합연구단) 비닐하우스 내부의 환경관리를 위한 저가형 통합제어기와 생육센서 기술 연구(2016~2018)

o (나래트랜드) IoT와 AI를 활용한 원격제어 관제 기술을 개발하고 이를 클라우드에 탑재하여 클라우드 기반 환경모니터링 및 제어시스템을 구축하여 상용화

o (유비엔) 시설원예 환경 감시와 제어를 위하여 400MHz대역의 RF와 PoE기술을 활용함. 또한 SaaS 기반의 스마트팜 서비스를 제공하기 위하여 분산처리형 클라우드 스마트팜 인 팜링크 개발 및 상용화

o (엘시스) 클라우드 서비스에 적용하기 위하여, oneM2M기반의 IoT 노드 및 허브 스마

트팜 제어 등 통신 인터페이스와 물리적 가상화 중심의 기술 개발 및 상용화

o (기타) 스마트팜에서 사용되는 대부분의 센서와 제어기간 통신은 비표준화된 방식을 따르고 있지만 온실 내 일부 센서의 교체 작물품종의 견경에 따른 센서의 추가 설치시 전체 시스템을 교체하지 않을 수 있는 규격화된 통신 시스템 개발될 것으로 전망되며 아울러 효과적인 생산/소비 예측 물류 및 유통 구조를 개선하기 위해 생산과 소비를 실시간으로 연결할 수 있는 통신 환경에 관한 기술 개발이 지속될 것으로 전망

□ 스마트팜 복합환경 제어 기술 (온습도, 에너지 등)

o 스마트팜 환경제어 장치 및 시스템에 대한 다양한 연구가 진행되고 있으나 실질적인 산업기반 확대를 위해 개방형 환경제어시스템 표준화 필요

o 스마트팜 환경제어를 위한 스마트 개폐기 등 기존 ICT 장비를 지능제어 가능한 형태로 개선 추진 중

o 스마트팜 내에서 배출되는 양액의 정화기술이 부재한 상태이나 앙약의 재이용 기술은 현재 개발단계이며 일사 비례 양액제어 수준

o 복합환경제어기, 양액기, 배지 수분 측정기 등에 대한 시스템 간 계측 및 제어 정보 공유 및 이동이 원활하지 않아 현장에서 센서의 중복 설치가 빈번하며, 복잡한 환경으로 인한 수동 조작이 주로 이루어지고 있음

□ 국내에서는 복합환경제어기를 활용한 생장분야 시범적용을 통한 기술 검증 추진

o 적용 가능한 기술 및 재배자, 소비자 등 다양한 사용자 특성을 고려한 서비스 및 서비스기술은 제공되지 못하고, 소규모의 특정 농장 중심의 적용에 그치고 있음

o 표준을 적용한 스마트센서 활용

[스마트 센서 기술발전 방향]

농업용 스마트센서 현황	농업용 스마트센서 발전 방향
• 환경모니터링용 센서 - 외부기상환경 - 내부기상환경 - 근권부 환경 - 양액공급 상태(EC/pH)	• 환경모니터링용 센서 - 외부기상환경 - 내부기상환경 - 근권부 환경 - 양액공급 상태(EC/pH) • 작물생육 상태 모니터링용 센서 - 생체 이미지(열매의 상태, 잎의 상태 등) - 엽온, 줄기 굵기

o 단순센서에서 복합형 스마트 센서로 기술발전 진행 중

[스마트농업의 주요기술]

온·습도 CO2 센서 외형(예)	온·습도 CO2 스마트 센서PCB (예)

☐ 경쟁기술 분석

▢ 일본에서는 농업분야에서의 클라우드·빅데이터 관련 서비스 도입, 농업에 관련된 비즈니스 솔루션이 등장

o 이와 같은 ICT 관련 기술 도입으로 농산물 생산 현장에서의 프로세스에 대한 분석 및 개선, 데이터의 디지털화·전자적 관리를 통한 농업 분야의 생산 및 기술의 효율화가 향상

▢ 일본 NARO의 와그리(WAGRI) 시스템 개발

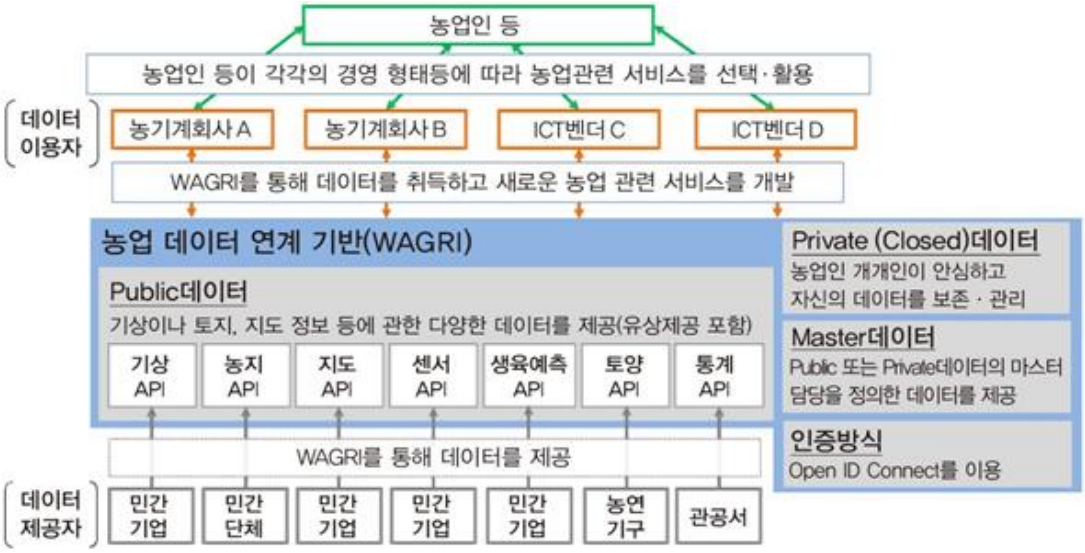
o NARO는 농업데이터 플랫폼인 와그리(WAGRI) 시스템을 개발하여 2019년 4월부터 본격적인 운영에 들어감. 와그리는 농지, 비료, 농약, 농지, 기상, 토양, 품종 등을 포괄하는 데이터베이스인 동시에, NARO의 연구자들이 개발한 토양지도, 작물 생육모델 등을 제공하는 통합 플랫폼임

– 와그리는 범부처 전략혁신 프로그램으로 개발되었지만 데이터의 개방을 전제로 MS(마이크로소프트사)의 클라우드를 사용하여 초기부터 민간기업에서 데이터를 이용한 비즈니스가 가능하도록 설계함

– NARO는 와그리를 통해 개발된 프로그램(알고리즘)을 기업에 라이센스하고. 민간기업은 와그리에 축적된 데이터를 바탕으로 비지니스 모델을 개발함. 이를 위해서 NARO는 60여 종의 표준 접속 프로그램(API)을 개발하여 민간 기업이 와그리에 접근할 수 있도록 제공하고 있음

– 데이터 사용자는 매월 $465(USD)를, 데이터를 제공하는 경우에는 $280의 시스템사용료를 납부하지만, 데이터 제공자와 사용자 사이의 별도 계약을 통해 별도의 데이터와 비용을 주고받을 수 있음

[와그리(WAGRI) 구조]



자료: GS&J, 노지 스마트농업, 어떻게 추진해야하나

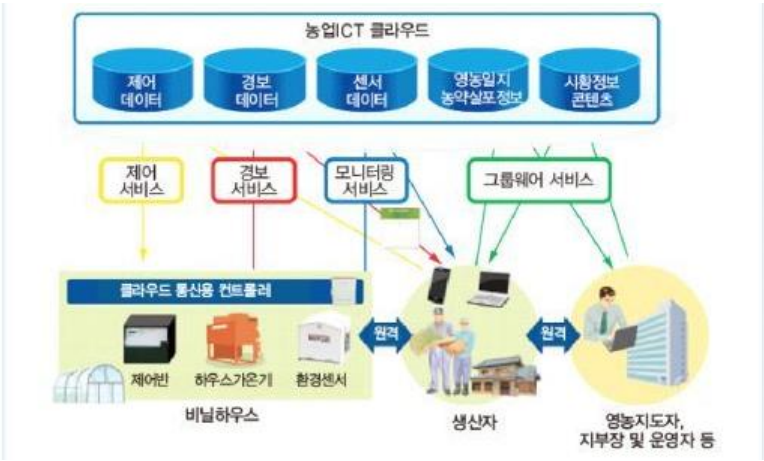
☐ 일본 NEC의 Connexive

o 일본 NEC(일본전기주식회사)는 자체 개발한 M2M 플랫폼인 '커넥시브(Connexive)'와 연계된 '농업 ICT 클라우드 서비스'를 제공한 바 있음. 이 서비스는 M2M 기술기반의 시설 원예용 모니터링 서비스로, 다양한 센서와 단말기 등의 네트워크화가 핵심

o 센서를 통해 수집·축적된 현장 환경 데이터를 활용하여 수확량 및 수확시기를 예측해 정확도를 향상시킴. 또한 토질과 작물에 대한 생산화 판단 및 원격 상황도 파악 가능

o 실시간으로 클라우드에 수집, 축적된 정보는 PC나 스마트폰 등을 통해 전송되어 원격으로 비닐하우스 상태 확인이 가능. 기기 이상, 고온/저온 등 비닐하우스 내 이상 정보 감지 시에는 이메일로 전송

[NEC 농업 ICT 클라우드 개념도]



자료: 2015.12."Introduction of ICT Convergenced Smart Farm Tech of Korea", 농촌진흥청

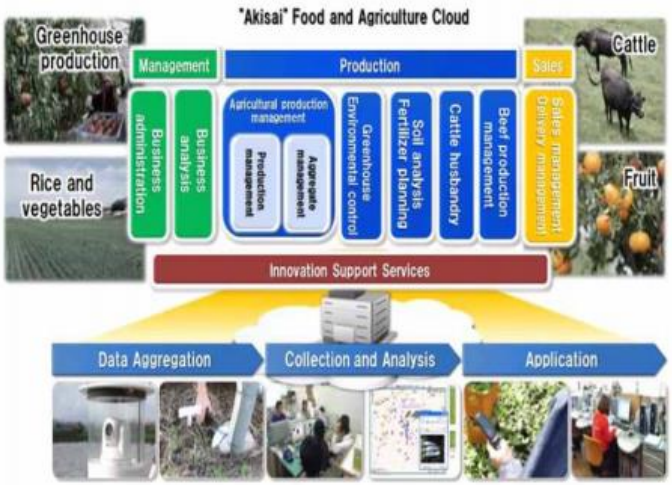
☐ 일본 후지쯔의 Akisai Service

o 후지쯔는 2008년부터 일본 각지의 생산법인의 협력을 얻어 실증시험을 실시함. 전국 10개 농업법인에서 얻은 지식을 바탕으로 클라우드 서비스 '食·農 클라우드 Akisai(秋

彩)'를 개발, 2012년 10월부터 제공. 생산과 직접 관련된 '농업생산관리·생산매니지먼트', '시설원예환경제어'와 '농업 생산관리· 집약매니지먼트' 등의 서비스로 구성

o 생산부문에서는 매일의 작업 기록과 밭에 설치한 센서가 계측한 기온, 일조량 등의 기상정보, 스마트폰으로 촬영한 화상정보 등을 클라우드로 수립. 밭의 센서에서 수집한 정보에 기상정보·지도데이터 등의 외부정보를 포함하여 제공, 생산현장 정보의 가시화 추진

[食·農 클라우드 Akisai 상품체계]



자료: FUJITSU

☐ DuPont pioneer(미국)

o 1802년 화약제조업체로 시작한 듀폰(Dupon)은 전 지구적 기후 변화에 주목, 종자회사인 파이오니어를 인수(1999년)하여 식량산업 개발을 본격적으로 추진

o 수확량 증대 및 품질 개선을 위해 웹기반 경작기 관리 툴인 'Pioneer Field 360 Select' 소프트웨어(SW)를 개발하여 수십 년간의 토양 및 기상, 강우량 정보를 바탕으로 경작지별 데이터를 실시간 농경·기상정보와 결합하여 관리, 지원하고 경작지 상태와 성장 단계를 모니터링 및 예측할 수 있는 다양한 디지털 툴과 인터렉티브한 필드맵 제공

o Pioneer Field 360 Note 앱(App)과 함께 사용 시, GPS 태그 메모 및 사진기능을 활용하여 재배상태에 대한 관제 가능하며, 재배자에게 듀폰 파이오니어 농경가 및 파이오니어 영업 전문가와 실시간으로 정보 공유할 수 있는 옵션 제공

[Pioneer Field 360 Select' 소프트웨어(SW)]

자료: DuPont pioneer

□ IBM (미국)

o AI 플랫폼 Watson의 농업솔루션 서비스 'Watson Decision Platform'을 출시

- 이 솔루션은 IoT, 기상 데이터 등을 이용해 토양상태(영양, 수분 등), 작물의 생육환경, 외부 기온, 병해충 감염 여부를 파악함. 이렇게 수집된 데이터를 머신러닝(Machine Learning)으로 분석해 농장들에게 최적의 농법을 제시하고 다양한 정보를 제공할 계획임

□ Sencrop (프랑스)

o 프랑스 릴에 기반을 둔 스타트업으로 기온, 습도, 강우량, 풍속 등 농업용 날씨 데이터 포인트를 측정하고 서비스를 제공하는 농업용 날씨 플랫폼 제공

- 강우량, 풍속 등을 측정하는 기상관측 스테이션은 장거리 네트워크를 통해 농부의 스마트폰, 태블릿 PC, 노트북 등으로 서비스 제공

- 또한 의사결정 시스템인 Mileo®을 통해 일기 예보, 작물 품종, 파종 및 발아시기, 생장상태 및 질병예측 등을 고려한 의사결정 지원 서비스 제공

- 세계적인 권위의 SIMA Innovation Awards 2017에서 특별상을 수상하였으며, 1.4백만 유로 투자자금 모금

[SPENSA Z-TRAP 및 Sencrop connected rain, wind gauge]

자료: AGPRO 및 http://www.uiennieuws.nl/

□ Omica (이탈리아)

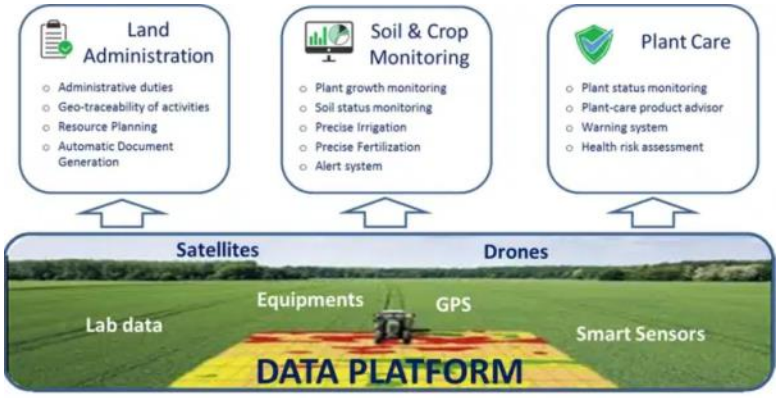
o Omica는 리베리움(Libelium)과 공동으로 IoT 기반의 무선 센서 네트워크를 구축하여 농부들에게 농업 정보 솔루션을 제공하고, 작물 생장 기간 동안의 물과 양분을 조절해 작물 수확량을 개선하는 역할을 담당하고 있음

- "Waspmote Plug & Sense"를 사용하였으며, 센서 플랫폼에 온도, 습도, 기압, 토양수분, 토양 온도 등 다양한 매트릭을 추적할 수 있음

[Omicafarm 및 Libelium]

자료: OmicaFarm 및 Libelium

[Pioneer Field 360 Select' 소프트웨어(SW)]



자료: OmicaFarm

☐ 유넷컨버전스 (한국)

o 골프장 잔디 관리 IoT 시스템

- 이 시스템은 토양센서 및 ORP 센서를 활용한 토양 및 수질 관리 시스템으로, 잔디 및 나무 등에 대한 생육 향상, 용수 절감 및 비료 절감으로 운영 효율 향상할 수 있음

[골프장 잔디 관리 IoT 시스템]

자료: 유넷컨버전스

나. 스마트 관개 기술 동향

o Groguru, Hortau, PowWow 등이 스마트 관개 관리의 주요 업체임. Groguru와 Hortau는 하드웨어와 소프트웨어 통합하여 정밀관개 시스템을 제공함

[스마트 관개 관리 주요 업체]

업체	소개	특징
groguru	• 하드웨어-소프트웨어 통합 정밀 관개 시스템 제공업체 • 토양센서-토양 수분, 토양 염분, 토양 온도 측정 • 장거리 무선기수로 데이터 수집 및 분석 • 스마트폰 또는 노트북으로 실시간 데이터 접속 용이	• 투자비용 2% 절약 • 수확량 10% 증가 • 5,000에이커+35개 이상 작물관리
HORTAU	• 2002년 설립 농업용 스마트 관개 관리 시스템 업체 • 토양장력 센서 기반 솔루션 개발	• 물과 에너지, 비료 사용 감소 • 정밀 관개 솔루션으로 27%
POWWOW	• 농업용 소프트웨어 플랫폼 개발 회사 • 소프트웨어 제품군 통해 농장 운영의 최적화된 의사결정 지원	• 물, 에너지 비용절감, 수익 개선 • 에이커당 평균 200달러 수익 증가 • 미터당 최대 2만 5,000달러 에너지

※ 출처: 농림축산식품부(2019). 미국 스마트농업 및 IT 시스템을 활용한 농작물 재배현황 및 관리

☐ PowWow(미국)

o 농업용 소프트웨어 개발 회사로 펌프모니터(PumpMonitor), 랜치모니터(RanchMonitor), 크랍모니터(CropMonitor) 등의 제품을 통해 농장주가 최적의 의사결정을 내릴 수 있도록 지원함. 이들 소프트웨어들은 모니터링과 데이터 분석 기능을 통해 체계적인 물 관리와 에너지 비용 절감, 수익 개선에 효과가 있고 자료 간의 상호 연동이 가능함. 기존 스마트미터기를 사용하기 때문에 별도로 하드웨어를 설치할 필요가 없음. 펌프모니터와 랜치모니터의 연간 사용료는 미터기당 각각 500달러와 1,000달러, 크랍모니터는 에이

커 당 12~24달러임

- 펌프모니터는 물 관리 비용을 50~80%까지 절감할 수 있음. 특허 받은 알고리즘을 사용하며 농장의 전기식 스마트 미터기를 유량계로 전환하여 사용함으로써 기존의 원격측정소와도 연동하여 100%의 용수 측정 범위를 제공함. 또 펌프 내에 기포가 생기는 캐비테이션(Cavitation)과 같은 펌프 문제를 탐지하는 데 효과적임
- 랜치모니터는 태양광 발전기, 건물, 펌프 등 농장 운영과 관련된 물과 에너지 비용 관리에 대한 의사결정을 도와주는 역할임. 미터기당 최대 2만 5,000달러까지 에너지 비용이 절약되어 태양광 ROI(투자자본수익률)를 최적화할 수 있음. 랜치모니터에는 펌프모니터 기능이 포함되고 연간 요금 분석, 주요 지표 등에 대한 주간 보고서를 제공하여 에너지 비용을 줄여줌
- 크랍모니터는 매달 항공 이미지를 제공하고 농장의 기존 센서를 통합하여 매주 관개 일정을 최적화함. 물 사용을 효율적으로 개선할 수 있으며 생산성과 수익을 향상시키는 솔루션을 제공함

□ CropX (이스라엘)

o 이스라엘 스타트업으로 토양에 따라 필요한 물의 양을 농부에게 알려주는 스마트 센서 시스템 개발

- 토양 성분·구조·수분양 등을 파악한 뒤 데이터를 분석한 후, 스마트폰 앱을 통해 농부에게 전달하며 약 25%의 물을 절약 가능
- 센서는 최대 4년까지 사용이 가능하며 미국 미주리주, 콜로라도주, 캔자스주에 위치한 12개 농장에서 베타 테스트를 시행
- 2015년, Eric Schmidt 前구글 회장이 설립한 벤처펀드 Innovation Endeavors로부터 900만 달러 투자 유치

[CropX 스마트 센서 시스템](좌) 및 AquaSpy 솔루션(우)]

자료: http://agriapps.ie/sub/cropx/ , http://prairiesideirrigation.ca/aquaspy

□ AquaSpy (호주)

o 호주 애들레이드에 본사를 둔 기업으로 지질탐지 분야 원천기술을 활용하여 특수 센서가 장착된 장비로 스마트 관개 서비스 제공

- 1998년에 설립되었지만 2009년에 SaaS(Service as a Service)로 사업방식 변경

- 4인치(10.16cm) 마다 토양 수분에 대한 정보를 제공하며 관개에 소모되는 물 사용은 관리에 따라 20~70% 절감 가능

▢ Hortau (캐나다)

o 2002년에 캐나다에서 설립된 기업으로 토양 장력에 기반한 솔루션을 개발하여 15년 동안 2,150만 달러의 매출을 기록

- 2017 ThRIVE AgTech Top 50 Growth 선정, 2017 CognitionX Best AI Product in Agriculture award 수상, 2017 North American Smart Irrigation New Product Innovation Award 수상

▢ 자동관수시스템-V2W (나래트렌드)

- 일정 간격 반복되는 관수를 요일별, 날짜별, 원하는 시간, 원하는 양만큼 공급가능하며, 밸브별 차등공급, 순차공급 등 다양한 기능을 포함하고 있어 간편한 장비와 비용으로 고급 관비기의 모든 기능을 포함한 시스템

- 토양수분, 시간, 유량, 누적일사 등의 설정에 따라 자유롭게 공급, 스마트폰으로 공급도 가능하여 시간과 노동력을 절약할 수 있는 스마트한 기능으로 농가의 설치 및 운영비용 부담을 경감할 수 있으며 체계적인 물관리가 가능

- 토양 수분에 따라 정해진 시간에 정해진 양만큼 자동공급하며 센서, 시간, 유량 조건을 다중으로 설정 가능하며 일별, 요일별 관수설정도 가능

- 스마트폰으로 간편하게 설정하고 밸브별 공급 상황, 공급량 등 모니터링이 가능하며 수동으로 1회관수도 할 수 있음

- 수분센서, 수분장력 센서 등 원하는 센서를 연동하여 어떤 센서로도 관수공급이 가능

- 일일 관수는 총 6구간까지 설정 가능하며, 1구간 공급에 대해 밸브별 공급량(시간) 설정 및 반복주기 등 다양한 기능을 사용 가능

- 전자밸브는 최대 16개까지 기본 사용가능하며 밸브별 일관수량, 관수시간 등을 확인할 수 있으며, 데이터는 누적하여 저장, 조회 가능

- CCTV 카메라와 다양한 센서를 함께 설치하면 앱을 통해 스마트폰에서 실시간 모니터링 가능

[자동관수시스템-V2W 시스템 구성도]

자료: 나래트렌드 홈페이지

[자동관수시스템-V2W 시스템 구성도]

자료: 나래트렌드 홈페이지

[팜노트 데이터 서버]

자료: 나래트렌드 홈페이지

□ 스마트팜 차세대 관수 제어 시스템(KIST)

o 스마트 팜 차세대 관수 제어기술은 식물의 생장에 필요한 양분과 수분을 필요한 만큼 공급해 주는 기술

- 양분과 수분은 식물의 상태와 온도, 습도, 빛 등 외부환경에 따라서 필요한 양이 달라지는데, 스마트팜 차세대 관수 제어 시스템은 식물의 생리 측정 장치를 이용해 현 상태를 측정하고 이를 기반으로 양분과 수분을 공급해 줌

- 현재 대부분 농가에서는 일정한 시간이나 기상 상태에 따라서 관수를 해 실제 식물이 필요한 만큼의 양분과 수분이 공급되지 못하고 있음. 이 기술은 스마트팜의 환경정보와 식물생리 상태를 실시간으로 측정한 결과를 기반으로 식물에 필요한 양·수분을 편리하게 조절할 수 있음

- 특히 식물 생리를 파악할 수 있는 정보를 실시간 측정할 수 있고 관수 관련 장치를 인터넷이 연결된 컴퓨터나 스마트폰 등을 이용해 언제 어디서나 제어할 수 있음

□ 스마트팜 관수시스템(한전 KDN)

o 농지에 설치된 센서를 통해 토양 및 기상정보를 수집하고, 수집한 정보를 기반으로 물 공급량 예측 및 자동제어를 수행하는 시스템

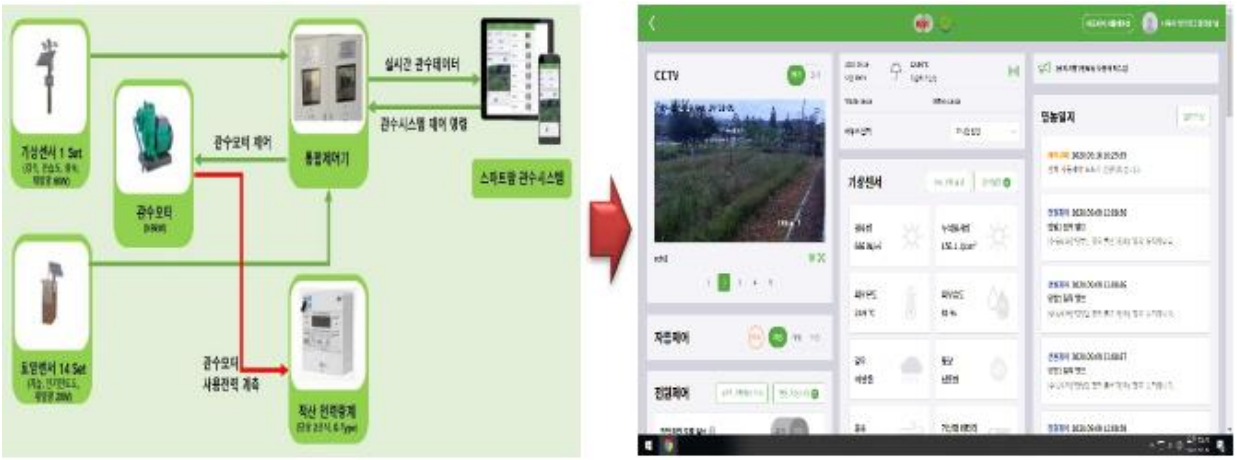
- 스마트팜 관수시스템으로 농지에 설치된 환경센서 (기상/토양센서 등)를 통해 환경·토양·관수 정보를 측정하고 관수자동공급

- 스마트팜 모바일 서비스를 통해, 원격 관수모터 자동 및 수동 제어 가능, 통합 제어기 센서 및 구동기 공통 동작가능하며, 기상정보 및 토양정보 수집 및 저장 가능함

- 농가보급형과 도시농업형 2가지 타입으로 환경정보를 수집하고, 수집된 정보 기반으로 물 공급량 예측 및 자동 공급하는 관수 시스템임

- 농지의 토양 및 기상 정보를 고려한 자동운전 기능을 제공하며, 사용자별 자동 및 수동 운전 설정이 가능함

[한전 KDN 스마트팜 관수시스템 구성도]



자료: 나래트렌드 홈페이지

☐ ㈜카탈로닉스 사업전략 SWOT

강점	약점
▪ 제조업, ICT 분야 산업이 선진화 되어 있음 ▪ 기존에 기술수준이 높고 신뢰도가 높은 세계적 기업을 ICT 각 분야에서 다수 보유함 ▪ 비정형데이터 취득 가능한 인터넷 환경 좋음 ▪ 시설농업 도입 선진국	▪ 농가의 혁신성이 떨어지고, 고령화 되어있으며 농업 규모화와 같은 구조조정이 거의 불가능함. 따라서 내수 수요가 한정적 ▪ 현재의 스마트팜 기자재 산업에는 대기업이 참여하지 않고 있으며, 영세한 중소기업 위주의 산업이 구축되어 있음 ▪ 국가단위에서 기술이 많이 발달되어 있지만 민간기업의 자본력과 혁신성의 부족, 내수수요 부족으로 기술이 이전되지 못하고 있음 ▪ 대기업의 투자와 기술개발참여를 유도하지 못함 ▪ 스마트팜 산업 육성을 위한 기본 인프라인 농업분야 빅데이터 구축이 이루어지고 있지 않음 ▪ 노지과수는 토질과 기상조건에 큰 영향을 받기 때문에 시설재배에 비해 스마트팜 기술 적용이 어려움
기회	**위협**
▪ 세계시장도 기존 농업시장에서 '네트워크-BASE 농업'으로 패러다임이 변화하면서 거의 새로운 시장이 생겨났으며, 아직 생태계가 구축되지 않은 상황 ▪ 특히 아시아지역의 스마트팜 수요가 가장 빠르게 (18~20% 대 성장률) 성장할 것으로 예상되는데, 수요의 대부분은 개발도상국 수요로 가격경쟁력이 있는 보급형 위주의 수요를 가짐 ▪ 우리나라에서도 노지스마트팜 실증사업을 시행하며, 노지스마트팜 시장의 활성화가 정책적으로 추진 중임	▪ 경쟁이 치열해져 가고 있으며, 세계적 기업들이 빠르게 투자를 하며 속도전 양상으로 생태계가 구축되고 있음 ▪ 주변국가에서도 대규모 투자와 기술개발이 이루어지고 있음 ▪ 특히 가격경쟁력이 있는 중국이 기술개발에서 추격중 ▪ 빅데이터 활용에 대한 이해도가 낮음 ▪ 타 산업, 외국 대비 활용사례와 활용수준 미흡

□ 기술사업화 전략 (보유기술 및 전략)

▢ 기술트렌드 부합성 및 확보기술의 우수성

경쟁사 개발 트렌드	확보기술 우수성
▪ 본 과제의 사업화 제품에 해당하는 작물 생육도/생육환경 모니터링 및 작업관리 시스템'은 그린랩스 및 경농 등 중소기업에서 주력으로 기술을 지속적 확보하고 있음 - 이 외 메이저 농기계 제작 업체 및 소프트웨어 공급 업체들도 데이터에 기반한 노지농업 생산성 및 효율성 향상을 위해 생육도, 환경조건을 측정하며, 자동 관수하는 제어 기술 개발에 집중하고 있음 ▪ 메이저 스마트팜 소프트웨어 제조업체들은 빅데이터를 구성하고 있는 하드웨어와 이를 기반으로 하는 앱과 소프트웨어를 포괄하는 플랫폼과 관련하여기술개발이 이루어지고 있으며, 이는 본 과제의 사업화 제품과 기술개발 방향이 부합됨	▪ 본 과제의 사업화 제품은 작물의 환경계측 및 관리, 빅데이터, 딥러닝 기반 알고리즘 개발을 통해 작물 재배 지원용 데이터 통합관리 시스템을 통해 관리 효율성을 향상시키고 있음 - 이 외 메이저 스마트팜 소스트웨어 개발 업체 일부도 빅데이터를 활용한 통합관리시스템 기술을 보유 하고 있으나 CCD카메라, NDVI 및 CCI(엽록소지수) 기반의 측정 기술. 무인스테이션 기반 관측/관수 시스템 및 온라인 서비스 일체화인 점에서 기술차이가 있으며, 이는 노지 환경의 정확한 측정 및 빅데이터 구축을 통한 통합관리가 가능한 점에서 차이가 있음 ▪ 본 과제의 통합관리시스템은 인공지능 조작을 통해 자동으로 관수 및 시비를 수행하며, 작물의 생육도, 환경변수 데이터베이스 구축을 할 수 있음 - 주요 작물에 대한 실시간 생육도, 기타 환경변수 데이터베이스 구축을 통해 작물 생육도 시나리오 작성에 활용 할 수 있음

⇓

▢ 확보기술의 활용성 및 보강 전략

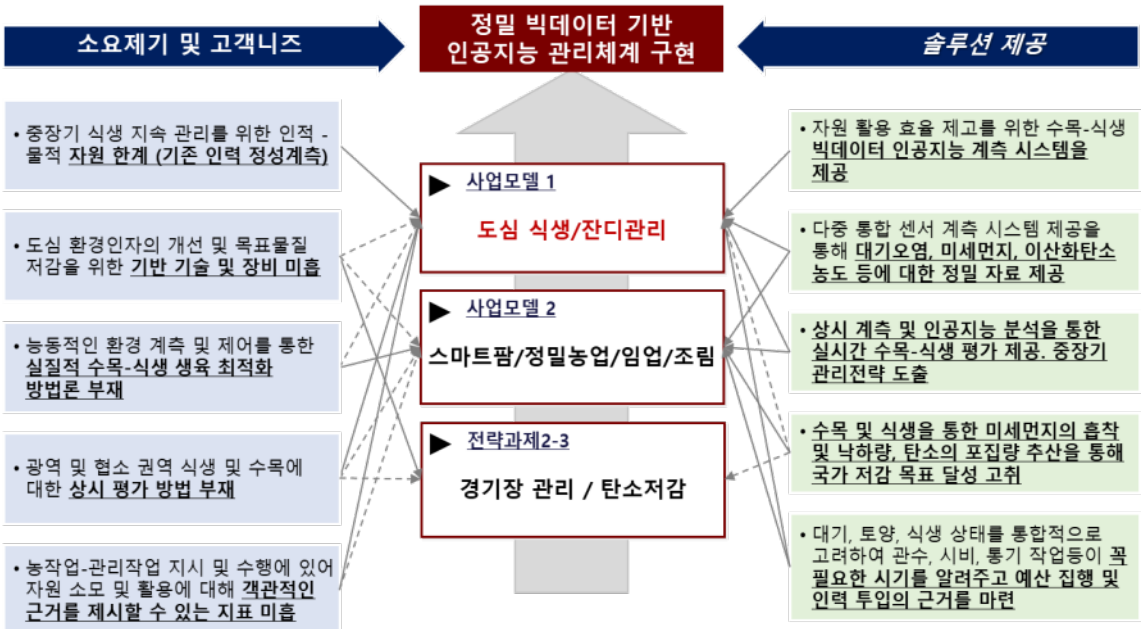
▪ 본 과제의 사업화 제품에 해당하는 스마트팜 통합관리시스템은 노지농업의 니즈에 맞춰 노지 환경에서의 기상 및 토양, 작물의 생육도의 정확한 측정에 기반 한 인공지능적인 관수·관비를 통해 작물의 생산성을 향상 시킬 수 있음
- 원격관제를 위한 웹 및 앱에 대한 구체적인 기술개발이 필요하며, 농민이 활용할 수 있도록 작물 생육 시나리오 데이터베이스 구축 등 각각의 요구에 대처할 수 있는 기술개발이 필요함

4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

[성과의 관련분야 기여 요약]

구분	관련 분야 기여
기술적 측면	- 정규식생지수(NDVI) 기반 엽록소지수(CCI) 산출 방법론 개발: 농업, 임업 등 다양한 분야에 적용할 수 있는 소규모 원격탐사 기법의 진일보 - 산출량/생육도 예측 기계학습 기술: 농업, 임업 등 다양한 분야에 적용할 수 있는 분석 기법 제공 - 소규모 가내 재배부터 최대 3천동 이상의 대규모 하우스 농가까지 적용 가능한확장성을 가진 모듈러 플랫폼 - 기존에 존재하지 않던 능동형 조명조절, 환경인자 조절 메커니즘 기반으로 국내 원천기술 확보
경제.산업적 측면	- 노지농업/스마트팜 등의 산출량 및 작물상태관리 등에 유용하게 활용될 수 있는 솔루션 제공 - 노지 및 산림 관리의 경우 전세계적인 그린뉴딜로 인해 다양한 수요처 및 관리소요 발생 - 스마트시티의 도심 내 소규모 녹지에 대한 수요 증가로 안한 수출경쟁력 - 농림부 분석 결과 적합한 스마트팜 재배 시 생산량 30 ~ 40% 증가, 고령화 농가에노동비 20%, 병충해 55% 감소 효과 입증
사회적 측면 (도시문제해결 등)	- 도심의 교통섬, 완충녹지, 미세먼지저감숲 등 넓은 곳에 산개되어 있는 다양한 녹지공간의 효율적인 관리 솔루션 제공 - 상기 지역을 관리키 위한 현재의 방법론은 인력투입에 의한 방식으로 비용적/효율적인 문제와 각종 매연 및 교통문제를 야기하나 당 솔루션으로 해결 - 농업/임업 분야의 노동력 부족을 첨단모니터링 기술로 메꿈으로써 해당 분야의 생산성 및 경쟁력 제고

[신규 비즈니스 모델 제공]



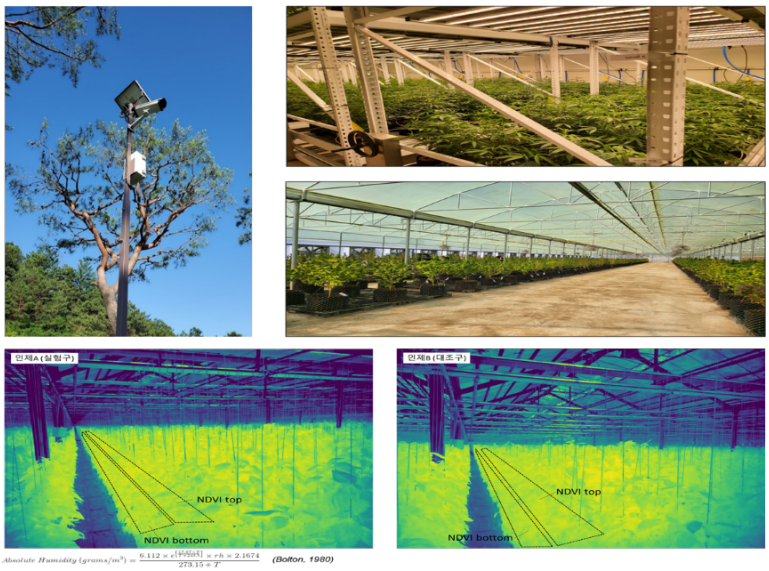
- 환경 인자 및 조건 변화에 따라 달라지는 식물의 광반응을 분광학적으로 정밀 추적하여 작물 생육 최적 조건을 도출
- 이를 인공지능적으로 제어, 생산량을 극대화하며, 다양한 물질의 광반응 민감도를 통해 기존에 알 수 없었던 형태의 공간정보를 획득

노지 및 실내 스마트팜
- 식생, 수목, 작물의 중장기 모니터링 및 생산량 및 관리효율 극대화를 위한 솔루션 제공

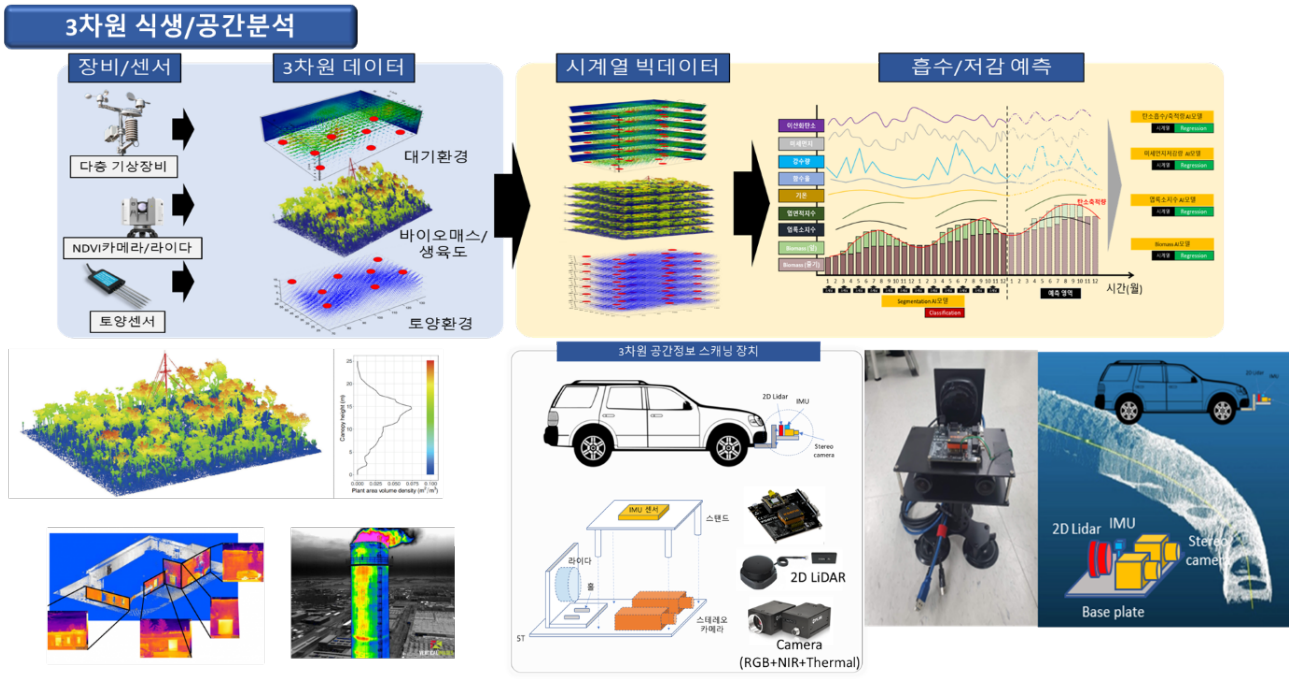
3차원 공간정보
- 머신비전 기반 기술의 고도화를 통해 라이다 및 스테레오비전 기반 3차원 쾌속 계측장비 제공

탄소 MRV
- 흡수 탄소 총량 추산 (MRV; Measurement-Reporting-Verification) 및 정보화 플랫폼

→ 다양한 시장을 타겟으로 확장 가능



<접근 가능 시장>



<확장적 활용 방안>

5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

< 연구개발성과 활용계획표(예시) >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)			연구개발 종료 후 5년 이내
국외논문	SCIE		5
	비SCIE		-
	계		5
국내논문	SCIE		5
	비SCIE		-
	계		5
특허출원	국내		10
	국외		5
	계		15
특허등록	국내		10
	국외		5
	계		15
인력양성	학사		15
	석사		10
	박사		5
	계		30
사업화	상품출시		3
	기술이전		1
	공정개발		1
제품개발	시제품개발		1
비임상시험 실시			-
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상	-
		2상	-
		3상	-
	의료기기		-
진료지침개발			-
신의료기술개발			-
성과홍보			20
포상 및 수상실적			5
정성적 성과 주요 내용			당 연구개발을 통해 개발한 제품 및 제품군의 신속한 사업화를 통하여 매출역량을 증진하고 향후 부가기능을 탑재한 제품을 시장에 선보일 수 있도록 연구개발인력을 더욱 확충할 예정에 있으며 학술적인 성과 또한 증진하여 5년 내 SCI급 논문의 10편 이상 달성을 위하여 노력할 예정에 있음

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1.	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
2.	1)
	2)

[뒷면지]

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농식품기술융복합 창의인재양성사업 산업기반연구지원과제 최종보고서이다.

2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 농식품기술융복합 창의인재양성사업의 결과임을 밝혀야 한다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.

[별첨 1]

자체평가의견서

1. 과제현황

<table>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">과제번호</td><td colspan="2">120002-2</td></tr>
<tr><td>사업구분</td><td colspan="5">농식품기술융복합 창의인재양성사업 - 산업기반연구지원</td></tr>
<tr><td>연구분야</td><td colspan="3">농업, IoT, 스마트팜</td><td rowspan="2">과제구분</td><td>단위</td></tr>
<tr><td>사 업 명</td><td colspan="3">농식품기술융복합 창의인재양성사업</td><td>주관</td></tr>
<tr><td>총괄과제</td><td colspan="3">기재하지 않음</td><td>총괄책임자</td><td>기재하지 않음</td></tr>
<tr><td>과 제 명</td><td colspan="3">광학 계측 기구를 활용한 스마트 농업 생산성 향상을 위한 실시간 작물 생육 분석 시스템 및 데이터베이스 개발</td><td>과제유형</td><td>(기초,응용,개발)</td></tr>
<tr><td>연구개발기관</td><td colspan="3">㈜카탈로닉스</td><td>연구책임자</td><td>석 민</td></tr>
<tr><td rowspan="4">연구기간
연구개발비
(천원)</td><td>연차</td><td>기간</td><td>정부</td><td>민간</td><td>계</td></tr>
<tr><td>1차년도</td><td>2020.01.29.
-
2021.01.28.</td><td>100,000</td><td>33,500</td><td>133,500</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td>2021.01.29.
-
2022.01.28.</td><td>100,000</td><td>33,500</td><td>133,500</td></tr>
<tr><td>계</td><td>총 24개월</td><td>200,000</td><td>67,000</td><td>267,000</td></tr>
<tr><td>참여기업</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>상 대 국</td><td colspan="2"></td><td>상대국연구개발기관</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2022. 01. 11.

3. 평가자(연구책임자)

소속	직위	성명
㈜카탈로닉스	대표이사	석 민

4. 평가자(연구책임자) 확인

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확 약	석 민 (인)

Ⅰ. 연구개발실적

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

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수

당 연구개발은 기존 실재하지 않았던 분광학 기반 상시 식생-작물 모니터링 기술을 세계최초로 상용화한 것으로 이를 통하여 향후 스마트팜 분야 및 해양, 하천 감시에 두루 활용할 수 있도록 부가개발이 가능하다는 점에서 실제 제품 완성이 시급한 실정이었으며, 농림식품기술기획평가원과의 협업을 통하여 이를 달성하고 또한 사업화에 성공하였다는 점에서 우수함이 파악됨.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수

본 연구성과물을 통하여 기술적으로는 국산 분광학 탐지기술을 개발완료하였으며, 경제 및 산업적 측면에 있어서는 스마트팜 혹은 노지재배, 임산업의 산출량 및 향후 생산량 등을 자유롭게 모니터링 및 예측할 수 있어 경제적으로 매우 적용 성과가 높으며 사회적으로는 노동인력을 절감할 수 있어 적용 시에 30% 이상의 자원 절감 및 생산성 향상 효과가 기대됨.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

본 개발의 핵심은 분광학 기반 기술을 지상으로부터의 원격탐사에 적용한 것으로 향후 녹조 탐지, 해양 오염도의 탐지, 하천의 오염 및 흐름 탐지 등에 광범위하게 적용될 수 있을 것으로 판단되어 현재 당사 내부적으로 부가 개발에 박차를 가하고 있음. 또한 자사 제품이 기 적용된 서울시설공단 산하 녹지대, 크리스탈밸리 골프장 등에서도 활발히 추가 연구가 진행되고 있어 향후 활용도는 지속적으로 향상될 것으로 판단됨.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

기존 제시된 연구 성과 이외에도 자체적인 추가 연구, 부가 개발을 통하여 골프장의 적용가능성을 스스로 발굴하였으며, 이후 서울월드컵경기장 적용성을 타진하는 등 당 연구개발의 가치를 증진하기 위하여 부단한 노력을 경주하였으며, 연구개발 기간 내 출원한 특허를 10건 이상 보유하는 등 당사의 과제 수행 노력은 누구보다 뛰어났음을 자부함.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수

해외 학술 발표 5건 및 국내 보도자료 15건 등 당사의 연구개발성과는 국내외에 널리 홍보되어 있는 상태에 있으며, 상기와 같이 특허 또한 목표를 크게 상회하는 달성도를 보여 이 또한 우수함이 파악됨. 이와 더불어2022년 국내 학회 약 2건 참여 예정에 있으며 주제는 당 연구개발 성과 중에 선택될 예정에 있음.

Ⅱ. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
생육도 관측 기계기구 개발	20	100	기존 방법론에서 발전하여 자체적인 개량과 재설계를 거쳐 새로운 형태의 계측기구를 개발 완료하였음
무인 모니터링 스테이션 개발	20	100	무인 모니터링 스테이션 및 부가 장비를 개발 완료하여 서울시설공단, 크리스탈밸리CC 등에 납품 완료하여 사업화 성과를 이루었음.
인재양성 및 교육	40	100	8인의 고용달성을 이루었으며 모두 연구개발 인원으로 구성, 업무에 즉시 투입하여 활용가능한 과학기술인을 양성완료하였음.
빅데이터 해석방법론 개발	20	100	자체 인공지능 기계학습 플랫폼을 개발완료하였으며 대시보드를 구축 완료하여 그 적용성이 우수함
합계	100점		

Ⅲ. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

당 연구개발을 통하여 목표한 성과를 모두 달성하였으며, 이를 통해 사업화에 성공한 점에 대해 농림식품기술기획평가원 관계자 및 평가위원 여러분께 감사의 말씀을 전하고 싶습니다. 당 과제는 기술 개발 이외에도 인력 양성에 초점이 맞추어진 바, 당사는 부단한 노력을 통하여 박사급, 석사급 이상의 인재를 과제 기간 중 대거 영입 및 재교육을 실시하였으며, 또한 주니어 레벨의 신규 인원들도 즉시 농업 및 빅데이터 업무에 투입가능할 정도로 성장시켰습니다. 앞으로도 회사의 성장을 위해 불철주야 매진하여 신규 고용을 더욱 증진하고 국가 경제에 기여하도록 하겠습니다.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

당 연구개발 과제를 통하여 개발 제품의 사업화에 성공하였으며, 이를 통해 서울시설공단 및 강원도, 춘천시 등의 지자체와의 공식적 협업 관계로 발돋움 했다는 점이 당사의 과제 성실도를 증빙하며, 또한 다수의 특허를 통해 기술력을 증빙하였음을 아울러 보아 주시기를 부탁드립니다.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

당사는 금년 SK임업, ㈜유골프, 송파구청 등과의 새로운 파트너십 체결을 통하여 개발한 생육도 모니터링 및 스마트팜 솔루션을 다양한 분야에 걸쳐 보급 예정에 있습니다. 이를 통하여 농업 분야 뿐만 아니라 임산 분야, 해양 분야, 레저 분야까지 포괄할 수 있는 다양한 모니터링 및 관리 장비를 보급하도록 하겠습니다. 향후 농림기술개발에 있어서도 새로운 기술을 통해 다시 도전할 수 있는 기회가 있다면 개발 역량 증진을 통해 노력하도록 하겠습니다.

Ⅳ. 보안성 검토

해당없음

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

- 당 사업에 의한 기술 진척 및 기술 선점이 이루어진 바, 별도의 보안성 검토가 필요하지는 않으나 관련 산업계 및 기업에의 노출은 가급적 지양하여야 할 것으로 판단됨 (대표이사 석 민)

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

- 기계기구의 실제 공정 및 데이터 처리 기법 등이 표면적으로 드러나지 않았으므로 별도의 보안성 검토는 필요하지 않은 것으로 사료됨 (연구소장 권동재)

[별첨 2]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	☑자유응모과제 □지정공모과제	분 야	스마트팜 및 스마트농업
연 구 과 제 명	광학 계측 기구를 활용한 스마트 농업 생산성 향상을 위한 실시간 작물 생육 분석 시스템 및 데이터베이스 개발		
주관연구개발기관	㈜카탈로닉스	주관연구책임자	석 민
연 구 개 발 비 (천원)	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	200,000	67,000		267,000
연구개발기간	2020. 01. 29 - 2022. 01. 28 (24개월)		
주요활용유형	☑산업체이전 ☑교육 및 지도 □정책자료 □기타( ) □미활용 (사유:)		

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 식생 계측 기계기구 개발	연구개발완료
② 식생 계측 무인 모니터링 스테이션 개발	연구개발 및 부가기능개발 완료
③ 해석 방법론 및 기계학습 플랫폼 개발	연구개발 및 사업화 완료

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과목표		사업화지표												연구기반지표								
		지식재산권				기술실시(이전)		사업화					기술인증	학술성과				교육지도	인력양성	정책활용·홍보		기타(타연구활용등)
														논문								
		특허출원	특허등록	품종등록	SMART	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		SCI	비SCI	논문평균IF	학술발표			정책활용	홍보전시	
단위		건	건	건	평균등급	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		건		명	건	건	
가중치		10	20			10	10	10			10						5		20		5	
최종목표		3	1	0	0	1	10	1	200	25	3	100	1	0	2	2.0	2	2	3	0	4	2
당해년도	목표	3	1	0	0	1	10	1	200	25	3	100	1	2	0	2.0	2	2	3	0	4	2
	실적	10	3	0	0	1	100	1	600	25	8	1000	1	2	0	2.5	1	2	8	0	15	2
달성률(%)		100	100	-	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100		100	100	100	100	100	100	100

[별첨 2]

4. 핵심기술

구분	핵 심 기 술 명
①	다분광 계측기반 무인 작물 및 식생 모니터링 기술
②	다중 센서망의 무선 연결을 통한 빅데이터 수집 기술
③	환경인자 빅데이터의 인공지능 기계학습 처리기술

5. 연구결과별 기술적 수준

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

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	스마트농업 분야, 축산 분야, 해양 및 환경 모니터링에 활용할 수 있으며 향후 녹조 감지 등의 분야로 확장이 가능하여 지속적인 사업화가 가능할 것으로 기대됨
②의 기술	센서 연동 기술의 국가표준준수를 통하여 대한민국 주도의 스마트팜 기술 개발에 도움이 될 것으로 기대되며 향후 다양한 모니터링 솔루션의 개발에 활용할 예정에 있음
③의 기술	빅데이터의 자동 수집 및 기계학습 수행 기반을 마련하여 다양한 공공데이터를 분석해 인사이트를 제공할 수 있으며 별도의 사업화를 통해 기술을 이전할 예정에 있음

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표												연구기반지표									
	지식재산권				기술실시(이전)		사업화					기술인증	학술성과				교육지도	인력양성	정책활용·홍보		기타(타연구활용등)
													논문								
	특허출원	특허등록	품종등록	SMART평균등급	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		SCI	비SCI	논문평균IF	학술발표			정책활용	홍보전시	
단위	건	건	건		건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		건		명	건	건	
가중치	10	20	-	-	10	10	10			10						10		20			
최종목표			-	-									5								
연구기간내 달성실적	10	3	-	-	1	100	1	600	25	8	1000	1	2	0	2.5	1	2	8	0	15	2
연구종료후 성과창출 계획			-	-									5								

[별첨 2]

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명[1]	다분광 계측 기반 식생 및 작물 모니터링 시스템		
이전형태	□무상 ☑유상	기술료 예정액	2,500,000 천원
이전방식[2]	□소유권이전 ☑전용실시권 □통상실시권 □협의결정 □기타( )		
이전소요기간	2개월	실용화예상시기[3]	2022년
기술이전시 선행조건[4]	기술료 지급 후 라이센스 계약에 의한 전용 실시 (개런티)		

1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리
   통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농식품기술융복창의인재양성 사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농식품기술융복합 창의인재양성 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.