

118014-03

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

첨단생산기술개발사업 2021년도 최종 보고서

발간등록번호

11-1543000-003535-01

ICT 접목 과일(과채류 포함) 비파괴 당도 측정기 성능 고도화 연구

2021.06.03.

주관연구기관 / (주)생명과기술
협동연구기관 / 서울대학교

ICT 접목 과일 비파괴 당도 측정기 성능 고도화 연구

2021

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

농림축산식품부
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “ICT 접목 과일(과채류 포함) 비파괴 당도 측정기 성능 고도화 연구”(개발
기간 : 2018.04.01. ~ 2020.12.31.) 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2021. 06. 03.

주관연구기관명 : 주식회사 생명과기술
협동연구기관명 : 서울대학교 산학협력단

(대표자) 김 채 주
(대표자) 최 해



주관연구책임자 : 주식회사 생명과기술 김채주
협동연구책임자 : 서울대학교 김기석

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

보고서 요약서

과제고유번호	118014-03	해당단계 연구기간	3년	단계구분	일반/개발
연구사업명	단위사업	농식품기술개발사업			
	사업명	첨단생산기술개발사업			
연구과제명	대과제명	(해당 없음)			
	세부과제명	ICT 접목 과일(과채류 포함) 비과과 당도 측정기 성능 고도화 연구			
연구책임자	김채주	해당단계 참여연구원 수	총: 20명 내부: 20명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부:200,000천원 민간:66,700천원 계:266,700천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 20명 내부: 20명 외부: 명	총 연구개발비	정부:550,000천원 민간:183,400천원 계:733,400천원
연구기관명 및 소속부서명	주식회사 생명과기술			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	
-------------------------	--

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

요약(연구개발성적을 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다) | 보고서 면수

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>이 연구는 과일 및 과채류의 수확 전/후 전주기적 품질관리와 생산/유통 단계 중 비파괴 당도 측정관리의 고도화를 위해 ICT 및 클라우드 기술을 접목한 사용이 편리하고 성능이 우수한 “ICT 접목 과일·과채류 비파괴 당도측정기 성능 고도화 기술”을 개발하는 것이다. 세부 연구개발목표는 아래와 같음</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 과일 및 과채류의 비파괴 당도 및 환경 데이터 특성 연구 ○ 휴대형 비파괴 당도측정기 개발 ○ 연속식 비파괴 당도측정기 개발 ○ 클라우드 기반 비파괴 당도측정기 운영프로그램 고도화기술 연구 ○ 현장 연계형 응용서비스 개발 ○ 비파괴 당도 측정시스템 (휴대형 및 연속식) 성능시험
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수확 전/후 및 생산/유통 단계 중 과일(과채류)의 전주기적 품질관리가 가능한 ICT와 클라우드 기반 비파괴 당도측정기 및 분석기술 개발 ○ 현장의 농민이 손쉽게 사용할 수 있는 휴대형 비파괴 당도측정기와 당도분석을 위한 통합 검량식 운영 프로그램 개발 ○ 특허 2건 출원(2,3차년도), 2건 등록(과제종료 후), 논문 4편 (SCI 1건, 국내논문 2건) ○ 기술이전 1건과 제품화 2건 ○ 비파괴 신호처리 및 빅데이터 분석기술 관련 전문인력 양성 효과 (연구원 12명) ○ 국내외 최초의 ICT와 클라우드 기반 플랫폼을 활용한 비파괴 당도측정/분석기술 개발 ○ 세계 최초 당도정보/생육환경정보를 이용한 인공지능망 기반 비파괴 당도분석기술 개발 ○ ICT접목 비파괴 당도측정기 성능고도화 기술을 개발함으로써 국내 원예작목의 품질관리를 통한 품질상향 평준화를 꾀할 수 있으며 이는 원예산업의 국가경쟁력 제고에 기여함 ○ 해외 의존적인 광신호 처리기술, 빅데이터 분석기술, 클라우드 기반 플랫폼 구축기술, 통신기술, 소프트웨어 및 데이터베이스 운영시스템의 국산화에 기여함 ○ 첨단 정밀농업 및 인공지능망 기반 과일(과채류) 품질분석기술 개발을 통한 원예농가의 원예산물 품질관리기술 발전에 기여

<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 원예산물의 비파괴 당도 판정센서로 활용 <ul style="list-style-type: none"> ● 선별기용 센서 및 현장에서 사용가능한 휴대형 당도 판정 센서로 활용 ○ 과수의 적정 수확시기 판정용 당도 판정센서로 활용 ○ 클라우드 플랫폼 구축방안 <ul style="list-style-type: none"> ● 농가별 품질정보 공유, 빅데이터 기반 인공지능망기법을 활용한 품질분석/예측 서비스 ○ 개발기술을 활용한 타 산업분야 관련 사업화 방안 <ul style="list-style-type: none"> ● 빅데이터 분석기술, 데이터 통신, 소프트웨어 및 데이터베이스와 관련된 기술들은 농업, 환경, 산림, 에너지 등의 전방위 산업분야에 광범위하게 적용될 수 있음 ○ 미래원천기술 확보방안 <ul style="list-style-type: none"> ● 빅데이터를 이용한 인공지능망 고속학습기술은 최근 들어 크게 주목받고 있는 미래원천기술 중 하나로서 미래첨단농업뿐만 아니라 다양한 분야에 활용될 수 있음 ○ 신산업 창출방안 <ul style="list-style-type: none"> ● 지능형 농업로봇, 자율주행 수확기 등과 같은 농산업의 다양한 분야에 적용될 수 있고 스마트팜, 작물의 표현형분석, 생육진단 등의 신산업분야에도 밀접한 관계를 가짐 ○ 최근 들어 인류의 삶의 질 문제와 연관되어 많은 관심이 집중되고 있는 환경문제를 해결하기 위한 주요 핵심기술로서 수질 및 해양자원 (먹는 물, 수자원 분석 등), 수질환경 (기름유출, 녹조현상 탐지 등), 산림환경 (수분함량지수, 엽록소 함량분석 및 산림종합건강분석) 산업에 활용될 수 있음 ○ 과일(과채류) 고품질 및 생산성의 상향평준화에 따른 원예농가의 소득증대 ○ 원예산물의 상품 및 품질고급화로 인한 유통/포장기술의 가격경쟁력 제고 효과 ○ 원예산물 생산 및 수확 후 공정 중 품질 및 환경에 대한 빅데이터 수집과 분석은 향후 첨단 시설재배에 필요한 기초자료를 D/B화할 수 있고, 미래의 환경변화에 대응할 수 있는 중요한 자료로 활용할 수 있음 ○ 재배환경에 따른 품질정보의 빅데이터 분석과 ICT를 적용한 환경변화 대응 기술로 에너지, 인건비, 관리의 단순화에 따른 생산비 절약에 기여할 수 있음 ○ 빅데이터를 활용한 생물체 신호측정, 분석, 통신, 데이터베이스 및 시스템 기술 선진화 				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>당도 측정기</p>	<p>비파괴 검사</p>	<p>분광 분석</p>	<p>빅데이터</p>	<p>정보통신기술</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>Sugar Content Measurement System</p>	<p>Nondestructive Inspection</p>	<p>Spectroscopic Analysis</p>	<p>Big Data</p>	<p>ICT(Information and Communications Technologies)</p>

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요
 2. 연구수행 내용 및 결과
 3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도
 4. 연구결과의 활용 계획 등
- 붙임. 참고 문헌

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

본문 작성요령(제출 시 삭제할 것)

- 가. 본문의 순서는 장, 절, 1, 가, (1), (가), ①, ㉠ 등으로 하고, 장은 17 포인트 고딕계열, 절은 15포인트 명조계열, 본문은 11 포인트 명조계열로 합니다. 다만, 본문의 내용중 중요부분은 고딕계열을 사용할 수 있습니다.
- 나. 장은 원칙적으로 페이지를 바꾸어 시작합니다.
- 다. 본문은 11 포인트 횡으로 작성합니다.
- 라. 쪽 번호는 하단 중앙에 표기하되, 11 포인트로 합니다.
- 마. 각주는 해당 쪽 하단에 8포인트로 표기하며, 본문과 구분하도록 합니다.
- 바. 쪽 수는 편집순서 2의 제출문부터 시작합니다. 이 경우 삽입물이 있을 때에는 그 삽입물의 크기에 관계없이 1면을 한 쪽으로 하여 일련번호를 붙입니다.
- 사. 한글·한문·영문을 혼용합니다.
- 아. 뒷면지에 주의문을 넣습니다.
- 자. 참고문헌(reference) 인용의 경우 본문 중에 사용처를 반드시 표시하여야 합니다.

<뒷면지>

주 의

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

제 1장 연구개발과제의 개요

제 1절 연구 개발 목적

- 본 연구의 최종 목표는 과일(과채류)의 효율적 품질관리를 위해 “ICT 접목 과일·과채류 비파괴 당도측정기 성능 고도화 기술”에 대한 하드웨어와 소프트웨어 통합시스템을 개발하는 것으로서 개발범위는 ① 휴대형 비파괴 당도측정기, ② 연속식 당도측정기, ③ 클라우드 기반 비파괴 당도측정기 운영프로그램 고도화기술과 ④ 현장 연계형 응용서비스 개발 및 개발된 기술의 교육을 위한 사용자 매뉴얼 개발까지를 포함함
- 본 과제의 최종 목표를 달성하기 위하여 다음의 세부적 목표를 가짐
 - (1) 과일 및 과채류의 비파괴 당도 및 환경 데이터 특성 연구
 - 시기, 지역 및 품목별 대상 과일 및 과채류 선발
 - 선정된 과일 및 과채류 시료를 이용한 광량조건 및 수광특성 연구
 - 다중 간 검량식 작성 방식 연구
 - (2) 휴대형 비파괴 당도측정기 개발
 - 장갑형태 (글로브형)의 휴대형 무선 비파괴 당도측정방식
 - 광원부와 수광부를 장갑 내부에 설치하여 사용자 편의성을 증대함
 - 고성능/고출력 광원 적용
 - 분광계, 인터페이스를 손목 등에 위치시킬 수 있도록 설계하여 휴대성을 증대함
 - 스마트폰 연동 무선 네트워크방식을 적용하여 측정된 스펙트럼 정보를 클라우드 서버에 전송함
 - 안드로이드 기반 당도측정 어플리케이션 개발
 - 과일(과채류)의 당도(가용성 고형물 함량) 실측치과 이화학적(극성 총 대사체) 분석치의 상관관계 분석
 - 과일(과채류)의 당도검량식 개발
 - (3) 연속식 비파괴 당도측정기 개발
 - 농산물유통센터 또는 공동선별장에서 활용될 수 있는 연속식 비파괴 당도측정기
 - 개발되는 연속식 비파괴 당도측정기는 네트워크 기능을 탑재함
 - 측정된 당도정보를 원격의 클라우드 서버에 전송함
 - 측정된 스펙트럼 정보를 원격의 클라우드 서버에 전송함
 - 과일(과채류)의 당도(가용성 고형물 함량) 실측치과 이화학적(극성 총 대사체) 분석치의 상관관계 분석
 - 과일(과채류)의 당도검량식 개발
 - 대상작목 : 감귤 (휴대형), 참외 (휴대형, 연속식), 포도 (연속식)
 - 측정정밀도 : 감귤(SEP±0.4 Brix), 참외(SEP±0.5 Brix), 포도(SEP±0.5 Brix)
 - 중량측정 정밀도 : 전 품목 (연속식 ±3g)

- 선별 능력 : 연속식 전 품목 max. 85%
 - 선별 속도 : 연속식 전 품목 max. 3개/초
- (4) 클라우드 기반 비파괴 당도측정기 운영프로그램 고도화기술 개발
- 당도정보 및 생육환경정보 계측/전송용 인터페이스 모듈 개발
 - 최적 검량식 (Calibration Curve) 생성 및 갱신용 네트워크 소프트웨어 개발
 - 클라우드 기반 당도정보/생육환경정보 빅데이터구축 및 운영 프로그램 개발
- (5) 현장 연계형 응용서비스 개발
- 농산물산지유통센터 (APC) 관리시스템 연계형 응용서비스
 - 시기, 지역 및 품목별 당도정보 및 당도 지도서비스 개발/제공
 - 농가별/품목별 당도 선별정보를 이용한 정산 연계모듈
 - 사용자 매뉴얼 개발
- (6) 비파괴 당도 측정시스템 (휴대형 및 연속식) 성능시험
- 시기, 지역 및 품목별 측정/작동성능 시험 및 평가
 - 성능보완 및 개선
 - 당도정보 지도서비스를 통한 농가의 품질관리방안 제시

제 2절 연구 개발의 필요성

1. 연구 개발의 개요

○ 연구 필요성

- 현재까지 원예산물의 당도측정은 비파괴 당도측정기와 파괴식 당도측정기가 혼용되고 있음
- 원예농가 또는 농업기술센터의 경우, 적정 수확시기를 결정하기 위하여 파괴식 당도측정기 또는 휴대용 비파괴 당도측정기를 사용하고 있음
- 원예산물이 수확된 후 공동선별장 또는 산지유통센터에 집하되면 선별이 이루어지는데 이때 연속식 비파괴당도측정기를 사용하는 경우가 일반적임
- 그림 1과 같은 현행의 국소적이고 불연속적인 당도측정 방식으로는 시기, 지역 및 품목별 당도검량식의 개발 및 적용에 한계가 있을 뿐만 아니라 시간소모적인 사후관리 작업이 필요함
- 이로 인해, 원예산물의 품질(당도) 균일화 및 품질정보의 활용이 불가능함
- 시기별, 지역별, 품목별 원예산물의 당도를 정확하게 측정하고 편리하게 사용하기 위해서는 시기별, 지역별, 품목별 정확한 당도검량식의 개발이 필수임
- 이를 구현하기 위해서는 기존의 검량식 모델개발방법으로는 불가능하며 ICT 및 클라우드 플랫폼을 접목하여 다양한 조건에 따른 과일(과채류)의 당도정보/생육환경정보에 대한 빅데이터 구축이 반드시 필요함

- 이러한 장치와 기술을 구현하게 되면, 정확한 분석과 예측이 가능한 시기, 지역 및 품목별 당도데이터 지도를 구현할 수 있으며 이로 인한 품질관리/품질상향평준화가 가능함



그림 1 국소적인 현행의 당도측정 프로세스

- 연구개발 개요 : 그림 2와 같이 과일 및 과채류의 수확 전/후 전주기적 품질관리와 생산/유통 단계 중 비파괴 당도 측정관리의 고도화를 위해 ICT 및 클라우드 기술을 접목한 사용이 편리하고 성능이 우수한 “ICT 접목 과일·과채류 비파괴 당도측정기 성능 고도화 기술”을 개발함. 세부적으로는 당도정보를 비파괴적으로 측정할 수 있는 **연속식 비파괴 당도측정기**, 시기, 지역 및 품목별 생육환경정보를 수집하고 당도정보를 비파괴적으로 측정할 수 있는 **휴대형 비파괴 당도측정기**와 네트워크환경을 통한 당도정보와 생육환경정보와 같은 보정데이터 수집, 당도 보정모델 생성과 배포가 가능한 **클라우드 기반 플랫폼**을 개발하고자 함. 본 연구의 성공적인 수행을 통해 과일, 과채류의 지역, 품종 및 시기별 당도와 생육환경에 대한 빅데이터를 수집/분석할 수 있으며 이를 통해 생산 중 품질균일화 및 품질의 상향평준화, 그리고 수확 후 품질/유통 관리를 위한 선별 및 저장 중 품질관리 모델을 제시할 수 있을 것으로 기대함

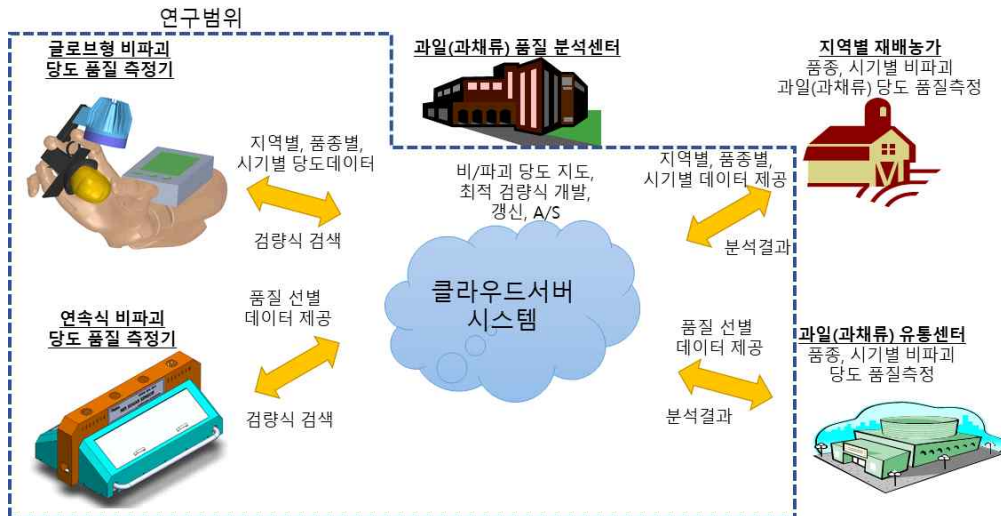


그림 2 ICT 접목 과일·과채류 비파괴 당도측정기 성능 고도화 기술의 구성 개략도

2. 연구개발 대상의 국내·외 현황

가. 국내 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

▶ 휴대형 당도측정기

- 2009년 (주)생명과기술이 소형 비파괴 당도측정기를 개발하였고, 2012년 국립원예특작과학원 감귤시험장과 (주)해아림은 감귤의 당도 비파괴 측정을 위하여 초소형 분광헤드로 구성된 반투과 확산반사 측정구조의 휴대용 당도측정기를 개발하였음
- 국립원예특작과학원 배연구소와 (주)해아림은 배의 당도 비파괴 측정을 위하여 710-930 nm 범위의 근적외선 분광분석기술과 다변량 부분최소제곱회귀모델을 이용한 휴대용 당도측정기를 개발하였음
- '휴대용 비파괴' 당도 측정에 대한 연구는 농촌진흥청 농업공학연구소에서 실시한 '배'에 관한 연구를 시작으로 소형 반사식 비파괴 당도센서를 제품화되어 상용화하고 있으나 아직도 연구 및 실용화가 미흡한 실정임
- 휴대형 비파괴 당도 측정기는 편의성이 떨어지고 성능편차도 있어 과일(과채류)에 대한 접근성, 사용이 간편하고 여러 대상으로 확대하여 측정하기를 원하고 있음



그림 3 농촌진흥청에서 개발한 휴대용 감귤측정기 (2014년)

▶ 비파괴 당도선별기

- 과일의 내부 품질을 손상 없이 비파괴적으로 측정할 수 있는 방법에 관한 연구는 꾸준히 이루어져 왔으며 그 중 근적외선을 이용하는 비파괴 측정 방법은 현재 가장 많이 사용되고 있음
- 국내의 경우, 20여년전부터 근적외선을 이용하여 과실의 당도를 비파괴적으로 측정하는 연구가 진행되어 왔으며, 10여년전부터 공동선별 설비에 실용화하기 위한 기준안을 마련하여 운용되고 있음
- 국내의 경우 농산물산지유통센터 400여 곳 가운데 350여 곳에 사과, 귤, 배, 복숭아, 수박 등의 비파괴 선별기가 보급되어 있음. 딸기와 포도 선별기는 개발을 완료했지만 딸기는 과육이 약해 다루기가 힘들고 포도는 위와 아래의 당도 편차가 커 현장 보급은 이뤄지지 않은 상태임
- 사과의 내부 인자를 판단하기 위하여 농업기계화연구소에서는 Oriel사에서 개발한 실시간 PDA센서를 사용한 분광광도계 (630nm~1100nm)를 이용하여 후지사과를 대상으로 당도를 온라인으로 측정할 수 있는 대용량 온라인 장비를 개발하였으나, 이미 수확된 사과의 내부 품질요인 중 당도만 측정이 가능하다는 단점을 가지고 있음
- 사과의 내부 인자를 판단하기 위하여 농업기계화연구소에서는 Oriel사에서 개발한 실시간 PDA센서를 사용한 분광광도계 (630nm~1100nm)를 이용하여 후지사과를 대상으로 당도를 온라인으로 측정할 수 있는 대용량 온라인 장비를 개발하였으나, 이미 수확된 사과의 내부 품질요인 중 당도만 측정이 가능하다는 단점을 가지고 있음
- 공동선별장 또는 개인 사업체에서 비파괴 당도센서를 사용하여 당도를 측정하고 있으나 비파괴 당도 센서의 특성에 대한 이해도가 낮아 활용도가 낮거나, 대부분의 선별장의 경우, 과일 및 과채류가 지역별/품종별로 혼입되어 입고되므로 검량식의 갱신작업에 어려움을 호소하고 있음

▶ 클라우드 기반 과일·과채류 당도정보 수집용 서버구축 및 당도선별기 운영시스템

- ICT 기반의 스마트 농업 생산시스템 기술이 점차 확산되고 있는 시점에서 농산물의 계측 정보는 생육 전 단계에서 생산성과 관련된 유용한 정보를 제공하여 생산성을 극대화하는데 기초 데이터를 제공하는 역할을 수행하는 것으로 이는 스마트 농업에서 매우 중요한 기술임
- 국내의 경우, 빅데이터를 활용한 ICT 농업(토마토, 방울토마토, 파프리카, 딸기 등)에 대한 다양한 사례가 발표되고 있으며 이로 인한 노동력 절감, 수확량 증가 및 소득향상 효과가 보고되고 있음
- 과학기술정보통신부 “스마트팜 확산을 위한 클라우드 기반 스마트베드 시스템 및 Farm-As-A-Service 기술”을 개발함
 - 클라우드 기반의 IoT 스마트 베드, 인공지능기반 지능형 병해 예측 엔진, FaaS기반 생산자원 최적화 기술 개발 및 표준화를 통하여, 중소형 시설온실을 대상으로 쉬운 설치·관리·A/S, 합리적 가격으로 제공이 가능한 스마트팜 시스템을 보급함



그림 4 스마트팜 확산을 위한 클라우드 기반 스마트베드 시스템 및 Farm-As-A-Service 기술의 개발 개략도

- 주요 개발 내용

- 스마트팜 생산공급자원 효율화를 위한 IoT 기반 스마트 베드 시스템
- 머신러닝/딥러닝기반 지능형 병해예측·관제, 오작동진단, 생산 효율화
- 팜클라우드 서비스를 위한 FaaS(Farm as a Service) 기술 개발
- 농가를 대상으로 하는 표준기반 현장 테스트베드 구축 및 시범 적용
- 농업 지식 활용을 위한 서비스 표준 개발

- 적용범위

- 스마트 팜의 재배 시스템에 활용, 특히 높이가 낮은 딸기 등의 고설 재배 시스템 등에 중점 활용 가능
- 팜클라우드에 구축된 작물환경 공급자원 최적화 모델을 활용하여 단동 시설온실 스마트 베드와 연결된 양액제어기, 기존 레거시 장비(환기창 제어기, 냉난방제어기, 환풍 제어기) 등에 활용 가능
- IoT-Hub를 통해 스마트베드에서 수집된 데이터를 서드파티(Third Party) 사업자에게 판매하거나 그 데이터를 정보화, 지식화 함으로써 플랫폼 기반의 정보제공형 비즈니스 모델로 새로운 고부가가치 창출이 가능함

○ 시장 현황

▶ 비과과 당도선별기

- 과거에는 질(質)보다 양(量), 품질에서도 외관이 더 중요했지만 현재에 이르러 ‘맛과 안전성’으로 구매 기준의 중심이 변화하였으며 이마트, 롯데마트, 홈플러스 등 유통 3사는 기존의 가격경쟁을 넘어, 농산물의 신선도와 당도를 중요시함
- 2010년 이전에는 농산물유통센터 (APC)를 중심으로 중량, 형상, 색상 등 외관 품질 위주로 농산물의 등급을 분류해왔으나, 국내 농업의 국제경쟁력 제고를 위하여 2008년부

터 2011년까지 3년에 걸쳐 정부의 지원 아래 APC의 10배 규모에 달하는 농산물거점유통센터의 건립이 이루어졌으며 이를 계기로 대형 비파괴 당도 선별기가 급속하게 보급되기 시작되었음

- 소비자들의 품질에 대한 관심이 높아지고 컴퓨터와 센서 기술이 발전하면서, 1990년대 이후 비파괴 선별기의 시장이 빠르게 성장하였으며 국내시장 규모는 연간 160억 원 규모로 선별라인 등 연계산업까지 고려하면 약 500억 원으로 추정함 (출처: 농촌진흥청 2015년 보고서)
- 농촌진흥청에서는 사과, 배, 참외, 복숭아, 감귤, 수박, 포도, 딸기 등의 과일 및 과채류의 비파괴 당도 선별기를 개발하였음

▶ 농산물 품질 계측 및 수확 후 관리시스템

- FTA 및 쌀시장 등 개방화가 확대됨에 따라 농산물의 건강성, 안전성 및 고품질에 대한 국민적 요구가 증대되고 있음
- 글로벌 농식품기업들의 해외 진출이 가속화될 전망이며, 이를 위해 농산물의 수확후 관리를 통한 국제경쟁력 강화가 더욱 필요
 - FTA 체결국 농식품 수출비중 32%(2011)→38%(2014) 지속적으로 증가
- 인구감소, 노령화 및 여성가구비율 증대 등 사회적 여건변화에 따라 식생활의 형태가 급속히 변화하고 있음
- 농산물의 소비형태도 다양화되고 있어 단순한 먹거리에서 벗어나 질병치유, 체질개선, 항산화성, 기능성 등 영양 및 기능성이 복합적인 건강식품으로 인식
 - 안정성(29.7%), 신선도 등 상품성(18.6%)이 중요한 소비패턴(농유평)
- GAP, HACCP 인증이 지속적으로 늘어나고 있고, 친환경 소비형태가 증가하고 있어 농산물의 신뢰성 제고가 지속적으로 필요

▶ 종합정보관리시스템

- ICT 융합 정보관리시스템의 국내 시장규모는 2010년 390억달러의 시장규모이지만 세계시장보다 높은 연평균 16% 이상의 고성장이 전망되어 2020년에는 약 1,500억 달러 규모로 추정되며 전체 농업기계 분야 중 약 10%를 차지하는 것으로 추정됨



그림 5 ICT 융합 정보관리시스템 국내 시장규모 (KIET 2012) (단위:억)

○ 경쟁 기관 현황

▶ 비파괴 당도선별기

- 국내의 비파괴 선별기 생산업체는 10여 개이며, 매출액 순으로 보면 한성엔지니어, 평화ENG, 진영산업, (주)생명과학기술의 순임
- 수입 비파괴 당도 선별기는 국산제품에 비해 1.5~2배 높은 가격에도 불구하고 국내 시장을 장악하고 있었으나, 최근 들어 국내제품의 성능향상과 사후관리의 용이성으로 인해 국내제품의 선호도가 증가하는 추세임

표 1 국내에서 판매되고 있는 주요 비파괴 당도선별기 제품정보

경쟁사명	제품명	판매가격(천원)	연 판매액(천원)
① MITSUI	NIR Sugar Sensor	200,000	10,000,000
② AWETA	Inscan IQA	200,000	4,000,000
③ COMPAC ASIA	TTL R1, R2, T1	150,000	3,000,000
④ (주)생명과학기술	LNT-AP, WM	100,000	3,000,000

▶ 휴대용 당도측정기

- 국내에서는 2009년 (주)생명과학기술이 소형 비파괴 당도측정기를 개발하였으나, 핵심 부품인 수입산 분광 유닛과 할로젠 램프를 대체할 광원이 없어 연속식 센서 제품과 같은 고성능의 소형화/경량화 제품에는 미치지 못하였음. 현재 보급된 일본 제품 등은 주기적으로 당도예측 회귀식을 업데이트 해야 하므로 소비자들이 경제적 부담과 불편함을 호소하고 있음

표 2 국내에서 판매되고 있는 주요 제품 : 휴대용 비파괴 당도측정기

경쟁사명	제품명	판매가격(천원)	연 판매액(천원)
① KUBOTA	K-BA100R	25,000	500,000
② ASTEM	AMAICA	10,000	200,000
③ TOWA ELECTRIC	TD-2000C	15,000	300,000

- (주)해아림에서는 그림 6과 같이 스마트폰과 서버를 당도측정기와 연동해 과일의 품질을 농가별, 시기별, 과원별, 나무별로 관리할 수 있는 초소형 비파괴 측정기를 출시함



그림 6 휴대용 당도측정기 P-100

○ 지식재산권현황

지식재산권명	내용	특허권자	등록번호 (등록일자)
휴대용 비파괴 내부품질 측정 장치 및 그 방법	본 발명은 휴대용 비파괴 내부품질 측정에 관한 것으로서, 가시광선 및 근적외선을 이용하여 측정시료를 투과하는 투과광을 분석하여 측정시료의 당도나 산도, 내부흡집, 갈변 등의 내부품질을 측정하고, 보다 정확한 예측을 위해 측정시료의 온도를 측정 후 온도 보정을 실시할 수 있으며, 동시에 중량을 측정할 수 있는 저렴한 휴대가 가능한 휴대용 비파괴 내부품질 측정 장치 및 그 방법에 관한 것임	(주)생명과학기술, 한국산업기술대학교산학협력단	10-2011-0006143 (2011년01월20일)
휴대용 당도측정기	본 발명은 휴대용 당도측정기에 관한 것으로서 휴대성을 증대하고 저렴한 가격에도 보급성이 좋은 당도측정기, 특히 과일 등의 신선식품의 당도를 측정하기 위한 것임	(주)대성텍	10-1344149 (2013년12월16일)
감귤용 휴대용 비파괴 당도측정기	본 발명은 감귤의 당도를 비파괴적으로 측정하기 위한 휴대용 당도측정기에 관한 것으로서, 비파괴 측정기술의 한 분야인 근적외선 및 분광분석 기술의 공지기능과 구성을 적용하되, 과수에 달린 감귤에 대해 실시간으로 당도 측정을 가능하게	농촌진흥청, (주)해아림	10-1397158 (2014년05월13일)

	하기 위하여 상기 감귤이 거치되는 측정헤드부 및 상기 측정헤드부를 구성하는 발광부, 수광부, 분광헤드의 구성을 통해 이동과 휴대가 가능한 감귤용 휴대용 비파괴 당도측정기에 관한 것임		
화학 반응을 이용한 당도 측정 방법 및 장치	본 발명은 화학 반응을 이용하여 과일 등의 포도당 함유물의 당도를 측정하는 방법 및 장치에 관한 것으로, 은거울 반응 물질 또는 펠링 반응 물질을 이용하여 과일내 당도 변화에 관계되는 포도당의 환원 정도를 측정하여 과일의 당도를 측정하는 방법과 그 원리를 구현시킨 당도 측정 장치에 관한 것임	안선호, 신동관	10-1165571 (2012년07월09일)
전기화학적 바이오센서를 이용한 과일 또는 과일 음료의 당도 측정 시스템	본 발명은 광학적 방법이 아닌 효소 반응 및 전극반응을 이용한 전기화학적 센서를 통한 과일 또는 과일 음료의 당도 측정 시스템에 관한 것임	대운계기산업 주식회사	10-0752415B1 (2007년08월28일)
비파괴 당도측정기	본 발명은 비파괴 당도측정기에 관한 것으로서, 과일 등의 신선식품의 당도를 비파괴적인 방법으로 측정하기 위한 당도측정기, 특히 휴대성이 대폭 제고된 구성의 컴팩트한 구성의 당도측정기에 관한 것임	(주)대성텍	10-1348563 (2013년12월30일)
만감류용 비파괴 선과장치	본 고안은 중앙부에 저광형(20W 이하) 광원이 장착되어 청과물 외부면적의 1/3이상에 조사하고 이곳에서 반사되어 나온 광을 6개소에서 수광한 후에 스펙트럼을 분석하여 품질을 판정하도록 함으로써, 당도, 산도 측정이 어려운 국내산 탄과류(부지화, 청견, 진지향)의 품질을 기존의 투과식이 아닌 반사식으로 하여 과일 품질에 영향을 주지 않으면서 신속하고 정확하게 측정하는 동시에 효율적이고 균일한 결과를 획득할 수 있도록 하는 만감류용 비파괴 선과장치를 제공함	농촌진흥청, 스펙트론 테크 주식회사	20-0329094 (2003년09월25일)

○ 표준화 현황

▶ 클라우드 기반 스마트팜 서비스 요구사항 (TTAK.KO-10.0937) 표준화



그림 7 클라우드 기반 스마트팜 서비스 요구사항 (TTAK.KO-10.0937) 표준화 구성도

- 클라우드 기반의 스마트팜 서비스 (FaaS: Farm as a Service)를 위한 요구사항 표준은 클라우드 컴퓨팅 기술을 기반으로 스마트팜을 관리, 운영하는데 있어 필요한 기술적 요구사항과 구성 내용을 정의함
- 특히 PaaS (Platform as a Service) 기반으로 다양한 형태의 스마트팜 자원 정보를 가상화하고, 서비스 운영 및 개발 환경을 제공하는 API 서비스, 데이터 수집/제어/운영/관리 등을 위한 상위 응용 서비스에 대한 내용을 포함함
- 클라우드 기반 스마트팜 서비스는 서버, 스토리지, 미들웨어, 응용소프트웨어 등 IT 인프라 자원을 네트워크를 통해 공유하는 클라우드 기술을 사용하고, 센서 노드, 구동기 노드 같은 스마트팜 장치들로 가상화하여 운영함
- 스마트팜 서비스는 온실, 과수원 등에 클라우드 컴퓨팅 및 사물인터넷, 빅데이터 등의 기술을 적용하여, 농가의 요구사항에 맞춘 작물 성장 정보 모니터링 서비스를 제공할 수 있음
- 클라우드 기반 스마트팜 서비스는 해당 표준을 적용하여 농가의 IT 기술 적용에 적합한 형태의 서비스 체계를 구성할 수 있음

나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술 현황

▶ 스마트폰 기반 당도측정기기

- 휴대용 과일 당도계는 일본과 미국 등에서 개발되어 보급되고 있으나 오직 당도와 산도만을 측정할 수 있음. 하지만, 과일의 품질은 당도, 산도, 색 수준 등 여러 요인들을 복합적으로 고려해야 하므로 휴대가 가능 하며 과일의 품질을 종합적으로 판정할 수 있는 시스템이 필요한 실정임

▶ 비파괴 당도선별기

- 현재 국내에서 비파괴 품질 관정을 목적으로 가장 많이 사용되고 있는 분광기는 미국 Ocean Optics사 제품이며 초소형 분광기 외에 고분해능, 형광 측정, FT-IR, FTS 등 다양한 용도의 제품군이 발매되고 있고, 소형 리눅스 컴퓨터와 결합하여 휴대성을 높인 제품도 있으나, 농산물 비파괴 품질평가 전용 분광기는 없음
- 일본의 경우, 1993년 미쯔이 사에서 근적외선 반사특성을 이용하여 복숭아와 사과의 온라인 당도 측정 장치를 개발하였으며 이후 1990년 일본 마기 사에서도 근적외선 투과 특성을 이용하여 5대 과일(사과, 배, 복숭아, 단감, 감귤)의 당도 및 산도측정이 가능한 장치를 개발하였음
- 영국의 Analytik사가 개발한 휴대용 NIR 분광기(AriSpecTM)는 식품 및 사료 분석을 위한 Turnkey Solution을 제공함. 이 제품은 측정 성분에 대한 Calibration 알고리즘을 내장하고 있어서 보정을 위한 별도의 시료 없이 실시간으로 식품 혹은 사료의 수분 함량과 단백질, 지방, 탄수화물 등 양분을 측정할 수 있음

▶ 클라우드 기반 과일·과채류 당도정보 수집용 서버구축 및 당도선별기 운영시스템

- 과일의 비파괴 선별시설 관련 일본의 연구는 비파괴선별기를 활용한 품질수준의 객관화에만 머무르지 않고, 품질평가결과와 판매성과를 생산과정과 연계시켜 소비자 중심의 감귤생산을 유도하는 마케팅적 관점의 활용에 이르기까지 매우 광범위하게 이루어져 왔음
- 독일의 광학연구소에서 2017년 초분광기를 이용한 다종의 과일에 대한 통합 검량식을 개발하기 위해 classification prediction hierarchy (CPH)방법을 적용하여 배, 사과, 토마토에 대한 통합 검량식을 개발함 (2017, Evaluation and comparison of different approaches to multi-product brix calibration in near-infrared spectroscopy, Michael Kopf)

▶ 정밀농업을 위한 솔루션 (미국 ONFARM사)

- 미국의 ONFARM사에서는 농사에 필요한 정보를 하나의 창에서 모두 관리하는 플랫폼을 개발하였음
- 이를 통해 시간과 장소에 구분 없이 농장의 정보 모니터링이 가능하며, 작물 생산에 따른 정보를 자동으로 습득하여 분석을 통한 재배전략을 제공할 수 있음
- 센서, 날씨 등의 위젯을 추가하여 사용자가 본인에 맞게 설정이 가능하며, ESRI (Environmental Systems Research Institute)의 매핑 기능을 통해 미국 전체에 대한 USDA (미국 농무부) 토양정보를 제공함
- 사용자가 설정한 정보에 따라 서리, 수분부족, 높은 풍속 등 위험 상황 시 사용자에게 이메일 또는 메시지로 알림서비스를 제공함

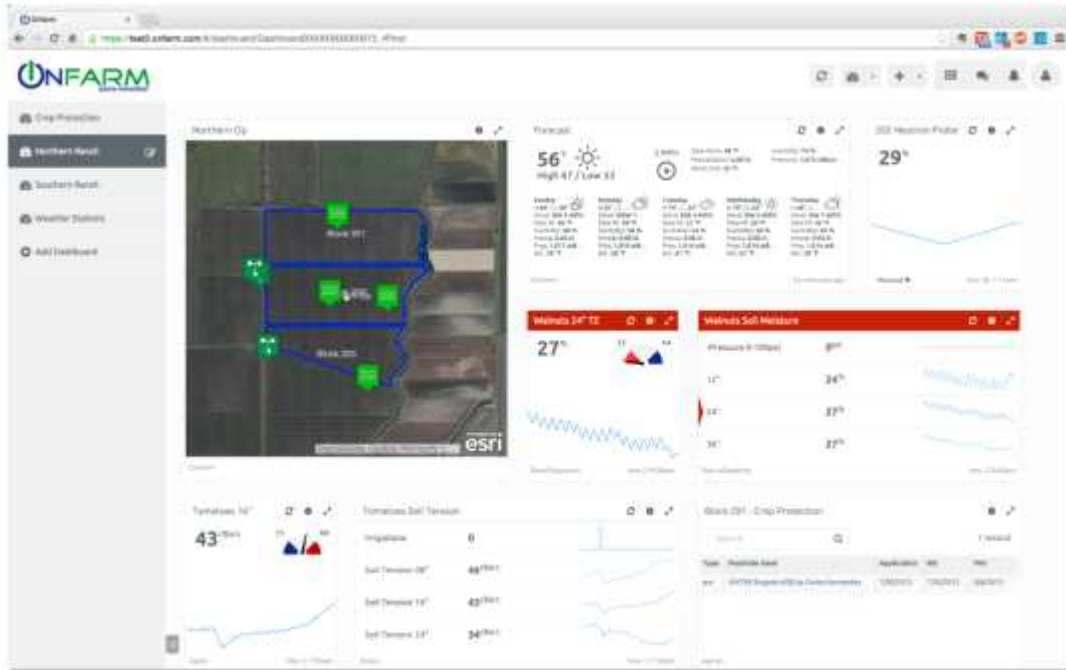


그림 8 ONFARM사의 인터넷서비스 화면

▶ Akisai Cloud System(일본 후지쯔사)

- 일본 후지쯔는 축산 농장을 관리하는 시스템마다 농장 DB를 기관별로 관리하고 있어 연계 및 공동 활용의 문제 발생과 부정확한 농장 DB 및 탐문 중심의 역학조사 등으로 예방·예찰부터 진단 및 통제까지 프로세스의 비효율적인 문제가 발생하는 것을 보고 각 기관별로 나누어져 있는 농업관련 정보의 융합과 기관별로 산재해 있는 가축 방역 및 농장 정보 관련 데이터를 융합 분석할 수 있는 선제적 의사 결정 지원 기관의 필요하다고 판단하였음
- 이를 위해 농작물의 생산부터 판매까지 데이터로 관리하기 위하여 농작물 관련 데이터 수집과 분석을 통해 과학적으로 농작물을 재배 관리할 수 있는 효율적인 농업 경영 시스템 아키사이를 개발했음
- 후지쯔는 농지에 날씨와 토양환경 등을 측정하는 센서를 설치하고 수집되는 빅데이터를 분석하여 최적의 과종, 농약살포, 수확 시점을 모바일로 제공할 수 있는 빅데이터 기술을 접목한 식품·농업 클라우드 서비스인 ‘아키사이’를 ‘12년 10월부터 개시하였음
- 또한, 농수산물을 스마트폰이나 태블릿 PC로 농작물 관련 데이터를 입력하고 확인할 수 있는 환경을 마련하여 날씨와 지도, 과거 수확실적 등도 참고해 업무 효율성을 향상시켰음
- 농장에서 작업자가 비료를 뿌리는 시간 등 작업 내용과 농작물 성장 상황을 사진으로 찍어 스마트폰에 기록하면 후지쯔 데이터 센터에 관련 데이터가 저장되어 컴퓨터를 통해 농장 당 작황과 비용, 수익성 등 각종 현황 정보 확인이 가능해졌고, 최적의 농약 살포시기를 제공받을 수 있게 되었음
- 2008년부터 농업 생산법인 등 10개 테스트베드를 통해 실증 실험 진행하여 양배추 수확이 30% 가량 늘어나는 성과를 가져왔음

- 아키사이를 통해 기관별 농장정보, 축산관계자, 가축이동 정보는 물론 해외 질병 발생, 출입국자, 농장방문 정보 등을 융합하여 농업 문제시 최적의 인력, 장비, 물자 등 대응자원을 확보하고 농장 방문 및 이동 통제, 위기 경보 등을 메뉴얼화 된 지령을 빠르게 전파할 수 있어 사전예방, 진단, 통제가 가능해졌음
- 또한, 유통이나 외식업체, 농산물 도매업체를 대상으로 정보 서비스를 제공함으로써 수확량 일괄관리가 가능함
- 아울러 농산물 조달 계획을 수립할 수 있어 유통기간을 감소시켜 신선한 농산물을 제공할 수 있음



*우보(牛步) 시스템: 소 발목에 채워진 통신기능 내장 만보계로 소의 발정과 건강상태를 관리하는 솔루션

그림 9 일본 후지쓰사의 Akisai Cloud System 서비스 개요도

○ 시장 현황

▶ 농산물 품질 계측 및 수확 후 관리시스템

- 기후변화 등으로 농산물의 수급불균형이 지속되고 있고, 식량부족으로 곡물가격이 급등하는 등 농산물의 안보(security)가 강화되면서, 농산물의 국제간거래, 국제규약, 생산방식이나 제품 표준화가 확대되고 있어 수확 후 관리시스템의 획기적인 변화가 요구됨
- 농산물의 공급체계 목표가 기존의 공급자 중심의 효율성, 경제성, 신속성에서 소비자 중심의 안정성, 품질유지로 변화하면서, 선진국을 중심으로 신선도와 완전성(wholesomeness)을 보존하여 농산물을 공급할 수 있는 공급체제로 패러다임이 변화되고 있음

▶ 종합정보관리시스템



그림 10 ICT 융합 정보관리시스템 국외 시장규모(KIET 2012) (단위: 억)

- 주요 산업 분야의 ICT 융합산업 세계시장 규모는 2010년 1조 1,000억달러 규모이지만 세계 경제성장률 예상치인 3% 수준을 상회하는 연평균 13%정도의 고성장이 전망되어 2020년에는 3조 8,000억 달러로 추정되며 기계, 자동차 분야가 가장 빠른 성장세를 유지할 것으로 전망되며 농기계 분야는 전체 규모의 약 10%의 비중을 차지할 것으로 추정됨

표 3 ICT 융합 산업 세계 시장 추이 (KIET 2012)

(단위:억달러)

구분	자동차	조선	건설	섬유	의료	기계	조명	에너지	국방	합계
2010년	1,466	208	2,640	1,737	1,200	1,600	356	13	1,726	10,946
2015년	2,112	260	3,307	2,033	2,330	2,900	1,030	69	4,810	18,851
2020년	2,662	351	4,141	2,473	5,000	5,213	3,000	127	14,829	37,796

○ 경쟁기관현황

▶ 비파괴 당도선별기

- 노르웨이는 TOMRA社가 대표적으로, 근적외선 기술을 기반으로 섀택, 외부결함 등 품질뿐만 아니라 이물질 포함 여부를 검사할 수 있는 비파괴 선별기를 개발함
- 네덜란드는 AWETA와 GREEFA社가 유명하며, 자국 및 유럽 여러나라의 고품질 안전식품 공급 정책 강화와 맞물려 지속적인 성장을 하고 있음. 이들 외에 프랑스의 MAF RODA, 뉴질랜드의 Compac, 이탈리아의 UNITEC, 일본의 SHIBUYA社등이 과일 및 과채류의 비파괴 품질선별기 개발에 선도적인 업체임

○ 지식재산권현황

▶ 당도를 측정하는 기능을 가진 스마트 폰 (JP 5755281B)

- 과일의 당도를 비파괴적으로 측정할 수 있는 기능을 휴대 전자기기인 스마트 폰에 결합한 스마트 폰을 제공함

- 근적외선 영역의 광에 의한 당도 측정 장치인 투광부, 수광부, 분광 처리부, 광전 변환부를 탑재해 비파괴적으로 피측정물인 과일의 당도 계산을 하기 위한 데이터를 가져와 마이크로 컴퓨터로 적당하게 데이터 처리해 터치패널 액정 모니터에 표시할 수 있는 구성의 스마트 폰으로 한다. 과일의 종류 및 품종별로 달콤함을 표현하는 당도가 다르므로 RAM에 과일의 종류 및 품종별의 당도를 등록해 3단계로 나눈 명칭으로 일반의 소비자가 알 수 있기 쉬운 측정 과일의 당도 표시를 한다. 상, 휴대 전자기기인 스마트 폰이기 때문에 당도 측정에 필요한 데이터는 모두 사전에 RAM에 결합된 캐릭터에 의한 아이콘을 프로그램의 스텝의 흐름에 맞추어서 표시되므로 사용자는 아이콘을 터치하는 것만으로 간단하게 조작할 수 있다.

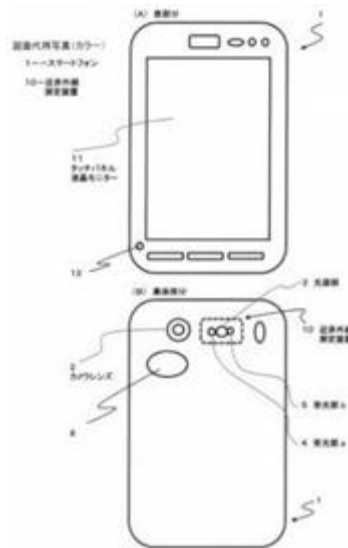


그림 11 당도를 측정하는 기능을 가진 스마트 폰의 특허 명세도 (일본)

- 스마트 폰과 근적외선 영역의 광을 사용한 비파괴 당도 측정기를 결합하여, 광전 변환된 전기신호에 의해 과일의 당도 측정에 관한 데이터를 마이크로 컴퓨터에 의해 적당하게 처리해 당도를 표시
- 스마트 폰 1에는 근적외선 당도 측정 장치 10이 내장되고 근적외선의 굴절률에 기초하여 Brix%를 산출하는 데이터가 추출
- 터치패널 액정 모니터 11가 대기 아이콘 당도계 40과 과일의 종류를 선택하는 아이콘 41을 표시

▶ 당도 계측 장치 (JP 2003-083464)

- 미숙의 추숙형 과일에 대해서 당도 계측 처리를 해서, 추숙 처리 후의 완숙한 추숙형 과일의 당도를 정밀하게 예측하는 것이 가능한 당도 계측 장치를 제공하는 것.
- 청과물에 포함되는 과즙에 의한 광흡수량을 계측해, 이 계측 결과를 기초로 상기 청과물의 당도를 계측하는 당도 계측 장치에 있어서 추숙형 과일 10에서 투과한 광L2를 수광함과 동시에 광L2를 분광하는 분광부 4 a와 분광부 4 a에서 입력된 광L3를 광전 변환하고, 광L3에 대응하는 광흡수 정보 S3를 출력하는 광전 변환부 4 b와 광흡수 정보 S3를 기초로 상기 청과물의 당 및 전분의 CH기 및 OH기에 의한 광흡수량을 계측해,

미리 구해진 상기 광흡수량과 추숙형 과일 10의 완숙 후의 당도와의 관계를 나타내는 검량선을 이용하여 완숙 후의 추숙형 과일 10의 당도를 예측하는 연산처리부 4c를 가지는 수광부 4를 구비한다.

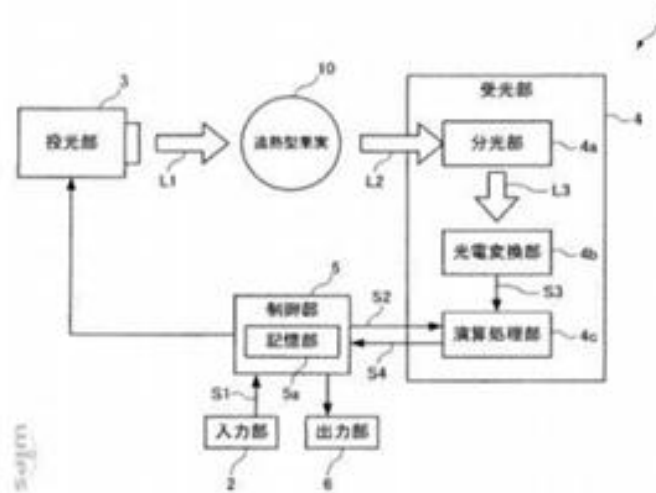


그림 12 당도 예측 장치의 flow diagram (일본)

○ 표준화현황

▶ 스마트농업의 국제표준화 동향

- 스마트농업의 국제표준화 동향은 ICT 기반의 스마트 농업에 관한 기술, 서비스 표준화는 ITU-T (ITU Telecommunication Standardization Sector) 및 ISO/IEC JTC1 (Joint technical committee of the ISO and the IEC)를 중심으로 진행되고 있음
- 2015년 4월 20일부터 5월 1일까지 스위스 제네바에서 개최된 ITU-T SG13 회의에서 ICT와 농업을 결합한 스마트농업 서비스 관련 국제 표준을 우리나라가 주도하게 되었으며 승인된 ‘네트워크 기반의 스마트 농업 개요 (ITU-T Y.2238, Overview of Smart Farming based on networks)’에 대한 권고안은 세계적으로 추진하고 있는 스마트농업 체계에 대한 기본 방안을 선도적으로 주도함
- 2012년부터 ITU-T SG13 Question 1에서 스마트농업에 대한 기준모델, 서비스 능력, 네트워크 능력 등에 대한 표준화 작업을 추진하여 2015년 4월 회의에서 권고안으로 승인되었으며, 관련하여 현재 제안된 기고서는 아래 표와 같음

기고서명	표준화 회의명	표준화 단계	기고년월일
Revised text of the draft Recommendation "Overview of Smart Farming based on networks.	SG13정규회의	기고서제안	20150420
Y.psf- Functional model for production service of Smart Farming (WP1/13)	SG13정규회의	기고서제안	20150420
A proposal for new work item of postproduction service of smart farming on theNetwork(Y.pops)	SG13정규회의	기고서제안	20150420

Proposed modifications in the draft text for the section 6 of Y.psf	SG13라포치회의	기고서제안	20150716
Y.psf - Proposed texts for clause 8 production capability of the components	SG13라포치회의	기고서제안	20150716
Y.psf - Proposed requirements for clause 9 security considerations	SG13라포치회의	기고서제안	20150716
Y.POPS: Proposed requirements for security considerations	SG13라포치회의	기고서제안	20150716
Y.POPS: Proposed clarification on scope and reference model	SG13라포치회의	기고서제안	20150716
Y.wpt-usecase: Proposed to add new clause of basic service flows	ITU-T SG13 Q1(융합서비스) 인터럽회의	기고서제안	20150918
Y.wpt-usecase: Proposed overall updates	ITU-T SG13 Q1(융합서비스) 인터럽회의	기고서제안	20150918
Proposed modification for wireless charging of the sensors in the greenhouse	ITU-T SG13 Q1(융합서비스) 인터럽회의	기고서제안	20150918
Inserting new text and updating figures of Y.pops (WP1/13)	ITU-T SG13 Q1(융합서비스) 인터럽회의	기고서제안	20150918
Service model for the pre-production stage on Smart Farming	ITU-T SG13 Q1(융합서비스) 인터럽회의	기고서제안	20150918

- 스마트농업에 관련된 여러 나라의 기관 및 기업들의 노력과 기술개발이 있어 왔으나 표준화 관점에서 보면 그 범위의 모호성과 서비스 주체의 불확실성을 벗어나지 못하고 있음

3. 연구 개발 범위

- 과일(과채류)의 수확 전/후 전주기적 품질관리를 위한 ICT 접목 비파괴 당도측정기 및 당도분석기술에 관한 연구
 - 휴대형 비파괴 당도측정기 개발
 - 장갑형태 (글로브형)의 휴대형 무선 비파괴 당도측정방식 : 고출력 광원 적용
 - 광원부와 수광부를 장갑 내부에 설치하여 사용자 편의성을 증대함
 - 과일(과채류) 당도에 대한 표준검량식 적용
 - 분광계 및 인터페이스를 손목 등에 위치시킬 수 있도록 설계하여 휴대성을 증대함
 - 스마트폰 연동 무선 네트워크방식을 적용하여 측정된 스펙트럼 정보를 클라우드 서버에 전송함

- 안드로이드 기반 당도측정 어플리케이션 개발
 - 과일(과채류)의 당도(가용성 고형물 함량) 실측치과 이화학적(극성 총 대사체) 분석치의 상관관계 분석
- 연속식 비파괴 당도측정기 개발
 - 농산물유통센터 또는 공동선별장에서 활용될 수 있는 연속식 비파괴 당도측정기
 - 측정된 당도정보 및 raw data(스펙트럼 정보)을 원격의 클라우드 서버에 전송함
 - 과일(과채류) 당도에 대한 표준검량식 적용
 - 과일(과채류)의 당도(가용성 고형물 함량) 실측치과 이화학적(극성 총 대사체) 분석치의 상관관계 분석
 - 대상작목 : 감귤 (휴대형), 참외 (휴대형, 연속식), 포도 (연속식)
 - 당도측정 정밀도 : 감귤 (SEP ± 0.4 Brix), 참외 (SEP ± 0.5 Brix), 포도 (SEP ± 0.5 Brix)
 - 중량측정 정밀도 : 전 품목 (연속식 $\pm 3g$)
 - 선별능력 : 연속식 전 품목 max. 85%
 - 선별속도 : 연속식 전 품목 max. 3개/초
- 클라우드 기반 비파괴 당도측정기 운영프로그램 고도화기술 및 응용서비스 개발
 - 당도정보 및 생육환경정보 계측/전송용 인터페이스 모듈 개발
 - GPS 정보를 이용한 농가/지역정보
 - 생육환경정보 (온도, 습도 등)
 - 시기, 지역 및 품종별 당도 및 선별결과
 - 측정 raw data (분광 스펙트럼)
 - 무선 네트워크 (WIFI 또는 BLUETOOTH) 적용
 - 최적 검량식 (Calibration Curve) 생성 및 갱신용 네트워크 소프트웨어 개발
 - 클라우드 서버로 전송된 스펙트럼 정보와 실측된 당도정보를 이용한 최적 검량식 (Calibration Curve) 모델 개발
 - 시기, 지역 및 품종별 최적 검량식 개발
 - 지역, 시기 및 품종별 당도정보 통합검량식 (Master Calibration Curve)개발 : 이중의 분광계 적용 시 문제점 해결
 - 클라우드 기반 당도정보/생육환경정보 빅데이터 구축 및 운영 프로그램 개발
 - 클라우드 기반 서버구축
 - 시기, 지역 및 품종별 당도정보 및 생육환경정보 빅데이터 구축

- 클라우드 기반 당도측정기 검량식 관리 및 개별운영모듈 관리기능 탑재

- 비과과 당도측정기 연계형 응용서비스 개발
 - 농산물산지유통센터 (APC) 관리시스템 연계형 응용서비스 개발
 - 지역, 시기 및 품목별 당도정보와 당도 지도서비스 개발/제공
 - 농가별/품목별 당도 선별정보를 이용한 정산 연계모듈

- 비과과 당도 측정시스템 (휴대형 및 연속식) 성능시험
 - 지역, 시기 및 품목별 측정/작동성능 시험, 평가 및 성능보완/개선
 - 당도정보 지도서비스를 통한 농가의 품질관리방안 제시

제 2장 연구 수행 내용 및 결과

제 1절 과일(과채류) 당도 측정기 이화학적 분석치 상관구명

1. 포도 거봉, 캠벨얼리

비파괴 방식으로 측정된 포도의 당도 예측치와 파괴적으로 측정된 포도의 당도의 상관 관계를 알아보고, 더 나아가 비파괴 방식으로 측정된 당도 예측치와 파괴적으로 측정된 산도, pH, 주요 유리당(fructose) 함량의 상관관계를 밝히고자 함

비파괴 측정 방법이 당도 이외에 포도의 주요 품질인자인 산도, pH, 그리고 실제 단맛을 주로 나타내는 fructose 함량도 예측이 가능한지를 알아보고자 함

포도(영천 거봉, 영동 캠벨얼리) 두 품종을 수확 후 주관기관인 생명과 기술에서 개발한 비파괴 측정기<그림 13>을 이용하여 당도를 측정된 후 각각의 스펙트럼을 분석하여 당도(soluble solids content, SSC, obrix)를 예측하는 식을 구하였음

거봉은 총 50송이, 캠벨얼리는 총 100송이를 시료로 이용하였으며 비파괴 측정장치를 이용한 당도 측정시 포도 1송이 당 총 3번의 당도를 반복 측정하였음. 파괴적 방법에 의한 당도를 측정하기 위하여 각각의 포도송이를 상, 중, 하로 나누어 샘플을 채취(약 50g 씩)하여 과즙을 착즙한 후 휴대용 당도계를 이용하여 당도를 측정함

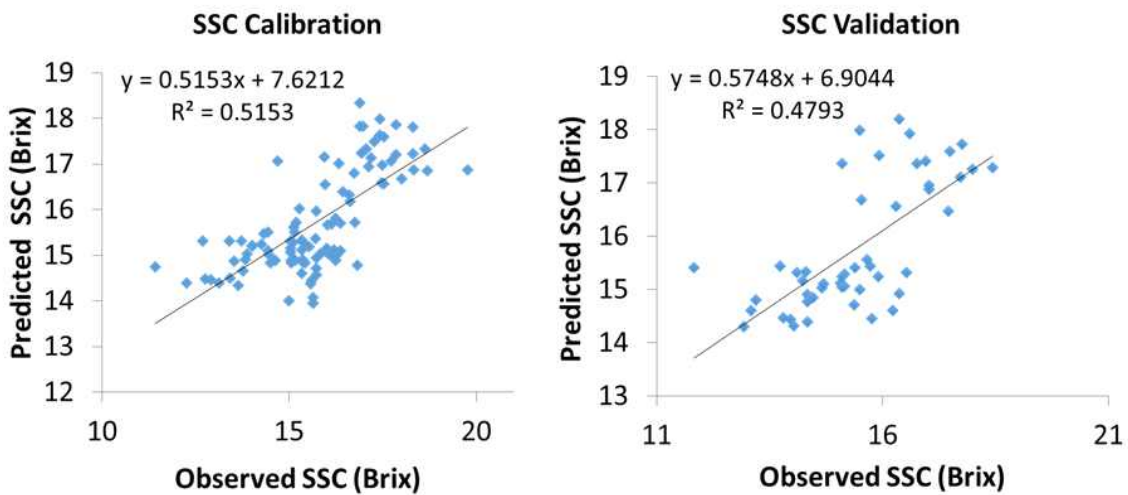
<그림 13>은 주관기관 생명과 기술에서 개발한 비파괴당도계를 이용한 시료 측정모습임

비파괴 측정에 이용했던 동일한 포도 시료를 대상으로 이화학적 분석(당도, pH, 산도, fructose 함량)을 분석함. 과즙을 착즙한 후에 pH를 측정하였으며, 산도(Titratable acidity, %)는 0.1N NaOH를 이용하여 pH8.1 까지 적정하였음. 포도의 당도와 매우 높은 상관 관계가 있는 유리당 중 fructose함량을 HPLC로 분석하여 정량하였음



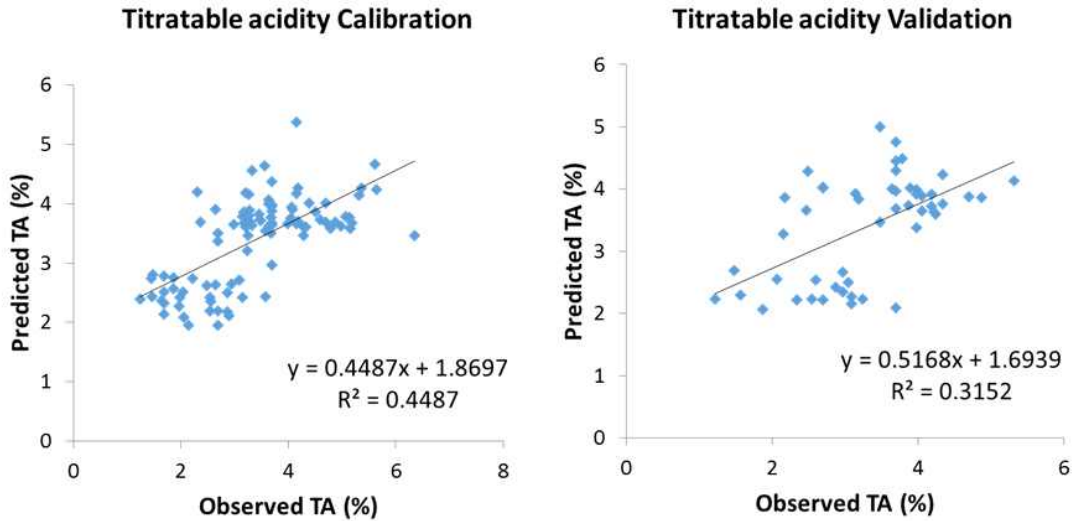
<그림 1> 주관기관이 생명과기술에서 개발한 비파괴 측정장치를 이용한 포도 당도 측정 모습

비파괴 측정장치를 이용한 포도의 이화학적 특성 예측 모델식은 아래와 같음
 생명과기술에서 개발한 비파괴 측정장치를 이용하여 포도 150송이의 스펙트럼을 각각 측정하였고, 측정 데이터 가운데 임의로 선별된 100송이의 데이터는 부분최소제곱회귀(PLSR: partial least squares regression)분석을 통한 포도의 이화학적 특성 예측모델 작성에 이용되었고, 나머지 50송이의 데이터는 예측모델의 정확도 검정에 사용함
 이화학적 특성 예측모델을 이용하여 당도, 적정산도, pH, fructose 함량을 추정한 결과를 <그림 14, 15, 16, 17>에 각각 나타냄



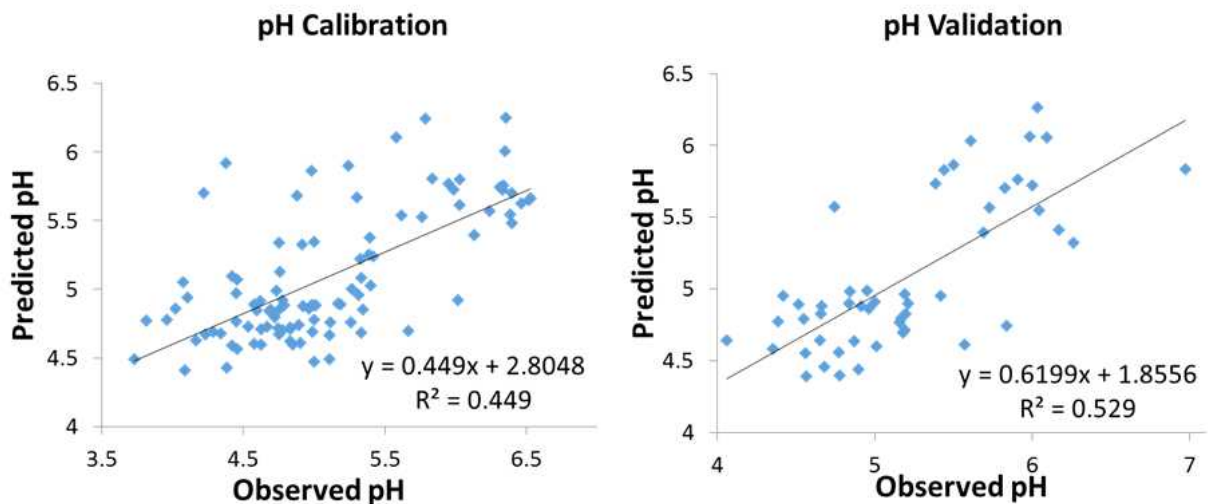
<그림 14> 비파괴 측정장치를 이용한 당도 예측 모델 및 검증

총 150시료의 당도 분포는 11.3~19.8obrix, 평균 15.6obrix, 표준편차 1.54인 분포를 나타냄
 100개 시료를 이용하여 작성한 당도 예측모델의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.7178로 뚜렷한 양의 선형관계를 보였으며 결정계수는 0.5153으로 나타남
 당도 예측모델 검증에 사용한 50개 시료의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.6923, 결정계수는 0.4793으로 나타남



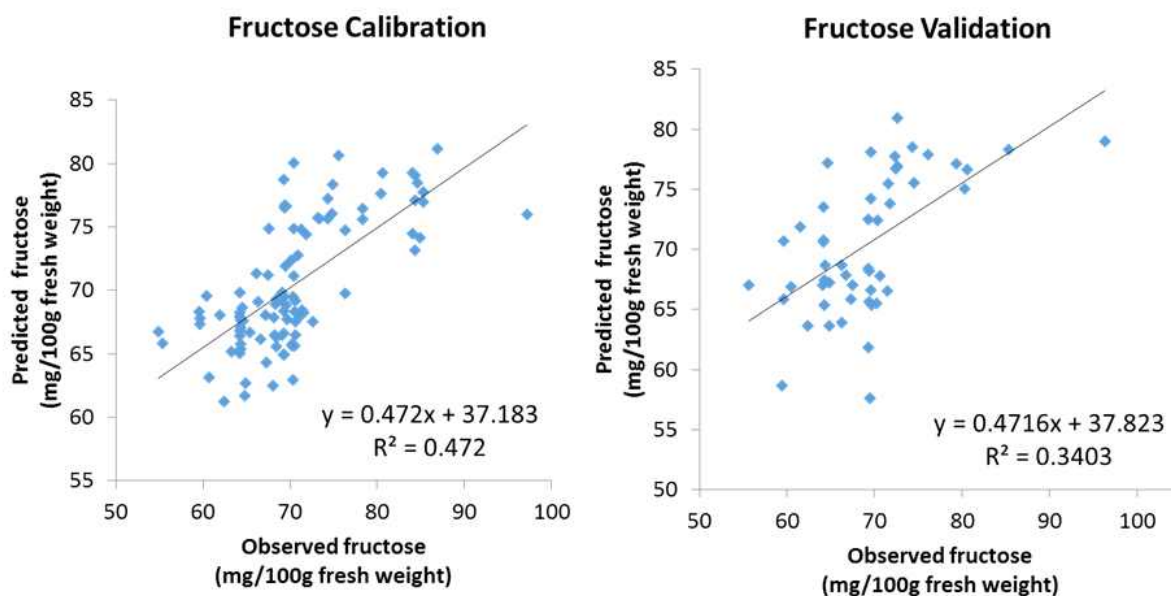
<그림 15> 비파괴 측정장치를 이용한 산도 예측 모델 및 검증

총 150시료의 산도분포는 3.18~6.98%, 평균 5.12%, 표준편차 0.80인 분포를 나타냄
 100개 시료를 이용하여 작성한 산도 예측모델의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.6698로 양의 선형관계를 보였으며 결정계수는 0.4487으로 나타남
 산도 예측모델 검증에 사용한 50개 시료의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.5614, 결정계수는 0.3152으로 확인됐으며, 이화학적 특성 가운데 가장 낮은 예측력을 보임



<그림 16> 비파괴 측정장치를 이용한 pH 예측 모델 및 검증

총 150시료의 pH분포는 1.12~6.34, 평균 3.36, 표준편차 1.04인 분포를 나타냄
 100개 시료를 이용하여 작성한 pH 예측모델의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.6700로 양의 선형관계를 보였으며 결정계수는 0.4490으로 나타남
 pH 예측모델 검증에 사용한 50개 시료의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.7273, 결정계수는 0.5290으로, 이화학적 특성 가운데 가장 높은 예측력을 보임



<그림 17> 비파괴 측정장치를 이용한 fructose 함량 예측 모델 및 검증

총 150시료의 당도 결정의 주요 이화학 물질인 fructose 함량분포는 54.9~97.12mg/100g, 평균 69.97mg/100g, 표준편차 7.15인 분포를 나타냄

100개 시료를 이용하여 작성한 fructose 함량 예측모델의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.6870로 양의 선형관계를 보였으며 결정계수는 0.4720으로 나타남

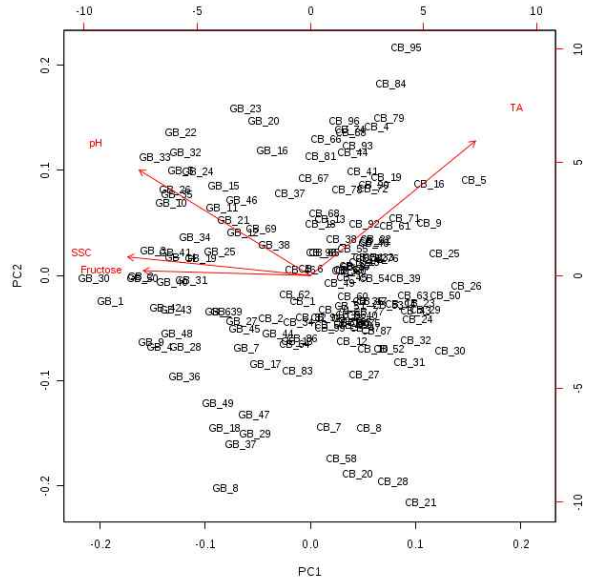
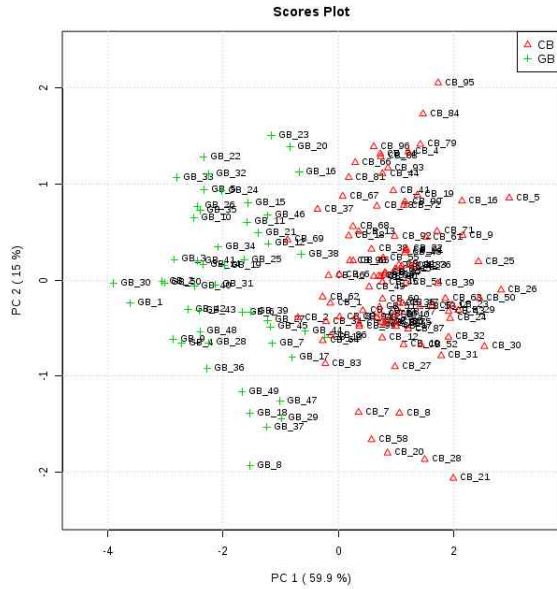
fructose 함량 예측모델 검증에 사용한 50개 시료의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.5833, 결정계수는 0.3403으로 나타남

1차년도 실험한 포도 시료의 실측지 당도 값의 범위가 매우 좁고, 이에 따라 실제 측정한 포도의 이화학적 특성 값의 분포범위가 매우 좁기 때문에 비파괴 측정장치를 통한 예측모델 작성에 어려움이 있었을 것으로 예상되며, 그 결과 예상 모델의 결정계수가 낮게 나타났을 것으로 예상됨

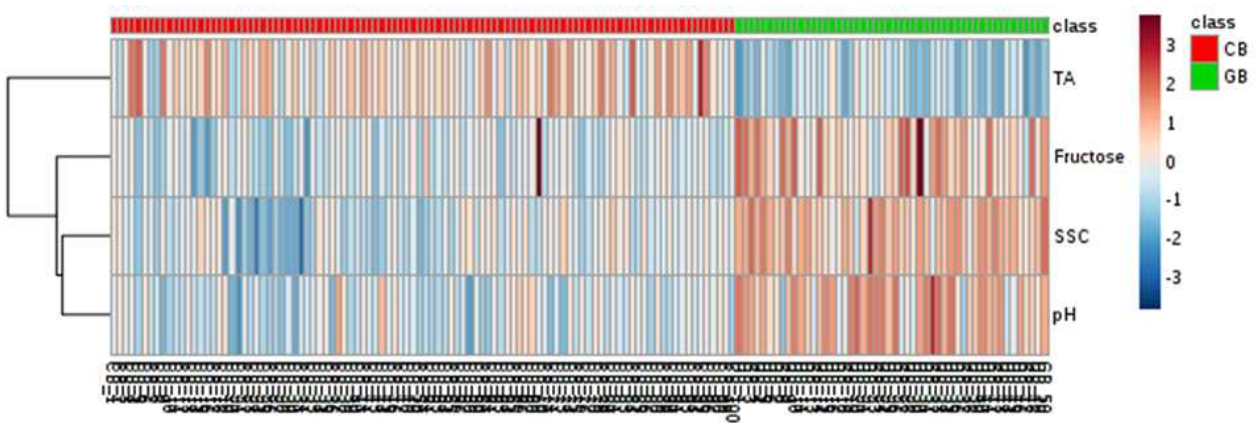
다만, 당도 이외에 다른 품질과 관련된 이화학적인자들도 당도와 마찬가지로 비파괴 측정으로 예측이 가능할 것으로 보이며 2, 3차년도에는 모델링을 정확하게 하기 위하여 다양한 포도 품종 그리고 당도 범위가 넓게 분포될 수 있도록 시료를 채취하여 분석할 필요성이 있음

- 비파괴 측정기를 이용한 이화학적 요인을 분석하기에 앞서 포도 품종별 이화학적 특성을 비교하였으며 그 결과는 아래와 같음

거봉과 캠벨어리 품종의 이화학적 특성(당도, 산도, pH, fructose 함량)에 대한 다변량 분석을 통하여 이화학적 특성 간의 관계 확인함



<그림 20> 캠벨어리와 거봉 품종의 이화학적 특성을 이용한 주성분분석



<그림 21> 캠벨어리 및 거봉 품종의 heat-map 분석

캠벨어리와 거봉 총 150 송이의 주성분분석 결과 74.9%(PC1 59.9% + PC2 15%)의 신뢰도를 보임

<그림 20>의 Scores plot에서 캠벨어리 100송이와 거봉 50송이의 시료가 비교적 명확하게 구분되는 것이 확인되며, <그림 21>의 heat-map 분석을 통하여 캠벨어리 품종에서 산도가 높고, 거봉 품종에서 당도, pH, fructose 함량이 높은 경향이 나타나는 것을 확인함

산도와 나머지 이화학적 특성인 당도, pH, fructose 함량에 대한 pearson 상관계수가 각각 -0.49, -0.40, -0.42로 뚜렷한 음의 선형관계를 나타냄

포도, 거봉 등 품종에 따른 이화학적 특성이 분명히 다르며 거봉은 당도, 캠벨은 산도가 주요 이화학적 품질인자임을 확인함

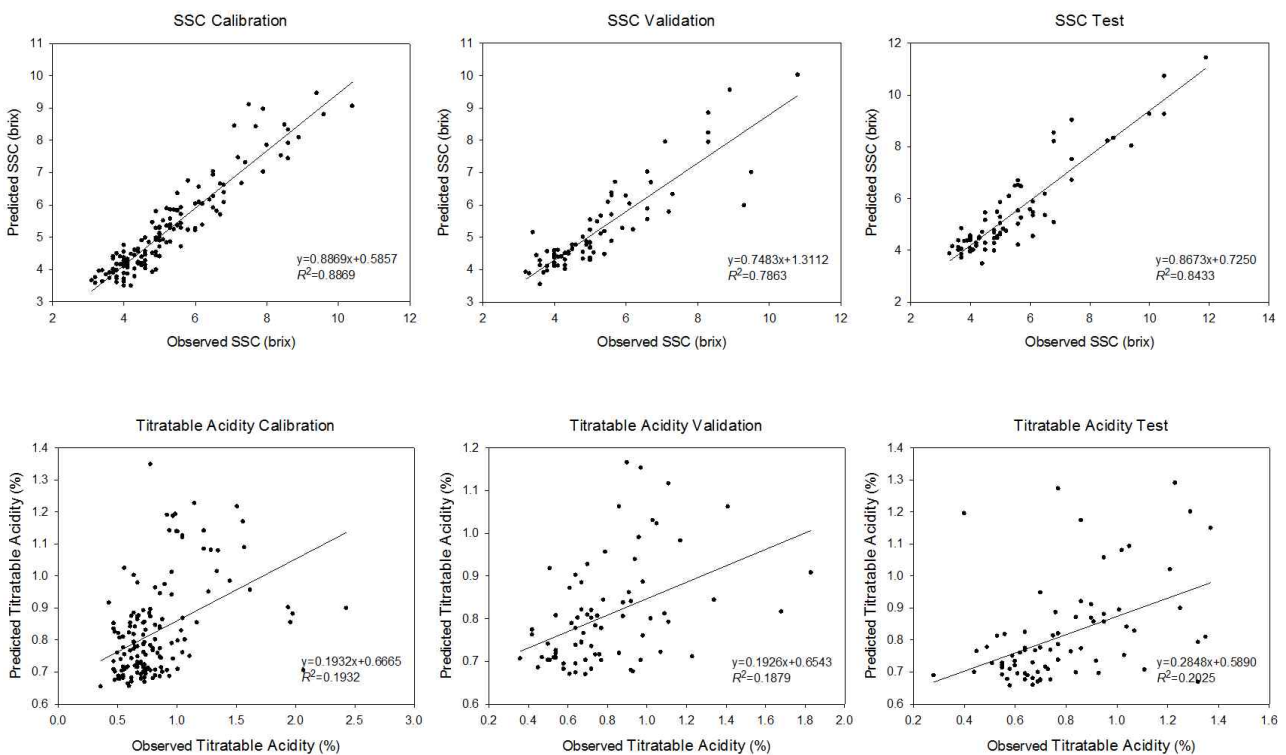
2. 거봉, 캠벨어리, 샤이머스켓, 참외

숙기를 다양하게 선별한 포도 세 품종(거봉, 캠벨어리, 샤인머스켓, 송산지역 재배 및 생산) 및 참외(성주 지역 재배 및 생산)를 대상으로 하여 비파괴 방식으로 측정된 포도의 당도 및 산도 예측치와 파괴적으로 측정된 포도의 당도 및 산도의 상관관계를 밝히고자 함

참외는 총 300개 과실, 캠벨어리 88송이, 거봉 96송이, 샤인머스켓 164 송이를 시료로 이용하였으며, 비파괴 측정 시 참외 1개 및 포도 1송이 당 3 반복으로 측정하였음. 파괴적 방법에 의한 당도 및 산도 측정 시 참외의 경우 정중앙의 두께 1 cm 의 디스크를 이용했으며 포도는 각 송이를 상, 중, 하로 나누어 샘플을 채취하여 과즙을 착즙하여 당도 및 산도를 측정함

비파괴 측정을 통해 당도 및 산도를 예측하기 위하여 시료 각각의 스펙트럼을 분석하여 예측식을 구하였음

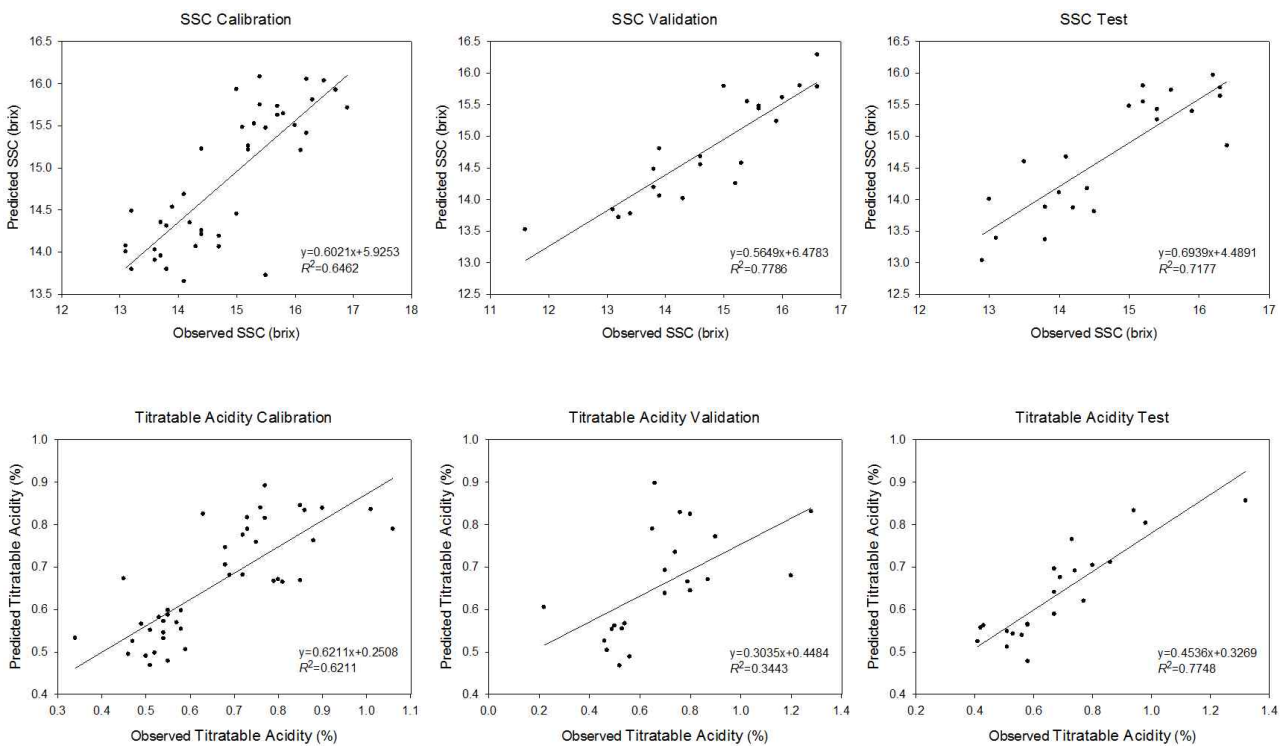
생명과학기술에서 개발한 비파괴 측정장치를 이용하여 모든 시료의 스펙트럼을 각각 측정하였고, 측정 데이터 가운데 임의로 선별된 50%의 데이터는 부분최소제곱회귀(PLSR: partial least squares regression)분석을 통한 당도 및 산도 예측모델 작성(calibration)에 이용되었고, 25%의 데이터는 예측모델의 정확도 검정 및 수정(validation)에 이용되었으며 마지막 25% 데이터는 모델의 최종 성능 평가(test)에 사용함



<그림 22> 비파괴 측정장치를 이용한 참외의 당도 및 산도 예측 모델 및 검증

참외 300개 시료의 당도분포는 3.1~11.9obrix, 평균 5.2obrix, 표준편차 1.58인 분포를 나타냄
150개 시료를 이용하여 작성한 당도 예측모델의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.9417로 뚜렷한 양의 선형관계를 보였으며 결정계수는 0.8869으로 나타남

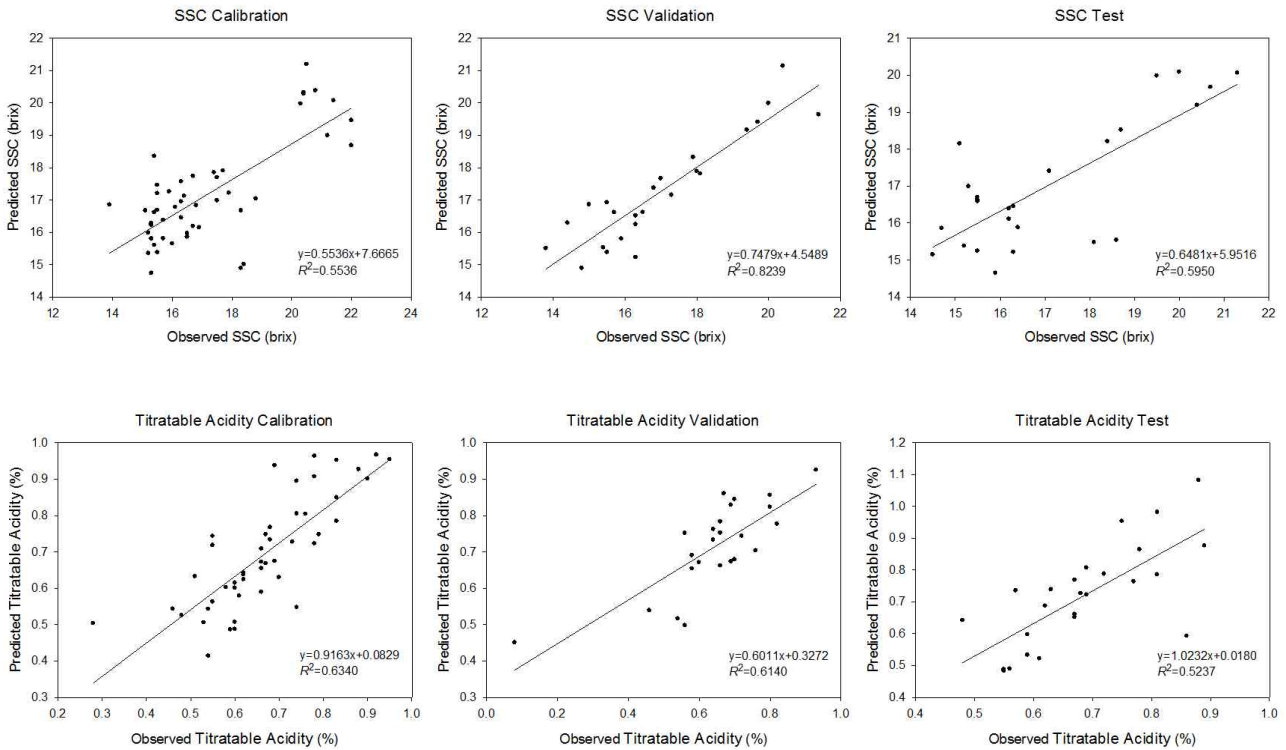
당도 예측모델 검증 후 최종 모델 성능 평가에 사용한 75개 시료의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.9183, 결정계수는 0.8433으로 나타남
 산도분포는 0.28~2.43%, 평균 0.80%, 표준편차 0.30인 분포를 나타냄
 150개 시료를 이용하여 작성한 산도 예측모델의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.4395로 약한 양의 선형관계를 보였으며 결정계수는 0.1932으로 나타남
 산도 예측모델 검증 후 최종 모델 성능 평가에 사용한 75개 시료의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.45, 결정계수는 0.2025으로 나타났으며, 산도 측정에 있어서 비파괴 측정 방식은 낮은 예측력을 보임



<그림 23> 비파괴 측정장치를 이용한 캠벨어리 포도의 당도 및 산도 예측 모델 및 검증

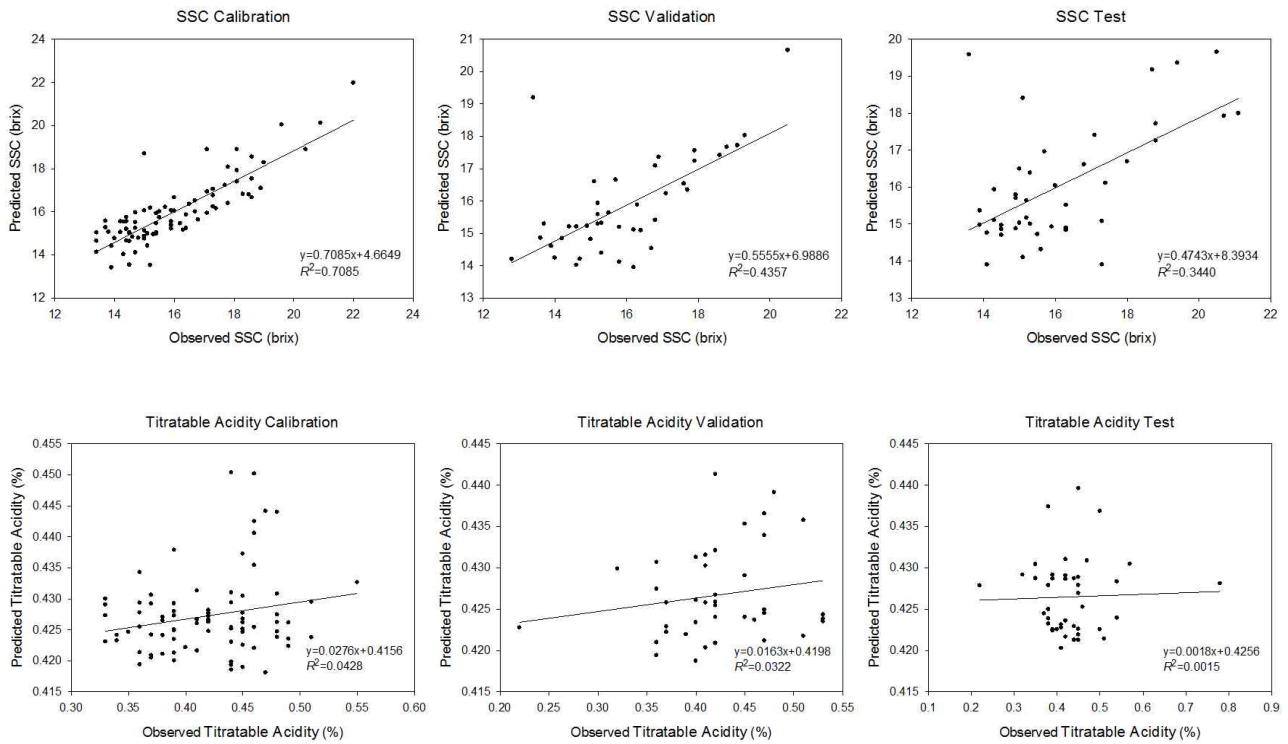
캠벨어리 88송이의 당도분포는 11.6~16.9obrix, 평균 14.7obrix, 표준편차 1.13인 분포를 나타냄
 44개 시료를 이용하여 작성한 당도 예측모델의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.8038로 뚜렷한 양의 선형관계를 보였으며 결정계수는 0.6462으로 나타남
 당도 예측모델 검증 후 최종 모델 성능 평가에 사용한 22개 시료의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.8471, 결정계수는 0.7177으로 나타남
 산도분포는 0.22~1.32%, 평균 0.67%, 표준편차 0.19인 분포를 나타냄
 44개 시료를 이용하여 작성한 산도 예측모델의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.7880로 뚜렷한 양의 선형관계를 보였으며 결정계수는 0.6211으로 나타남
 산도 예측모델 검증 후 최종 모델 성능 평가에 사용한 22개 시료의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.8802, 결정계수는 0.7748으로 나타남
 비파괴 측정 방식을 이용한 당도 및 산도 측정에서 캠벨어리 품종 포도는 상관계수 0.8 이상의

매우 높은 예측력을 보임



<그림 24> 비파괴 측정장치를 이용한 거봉 포도의 당도 및 산도 예측 모델 및 검증

거봉 96송이의 당도 분포는 13.8~22.0obrix, 평균 17.1obrix, 표준편차 2.05인 분포를 나타냄
 48개 시료를 이용하여 작성한 당도 예측모델의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.7440
 로 뚜렷한 양의 선형관계를 보였으며 결정계수는 0.5536으로 나타남
 당도 예측모델 검증 후 최종 모델 성능 평가에 사용한 24개 시료의 예측값과 실제값의
 pearson 상관계수는 0.7713, 결정계수는 0.5950으로 나타남
 산도분포는 0.08~1.83%, 평균 0.68%, 표준편차 0.18인 분포를 나타냄
 48개 시료를 이용하여 작성한 산도 예측모델의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.7962
 로 뚜렷한 양의 선형관계를 보였으며 결정계수는 0.6340으로 나타남
 산도 예측모델 검증 후 최종 모델 성능 평가에 사용한 24개 시료의 예측값과 실제값의
 pearson 상관계수는 0.7236, 결정계수는 0.5237으로 나타남
 거봉 품종 포도를 대상으로 한 비파괴 당도 및 산도 측정에서 당도와 산도 모두 상관계수 0.7
 이상의 준수한 예측력을 보임



<그림 25> 비파괴 측정장치를 이용한 샤인머스켓 포도의 당도 및 산도 예측 모델 및 검증

샤인머스켓 164 송이의 당도분포는 12.8~22.0obrix, 평균 16.0obrix, 표준편차 1.84인 분포를 나타냄

82개 시료를 이용하여 작성한 당도 예측모델의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.8417로 뚜렷한 양의 선형관계를 보였으며 결정계수는 0.7085으로 나타남

당도 예측모델 검증 후 최종 모델 성능 평가에 사용한 41개 시료의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.5865, 결정계수는 0.3440으로 나타남

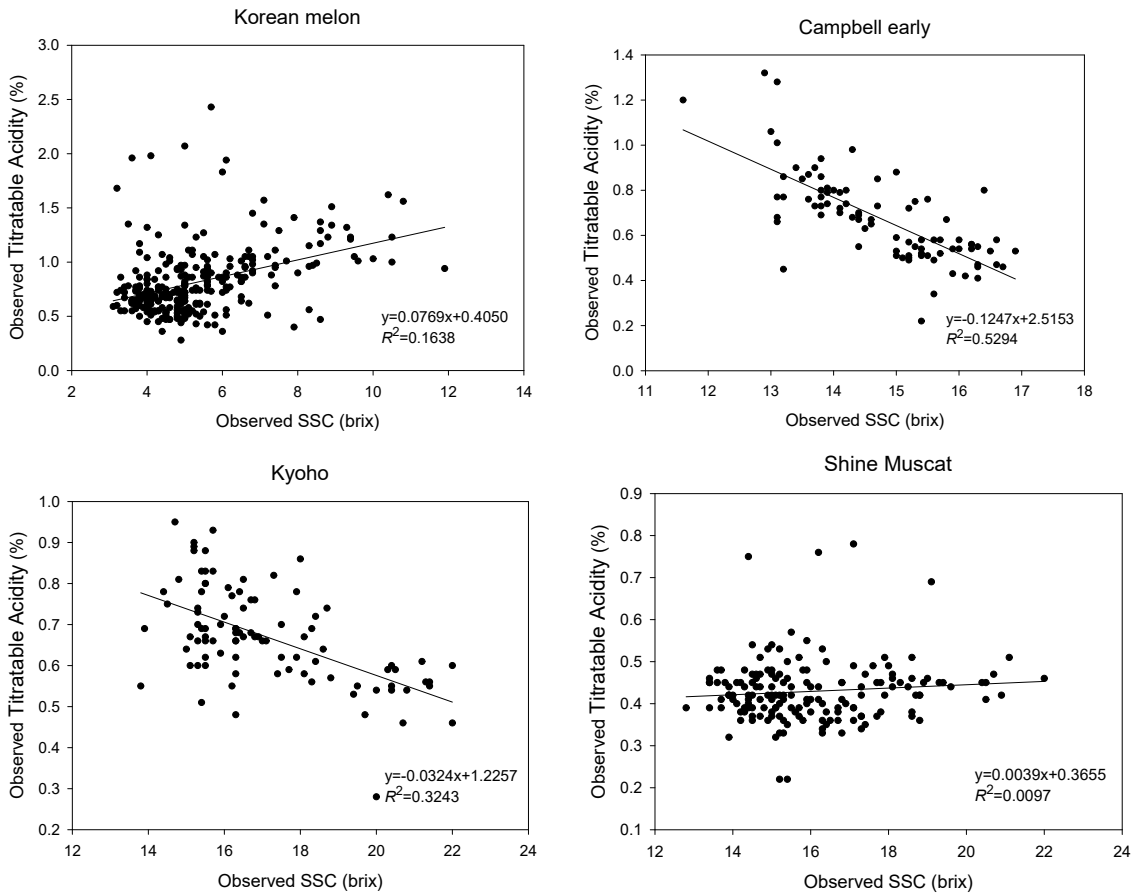
산도분포는 0.22~0.78%, 평균 0.42%, 표준편차 0.07인 분포를 나타냄

82개 시료를 이용하여 작성한 산도 예측모델의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.2068로 뚜렷한 양의 선형관계를 보였으며 결정계수는 0.0428으로 나타남

산도 예측모델 검증 후 최종 모델 성능 평가에 사용한 41개 시료의 예측값과 실제값의 pearson 상관계수는 0.0387, 결정계수는 0.0015으로 나타남

거봉 품종 포도를 대상으로 비파괴 측정을 이용한 당도 예측은 모델 calibration 시 상관계수 0.8417로 높은 예측력을 보였으나, 모델 보정을 거친 최종 성능 평가에서 상관계수 0.5865로 낮게 나왔지만 시료의 특이성으로 인하여 낮은 예측력이 나온 것으로 보여짐

산도 예측의 경우 상관계수 0.03~0.2 수준이었으며, 이는 샤인머스켓 품종의 산도 분포가 표준편차 0.07 수준으로 분포 범위가 좁기 때문에 예측력이 낮게 나타난 것으로 사료됨



<그림 26> 참외 및 포도(캠벨어리, 거봉, 샤인머스켓)의 파괴적 당도 및 산도 측정값의 상관관계

캠벨어리(campbell early) 및 거봉(kyoho)의 경우 당도와 산도가 음의 상관관계를 갖는데 반하여 참외(korean melon) 및 샤인머스켓(shine muscat)의 경우 당도와 산도가 양의 상관관계를 갖음

마찬가지로 캠벨어리 및 거봉은 각각 -0.7275, -0.5694의 뚜렷한 음의 상관계수를 나타낸 반면에 참외 및 샤인머스켓은 0.4047, 0.0098의 약한 양의 상관계수를 나타냄

당도와 산도는 과실의 숙기에 따라 반비례적으로 함량의 변화가 발생하며 따라서 음의 상관관계가 나타나는 것이 일반적임

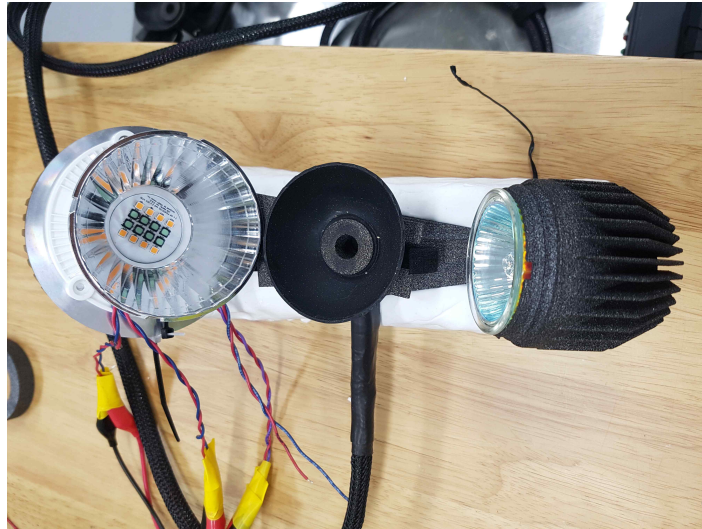
비파괴 측정을 통한 산도 예측시 참외와 샤인머스켓의 예측률이 낮았던 원인은 두 과실의 산도 변화 양상이 일반적인 변화와 달리 특이적으로 나타났기 때문에 예측이 어려웠을 것으로 예상됨

제 2절 휴대형 및 연속식 비파괴 당도 측정기 개발

1. 비파괴 당도 측정기 설계

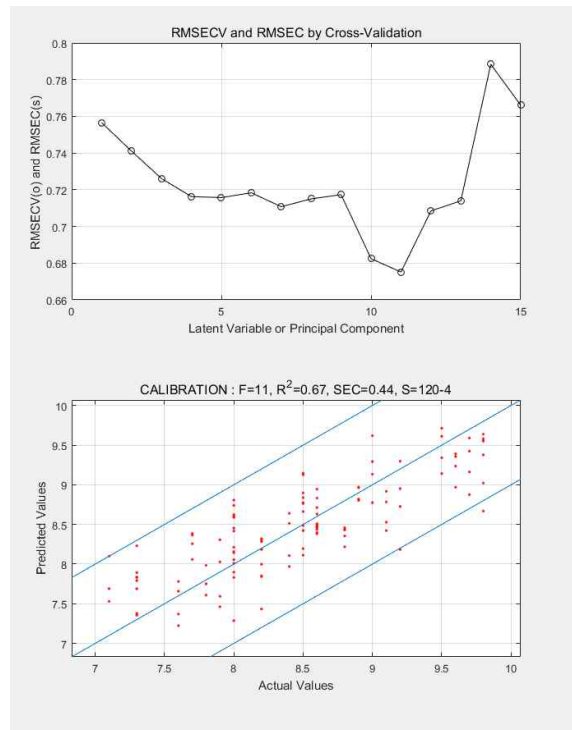
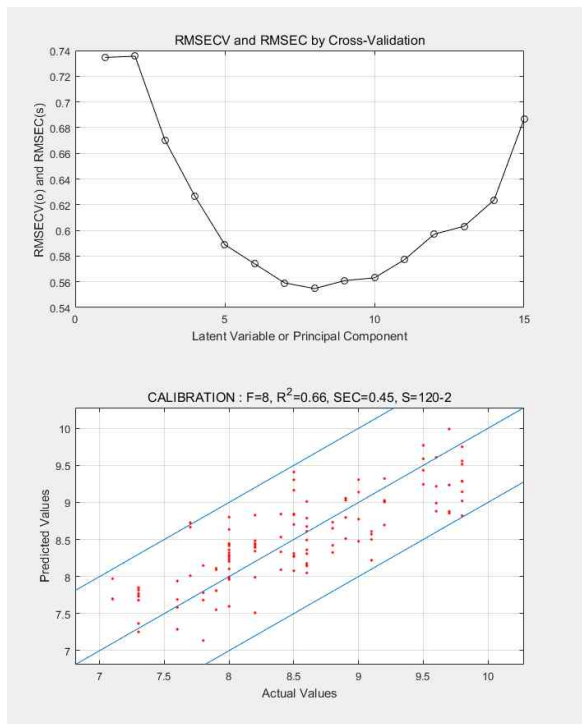
1) 휴대형 비파괴 당도 측정기 설계 및 시작품 제작

- 최종 목표인 장갑형태(글로브형)의 휴대형 비파괴 당도 측정장치를 개발하기 위해 과일의 투/수광 특성 및 조명 특성을 확인코자 시작품(그림1)을 설계, 제작함



<그림27> 글로브형 비파괴 당도측정장치 시작기

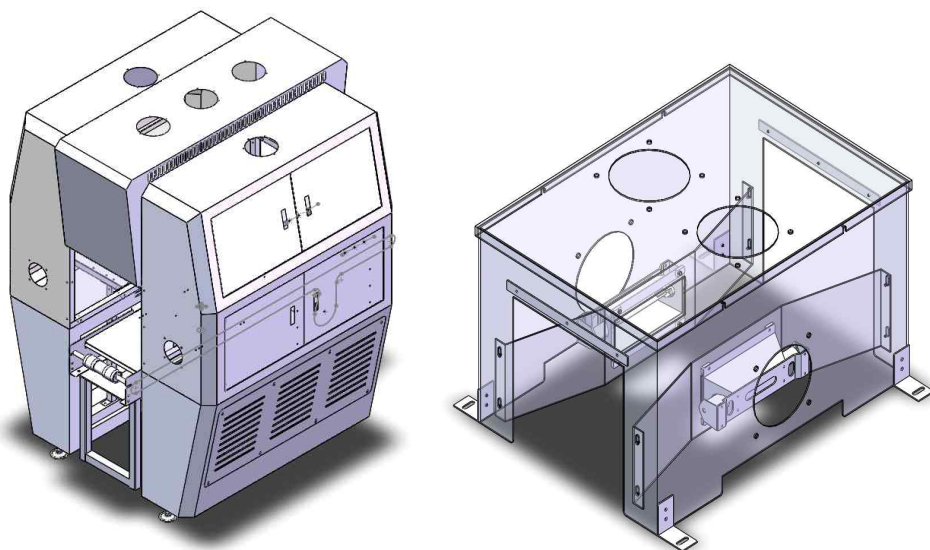
- 대상 과일의 당도 측정에 유의한 과장을 선정하기 위해 일반 할로겐 램프와 과장대별 LED 조명을 제작하여 일차적으로 감귤에 대한 당도 측정 실험을 진행함
- 초기 계획서에 감귤, 참외 등의 소형과에 대한 휴대형 비파괴 당도 측정을 하기로 계획하였으나, 1차년도 과제의 시작 시기가 늦어져 감귤에 대한 측정만 하였음
- 기타 과종들에 대한 실험은 2차년도에 지속적으로 진행할 계획임.
- 아래의 그림은 황금향 시료 30개에 대해 일반 할로겐 램프와 자체 제작한 다파장 LED 조명(700~950nm)을 이용하여 투과 스펙트럼을 측정하고, PLSR을 이용하여 개발한 당도 예측 모델임. 또한 데이터의 산란 보정을 위해 MSR 전처리를 함.
- 할로겐 램프의 경우 $R^2=0.66$, $SEC=0.45$, LED 램프의 경우 $R^2=0.67$, $SEC=0.44$ 의 결과가 나왔음. LED 램프의 경우 가시광 영역(400~700nm)과 NIR 영역(950~1400nm)의 과장대역을 추가하여 실험할 필요가 있을 것으로 판단됨.



<그림28> 당도예측 모델 (좌: 할로겐조명, 우: 다파장 LED)

2) 연속식 비파괴 당도 측정기 센서부 설계 및 시제품 제작

- 대상 과종인 포도의 연속식 비파괴 당도 측정기 개발을 위해 일차적으로 비파괴 측정기 센서부를 그림29과 같이 설계하여 시제품을 제작함



<그림29> 연속식 비파괴측정기 센서부 (좌: 외부 챔버, 우: 내부 챔버)

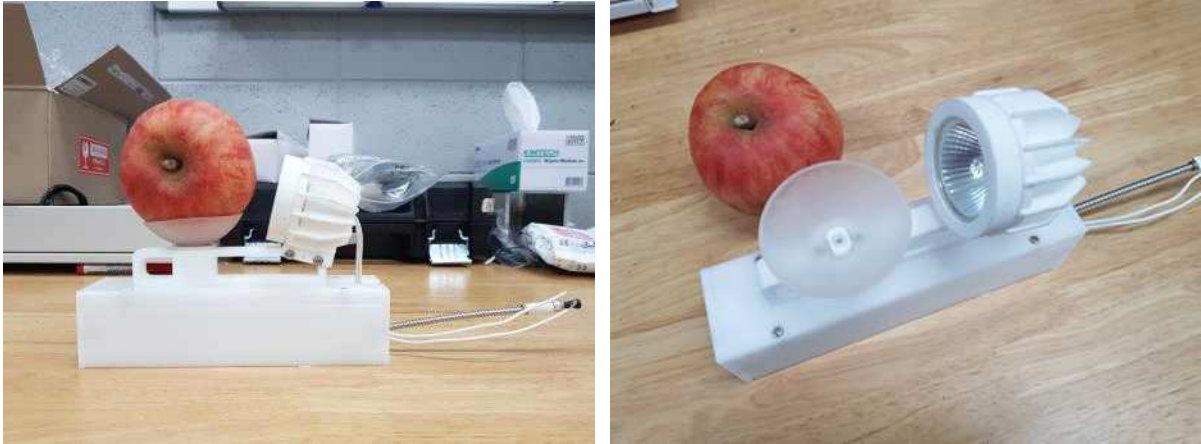


<그림30> 연속식 비파괴 측정 장치를 이용한 포도 비파괴 측정 모습

2. 비파괴 당도 측정기 개발

1) 휴대형 비파괴 당도 측정기 개발

- 1차년도에 제작한 글로브형 비파괴 당도 측정 장치 시작기로 실험한 데이터를 기반으로 1차 시제품(그림31)을 제작함. 성능 개선 및 추가 실험을 위해 휴대형 당도 측정기 하단에 탁상용 거치대를 부착하여 탁상용으로 사용이 가능하며, 거치대 분리후 램프와 과일 상치대 하단의 홈에 네 손가락을 끼우고 엄지로 과일 상단을 고정하여 측정하는 방식을 채택하였음.
- 휴대하기 편하도록 하기 위해 램프는 고출력의 직관형이 아닌 MR16 소켓 장착 타입으로 제작을 하여, 타원형 할로겐 램프와 LED 램프를 모두 적용 가능하도록 하였음. 또한 과일 상치대는 당도 측정 시 과일의 압상 및 상처를 최소화할 수 있도록 실리콘 패드를 설계하여 장착하였음.
- 또한 사용자의 안전을 위해 램프 전원부에 105W 용량의 전자식 안정기를 장착하여 전원을 공급하고 있으며, 3차년도에는 사용자의 화상 위험 및 시력보호를 위한 안전 장치를 추가로 보완할 예정임.



<그림31> 글로브형 비파괴 당도 측정기 시제품 (측정부)

- 글로브형 비파괴 당도 측정기는 휴대하기 편해야 하므로, 1차년도 시작품을 개선하여 그림32와 같이 팔목에 장착할 수 있는 형태로 설계, 제작하였음.



<그림32> 글로브형 비파괴 당도 측정기 시제품 (제어부)

- 7인치 터치형 디스플레이를 적용하였고, 소형 PC로 제어부를 구성하여 장비의 무게를 최소화하였으며, 시스템 구성 사양은 아래와 같음.

구 성	사 양
COM	라즈베리파이 3
스펙트로미터	USB Flame (제조사: Ocean Optics)
광원	50W 할로젠 램프 또는 IR LED Module
디스플레이	7인치 터치 스크린

- 조명과 시료대가 있는 측정부는 실리콘 코팅 장갑을 부착하여 사용자의 안전을 도모하고, 제어부는 팔목에 장착할 경우 팔목에 부여되는 하중을 줄이기 위해 7인치 이하의 디스플레이로 교체하여, 총 무게를 1kg 이하로 제한할 계획임.

2) 연속식 비파괴 당도 측정기 개발

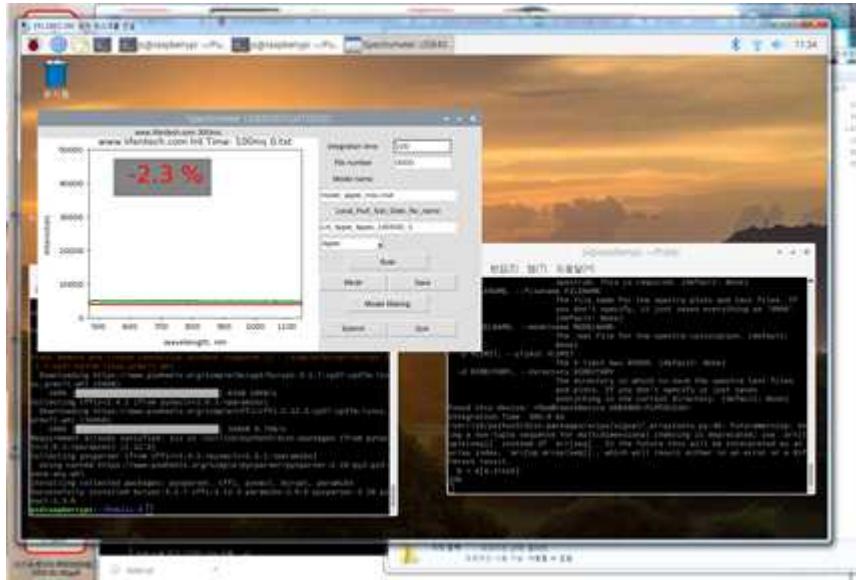
- 1차년도에 제작한 연속식 비파괴 측정기의 컨트롤러에 측정된 당도와 스펙트럼 정보를 클라우드 서버로 전송할 수 있도록 선별 프로그램을 개선하였음. 선별 작업시 선별 PC에 Raw 데이터가 실시간으로 저장이 되며, 또한 이 데이터는 데이터 전송 프로그램에 의해 클라우드 서버로 실시간으로 전송됨.



<그림33> 메인 선별프로그램

- Raw Data는 아래 표와 같이 생산자, 선별시간, 품명, 품종 등의 일반 정보와 측정된 중량, 당도, 색상 등의 품질 정보 및 스펙트럼 txt 파일, 영상 bmp 파일 등의 측정 정보의 데이터를 모두 포함하고 있음.

Raw Data	7. 데이터 번호
1. 입력시간 (txt 25)	8. 중량(g)
2. 생산자 (txt 25)	9. 당도센서 시리얼 번호
3. 생산 APC (txt 25)	10. 당도 스펙트럼 (txt 파일)
4. 장비 조번호	11. 색상센서 시리얼 번호
5. 품명 (txt 25)	12. 색상 640x480 (bmp 파일)
6. 품종 (txt 25)	13. 당도 측정값

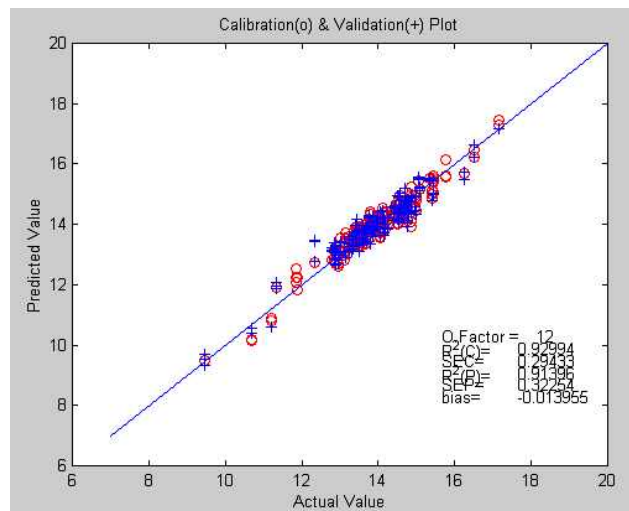


<그림34> 데이터 전송 프로그램

3. 비파괴 당도 측정 시스템 성능 시험

가. 연속식 당도 측정 시스템의 당도 모델 개발

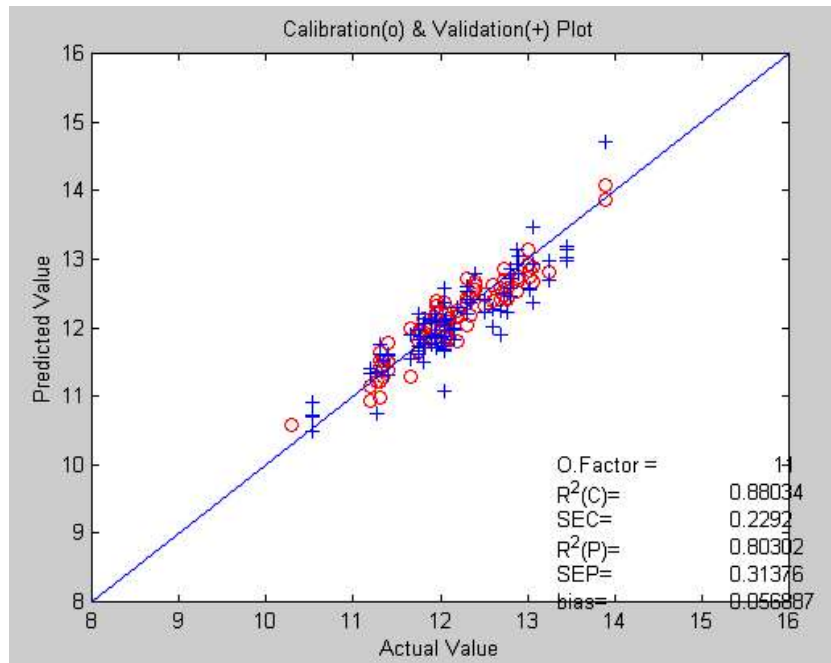
- 본 과제에서 개발한 연속식 당도 측정 시스템에서 측정된 투과 스펙트럼을 이용하여 PLSR 당도 예측 모델을 개발하였음. 이 때 주성분(factor)의 수는 RMSE를 최소로 만드는 수로 결정하였으며, 총시료를 1:1로 나누어 교차검증을 수행한 결과 (P)가 높고, SEP와 Bias가 가장 작은 모델을 당도예측모델로 선택하였음. 본 과제에서 개발한 시작품을 통해 개발된 감귤의 비파괴 당도예측모델은 다음과 같음
- 감귤은 2019년 1월부터 2020년 11월까지 제주도 3개 지역의 하우스 감귤 1500개를 시료로 하여 예측 모델을 개발하였음. 시료의 당도 범위는 10.1~16.4 Brix, 평균 13.4 Brix, 표준편차 1.0 Brix였음. 감귤을 세운 자세로 시료 접시에 올려 90° 씩 회전시키며 개당 4회 반복 측정하였음. 아래의 그림에서 보는 바와 같이 factor수 12개, (P)=0.91, SEP=0.32 Brix, Bias=-0.01 Brix로 우수한 성능을 보여주었음



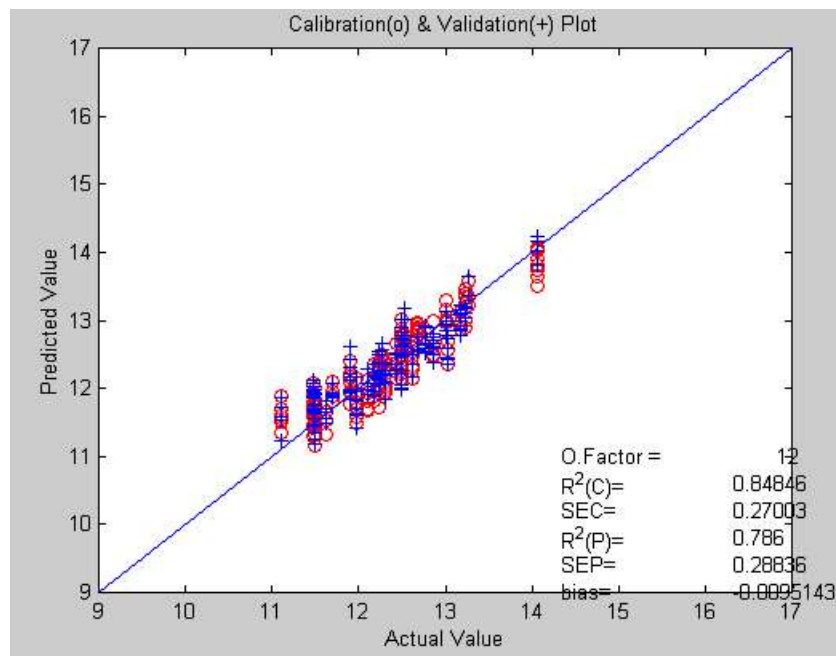
<그림35> 감귤(제주산)의 당도 예측 모델 결과

나) 통합 모델 개발의 가능성 구명

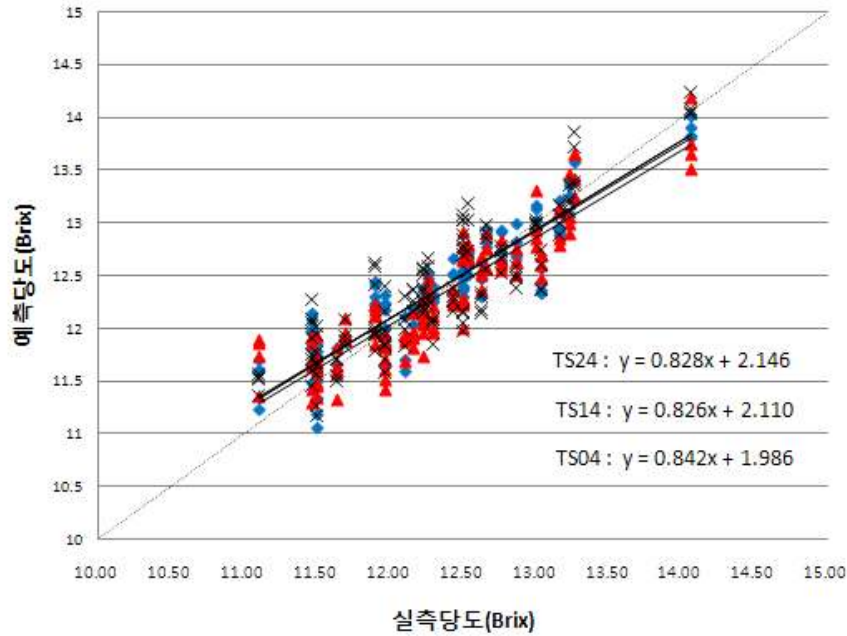
- 근적외선 분광 기술은 정밀한 광학기기를 바탕으로 미세한 신호를 분석하는 기술로서 온도나 기기(광원, 분광광도계, 전원 등) 그리고 시료 조건(품종, 재배지, 재배시기 등) 등에 변동이 생기면 당도 예측 모델의 오차가 발생하는 경향이 있음. 따라서 본 과제에서는 안정적인 예측 모델을 개발하기 위해 몇 가지 범용모델 개발의 가능성을 구명하였음
- 과일의 온도가 달라지면 과일의 광학적 특성이 달라지므로 투과 스펙트럼에 미세한 변동이 발생하고, 이로 인해 당도 예측 오차가 발생함. 따라서 이에 대한 보정을 수행해야 함. 앞에서 전술한 내용, 상온(25℃)에서 예측 모델을 개발한 후 다양한 온도의 미지 시료의 당도를 예측할 경우 상온 예측 모델을 미지시료의 온도에 맞게 보정하는 방법을 제시하였음
- 또한 본 과제에서는 당도 예측 모델을 개발할 때 다양한 온도의 시료를 포함시킴으로써 당도뿐만 아니라 투과 스펙트럼에 내재된 온도 정보까지 모델화하여 그 모델의 성능을 검증하였음. 그 결과 모델 개발 시 다양한 온도 시료를 사용한 경우, 다양한 온도의 미지 시료에 대해 우수한 예측성능을 나타내어 온도통합모델이 가능함을 알 수 있었음. 당도 예측모델을 개발한 결과, 상온 모델은 아래의 그림에서 보는 바와 같이 (P)=0.80, SEP=0.31 Brix, Bias=0.06이었고, 온도통합모델은 (P)=0.79, SEP=0.29 Brix, Bias=0.01 Brix로 큰 차이가 없었음(두 번째 그림). 반면, 두 모델을 검증 실험을 통해 비교한 결과, 상온 모델은 5℃의 낮은 온도 시료를 예측함에 있어 평균 0.8 Brix의 오차가 발생한 반면, 온도통합모델은 세 번째 그림에서 보는 바와 같이 4, 14, 24℃의 미지시료에 대해서 온도에 따른 오차는 거의 발생하지 않았음



<그림36> 상온(25°C)에서 개발된 감귤의 당도예측모델



<그림37> 감귤의 온도통합 당도 예측 모델



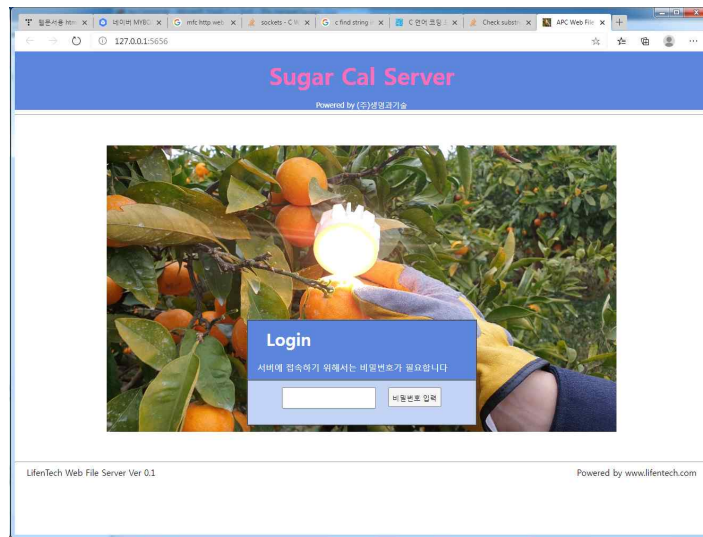
<그림38> 온도 통합 당도예측 모델의 온도에 따른 당도 예측 성능

- 비파괴 센싱 방식에 따라 투과식 휴대용 감귤류 당도측정 시작품을 제작하였으며, 감귤에 대하여 개발한 당도예측모델의 경우에는 (P)=0.90, SEP=0.49 Brix, Bias=0.05 Brix로 나타났음
- 상온에서 개발한 당도예측모델을 상온과 5℃의 미지시료에 대해 당도예측성능을 분석한 결과, 상온 시료에 대해서는 예측 성능이 우수하였으나, 5℃의 미지 시료에 대해서는 예측오차가 증가하였음. 따라서 본 과제에서는 시작품에 접시하부에 비접촉식 적외선 온도 센서를 설치하여 시료의 온도를 측정하고 상온과 다른 온도의 시료에 대해서는 온도보정을 실시하도록 하였음
- 이상에서 개발한 시작품을 이용하여 주요 과일의 PLSR 당도예측모델을 개발한 결과, 투과식에서 감귤은 factor수 12개, (P)=0.91, SEP=0.32 Brix, Bias=-0.01 Brix로 우수한 성능을 보여주었음
- 이외에 다양한 온도의 시료를 포함하여 온도에 안정적인 온도통합모델을 개발한 결과, 온도통합모델은 (P)=0.79, SEP=0.29 Brix, Bias=0.00 Brix로 나타났으며 온도의 영향을 받지 않는 것으로 나타났음

다) 휴대용 당도 측정기 시작품 제작 및 성능 평가

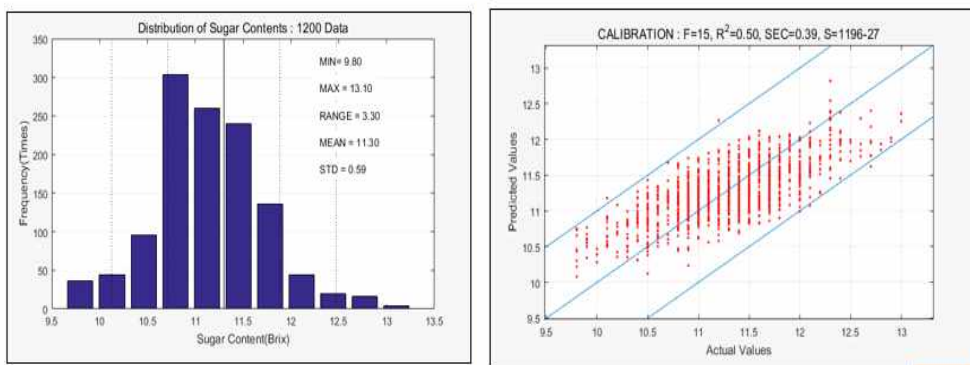


<그림39> 휴대용 당도 측정기 현장 검증 (자체 검증)



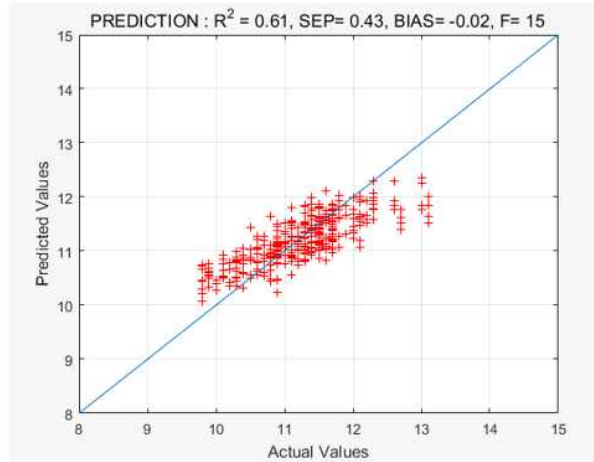
<그림40> 휴대용 당도 측정 프로그램(온라인)

○ 비파괴 센싱 방식에 따라 투과식 감귤류 당도 측정 시작품을 제작하였으며, 1200개의 감귤 데이터로 MSC 전처리후 PLSR 당도 예측 모델을 개발한 결과, 아래의 그림과 같이 factor수 15개, $R^2=0.50$, $SEC=0.39$ Brix로 나타났음



<그림41> 휴대용 당도 측정기의 PLSR 당도 예측 모델

○ 또한 위에서 개발된 모델을 이용하여 미지의 감귤 시료의 당도를 예측한 결과, $R^2=0.61$, $SEP=0.43$ Brix, $BIAS=-0.02$ 의 우수한 예측 성능을 나타내었음



<그림42> 휴대용 당도 측정기의 당도 예측 결과

제3절 클라우드 기반 비파괴 당도 측정기 운영 프로그램 고도화 기술 개발

1. 인터넷 기반 당도정보 및 생육환경정보 전송용 인터페이스 모듈 개발

□ 신규 장비 도입

- 현장에서의 온습도 측정과 로깅을 위한 스마트웨더스테이션 장비 도입



<그림43> 데이터 전송 인터페이스 장비

자료측정간격	2초~1일
입력 채널	온/습도 1채널, 아날로그 4채널, 디지털 2채널
아날로그 측정범위	0~3,000mV
아날로그 분해능	16bit
디지털 분해능	초당 255회 측정가능
사용가능온도	-40~+80℃
사용전원	AA배터리
센서전원	3V 공급
자료저장	1분 간격 91일, 10분 간격 227일
	USB port 통신
주요기능	장비내부 온도/습도 측정가능
	방진/방수케이스

○ 온습도, 일사량, 토양수분센서, 토양온도센서, 데이터로거 및 태양열 차광통으로 구성

□ 포도 농가 환경 데이터 수집

- 1차년도 타겟 작물인 포도의 당도 검량식 고도화를 위하여 포도 생육 과정의 정보를 축적하기 위하여 기존 스마트팜 구축이 진행된 화성농업기술센터 포도명품화사업단의 “포도스마트팜 시스템”과 데이터 연계 진행



<그림44> 웹서비스 연계

- 포도 스마트팜 시스템 테이블에서 본 시스템으로 웹서비스 연계 진행
- 수집데이터
 - 온도, 습도, 토양수분, 지온 데이터 수집
 - 포도 스마트팜 시스템에 수집되고 있는 50농가 중 선별기와 연계 가능한 농가를 우선하여 데이터 수집 진행

2. 클라우드 서버 구성

□ 고성능 연산용 서버 구축

- 고성능 CPU와 GPU를 이용한 고속 연산이 가능한 윈도우 기반 서버 시스템 구축



<그림45> 연산용 서버

- Intel Core i7-7700K CPU, 2개의 Nvidia Geforce GTX 1080ti GPU, 32GB 램 장착으로 연산량이 많은 딥러닝 기반 검량모델의 고속연산 가능

□ 데이터 저장 및 출력 용 소형 서버시스템 구축



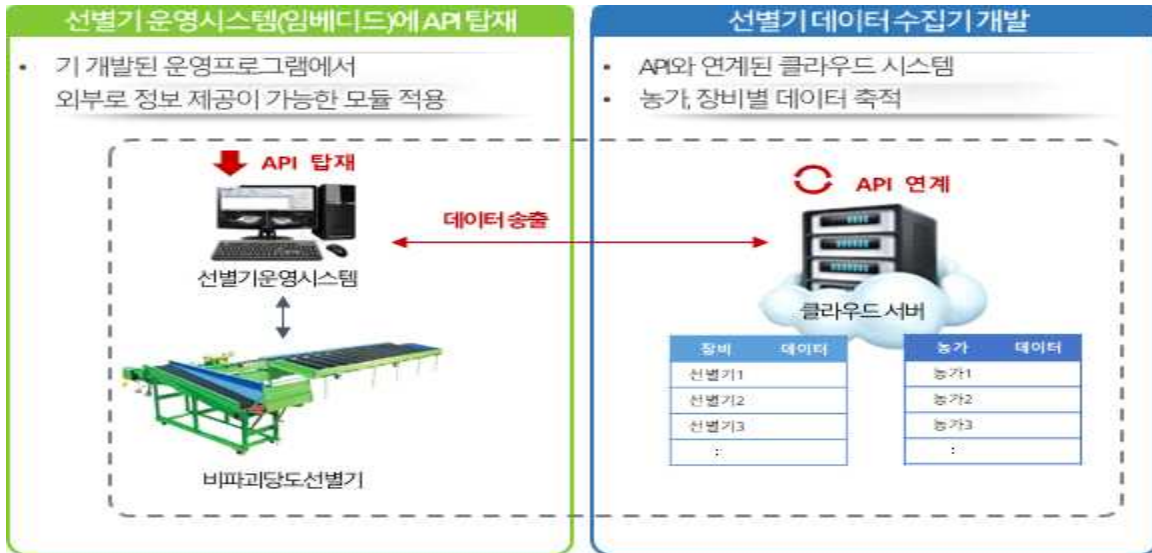
CPU	Intel Celeron J3355
시스템 메모리	2GB DDR3L
드라이브 베이	2
최대 단일 볼륨 크기	108TB

- 큰 연산을 필요로 하지 않는 데이터 저장 및 출력 용 소형 서버시스템 구축
- 듀얼 코어 프로세서와 AES-NI 하드웨어 암호화 엔진을 장착
- 초당 113MB 암호화 읽기 및 초당 112MB 암호화 쓰기 가능

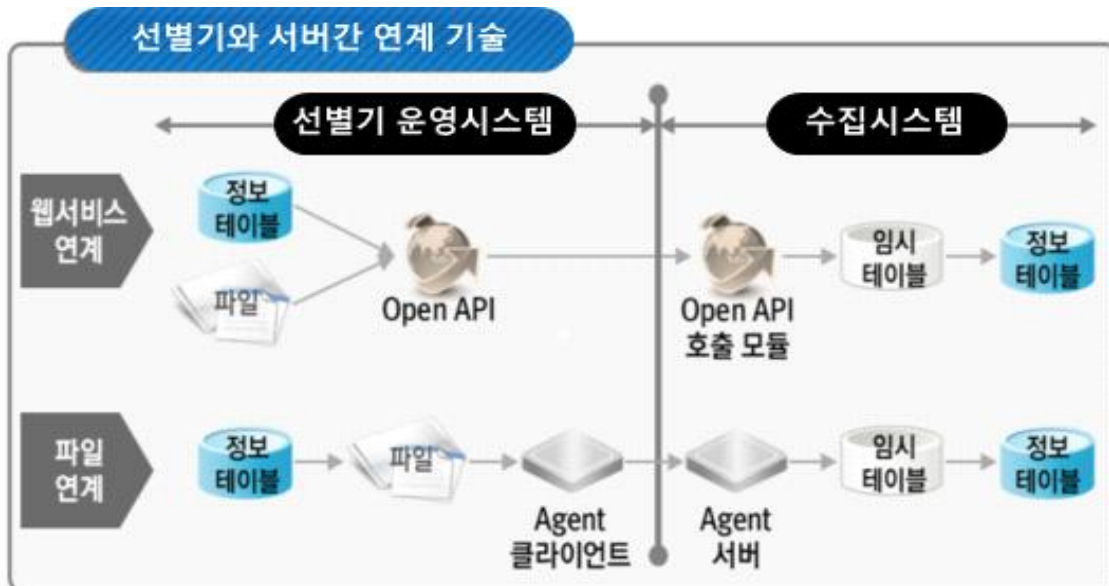
3. 클라우드 기반 생육환경 및 당도 수집 시스템 개발

□ 선별기와 서버간 통신 API 개발

- 생명과기술의 비파괴당도선별기에 탑재된 선별기운영시스템 내에 데이터 송출을 위한 API 탑재
- 수집정보
 - 장비정보, 측정일시, 농가정보, 송이별 무게, 송이별 당도
 - 자동배치 방식으로 연계



- API 개발



- 선별기 운영시스템에 Agent 클라이언트를 설치하여 데이터 수집

□ 수집데이터 모니터링 시스템 개발

- 환경정보 수집 모듈

- 농가별 온도, 습도, 토양수분, 지온 데이터의 축적
 - 화성스마트팜 시스템과 웹서비스 연계를 통해 데이터 수집
- 축적된 데이터의 모니터링을 위한 화면 개발

시간	농가	농장	구배	기온	상대습도	토양온도	토양수분
2018-11-27 19:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	7.48	82.52	8.10	85.11
2018-11-27 18:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	8.55	87.66	8.10	85.59
2018-11-27 17:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	11.57	94.18	8.04	86.11
2018-11-27 16:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	13.40	89.28	8.90	86.58
2018-11-27 15:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	14.28	89.85	8.78	86.85
2018-11-27 14:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	13.84	83.47	8.45	86.87
2018-11-27 13:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	13.51	80.45	8.29	86.62
2018-11-27 12:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	11.35	82.24	8.05	86.25
2018-11-27 11:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	9.20	88.38	7.99	85.48
2018-11-27 10:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	7.44	92.86	7.90	85.06
2018-11-27 09:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	5.57	97.42	7.90	84.43
2018-11-27 08:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	3.26	100.00	7.90	83.98
2018-11-27 07:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	3.20	100.00	7.92	84.00
2018-11-27 06:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	3.59	100.00	7.92	84.00
2018-11-27 05:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	3.44	100.00	7.89	83.87
2018-11-27 04:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	1.52	100.00	8.00	83.82
2018-11-27 03:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	1.35	100.00	8.09	83.69
2018-11-27 02:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	1.48	100.00	8.18	83.70
2018-11-27 01:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	1.51	100.00	8.30	83.74
2018-11-28 23:00	김영식	김영식_농가	김영식_농가	2.31	100.00	8.48	83.95

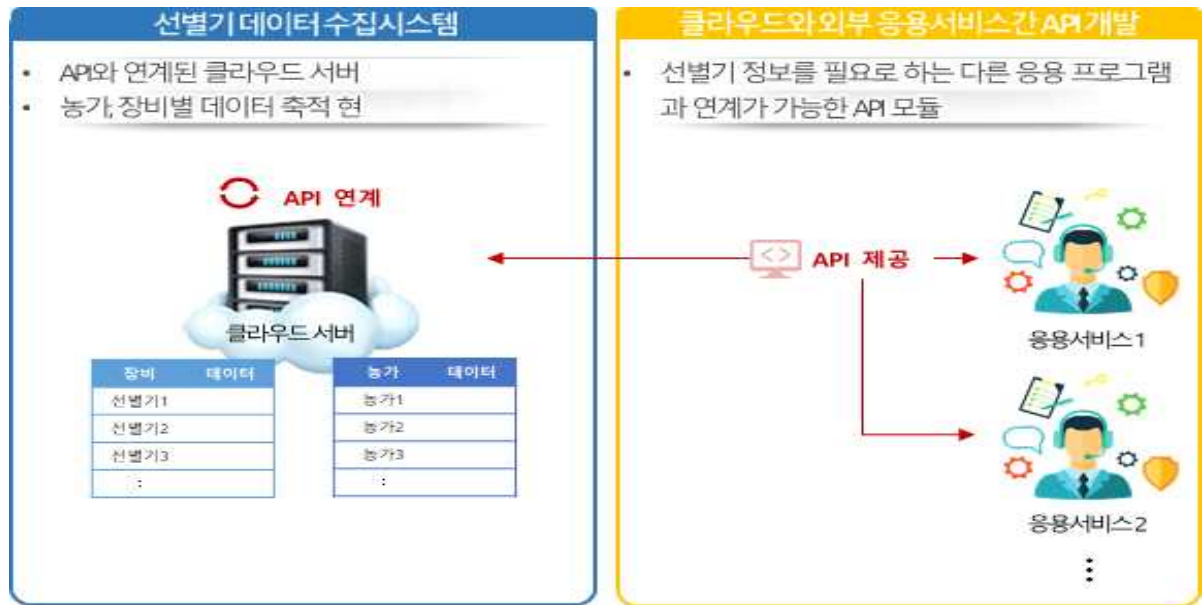
- 당도정보 수집 모듈

- 생명과기술 당도선별기 운영시스템에 설치된 API로부터 데이터 수집
- 장비정보, 측정일시, 농가정보, 송이별 무게, 송이별 당도

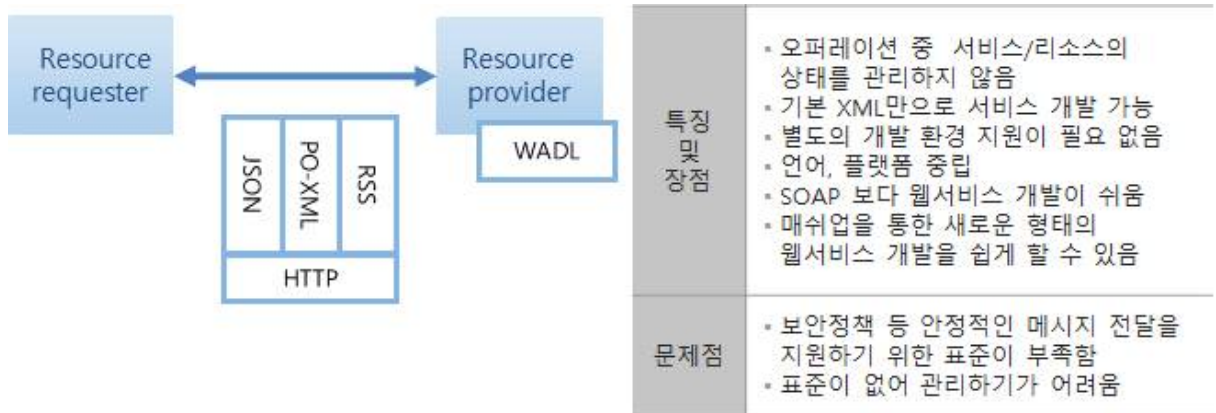
작업농가	배상	배출구	작업시작일자	작업종료일자	마지막 작업일시
김준형	중대	12	2018-06-27 23:57:22		
김준형	중대	13	2018-06-27 23:57:22		
김준형	중대	12	2018-06-27 23:57:22		
김준형	중대	12	2018-06-27 23:57:22		
김준형	중대	12	2018-06-27 23:57:22		
김준형	중대	12	2018-06-27 23:57:22		
김준형	중대	13	2018-06-27 23:57:22		
김준형	중대	13	2018-06-27 23:57:22		
김준형	중대	12	2018-06-27 23:57:22		
김준형	중대	13	2018-06-27 23:57:22		
김준형	중대	8	2018-06-27 23:57:22		
김준형	중대	13	2018-06-27 23:57:22		
김준형	중대	7	2018-06-27 23:57:22		
김준형	중대	12	2018-06-27 23:57:22		
김준형	중대	5	2018-06-27 23:57:22		
김준형	중대	5	2018-06-27 23:57:22		
김준형	중대	5	2018-06-27 23:57:22		
김준형	중대	12	2018-06-27 23:57:22		
김준형	중대	5	2018-06-27 23:57:22		
김준형	중대	12	2018-06-27 23:57:22		

□ 클라우드와 외부응용서비스간 API 개발

- 생명과기술 등 선별기제조업체로부터 산출되는 선별정보가 필요한 외부 시스템에 데이터를 제공하기 위한 모듈 개발
 - 1차년도에는 테스트 수준에서 API를 개발하였고, 3차년도에 실제 연계가능한 외부서비스가 구체화되면 그에 맞게 체계적으로 개발이 필요



- Open API 서비스 중 RESTful 방식을 적용하여 연계시스템 구축



○ XML로 제공되는 정보

- 장비정보, 측정일시, 농가정보, 송이별 무게, 송이별 당도

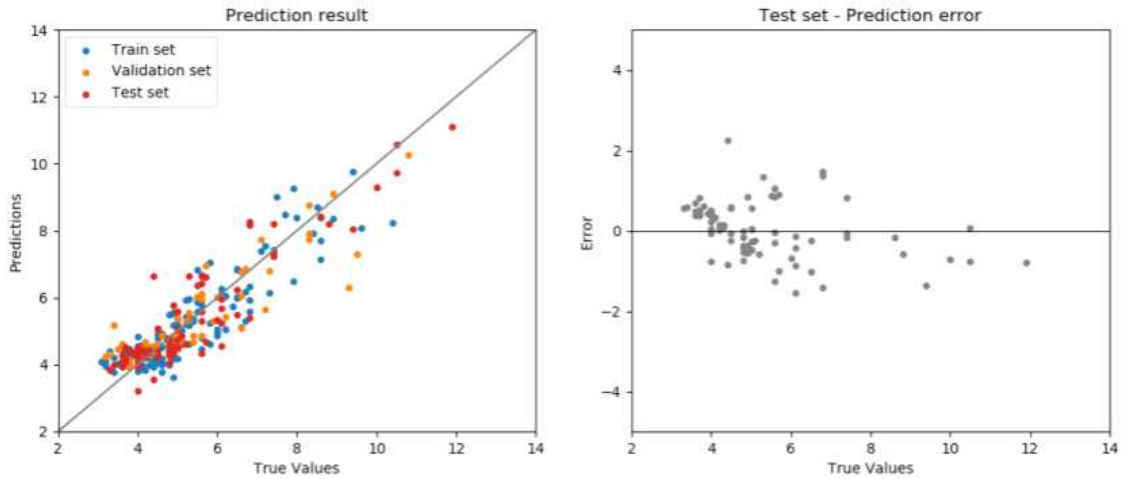
○ 1차년도에는 openAPI 개방 시 이를 관리할 프로세스는 개발하지 않고 XML 모듈만 적용하였음

4. 최적 검량식 생성 및 갱신용 네트워크 소프트웨어 개발

□ 참외

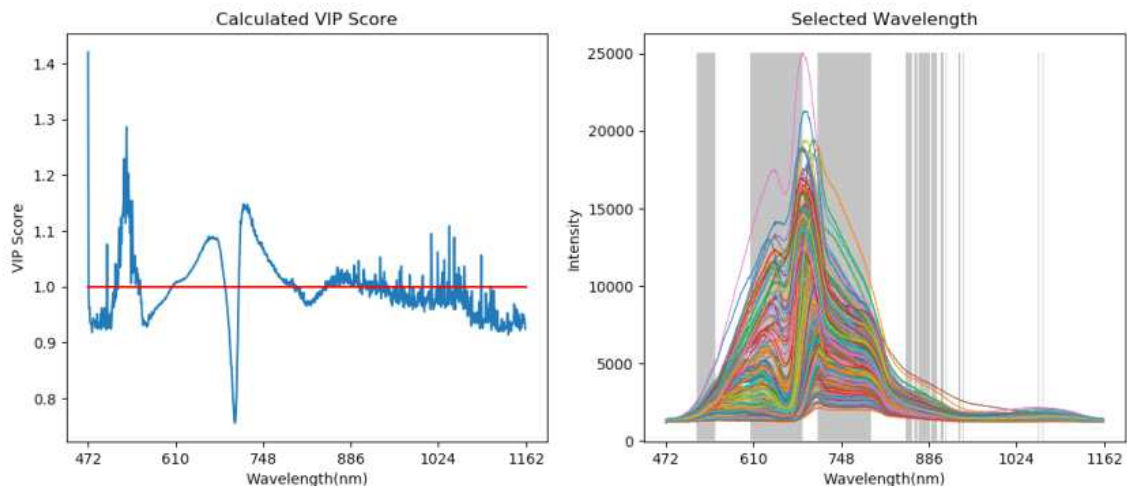
- 당해 과제 목표 과실인 참외와 포도에 대해 생명과기술이 개발한 비파괴 측정장치를 활용하여 Vis-NIR 스펙트럼을 측정하였음
- 모델링 시 기준값으로 사용할 당도 정보는 굴절 당도계로 측정하였음
- 참외는 300 샘플이 측정되었고, 포도는 세부 품종별로 캠벨 86 샘플, 거봉 97 샘플, 샤인머스켓 165 샘플의 데이터가 취득되었음
- 스펙트럼 데이터는 당도의 분포 비율을 고려하여 Calibration set (약 60%), Validation set (약 20%), Test set (약 20%)으로 나누어 검량식 개발 및 검증에 활용함

- 첫 모델링 실험으로, 가장 보편적으로 사용되고 있는 PLSR을 기반으로 다양한 전처리 방식(MSC, SNV, Savitzky-Golay 1, 2, MinMax Normalization, Robust Normalization)을 도입한 알고리즘을 시도함
- 실험 결과 MinMax Normalization을 사용한 PLSR 모델의 성능이 가장 좋았으며, 굴절 당도계로 측정된 실 당도 값과 비교하였을 때 R^2 는 0.84, RMSEP는 0.71을 기록함

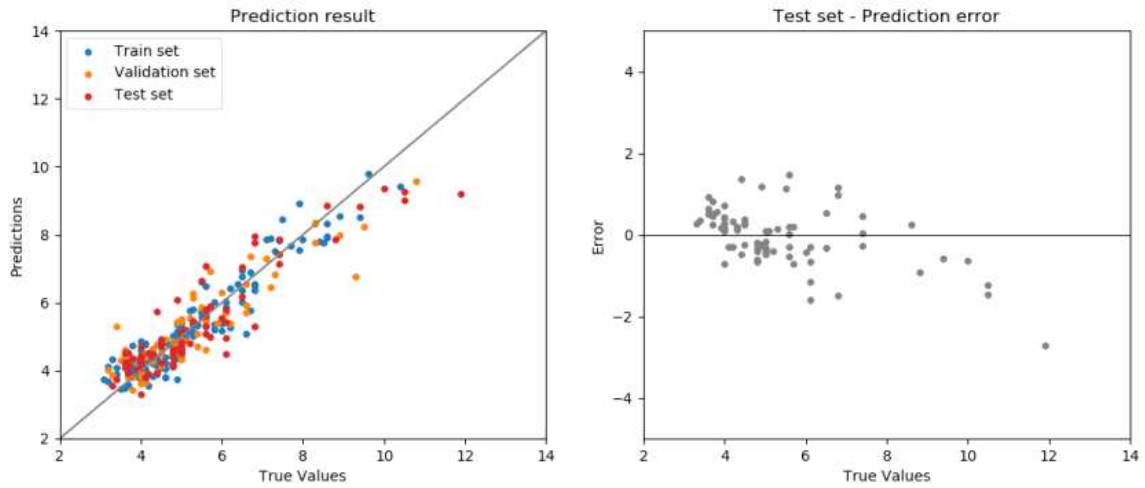


<그림> 전처리로 MinMax Normalization을 활용한 참외 PLSR 모델 결과

- 다음으로, PLSR 모델에서 사용하는 파장의 수는 줄이면서 동시에 성능은 유지하거나 더 향상시키기 위해 VIP (Variable Importance in Projection) 파장선택법을 적용함
- 마찬가지로 기존의 7가지 전처리 방식에 대해 모두 검량식을 만들어보았으며, 그 결과 SNV를 사용한 모델이 875개의 파장 중 377개만을 사용하여 R^2 는 0.84, RMSEP는 0.71의 가장 좋은 결과를 보여줌
- VIP를 사용해 선택된 파장은 아래 [그림 11]에 나타나 있으며, 이때 VIP score threshold로는 1.0을 사용함



<그림> VIP 파장선택법에 의해 사용된 파장 영역(음영)



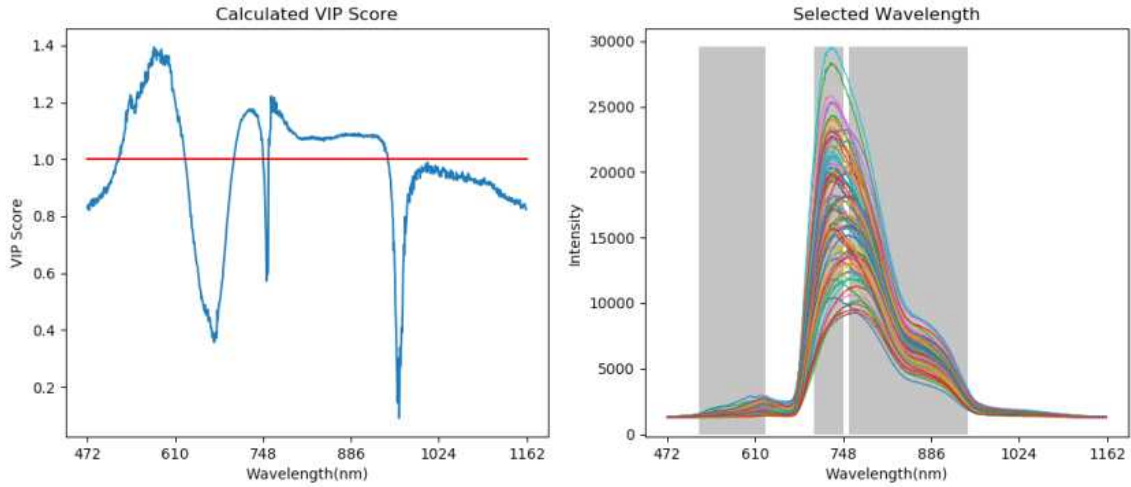
<그림> 전처리로 SNV을 활용한 참외 VIP-PLSR 모델 결과

□ 포도 (캠벨)

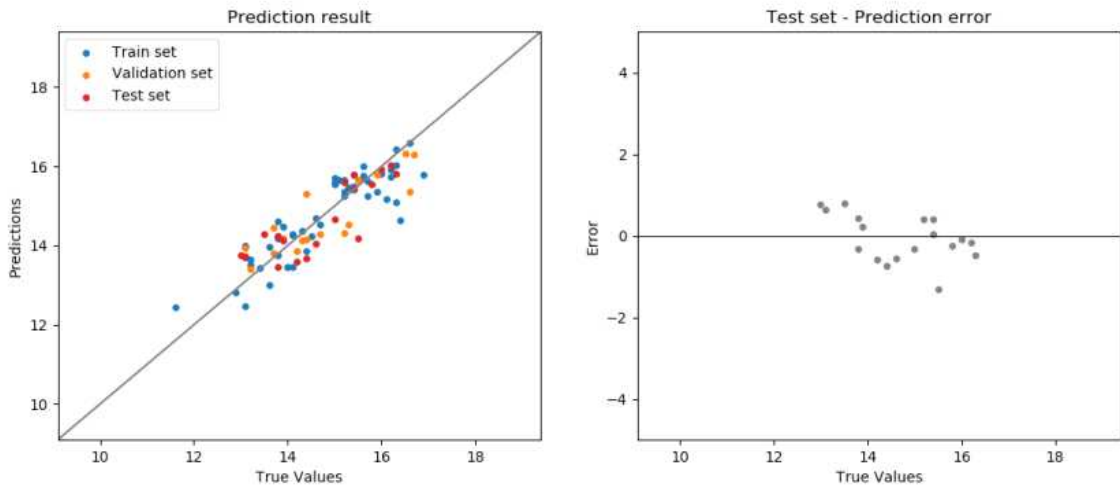
- 참외와 같은 방식으로 캠벨에 대해서도 실험한 결과, MSC 전처리 방법을 사용한 VIP-PLSR 모델이 가장 좋은 결과를 보여주었으며, 자세한 알고리즘별 모델링 결과는 아래 표 1과 같음

표 알고리즘별 캠벨 당도 예측 성능 실험 결과

Main Model	Best Pre-process	Calibration		Validation		Test		RMKS
		R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	
PLSR	MSC	0.80	0.53	0.74	0.57	0.66	0.60	LV (3)
VIP-PLSR	MSC	0.78	0.55	0.73	0.58	0.71	0.56	LV (2)
VIP-ANN	Raw	0.76	0.58	0.44	0.84	0.50	0.73	LV (5)
PCA-ANN	MSC	0.70	0.65	0.37	0.90	0.47	0.75	PC (15)
1D-CNN	Raw	0.60	0.75	0.60	0.71	0.62	0.64	-



<그림> VIP 과장선택법으로 선택된 과장 영역(음영)



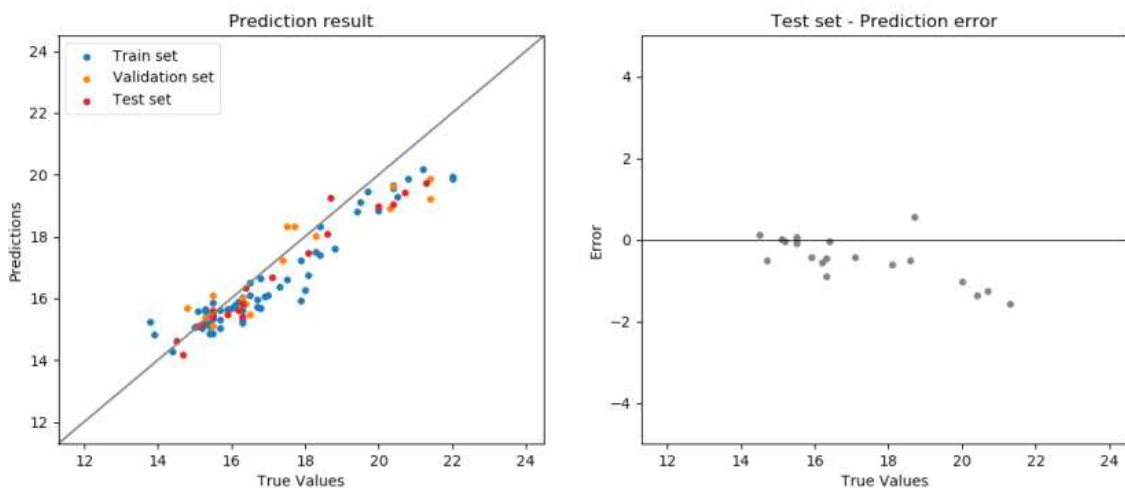
<그림> 전처리로 MSC를 사용한 캠벨 VIP-PLSR 모델 결과

□ 포도 (거봉)

- 거봉의 경우 SNV 전처리를 활용한 PCA-ANN 방식이 가장 좋은 결과를 보여주었는데, 이때 R^2 는 0.89, RMSEP는 0.7을 기록하였음. 거봉의 알고리즘별 모델링 결과는 표 2와 같음

포 알고리즘별 거봉 당도 예측 성능 실험 결과

Main Model	Best Pre-process	Calibration		Validation		Test		RMKS
		R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	
PLSR	MSC	0.72	1.07	0.91	0.61	0.80	0.95	LV (6)
VIP-PLSR	SNV	0.64	1.23	0.90	0.65	0.82	0.89	LV (3)
VIP-ANN	SNV	0.60	1.28	0.62	1.29	0.78	0.98	LV (3)
PCA-ANN	SNV	0.82	0.85	0.84	0.83	0.89	0.70	PC (15)
1D-CNN	MInMax	0.85	0.78	0.45	1.54	0.88	0.74	-



<그림> SNV 전처리를 적용한 거봉 PCA-ANN 모델 결과

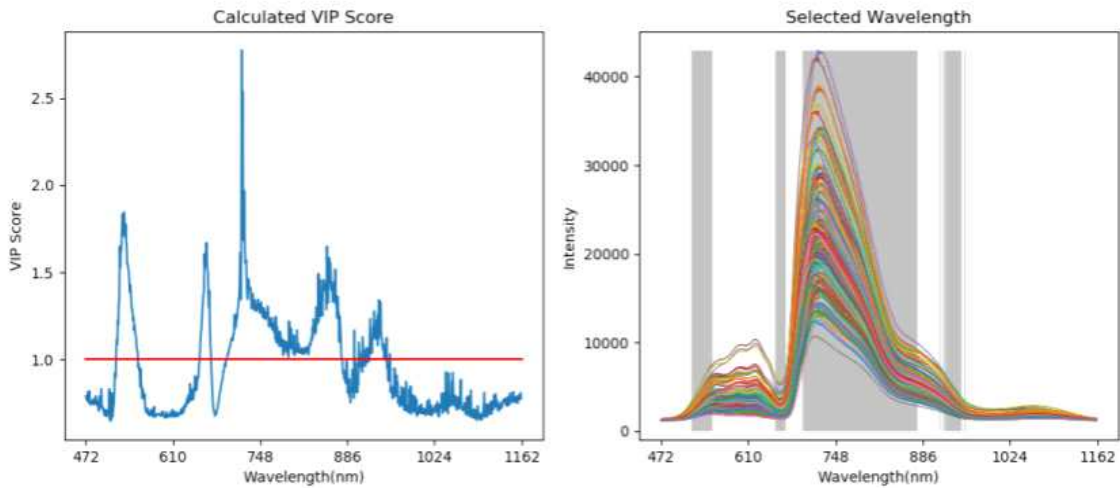
□ 포도 (샤인 머스켓)

- 샤인 머스켓은 MSC 전처리를 활용한 VIP-PLSR 방식이 가장 좋은 결과를 보여주었으나, 다른 품종의 모델들에 비하여 상대적으로 성능이 떨어지는 것으로 보임. 샤인 머스켓의 결과는 표 3과 같음

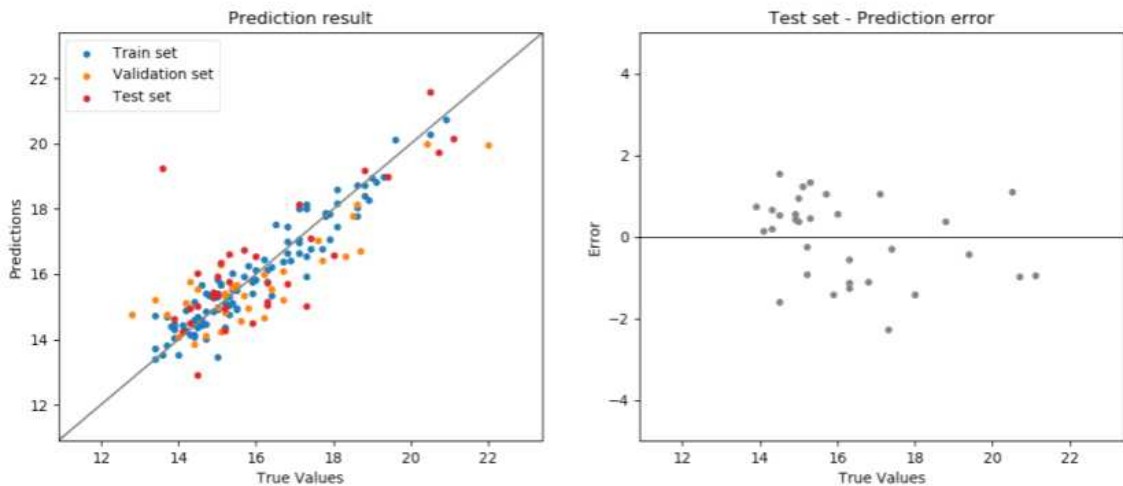
포 알고리즘별 샤인 머스켓 당도 예측 성능 실험 결과

Main Model	Best Pre-process	Calibration		Validation		Test		RMKS
		R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	
PLSR	MSC	0.95	0.41	0.77	0.97	0.48	1.43	LV (10)
VIP-PLSR	MSC	0.91	0.53	0.72	1.06	0.51	1.39	LV (9)
VIP-ANN	SNV	0.51	1.21	0.44	1.49	0.37	1.58	LV (9)
PCA-ANN	SNV	0.58	1.13	0.40	1.55	0.38	1.57	PC (15)
1D-CNN	MInMax	0.48	1.26	0.34	1.63	0.21	1.77	-

- 포도의 당도 예측 모델들을 비교해보면, 캠벨이 제일 작은 RMSEP 값을 보여주고 있으나 R²는 거봉에 비해 낮은 편임
- RMSE 값은 대상 품종이 기본적으로 분포하는 당도 범위에 영향을 받을 수 있으므로, 서로 다른 품종 간의 모델 성능을 비교할 때는 R²의 중요성이 상대적으로 더 높다고 생각됨
- 따라서, 실질적으로는 SNV 전처리를 활용한 거봉의 PCA-ANN 모델이 가장 신뢰도가 높다고 판단됨
- 반면, 샤인 머스켓 품종은 알고리즘이 전체적으로 모두 성능이 좋지 않은 것으로 보아 데이터 측정 단계부터의 개선이 필요해 보임



<그림> VIP 과장선택법으로 선택된 과장 영역(음영)



<그림> 전처리로 MSC를 사용한 샤인 머스켓의 VIP-PLSR 모델 결과

□ 통합 당도모델 (포도 : 캠벨, 거봉, 샤인 머스켓)

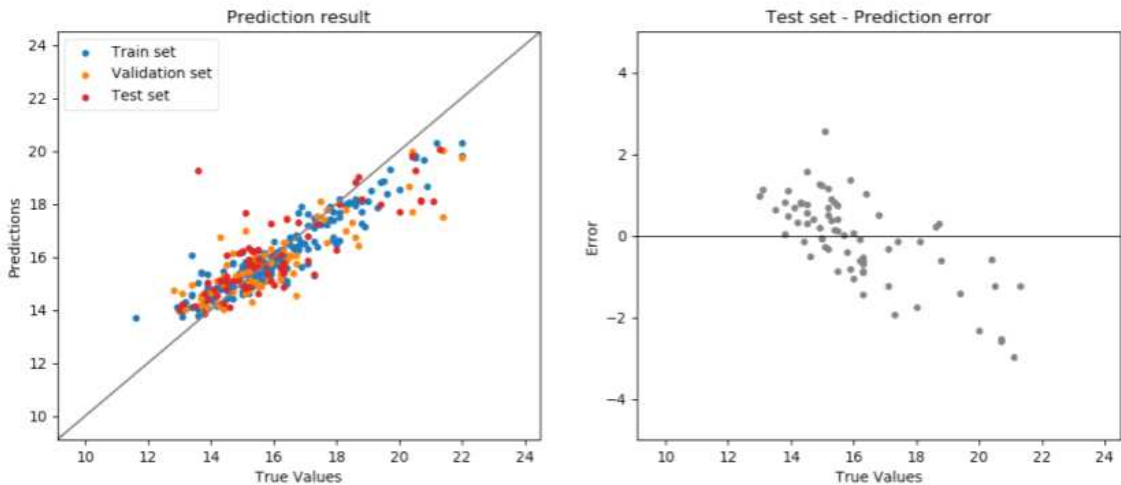
- 캠벨과 거봉 그리고 샤인머스켓 3품종에 대해 한 번에 적용할 수 있는 품종 통합 당도 모델의 실

험 결과는 아래 표 4와 같음

표 알고리즘별 품종 통합 당도 모델 (포도) 실험 결과

Main Model	Best Pre-process	Calibration		Validation		Test		RMKS
		R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	
PLSR	Robust	0.94	0.48	0.74	1.05	0.61	1.27	LV (16)
VIP-PLSR	Robust	0.87	0.69	0.71	1.10	0.60	1.29	LV (14)
VIP-ANN	Robust	0.80	0.84	0.65	1.21	0.55	1.36	LV (14)
PCA-ANN	Raw	0.84	0.75	0.70	1.12	0.62	1.24	PC (15)
1D-CNN	SNV	0.57	1.25	0.52	1.42	0.48	1.46	-

- 앞선 단일 품종들에 대한 실험과 동일하게 PLSR, VIP-PLSR, VIP-ANN, PCA-ANN, 1D-CNN 알고리즘을 바탕으로 6가지 전처리 방식을 적용해 비교해본 결과 PCA-ANN 기반 모델이 가장 좋은 성능을 보여줌



<그림> PCA-ANN 기반 품종 통합 당도 모델 실험 결과

5. 빅데이터를 이용한 인공지능 기반 최적 검량식 모델 개발

□ 참외

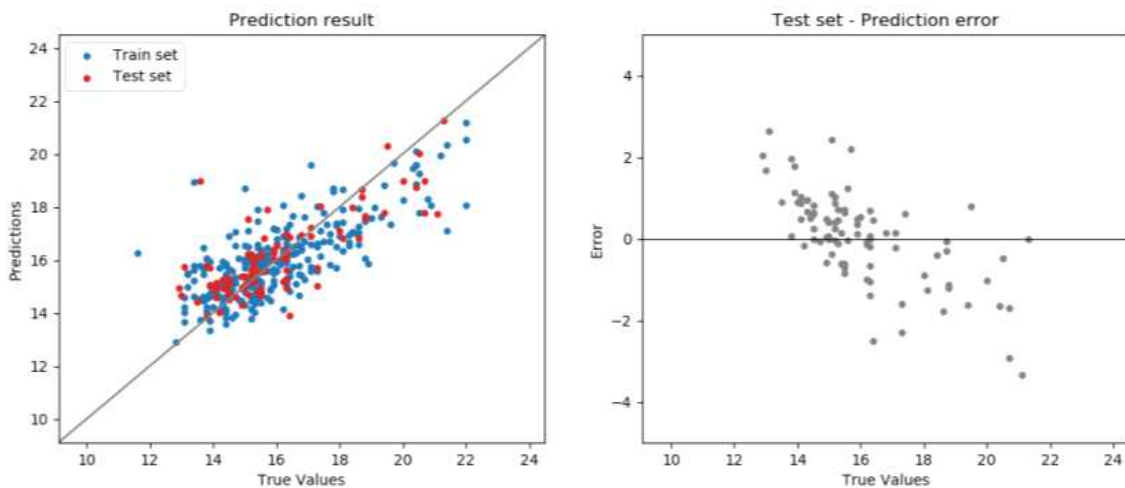
- 동일한 참외 데이터를 바탕으로 인공지능 알고리즘도 실험되었는데, Robust Normalization으로 전처리를 한 후 주성분 분석 (PCA)으로 차원을 축소된 모델이 R²는 0.74, RMSEP 0.91로 가장 좋은 결과를 보여줌
- 또한, 최근 분광분석 분야에서 두각을 나타내고 있는 1D-CNN을 활용한 알고리즘도 시도되었으며, 이때 만들어진 검량식은 MSC로 전처리하였을 때 R²는 0.78, RMSEP는 0.84로 가장 좋은 결과를 보여줌
- 결론적으로, 참외에 대한 당도 예측 알고리즘은 PLSR 및 VIP-PLSR이 가장 작은 RMSEP를 기록 하였으며 신경망을 바탕으로 한 모델은 추가적인 최적화가 필요한 것으로 판단됨

□ 통합 당도모델 (캠벨, 거봉, 샤인머스켓)

- 머신러닝 알고리즘의 일종인 Stacking Ensemble 기법을 적용해 보았으며, 그 결과는 아래 표 5, 그림 19와 같음
- Sub-model로는 머신러닝 분야에서 자주 사용되는 KNN, RandomForest, SVR 등에 추가로 Linear Regression 계열 알고리즘인 Ridge, Lasso, ElasticNet을 포함 함
- 일반적인 voting 방식이 아니라 Meta-model로 Lasso 선형 회귀를 사용해 각 결과물의 중요도를 반영할 수 있게 함
- 회귀 결과는 PCA-ANN과 같은 정확도를 보여주고 있으나 산점도를 비교해보면 PCA-ANN 모델 쪽이 더 밀집된 경향이 있음
- 캠벨이나 거봉에 비하여 통합 모델의 RMSEP가 상당히 큰 편인데, 이는 샤인 머스켓의 영향이 크다고 생각됨
- 샤인 머스켓 실험에서도 발견된 Outlier 샘플이 품종 통합 당도 모델에서도 비슷한 경향을 보이고 있음
- 따라서 해당 Outlier를 통계적으로 제외할 수 있다면 두 모델 모두 결과가 향상될 것으로 기대됨

표 Stacking Ensemble을 활용한 품종 통합 당도 모델 결과

Sub-Model	Ridge	Lasso	ElasticNet	KNN	RandomForest	SVR
5CV RMSE Avg.	2.30	2.73	2.73	3.15	2.99	1.96
Meta-Model	Lasso					
Test	R ²	0.61	RMSE	1.24		



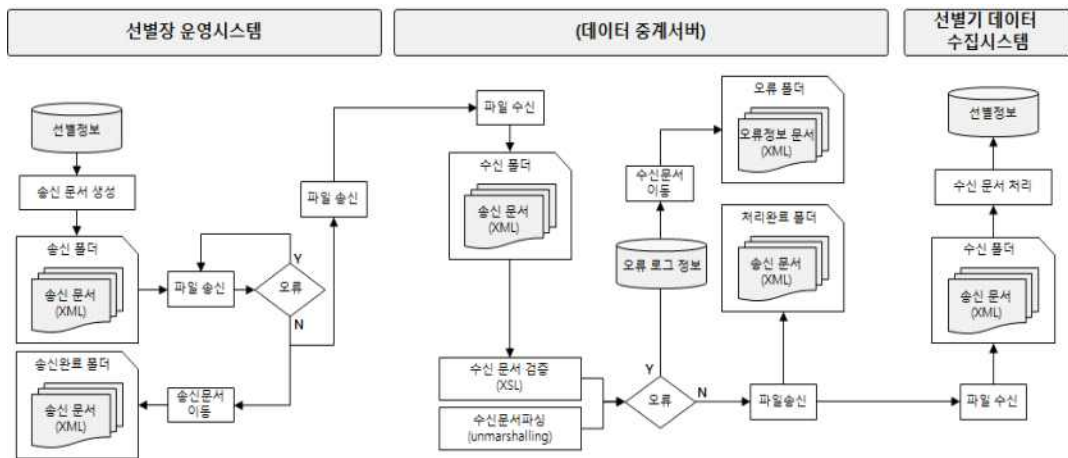
<그림> Stacking Ensemble을 활용한 품종 통합 당도 모델 결과

6. 클라우드 기반 당도정보 수집기 운영프로그램 및 빅데이터 운영프로그램 개발

□ 선별기와 서버 간 정보연계를 위한 API 적용 및 고도화

- 휴대용 측정기와 수집시스템 간 측정정보를 연계함

- 휴대용 측정기에서 당도측정 후 측정정보를 수집시스템에 전송
- 휴대용 측정기에서 검량식 목록을 수집시스템에 요청 → 수집시스템에서 검량식 목록을 휴대용 측정에 전송
- 휴대용 측정기에서 사용할 검량식을 수집시스템에 요청 → 수집시스템에서 사용할 검량식을 휴대용 측정기에 전송
- 선별기 운영시스템과 수집시스템 간 선별정보 연계를 위해 각각의 시스템 연계 Agent를 설치하여 송/수신 할 수 있는 Agent 및 중계서버 개발
- 선별장 운영시스템에 선별정보(파일)를 송신할 수 있는 송신용 Agent 개발
- 선별정보 파일에 대한 대상 시스템 연계 및 파일 정합성 검증을 위한 중계시스템 개발
- 중계시스템에서 파일 수신 및 수신한 파일을 파싱하여 데이터베이스에 적재하는 수신용 Agent 개발



<그림> 선별기 운영시스템과 선별기 데이터 수집시스템 구성도

□ 클라우드와 외부 응용서비스간 통신을 위한 API 고도화

- 선별기 제조업체로부터 산출되는 선별정보를 필요로 하는 외부 시스템에 데이터를 제공하기 위한 모듈 고도화
- 1, 2차년도에 서비스 등록 및 서비스 요청에 대한 응답의 API를 개발함 (그림 21 중 1번, 4번, 5번 서비스 개발 완료)
- 3차 년도에 전체 관리 프로세스 및 이용현황 모니터링 서비스 개발예정 (그림 21 중 2번, 3번 서

비스 개발 및 전체 프로세스 동기화 진행 중)

- 1. 서비스 등록 : 선별기데이터 수집시스템에서 제공하는 API 목록 등록
- 2. 서비스 조회/신청 : 정보를 사용하고자 하는 사용자가 시스템에서 제공하는 정보목록 조회 및 실제 서비스를 받고자 하는 서비스 신청
- 3. 서비스이용 승인 : 운영자가 서비스 사용에 대한 이용승인 후 서비스키 발급
- 4. 서비스 요청 : 발급된 서비스키를 이용하여 정보요청
- 5. 서비스 응답 : 요청한 서비스에 대한 정보 제공



<그림> 클라우드와 외부 응용서비스간 통신을 위한 API 구성도

7. Firmware 버전 관리 프로그램 개발

□ 클라우드 기반 당도측정기 검량식 운영모듈 버전관리 기능 개발

- 선별기 또는 당도측정기에서 사용할 수 있는 검량식에 대해 클라우드 서버에서 해당 검량식을 분류별로 관리할 수 있는 서비스화면 개발



<그림> 개발된 서비스 화면 (I)

- 트리 형태의 분류체계 관리로 정보의 가독성 향상
- 대/중/소 3단계의 분류체계를 통해 검량식을 관리
- 대/중 분류는 분류정보만 관리

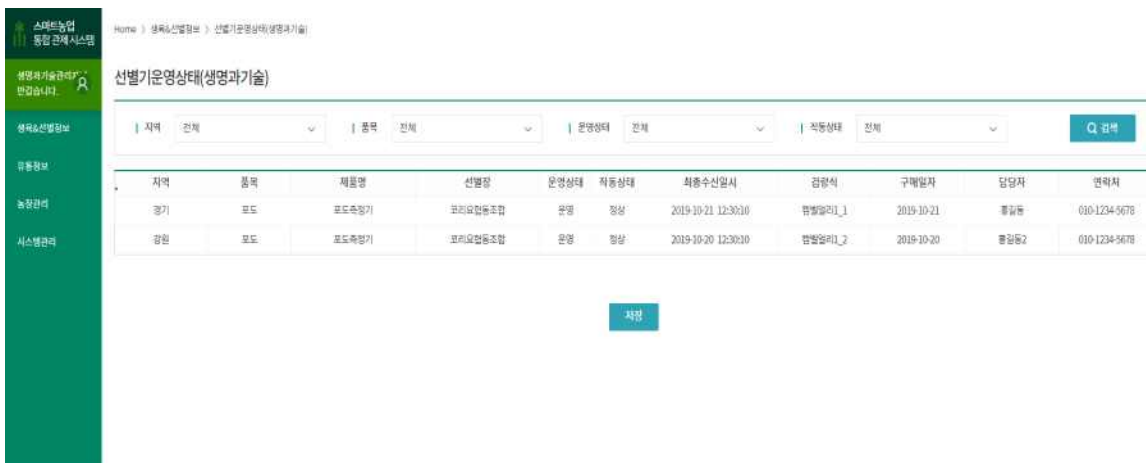


<그림> 개발된 서비스 화면 (II)

- 소분류에서 상세분류 및 실제 사용할 검량식 정보를 관리
- 검량식코드, 검량식명, 검량식, 검량식설명 등에 대한 정보관리

8. 장비 사후관리 및 운영상태 모니터링 기술 개발

- 농가에 보급된 당도측정기 개체별 운영상태 모니터링, 오작동 탐지기능 탑재
- **[선별기 운영상태 모니터링]** 선별장에 설치된 설치정보 및 선별기에 대한 현재의 운영 상태를 모니터링 할 수 있는 서비스화면 개발



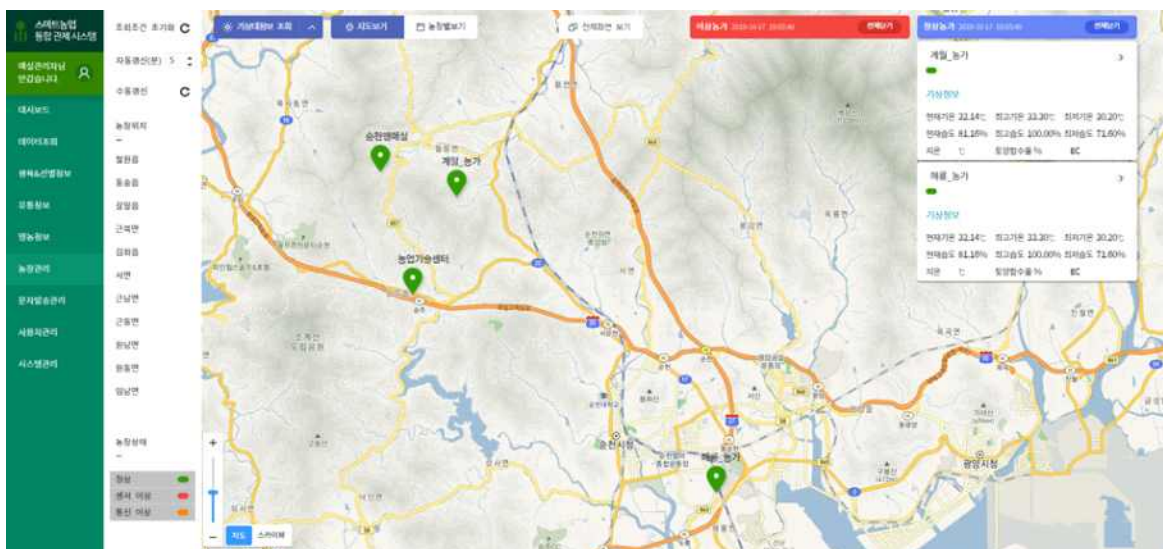
<그림> 개발된 서비스 화면 (선별기 운영상태 모니터링)

- 지역, 품목, 운영상태(전체/운영/비운영), 작동상태(전체/정상/비정상)를 조회조건으로 사용자가 원하는 정보를 선별하여 조회
- 정보 조회 시 운영상태, 작동상태, 최종데이터수신일, 담당자정보를 함께 조회하여 문제가 발생한 선별장에 대한 즉각적인 조치 가능
- **[휴대용 측정기 운영상태 모니터링]** 휴대용 측정기에 대한 구매정보 및 측정기에 대한 현재의 운영상태를 모니터링 할 수 있는 서비스화면 개발



<그림> 개발된 서비스 화면 (휴대용 측정기 운영상태 모니터링)

- 지역, 품목, 구매자, 운영상태(전체/운영/비운영), 작동상태(전체/정상/비정상)를 조회조건으로 사용자가 원하는 정보를 선별하여 조회
- 정보 조회 시 운영상태, 작동상태, 최종데이터수신일, 담당자정보를 함께 조회하여 문제가 발생한 선별장에 대한 즉각적인 조치 가능
- 전국에 보급된 당도측정기의 운영상태를 파악할 수 있어 사후 관리가 용이
- 시스템에 연결된 선별장의 위치 및 현재의 운영상태를 지도상에서 표현
- 선별장의 운영상태에 따라 정상/비정상을 구분하여 표시



<그림> 개발된 서비스 화면 (선별장의 위치 및 현재의 운영상태 지도서비스)

9. 휴대용 당도측정기 데이터 연계

□ 과실 비대기의 당도·속도 정보와 출하시 당도정보의 연계

- 농장별 과실 당도·속도의 이력관리가 가능해짐
- **[휴대용 측정기 측정정보 연계 및 모니터링]** 휴대용 측정기를 통해 측정된 측정정보를 조회할 수 있는 휴대용 측정기 측정정보 모니터링 서비스화면 개발

농가명	품목	측정일	당도 (Brix)	기타1	기타2	제품명	검량식
김강남	망발일라	2019-10-21	18.2	-	-	휴대측정기	망발일라_1
김동현	망발일라	2019-10-21	15.8	-	-	휴대측정기	망발일라_1
김동환	망발일라	2019-10-21	16.2	-	-	휴대측정기	망발일라_1
김만석	망발일라	2019-10-21	16	-	-	휴대측정기	망발일라_1
김상준	망발일라	2019-10-21	15.9	-	-	휴대측정기	망발일라_1
김성철	망발일라	2019-10-21	16	-	-	휴대측정기	망발일라_1
김영준	망발일라	2019-10-21	16.2	-	-	휴대측정기	망발일라_1
김봉근	망발일라	2019-10-21	16.4	-	-	휴대측정기	망발일라_1
김일재	망발일라	2019-10-21	16.1	-	-	휴대측정기	망발일라_1
고선일	망발일라	2019-10-21	16.4	-	-	휴대측정기	망발일라_1
고용석	망발일라	2019-10-21	15.9	-	-	휴대측정기	망발일라_1

<그림> 개발된 서비스 화면 (휴대용 측정기 측정정보 연계 및 모니터링)

- 시작일자, 종료일자, 농가명, 제품명을 조회조건으로 사용자가 원하는 정보를 선별하여 조회
- 정보 조회 시 농가명, 품목, 측정일, 당도, 제품명, 검량식 정보를 조회
- **[선별기 선별정보 연계 및 모니터링]** 선별장에 설치된 생명과기술의 선별기에서 수집된 선별정보를 조회할 수 있는 선별정보 모니터링 서비스화면 개발

농가명	품목	측정일	당도 (Brix)	총량 (g)	배율구 (배-구)	선별장	검량식
김강남	망발일라	2019-10-21	16.1	426.2	6	프리오일동조합	망발일라_1
김동현	망발일라	2019-10-21	16.9	425.7	4	프리오일동조합	망발일라_1
김동환	망발일라	2019-10-21	16.6	465.1	1	프리오일동조합	망발일라_1
김만석	망발일라	2019-10-21	16.2	416.5	7	프리오일동조합	망발일라_1
김상준	망발일라	2019-10-21	16.9	457.4	6	프리오일동조합	망발일라_1
김성철	망발일라	2019-10-21	16.7	433.8	6	프리오일동조합	망발일라_1
김영준	망발일라	2019-10-21	16.2	413.3	9	프리오일동조합	망발일라_1
김봉근	망발일라	2019-10-21	16.8	426.7	1	프리오일동조합	망발일라_1
김일재	망발일라	2019-10-21	16.2	451.7	9	프리오일동조합	망발일라_1
고선일	망발일라	2019-10-21	16.2	475.7	1	프리오일동조합	망발일라_1
고용석	망발일라	2019-10-21	16.5	472.8	3	프리오일동조합	망발일라_1

<그림> 개발된 서비스 화면 (선별기 선별정보 연계 및 모니터링)

- 시작일자, 종료일자, 농가명, 선별장을 조회조건으로 사용자가 원하는 정보를 선별하여

조회

- 정보 조회 시 농가명, 품목, 측정일, 당도, 중량, 배출구, 선별장, 검량식 정보를 조회

10. 농산물산지유통센터 (APC) 관리시스템 연계형 응용서비스

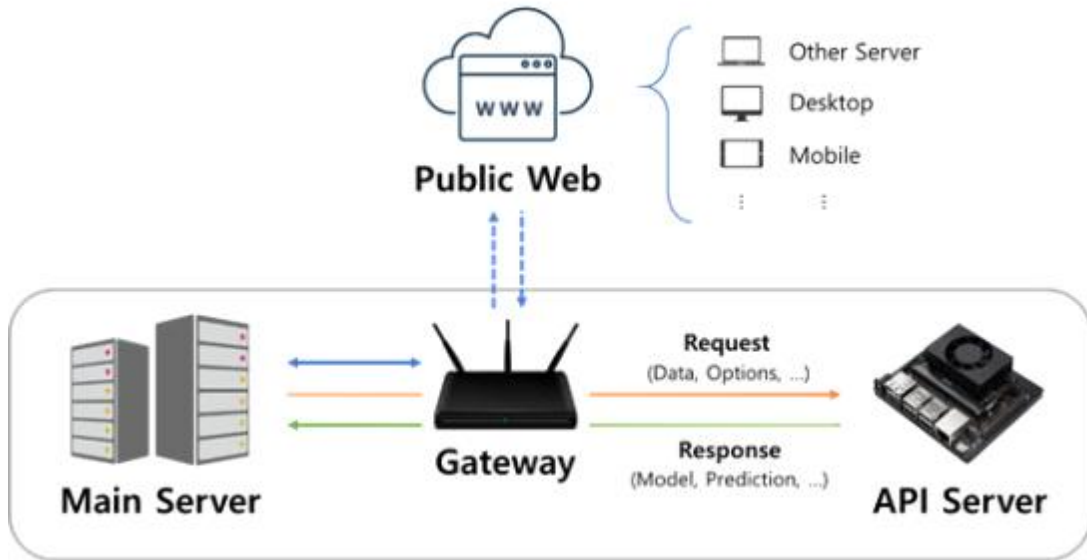
□ 과일 당도 비파괴 측정모델 생성 및 공유를 위한 플랫폼 개발

- 오늘날 대부분의 당도 비파괴 측정모델은 측정 지역, 과일, 혹은 품종에 국한적으로 적용되는 형태로 이용되고 있음
- 이러한 형태는 과일의 종류나 품종이 변경될 경우, 혹은 출하 시기마다 기술자가 파견되어 해당 측정모델을 갱신해야 한다는 한계가 존재함
- 따라서, 이러한 시간적, 인력적 번거로움을 해소하고 산지에서 직접 최적의 모델을 학습 및 갱신하기 위한 방안으로 본 플랫폼을 개발함
- 이 플랫폼을 통해 현장에서 수집되는 근적외선 스펙트럼 신호를 원격으로 수집 저장할 수 있으며, 이 데이터를 바탕으로 과일의 당도를 비파괴적으로 측정할 수 있는 최적의 예측 모델을 학습할 수 있음
- 최대한 다양한 환경에 대응하기 위하여 웹 표준 기술 중 하나인 HTTP 기반 API로 작동하며, 전체 시스템 구동환경은 container(Docker)를 기반으로 하기 때문에 손쉬운 설치 및 업그레이드가 가능함
- 추가적으로 Nvidia의 CUDA, cuDNN, Google의 Tensorflow 등의 라이브러리를 사용하여 모델 학습을 위한 GPU 연산도 지원하며, Celery 및 rabbitMQ 라이브러리의 활용으로 비동기식 학습도 지원함
- 실제 활용시에는 아래 Nvidia의 Jetson AGX와 같이 적절한 연산력을 갖춘 독립형 임베디드 시스템에 탑재하여 배포할 수도 있음



<그림> API 서버 프로그램이 내장된 독립형 임베디드 시스템

- APC 혹은 운영 업체에 이미 별도의 서버가 존재하는 경우, 아래와 같이 상호작용하는 형태로 구성하는 것도 가능함



<그림> API서버와 메인서버 또는 Public Web 간의 상호작용 개략도

- 임베디드 시스템 내부에서 이용되고 있는 API 서버 프로그램의 주요 기능과 작동에 대한 flow chart는 아래와 같음

[1] 로그인 및 API 용 TOKEN 발급

- 기본 내장된 Django admin 웹 페이지를 활용하여 사용자 생성, 삭제 등을 관리할 수 있음
- 생성된 사용자 정보 (ID 및 PW) 인증 후, API 사용을 위한 TOKEN 발급

[2] 학습 데이터 및 옵션 저장

- 학습용 데이터의 서버 다이렉트 업로드 지원 (CSV 파일 형식)
- 학습용 모델 알고리즘 6종 선택 (PLSR, VIP-PLSR, Full-ANN, PCA-ANN, PLS-ANN, 1d-CNN) 기능

[3] 학습 시작 및 상태 확인

- 학습 상태 조회 후 STATUS가 0이면 비동기로 학습 시작
- STATUS가 1이면 학습 중으로 응답
- 학습이 완료되면 STATUS가 2로 변경되며 학습 결과를 반환

[4] 테스트 결과 출력

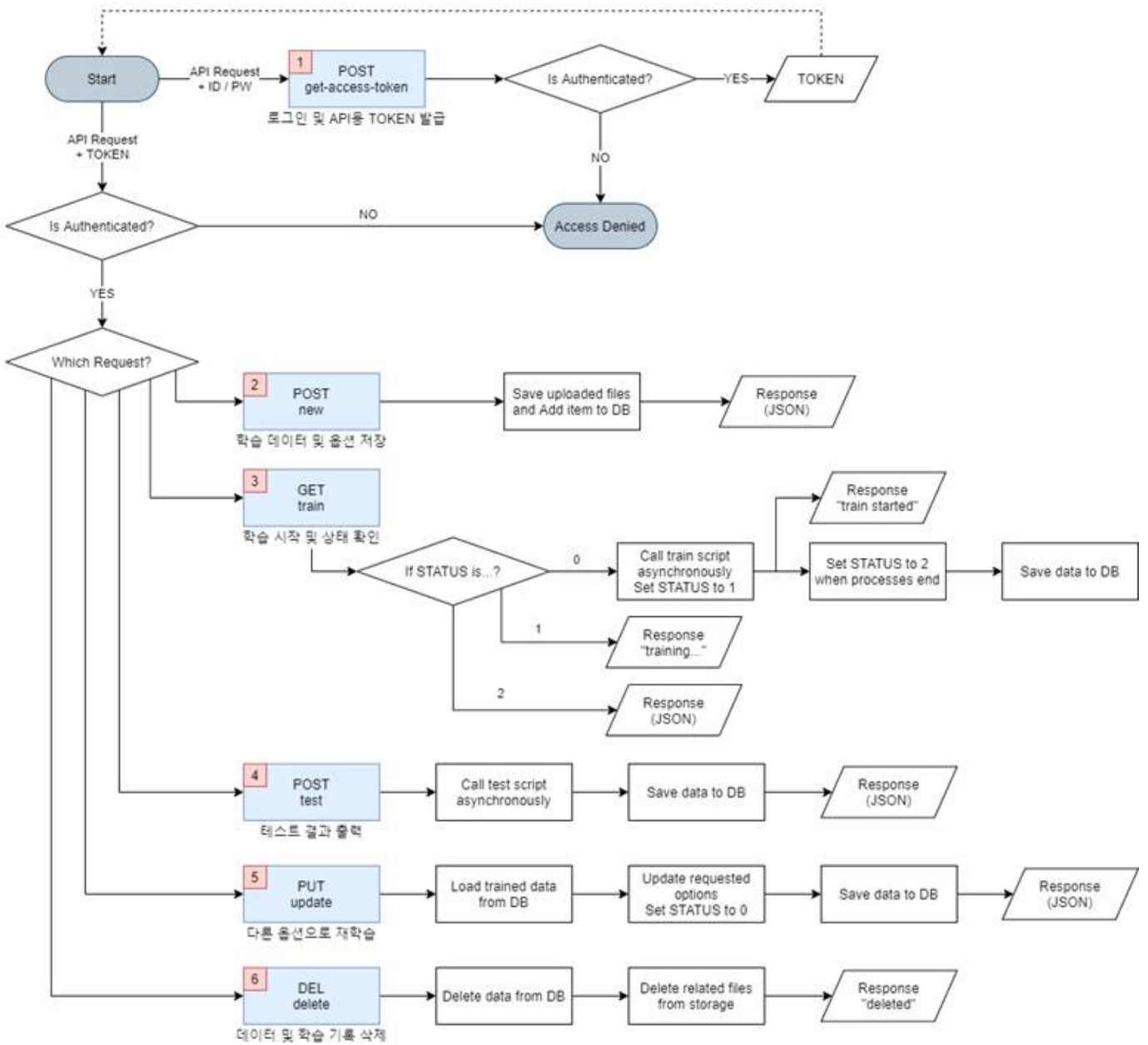
- 테스트용 데이터의 서버 다이렉트 업로드 지원 (CSV 파일 형식)
- 지정된 모델로 테스트용 데이터 당도 예측 후 반환

[5] 다른 옵션으로 재학습

- 다른 학습 모델 알고리즘을 적용하여 재학습 지시 가능

[6] 데이터 및 학습 기록 삭제

- 완료된 학습 기록 및 업로드 데이터 삭제 지원 (API 방식 외에 Django admin 웹 페이지에서도 관리 가능)



<그림> API 서버 프로그램의 주요기능 및 흐름 개략도

- 위의 내용을 바탕으로 본 플랫폼에 대한 저작권 등록이 완료되었으며, 관련 절차에 따라 기술이전이 진행되었음

11. 현장 적용 시험 후 보완 및 개선

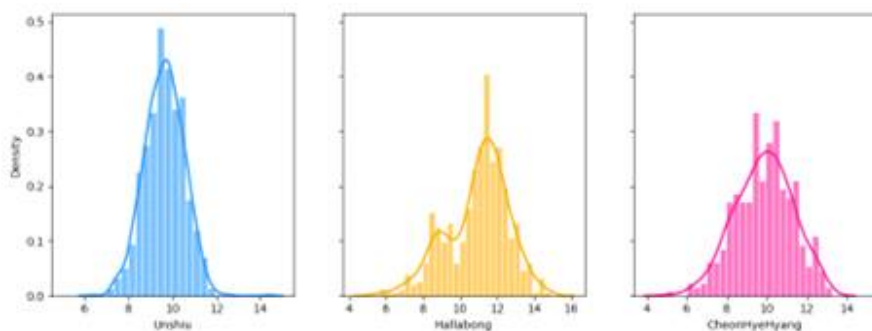
□ 감귤류 3품종 추가 실험 및 모델 보완

- 측정 대상 품종으로는 국내 대표적인 감귤류인 조생 온주 밀감, 한라봉, 천혜향을 사용하였으며, 순서대로 1341, 389, 457 샘플을 활용하였음
- 강건한 모델을 학습시키기 위해 당도가 낮은 미숙과부터 충분히 성숙한 개체까지 고루 사용함



<그림> 실험에 사용된 조생 온주 밀감 샘플 예시

- 실험은 생명과학기술에서 개발한 소형 비파괴당도측정기를 사용하였으며 472nm부터 1156nm까지 Vis-NIR 영역의 스펙트럼 신호를 기록하였음
- 모든 샘플은 분광 신호 측정 후, 과피를 벗긴 뒤 착즙기를 사용해 과육을 취득하였고 굴절당도계를 사용하여 당도 값을 측정하였음



<그림> 세 품종의 당도 분포 비교

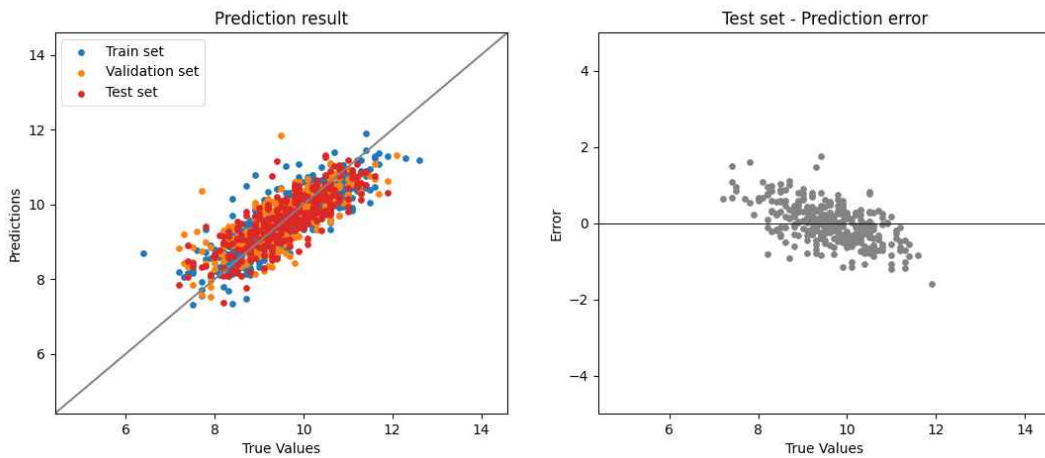
- 세 품종에 대한 파피식 당도측정 결과 한라봉(평균 10.95; 분산 2.70), 천혜향(평균 9.86; 분산 2.08), 온주 밀감(평균 9.62; 분산 0.80) 순으로 평균 당도 값이 높게 관찰되었음

- 당도 검량식을 학습하기 위한 데이터로는 전체 스펙트럼 데이터를 Calibration(50%), Validation(25%), Test(25%)로 랜덤하게 나누어 사용하였으며, 비교를 위해 모든 알고리즘에 동일한 데이터를 사용하였음

- 조생 온주 밀감에 대한 모델 학습 결과

○ PLS

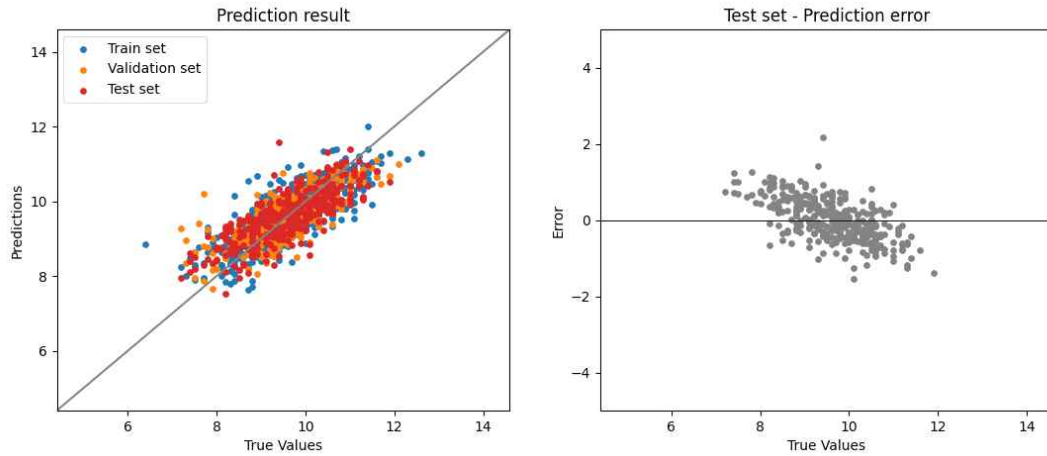
- 전처리 11번을 적용하였을 때 가장 좋은 결과를 기록하였으며, 이때 LV는 14를 기록하였음
- 세 데이터 셋에 대한 RMSE 및 R^2 값은 순서대로 Calibration(0.49; 0.7), Validation(0.57; 0.61), Test(0.51; 0.65)를 기록함



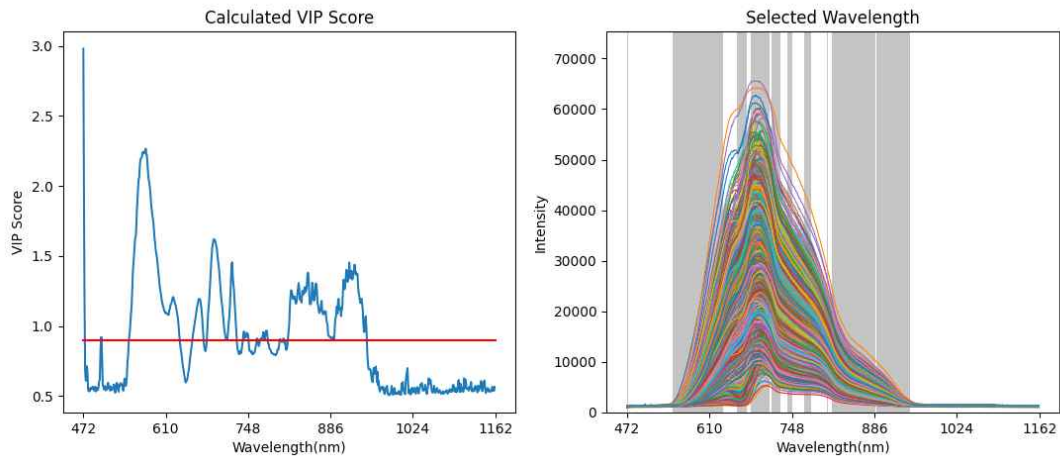
<그림> 조생 온주 밀감에 대한 최적 PLS 모델의 당도 예측 결과

○ VIP-PLS

- 파장선택법으로 VIP를 적용한 경우 전처리 11번을 적용하였을 때 가장 좋은 결과가 나타났으며, 이때 LV의 값은 12를 기록하였음
- 모델 학습을 통해 축소된 전체 700파장 중 파장 선택법을 통해 320개의 파장이 선택되었음
- 세 데이터 셋에 대한 RMSE 및 R^2 값은 순서대로 Calibration(0.54; 0.63), Validation(0.56; 0.62), Test(0.55; 0.61)를 기록함



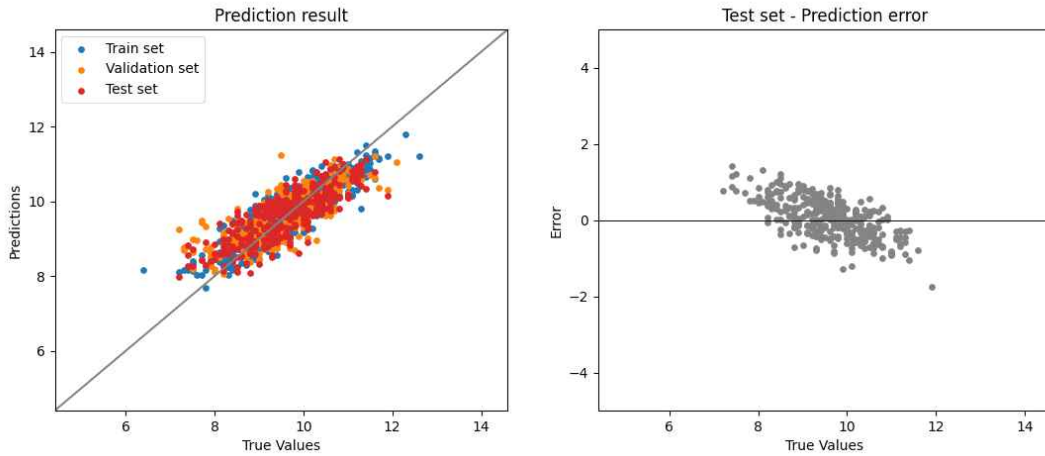
<그림> 조생 온주 밀감에 대한 최적 VIP-PLS 모델의 당도 예측 결과



<그림> VIP 파장선택법에 따른 주요파장 표시

○ FULL-ANN

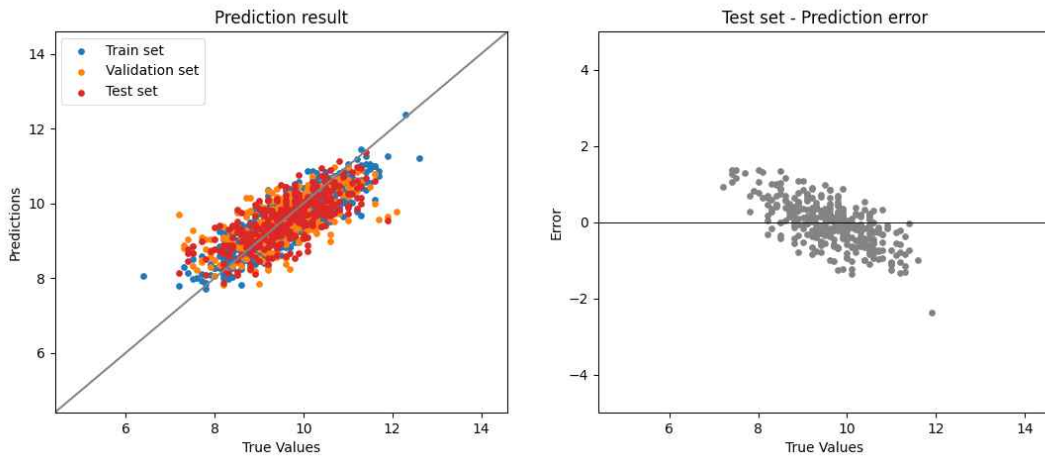
- 데이터 차원 축소를 위한 처리를 하지 않고 원 데이터를 그대로 인공신경망에 넣어 본 결과, 전처리 12번 조합에서 최적의 결과가 나타나는 것을 확인할 수 있었음
- 이때 세 데이터 셋에 대한 RMSE 및 R^2 값은 순서대로 Calibration(0.41; 0.79), Validation(0.55; 0.64), Test(0.50; 0.66)를 기록함



<그림> 조생 온주 밀감에 대한 최적 FULL-ANN 모델의 당도 예측 결과

○ PCA-ANN

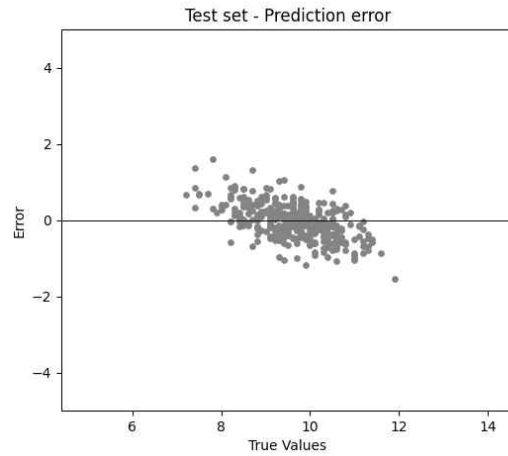
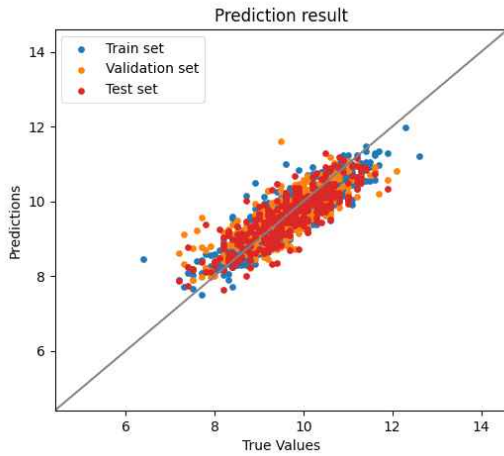
- PCA-ANN 모델의 경우 데이터의 차원 축소를 위해 PCA를 활용하였으며, 이때 PC의 수는 10, 전처리 조합은 6번에서 최적의 결과를 반환하였음
- 세 데이터 셋에 대한 RMSE 및 R²값은 순서대로 Calibration(0.47; 0.72), Validation(0.65; 0.48), Test(0.59; 0.55)를 기록함



<그림> 조생 온주 밀감에 대한 최적 PCA-ANN 모델의 당도 예측 결과

○ PLS-ANN

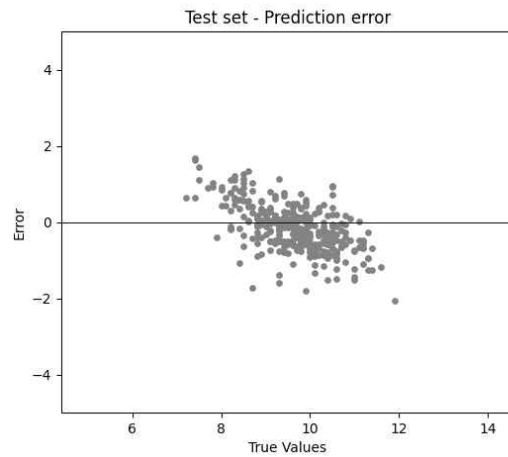
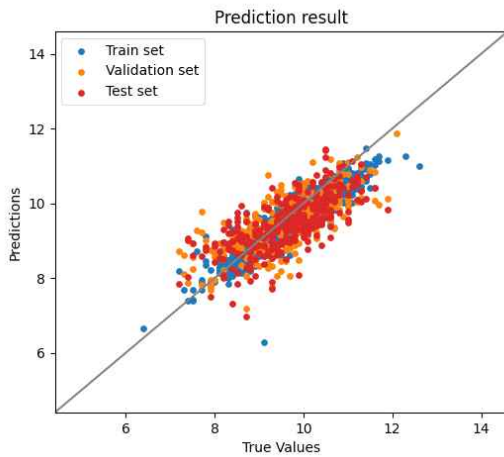
- PLS-ANN 모델에서는 최적 LV 값으로 PLS에서 얻어진 결과(LV 14)를 사용하였으며, 전처리 조합 12에서 가장 좋은 학습 결과가 관찰되었음
- 이때, 세 데이터 셋에 대한 RMSE 및 R²값은 순서대로 Calibration(0.40; 0.80), Validation(0.53; 0.66), Test(0.47; 0.71)를 기록함



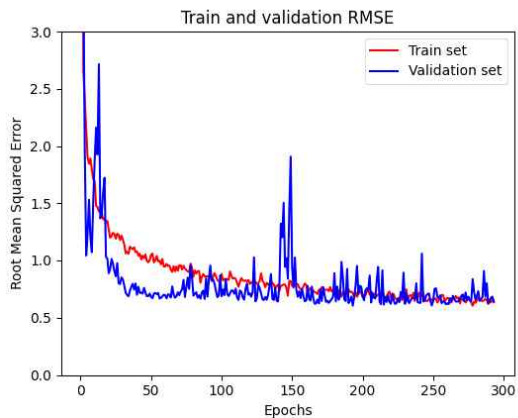
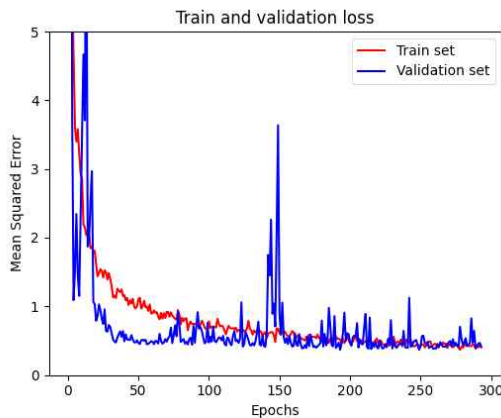
<그림> 조생 우주 밀감에 대한 최적 PLS-ANN 모델의 당도 예측 결과

○ 1D-CNN

- 1D-CNN 모델에서는 전처리 12번 조합이 가장 좋은 정확도를 보여주었음
- 세 데이터 셋에 대한 RMSE 및 R^2 값은 순서대로 Calibration(0.40; 0.80), Validation(0.64; 0.50), Test(0.63; 0.48)를 기록함



<그림> 조생 우주 밀감에 대한 최적 1D-CNN 모델의 당도 예측 결과



<그림> 조생 Calibration(=Train) 과 Validation set에 대한 신경망 학습 과정

○ 알고리즘별 결과 종합

- 동일한 Test 데이터에 대한 비교 결과 조생 온주 밀감에서는 PLS-ANN 모델이 가장 좋은 결과(R^2 : 0.47; RMSE : 0.71)를 보여주었으며, 이때 최적의 전처리 조합은 12번, LV 값은 14로 기록됨

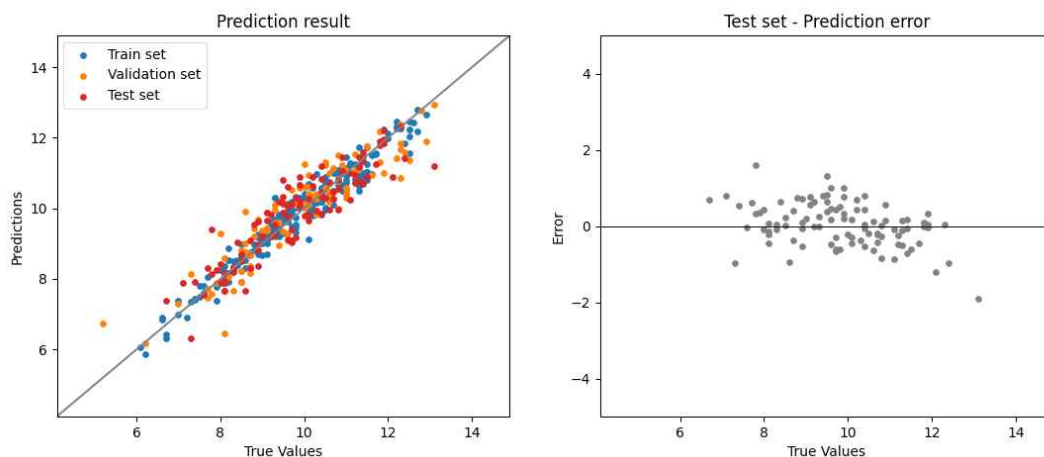
표 조생 온주 밀감 데이터에 대한 각 알고리즘 별 최고 성능

Main Model	Best Pre-process	Calibration		Validation		Test		RMKS
		RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	
PLSR	11	0.49	0.70	0.57	0.61	0.51	0.65	LV(14)
VIP-PLSR	11	0.54	0.63	0.56	0.62	0.55	0.61	LV(12)
FULL-ANN	12	0.41	0.79	0.55	0.64	0.50	0.66	-
PCA-ANN	6	0.47	0.72	0.65	0.48	0.59	0.55	PC(10)
PLS-ANN	12	0.40	0.80	0.53	0.66	0.47	0.71	LV(14)
1D-CNN	12	0.40	0.80	0.64	0.50	0.63	0.48	-

- 천혜향에 대한 모델 학습 결과

○ PLS

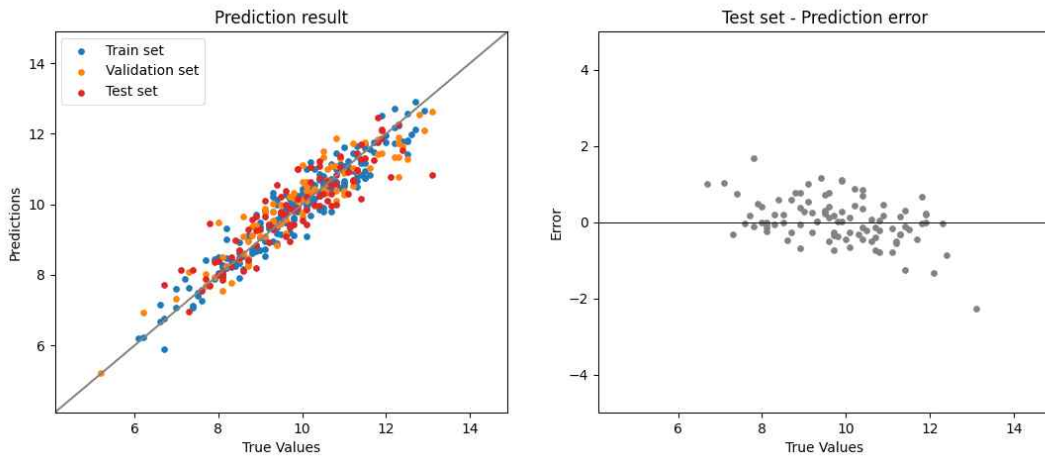
- PLS 알고리즘 적용 결과 전처리 9번 조합에서 최적의 결과를 보여주었고 이때 LV는 14를 기록하였음
- 이때 세 데이터 셋에 대한 RMSE 및 R^2 값은 순서대로 Calibration(0.33; 0.95), Validation(0.58; 0.85), Test(0.57; 0.82)를 기록함



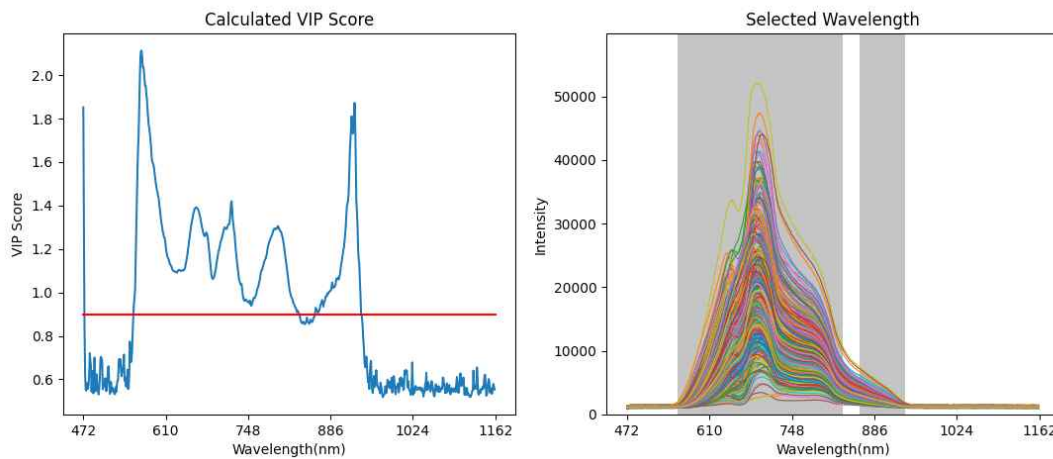
<그림> 천혜향에 대한 최적 PLS 모델의 당도 예측 결과

○ VIP-PLS

- VIP-PLS에서는 전처리 11번 조합이 최적의 결과를 보여주었고 이때 LV는 13를 기록하였음
- VIP 파장선택법에 의해 전체 축소 파장 700개 중 363개의 파장이 최종 선택되었으나, 대부분이 non-zero 영역에 집중되어 있는 경향이 관찰되었음
- 이때 세 데이터 셋에 대한 RMSE 및 R²값은 순서대로 Calibration(0.41; 0.92), Validation(0.53; 0.88), Test(0.59; 0.81)를 기록함



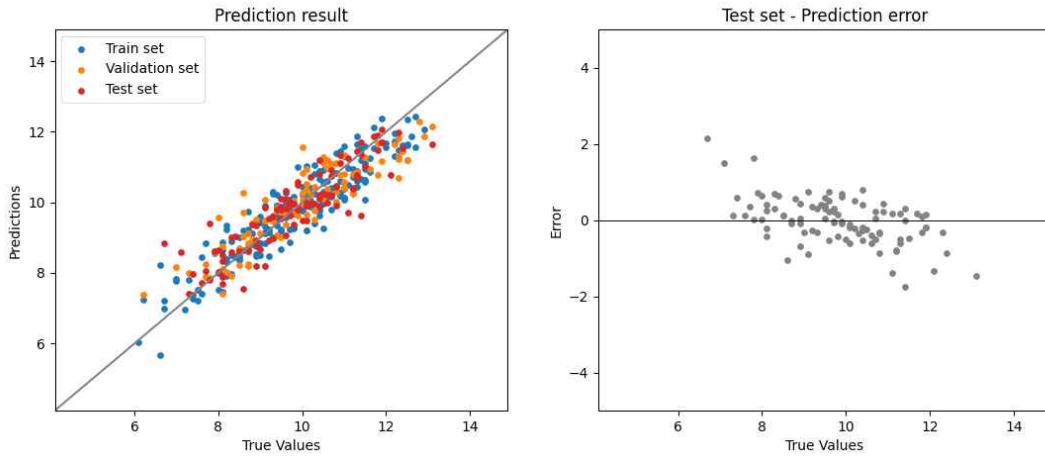
<그림> 천혜향에 대한 최적 VIP-PLS 모델의 당도 예측 결과



<그림> VIP 파장선택법에 따른 주요파장 표시

○ FULL-ANN

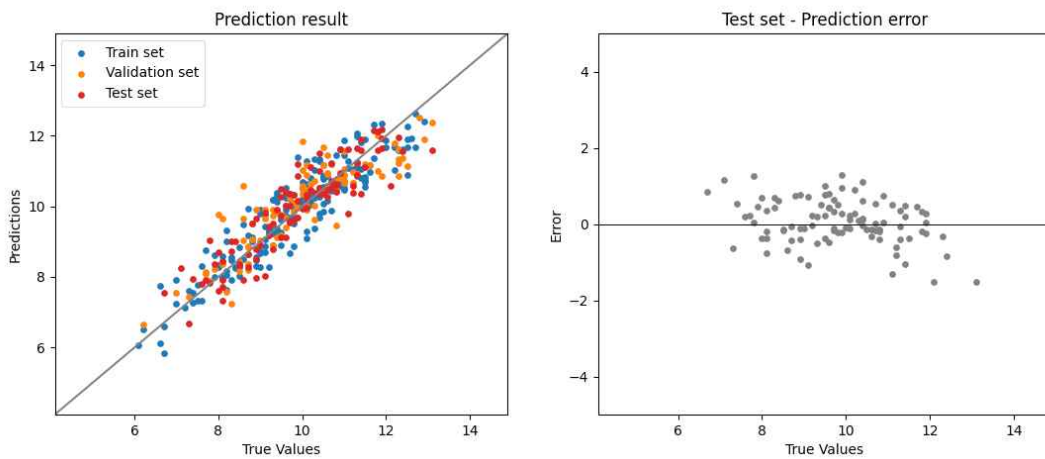
- 천혜향 데이터에 적용한 결과, 전처리 6번 조합에서 최적의 결과가 나타나는 것을 확인할 수 있었음
- 이때 세 데이터 셋에 대한 RMSE 및 R²값은 순서대로 Calibration(0.56; 0.85), Validation(0.67; 0.80), Test(0.61; 0.80)를 기록함



<그림> 천혜향에 대한 최적 FULL-ANN 모델의 당도 예측 결과

○ PCA-ANN

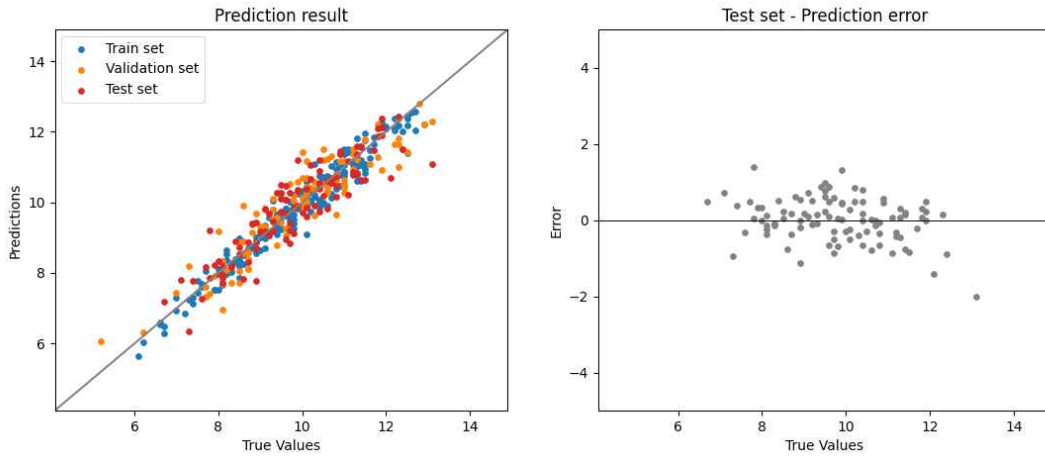
- 데이터의 차원 축소를 위해 사용된 PCA의 PC수는 10이고, 전처리 조합은 12번에서 최적의 결과를 확인하였음
- 세 데이터 셋에 대한 RMSE 및 R^2 값은 순서대로 Calibration(0.55; 0.86), Validation(0.75; 0.76), Test(0.58; 0.81)를 기록함



<그림> 천혜향에 대한 최적 PCA-ANN 모델의 당도 예측 결과

○ PLS-ANN

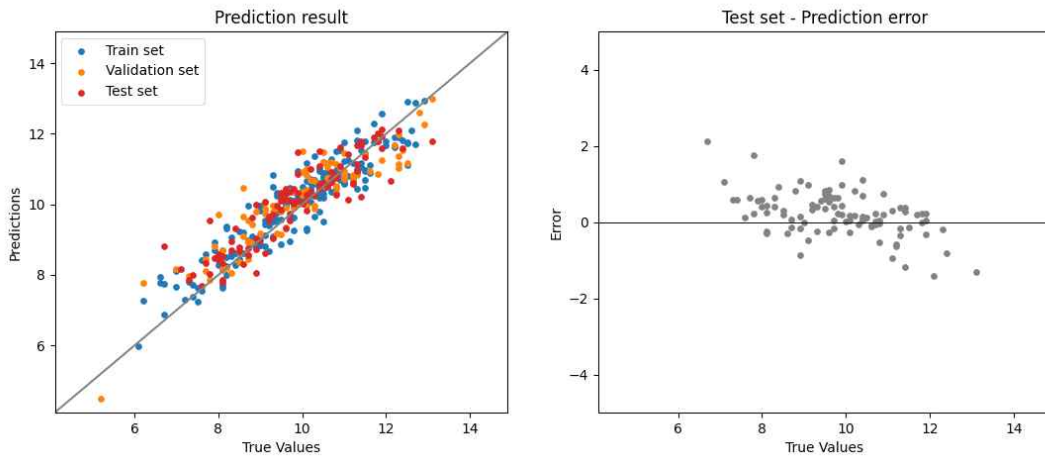
- PLS-ANN 모델에서는 앞선 온주 밀감과 동일하게 최적 LV 값으로 PLS에서 얻어진 결과(LV 14)를 사용하였으며, 전처리 조합 10에서 가장 좋은 학습 결과가 관찰되었음
- 이때, 세 데이터 셋에 대한 RMSE 및 R^2 값은 순서대로 Calibration(0.32; 0.95), Validation(0.57; 0.86), Test(0.56; 0.83)를 기록함



<그림> 천혜향에 대한 최적 PLS-ANN 모델의 당도 예측 결과

○ 1D-CNN

- 1D-CNN 모델에서는 전처리 5번 조합이 가장 좋은 정확도를 보여주었음
- 세 데이터 셋에 대한 RMSE 및 R^2 값은 순서대로 Calibration(0.55; 0.86), Validation(0.64; 0.82), Test(0.62; 0.79)를 기록함



<그림> 천혜향에 대한 최적 1D-CNN 모델의 당도 예측 결과

○ 알고리즘 결과 종합

- 천혜향 데이터를 학습한 결과, 은주 밀감과 마찬가지로 PLS-ANN 방식이 R^2 : 0.56, RMSE : 0.83으로 가장 좋은 결과를 기록하였음
- 다만, 성능 지표상 기존의 PLS 방식에 비해 큰 개선이 있다고 보기에는 어려움

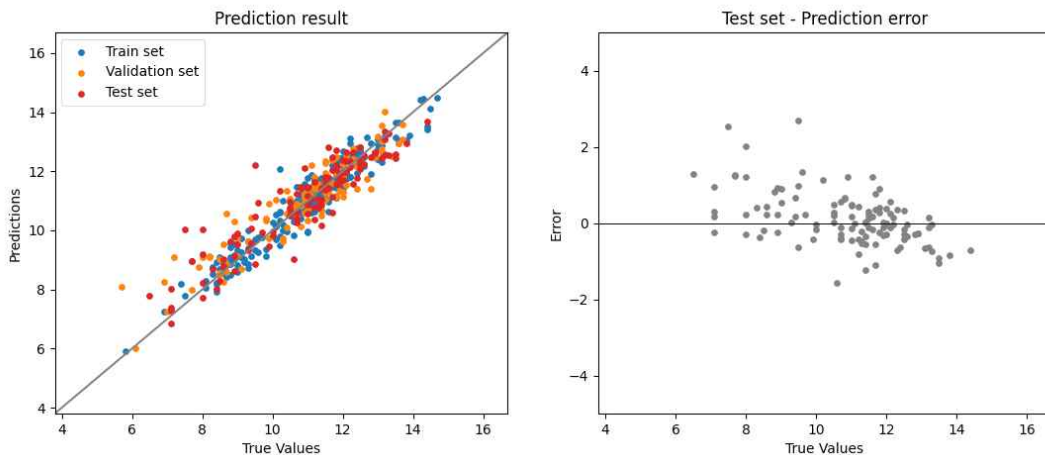
표 한라봉 데이터에 대한 각 알고리즘 별 최고 성능

Main Model	Best Pre-process	Calibration		Validation		Test		RMKS
		RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	
PLS	9	0.33	0.95	0.58	0.85	0.57	0.82	LV(14)
VIP-PLS	11	0.41	0.92	0.53	0.88	0.59	0.81	LV(13)
FULL-ANN	6	0.56	0.85	0.67	0.80	0.61	0.80	-
PCA-ANN	12	0.55	0.86	0.75	0.76	0.58	0.81	PC(10)
PLS-ANN	10	0.32	0.95	0.57	0.86	0.56	0.83	LV(14)
1D-CNN	5	0.55	0.86	0.64	0.82	0.62	0.79	-

- 한라봉에 대한 모델 학습 결과

○ PLS

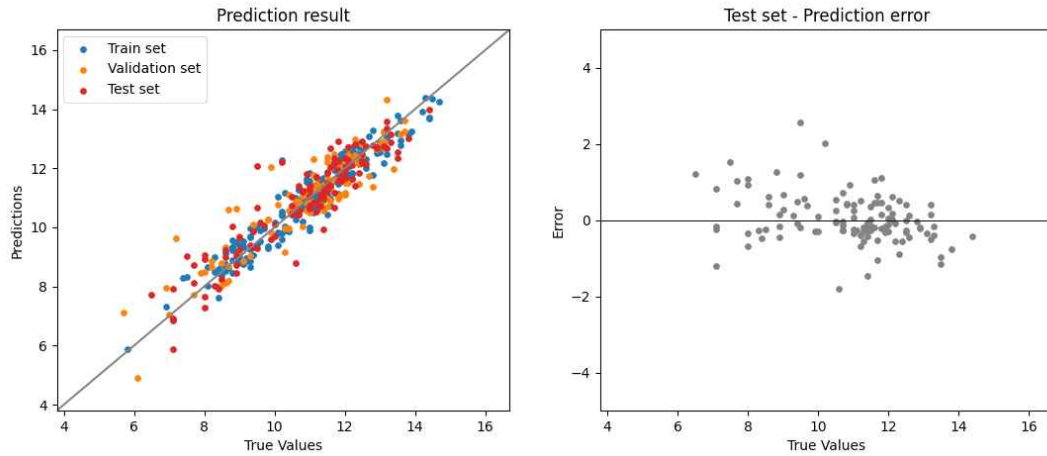
- PLS 알고리즘에서는 전처리 5번 조합에서 최적의 결과를 보여주었고 이때 LV는 12를 기록하였음
- 마찬가지로 세가지 데이터 셋에 대한 RMSE 및 R²값은 순서대로 Calibration(0.41; 0.93), Validation(0.65; 0.85), Test(0.85; 0.70)를 기록함



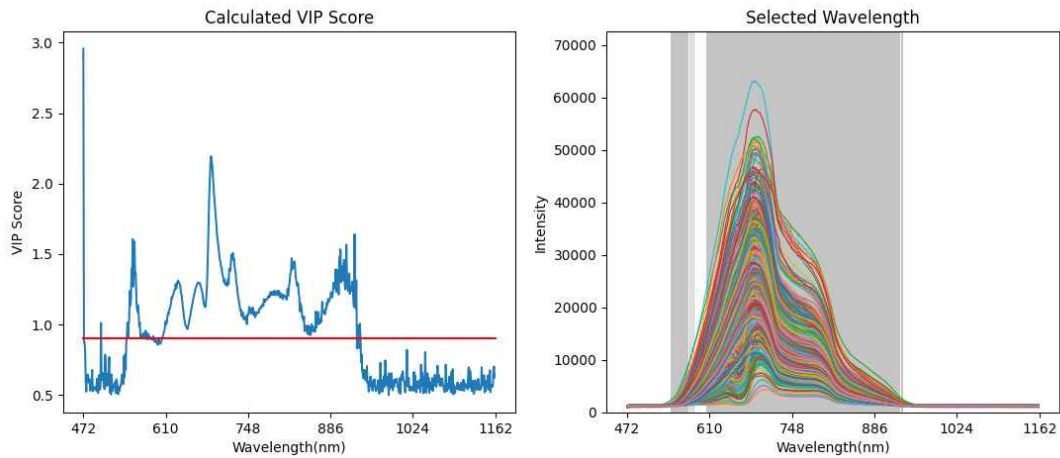
<그림> 한라봉에 대한 최적 PLS 모델의 당도 예측 결과

○ VIP-PLS

- VIP-PLS는 PLS과 마찬가지로 전처리 5번 조합에서 최적의 결과를 보여주었고 이때 LV는 14를 기록하였음
- 과장선택 결과로는 378개/700개의 과장이 선택되어 앞 두 품종보다도 과장 선택에 대한 영향이 적은 것으로 판단되며, 실제로 선택 영역을 음영으로 표현해보아도 사실상 non-zero의 거의 대부분이 포함되어 있음
- 세가지 데이터 셋에 대한 RMSE 및 R²값은 순서대로 Calibration(0.43; 0.92), Validation(0.67; 0.84), Test(0.65; 0.86)를 기록함



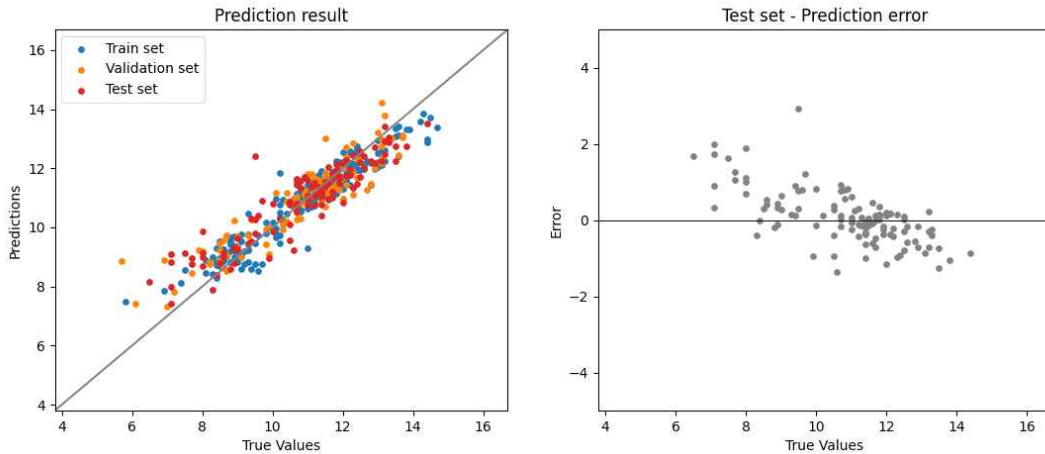
<그림> 한라봉에 대한 최적 VIP-PLS 모델의 당도 예측 결과



<그림> VIP 파장선택법에 따른 주요파장 표시

○ FULL-ANN

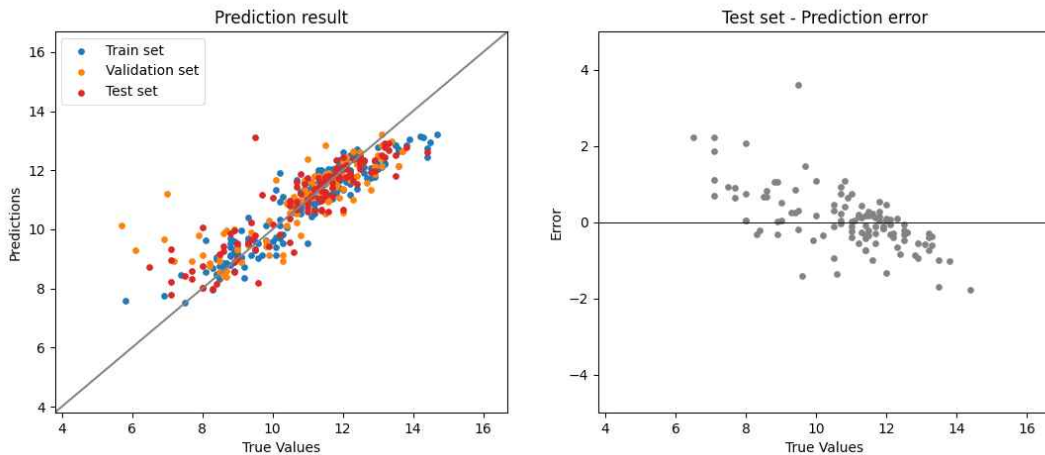
- FULL-ANN의 경우 전처리 12번 조합에서 최적의 결과가 나타나는 것을 확인할 수 있었음
- 이때 세 데이터 셋에 대한 RMSE 및 R^2 값은 순서대로 Calibration(0.51; 0.89), Validation(0.70; 0.83), Test(0.72; 0.83)를 기록함



<그림> 한라봉에 대한 최적 FULL-ANN 모델의 당도 예측 결과

○ PCA-ANN

- PCA-ANN 모델의 경우 앞의 두 품종과 같이 PC의 수는 10을 사용하였으며, 전처리 조합은 10번에서 최적의 결과를 반환하였음
- 세 데이터 셋에 대한 RMSE 및 R^2 값은 순서대로 Calibration(0.58; 0.86), Validation(0.97; 0.67), Test(0.80; 0.79)를 기록함
- 다른 알고리즘들에 비하여 전체적인 성능 지표가 낮은 것을 확인할 수 있으며, 아래 그림을 통해 저-당도 영역에서 제대로 된 학습이 이루어지지 못한 것으로 유추해 볼 수 있음

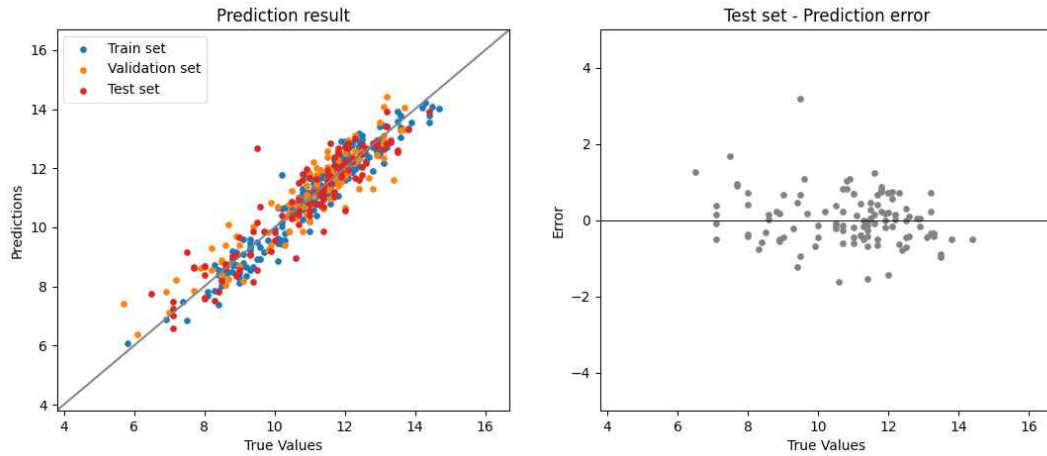


<그림> 한라봉에 대한 최적 PCA-ANN 모델의 당도 예측 결과

○ PLS-ANN

- 앞 두 품종과 마찬가지로 PLS-ANN 모델에서는 최적 LV 값으로 PLS에서 얻어진 결과(LV 14)를 사용하였으며, 전처리 조합 10에서 가장 좋은 학습 결과가 관찰되었음
- 이때, 세 데이터 셋에 대한 RMSE 및 R^2 값은 순서대로 Calibration(0.43; 0.93),

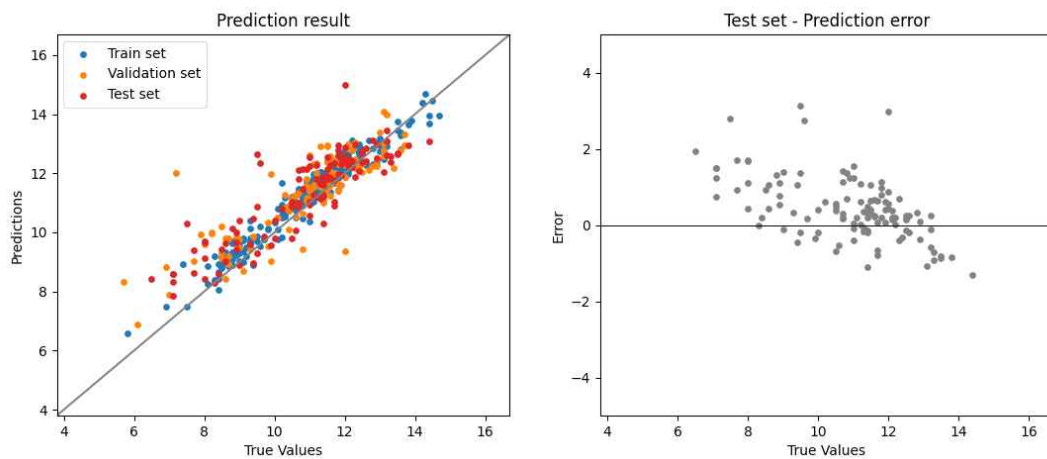
Validation(0.62; 0.87), Test(0.68; 0.85)를 기록함



<그림> 한라봉에 대한 최적 PLS-ANN 모델의 당도 예측 결과

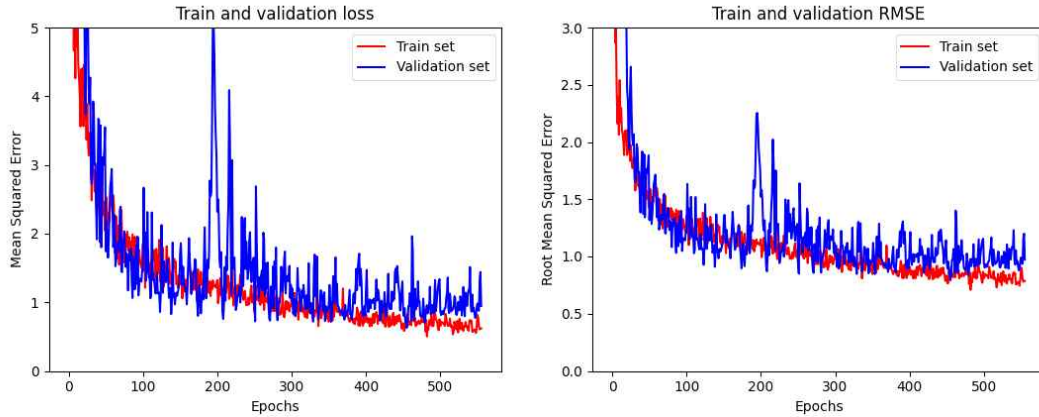
○ 1D-CNN

- 마지막 1D-CNN 모델에서는 전처리 12번 조합이 가장 좋은 정확도를 보여주었음
- 세 데이터 셋에 대한 RMSE 및 R^2 값은 순서대로 Calibration(0.48; 0.91), Validation(0.97; 0.67), Test(0.93; 0.71)를 기록함
- 다른 알고리즘들에 비해 Validation과 Test set의 예측 정확도가 떨어지는 편인데, PCA-ANN과는 다르게 전체 당도 영역에서 이러한 경향이 관찰됨



<그림> 한라봉에 대한 최적 1D-CNN 모델의 당도 예측 결과

- 신경망 학습 과정 중 Validation loss 값이 심하게 요동치는 것으로보아 batch 내에 극단 값이 섞여 있거나 모델이 Calibration set에 과적합 된 것으로 추측됨



<그림>한라봉 Calibration(=Train) 과 Validation set에 대한 신경망 학습 과정

○ 알고리즘별 결과 종합

- 각 알고리즘 별 최적의 전처리 조합에 대하여 결과를 종합해 보면 아래 표와 같음
- VIP-PLS 모델이 test set 기준으로 R^2 : 0.86; RMSE: 0.65로 가장 좋은 성능을 기록하였지만, Calibration과 Validation 모두에서 PLS-ANN이 앞선 만큼 R^2 : 0.85; RMSE: 0.68을 기록한 PLS-ANN과 큰 차이는 없어 보임

표 한라봉 데이터에 대한 각 알고리즘 별 최고 성능

Main Model	Best Pre-process	Calibration		Validation		Test		RMKS
		RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	
PLSR	5	0.41	0.93	0.65	0.85	0.70	0.84	LV(12)
VIP-PLSR	5	0.43	0.92	0.67	0.84	0.65	0.86	LV(14)
FULL-ANN	12	0.51	0.89	0.70	0.83	0.72	0.83	-
PCA-ANN	10	0.58	0.86	0.97	0.67	0.80	0.79	PC(10)
PLS-ANN	10	0.43	0.93	0.62	0.87	0.68	0.85	LV(12)
1D-CNN	12	0.48	0.91	0.97	0.67	0.93	0.71	-

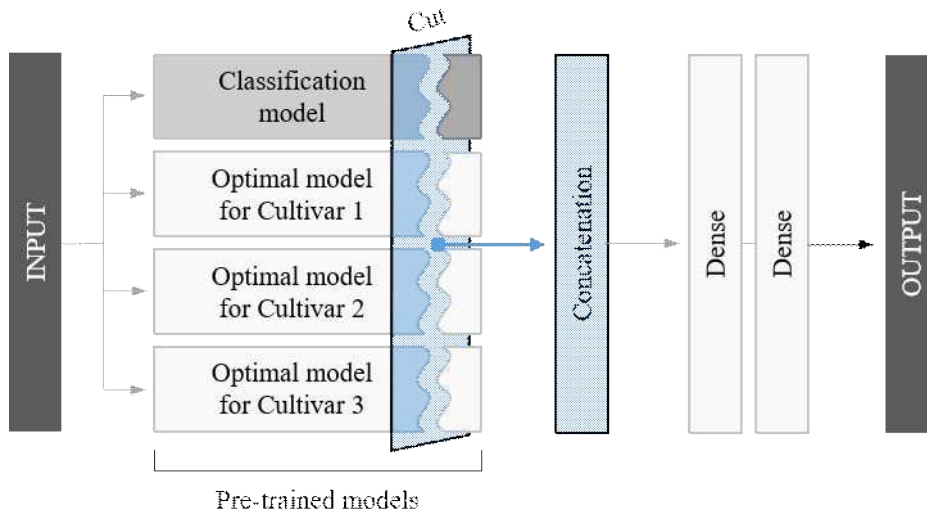
- 종합 평가

- 3품종에 대하여 6가지 알고리즘과 12가지 전처리 조합을 모두 테스트해 본 결과, 품종에 따라 다소 차이가 있었으나 대체로 PLS-ANN 모델이 가장 좋은 결과를 보여주었음
- 또한, 전체적으로 10, 11, 12번의 전처리 조합이 가장 많이 기록된 것으로 보아 산란보정, 스무딩, 표준화 세가지 타입의 전처리를 모두 적용하는 것이 모델의 강건함에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 알 수 있음
- 학습지표에 대한 단순한 절대값 비교는 힘들겠지만, 2차년도에 비하여 전체 데이터 수가 크게 증가한 만큼 세 품종 모두 안정적인 당도 예측 결과를 보여주었으며, 이는

scatter plot들을 통해서 직관적으로도 확인할 수 있음

□ 통합 모델 개선 (조생 온주 밀감, 한라봉, 천혜향)

- 기존 단일 품종 모델 학습에 사용하였던 알고리즘 외에 추가로 Ensemble 방식을 도입해 통합 모델을 학습하였음
- Ensemble 모델은 머신러닝 분야에서 활용되는 학습 방식 중 하나로 여러 개의 모델을 병렬로 학습한 후 이를 합쳐 하나의 큰 모델로 사용하는 시스템을 의미함. 이를 통해 과적합을 방지하고, 클래스 간의 불균형을 해소하는 등의 장점을 기대해 볼 수 있음
- 2차년도 of Ensemble 기반 통합 모델에서는 선형 회귀를 비롯한 단순한 머신러닝 기반 알고리즘만 사용하였다면, 올해 연구에서는 신경망 기반 모델을 하나의 component로 하여 예측 정확도를 더욱 개선하고자 함
- 신경망 자체를 component로 하는만큼 단순히 병렬로 이어붙이는 것 외에도 다양한 구조적 변화를 시도하였으며, 그 결과 아래와 같은 형태를 최종적으로 사용하였음



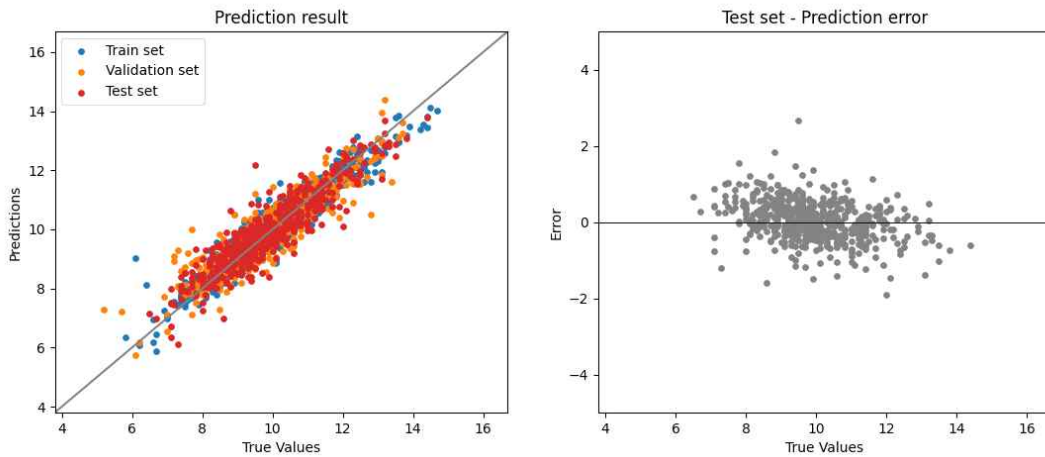
<그림> 최종 선정된 신경망기반 앙상블 모델의 구조

- 기존의 각 품종 별 최적의 모델을 component로 하고, 추가로 품종을 구분할 수 있는 분류 모델을 병렬로 사용하였음
- 또한, 단순히 각 모델별 당도 예측 결과를 받아서 사용할 경우 기존의 방식들에 비해 정확도 향상이 두드러지지 않아, 각 component 들의 마지막 layer를 제거한 후 이어 붙이는 구조로 설계하였음
- 이러한 특징은 이미지 분석 분야에서 주로 사용되는 딥러닝 모델들이 transfer learning 할 때 사용하는 방법과 유사하며, 기존의 각 component 모델이 갖는 특징 추출의 장점은 유지하면서도 동시에 통합 데이터에 대한 적응력을 더 높여줄 수 있음
- 앙상블 방식 모델의 성능을 기존의 모델들과 비교하기 위하여 3 품종 통합 데이터를 사용해 기존 모델들도 함께 학습시킨 결과 아래 표와 같이 정리할 수 있음

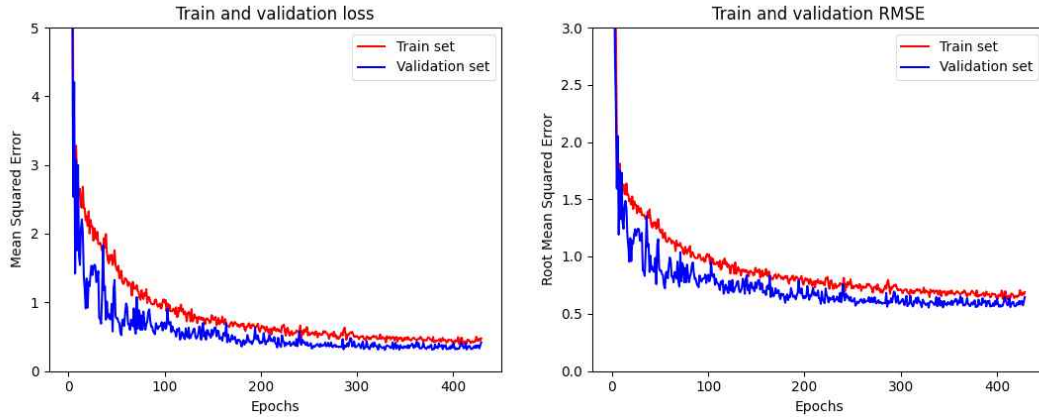
표 감귤류 품종 통합 데이터에 대한 알고리즘 별 학습 결과

Main Model	Best Pre-process	Calibration		Validation		Test		RMKS
		RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	
PLSR	11	0.61	0.78	0.70	0.72	0.66	0.73	LV(16)
VIP-PLSR	11	0.66	0.74	0.67	0.75	0.65	0.75	LV(14)
FULL-ANN	12	0.44	0.89	0.56	0.82	0.53	0.83	-
PCA-ANN	4	0.46	0.88	0.67	0.75	0.62	0.76	PC(10)
PLS-ANN	12	0.41	0.90	0.58	0.81	0.53	0.83	LV(16)
1D-CNN	10	0.57	0.81	0.68	0.74	0.65	0.74	-
Ensemble	-	0.38	0.91	0.55	0.83	0.52	0.84	-

- 성능 지표를 기준으로 비교한 결과 기존의 모델들에 비해 앙상블 모델이 개선된 것은 확인할 수 있었으나, FULL-ANN 및 PLS-ANN과 큰 수치 차이가 확인되지는 않았음
- 다만, 아래의 scatter plot이나 학습 과정 중 loss 변화에 대한 그림에서 알 수 있듯이 전체적인 학습 결과가 상당히 안정화된 모습을 보여주었는데, 이는 데이터를 통합하는 과정에서 데이터의 량(수)이 증가한 덕분으로 추측됨



<그림> 감귤류 품종 통합 데이터에 대한 앙상블 모델의 예측 결과



<그림> 감귤류 품종 통합 데이터에 대한 앙상블 모델 학습 과정

- 추가로, 학습된 앙상블 모델이 과연 개별 품종의 데이터에는 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 각 품종별 test set에 앙상블 모델을 적용한 결과는 아래와 같음

표 개별 품종의 Test set에 대한 앙상블 모델과 기존 최적모델(음영)의 성능 비교

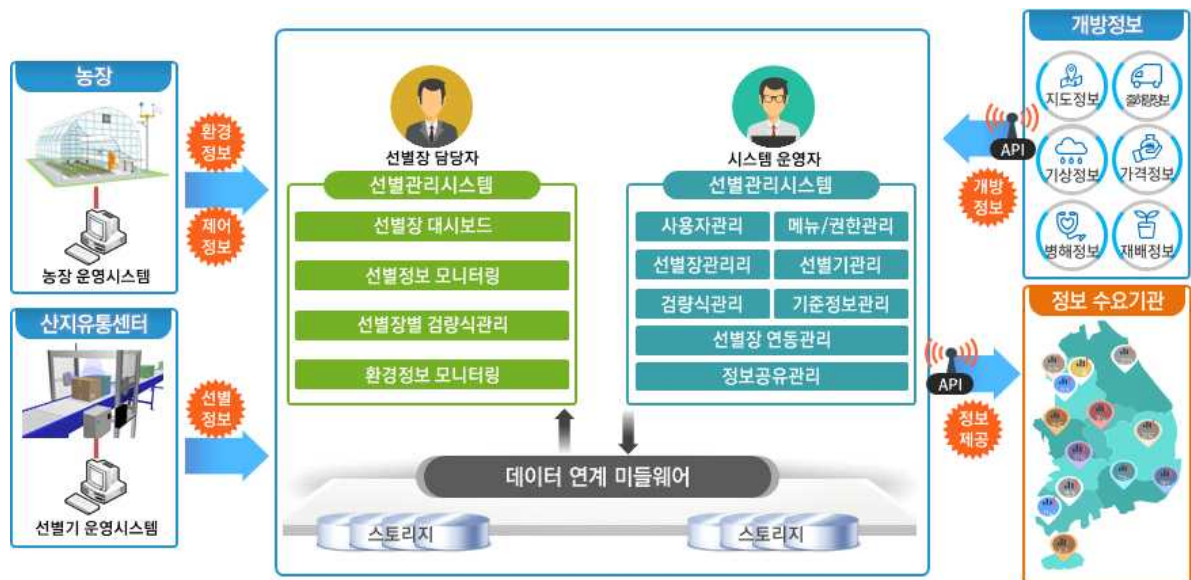
Dateset	Algorithm	Unshiu		Cheonhyehyang		Hallabong	
		Ensemble	PLS-ANN	Ensemble	PLS-ANN	Ensemble	VIP-PLS
Test	RMSE	0.47	0.47	0.52	0.56	0.61	0.65
	R ²	0.70	0.71	0.85	0.83	0.87	0.86

- 기존에 이미 가장 좋은 정확도를 보여준 온주 밀감의 경우 앙상블 모델 도입에 따른 정확도 향상이 거의 없었으나, 천혜향과 한라봉의 경우 RMSE가 약 0.4 감소하는 효과가 있었음
- 개별 데이터에 학습된 모델을 병렬로 연결하고 끝부분 일부를 재-학습시켰을 뿐인데, 천혜향과 한라봉의 당도 예측 정확도가 향상되었다는 점은 온주 밀감의 안정적인 모델이 모종의 영향을 준 결과로 유추할 수 있음
- 다만, 온주 밀감의 상대적으로 풍부한 데이터 양이 천혜향과 한라봉 모델의 성숙에 도움을 준 것인지, 아니면 단순히 온주 밀감의 모델을 통해 천혜향과 한라봉도 예측이 가능했던 것인지 등 구체적인 원인을 확인하기에는 추가적인 연구가 필요해 보임
- 이러한 형태로 앙상블 모델을 활용하는 것은 단순한 정확도 향상 외에도 현장에서 갖는 추가적인 이점이 있을 것으로 판단되는데, 이는 바로 각 component 모델을 모듈화 할 수 있다는 장점에서 비롯됨
- 기존의 방식대로, 전체 통합 데이터를 구성하여 모델을 학습시키는 방법은 품종에 변화가 생기거나, 해가 지나며 데이터가 축적될 때마다 전체 데이터를 사용하여 모델을 재-학습시켜야 함

- 이러한 과정은 시간 소모적일 뿐만 아니라 품종 간 혹은 년도 별 데이터의 불균형에 의해 모델의 강건함이 하락될 가능성이 있음
- 하지만, 앙상블 모델을 위해 각 데이터 별 최적 모델을 모듈화하여 보관하면, 모델의 일부 영역만을 교체/재학습 시킬 수 있어 매우 효율적인 유지 보수가 가능하고, 본 연구의 결과와 같이 데이터 셋 간의 불균형도 일부 보정되는 것을 기대할 수 있음
- 인공지능만 모델의 구조적인 한계로 본 연구를 통해 모든 원인을 정확히 밝혀낼 수는 없었지만 향후, 추가적인 품종 데이터를 수집해 보다 큰 규모의 앙상블 모델을 시험해 본다면 그 효과를 더 자세히 입증할 수 있을 것으로 기대됨
- 궁극적으로는 단순히 품종 대 품종의 통합이 아닌, 지역별 산지유통센터에서 처리하는 전체 과실들에 대한 통합(혹은 단일화) 모델의 연구도 진행할 필요가 있을 것으로 보임

제4절 클라우드 기반 당도정보 수집기 운영프로그램 및 빅데이터 운영프로그램 개발

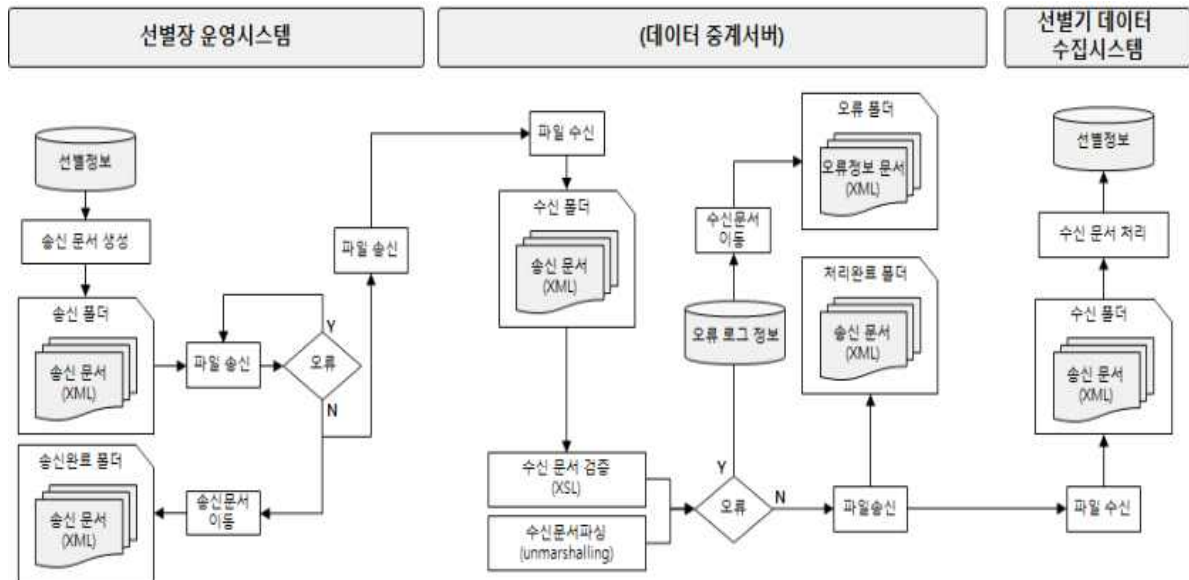
1. 시스템 구성도



<그림> 선별관리시스템 구성도

2. 선별기 현장 운영 시스템 탑재형 API 개발

산지유통센터 선별기에서 수집된 선별정보를 수집하기 위해 선별장 운영시스템과 선별기 데이터 수집시스템 간 데이터 송수신을 위한 Agent 및 데이터 중계시스템 개발



<그림> 선별기 운영시스템과 선별기 데이터 수집시스템 간 프로세스 구성도

- 선별장 운영시스템
 - 선별장의 선별기에서 생성된 선별정보파일을 송신하기 위해 송신용 Agent 설치
 - 송신용 Agent는 송신할 파일의 오류 검증을 통해 오류가 없을 경우 해당 파일을 데이터 중계서버로 전송
- 데이터 중계서버
 - 송신용 Agent를 통해 송신된 파일에 대해 오류 검증을 통해 오류인 경우 오류로그를 관리 하며, 정상인 경우 선별기 데이터 수집시스템으로 해당 파일을 전송
- 선별기 데이터 수집시스템
 - 최종 수신된 파일을 파싱하여 데이터베이스에 저장

3. 클라우드와 외부 응용 서비스 간 API 개발

선별기 제조업체로부터 산출되는 선별정보를 필요로 하는 외부 시스템에 제공하기 위한 모듈 정보제공용 API 개발



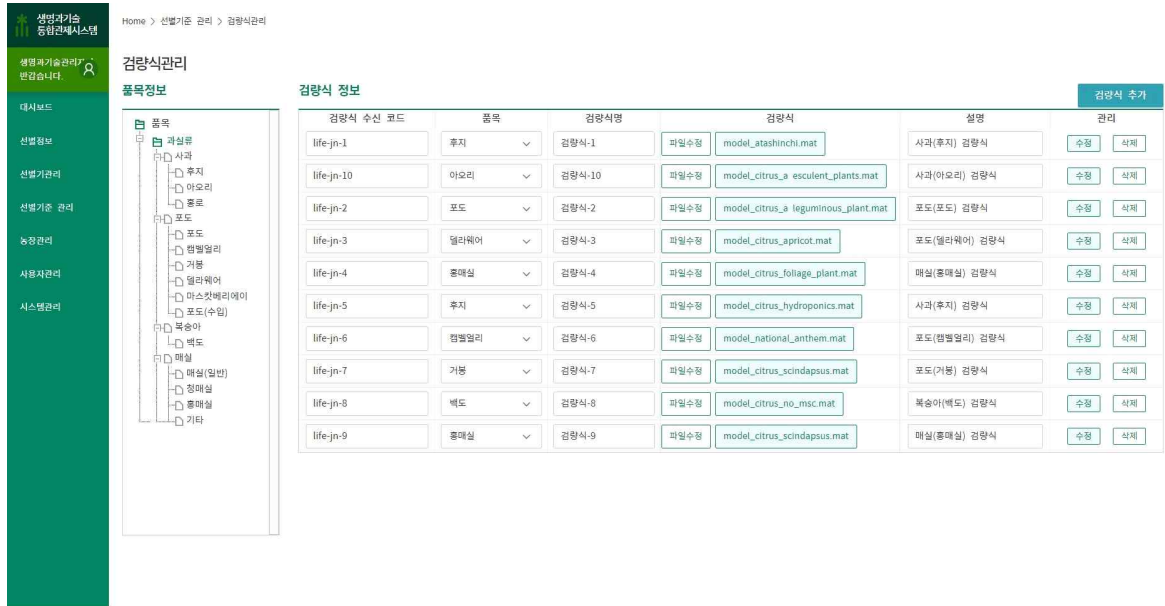
<그림> 클라우드와 외부 응용서비스 간 통신을 위한 프로세스

1. 서비스 등록 : 선별기데이터 수집시스템에서 제공하는 API 목록 등록
2. 서비스 조회/신청 : 정보를 사용하고자 하는 사용자가 시스템에서 제공하는 정보목록 조회 및 실제 서비스를 받고자 하는 서비스 신청
3. 서비스이용 승인 : 운영자가 서비스 사용에 대한 이용승인 후 서비스키 발급
4. 서비스 요청 : 발급된 서비스키를 이용하여 정보요청
5. 서비스 응답 : 요청한 서비스에 대한 정보 제공

4. Firmware 버전 관리 프로그램 개발

[검량식 버전관리]

- 선별기 또는 당도측정기에서 사용할 수 있는 검량식에 대해 해당 검량식을 품목별로 관리할 수 있는 서비스화면 개발
- 검량식 파일을 업로드해서 관리 할 수 있고, 필요 시 다운받을 수 있는 서비스 개발
- 검량식에 사용되는 ~~~.mat 파일은 선별기에서 사용하는 선별식이 내장된 파일로 생명과기술에서 제공받은 파일임



<그림> 검량식 관리화면

- 품목정보(트리) 형태의 분류체계 관리로 정보의 가독성 향상
- 검량식 수신 코드, 품목, 검량식명, 검량식, 설명 등에 대한 정보관리
- 품목에 등록된 검량식 파일 수정가능

[검량식 다운로드]

- 비회원유저가 선별기 또는 당도측정기에서 사용할 수 있는 검량식을 다운받을 수 있는 서비스 화면 개발



<그림> 비회원의 검량식 다운로드화면 접속

생명과학기술
동원관제시스템

Home > 검량식 다운로드(비회원 전용)

생명과학기술 자원자님
만갑습니다.

검량식 다운로드

품목정보

품목정보

- 품목
 - 과실류
 - 사과
 - 후지
 - 아오리
 - 홍로
 - 포도
 - 포도
 - 밤별알리
 - 가봉
 - 멜라웨어
 - 마스킷베리(에이)
 - 포도(수입)
 - 복숭아
 - 벽도
 - 매실
 - 매실(일란)
 - 정매실
 - 홍매실
 - 기타

검량식 정보

검량식 수신 코드	품목	검량식명	검량식	설명
life-jn-1	후지	검량식-1	검량식 다운로드: model_atashinchi.mat	사과(후지) 검량식
life-jn-10	아오리	검량식-10	검량식 다운로드: model_citrus_a_esculent_plants.mat	사과(아오리) 검량식
life-jn-2	포도	검량식-2	검량식 다운로드: model_citrus_a_leguminous_plant.mat	포도(포도) 검량식
life-jn-3	멜라웨어	검량식-3	검량식 다운로드: model_citrus_apricot.mat	포도(멜라웨어) 검량식
life-jn-4	홍매실	검량식-4	검량식 다운로드: model_citrus_foliage_plant.mat	매실(홍매실) 검량식
life-jn-5	후지	검량식-5	검량식 다운로드: model_citrus_hydroponics.mat	사과(후지) 검량식
life-jn-6	밤별알리	검량식-6	검량식 다운로드: model_national_anthem.mat	포도(밤별알리) 검량식
life-jn-7	가봉	검량식-7	검량식 다운로드: model_citrus_scindapsus.mat	포도(가봉) 검량식
life-jn-8	벽도	검량식-8	검량식 다운로드: model_citrus_no_misc.mat	복숭아(벽도) 검량식
life-jn-9	홍매실	검량식-9	검량식 다운로드: model_citrus_scindapsus.mat	매실(홍매실) 검량식

<그림> 검량식 다운로드

- 품목정보를 트리 형태로 구성하여 정보의 가독성 향상
- 비회원유저는 관리자가 등록한 품목별 검량식 파일을 다운로드 할 수 있고 수정/삭제는 불가능

5. 장비 사후 관리 및 운영 상태 모니터링 기술 개발

[선별장 관리]

- 선별기가 설치된 선별장 정보를 지역별로 관리할 수 있는 서비스화면 개발

생명과학기술
동원관제시스템

Home > 선별기준 관리 > 선별장관리

생명과학기술 관리자님
만갑습니다.

선별장관리

선별장 목록

- 주소 목록
 - 전국 (9)
 - 제주특별자치도
 - 경상남도(1)
 - 경상북도(1)
 - 충청남도(1)
 - 충청북도(1)
 - 경기도(2)
 - 화성광역시
 - 안양시
 - 울산광역시(1)
 - 대전광역시
 - 광주광역시
 - 인천광역시(1)
 - 강원도
 - 부산광역시
 - 서울특별시(1)

선별장 정보

#	선별장명	주소	사용기간	담당자명	담당자 전화번호	설명	선별장 추가
1	화성광역시	18551경기도 화성시 송신면 사경로 92 전5	검색	2020-01-01 ~ 2021-12-31	지능	010-4532-8521	화성지능 수정 삭제
2	순천시	57908전라남도 순천시 송주읍 송주로 628	검색	2020-01-01 ~ 2021-12-31	지능	010-2364-7523	순천지능 수정 삭제
3	부여시	33168충청남도 부여군 부여읍 사비로 33	검색	2020-01-01 ~ 2021-12-31	구성주	010-6798-0698	부여지능 수정 삭제
4	안양시	14053경기도 안양시 동안구 시민대로 235	검색	2020-01-01 ~ 2021-12-31	지능	031-360-1970	안양지능 수정 삭제
5	울진시	36323경상북도 울진군 울진읍 울진중앙로	검색	2020-01-01 ~ 2021-12-31	김성재	010-8956-7412	울진지능 수정 삭제
6	인천시	22601인천광역시 서구 마천로115번길 24	검색	2020-01-01 ~ 2021-12-31	구석호	010-7586-9632	인천지능 수정 삭제
7	마산시	51736경상남도 창원시 마산합포구 3-15대1	검색	2020-01-01 ~ 2021-12-31	정익준	010-2569-7536	마산지능 수정 삭제
8	서울시	07260서울특별시 영등포구 당산로 123 1호	검색	2020-01-01 ~ 2021-12-31	호수영	010-2698-7536	서울지능 수정 삭제
9	울산시	44675울산광역시 남구 중앙로 201 1층	검색	2020-01-01 ~ 2021-12-31	최은재	010-5326-9631	울산지능 수정 삭제

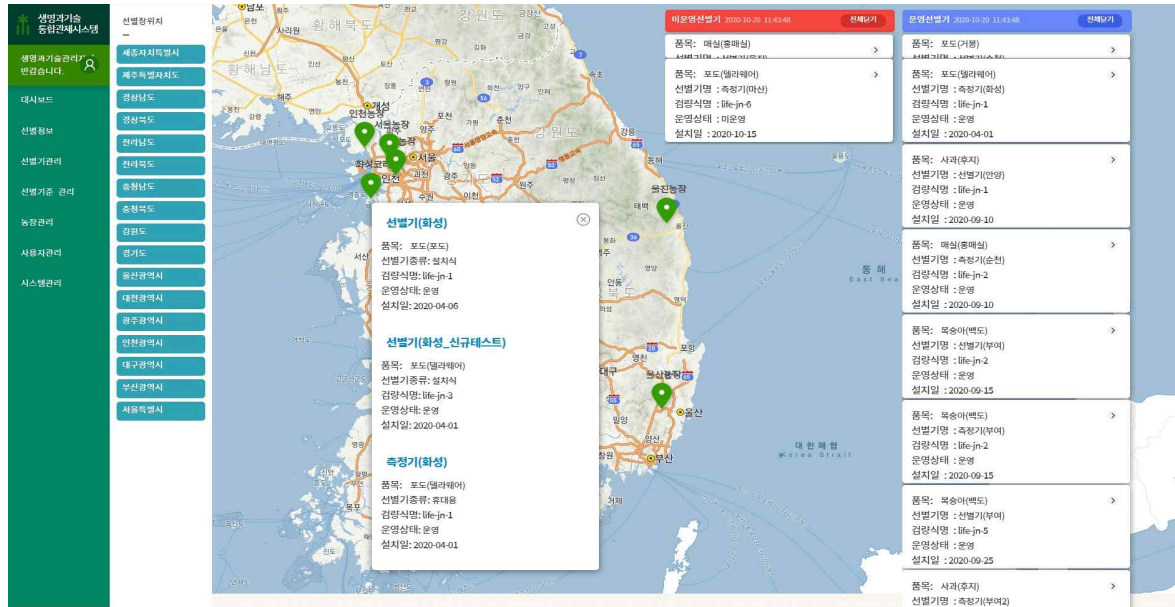
<그림> 선별장 관리화면

- 선별장 목록(트리) 형태의 분류체계 관리로 정보의 가독성 향상
- 선별장 목록에서 지역 혹은 선별장 클릭 시 해당 선별장 정보 조회

- 선별장 목록에서 지역명 뒤 숫자로 해당 지역에 존재하는 선별장 개수 확인 가능
- 선별장명, 주소, 사용기간, 담당자명, 담당자 전화번호, 설명 등에 대한 정보 관리
- 선별장 추가 시 대시보드 지도에 선별장 위치를 표시

[대시보드]

- 선별기가 선치된 선별장 정보를 지역별로 관리할 수 있는 서비스화면 개발
- 시스템에 등록된 선별장의 위치와 해당하는 선별기의 정보를 대시보드에서 표현
- 현재 선별기의 운영상태를 대시보드에서 표현



<그림> 선별기 설치/운영 현황 대시보드

- 선별장 위치를 지역 분류 체계로 관리하여 정보의 가독성 향상
- 선별장 위치 클릭 시 지도에서 해당 선별장과 선별기의 정보를 조회
- 지도에서 선별장 클릭 시 해당 선별기 정보 조회
- 선별기 정보 조회 시 선별기명, 품목, 선별기종류, 검량식명, 운영상태, 설치일 정보 조회
- 하나의 선별장에 여러 개의 선별기가 존재 할 경우 현재하는 모든 선별기의 정보 조회

[선별기 관리_설치식]

- 등록된 선별장과 검량식 정보를 기준으로 선별기를 관리할 수 있는 서비스화면 개발
- 해당 선별장과 품목을 연동하여 선별정보 바로가기 서비스 개발



| 품목 전체 | 운영상태 전체 | 선별기명

#	선별장	선별기명	선별기 버전	품목	검량식	검량식 적용일자	운영상태	설치일자	
1	화성크리요	선별기(화성)	V2	포도 > ...	검량식-1	2020-09-09	운영	2020-04-06	수정 삭제 선별정보 바로가기
2	순천테스트	선별기(순천)	V1	포도 > ...	검량식-2	2020-04-07	운영	2020-04-09	수정 삭제 선별정보 바로가기
3	화성크리요	선별기(화성_신도)	V3	포도 > ...	검량식-3	2020-02-04	미운영	2020-04-01	수정 삭제 선별정보 바로가기
4	안양농장	선별기(안양)	V2	사과 > ...	검량식-1	2020-09-10	운영	2020-09-10	수정 삭제 선별정보 바로가기
5	부여농장	선별기(부여)	V2	복숭아 > ...	검량식-2	2020-09-15	운영	2020-09-15	수정 삭제 선별정보 바로가기
6	부여농장	선별기(부여)	V5	복숭아 > ...	검량식-5	2020-09-25	운영	2020-09-25	수정 삭제 선별정보 바로가기
7	인천농장	선별기(인천)	V4	복숭아 > ...	검량식-8	2020-10-15	운영	2020-10-15	수정 삭제 선별정보 바로가기
8	울진농장	선별기(울진)	V3	매실 > ...	검량식-8	2020-10-15	미운영	2020-10-15	수정 삭제 선별정보 바로가기
9	서울농장	선별기(서울)	V4	포도 > ...	검량식-5	2020-10-15	운영	2020-10-15	수정 삭제 선별정보 바로가기

<그림> 설치식 선별기 관리화면

- 지역 트리 형태의 분류체계 관리로 정보의 가독성 향상
- 트리에서 지역 클릭 시 해당하는 선별장의 선별기 조회
- 품목별 선별기 버전(선별기 제품) 관리 가능
- 기준정보(선별장, 검량식)를 선택하여 버전별로 선별기 등록 가능
- 품목, 운영상태(전체/운영/미운영), 선별기명을 조회조건으로 사용자가 원하는 정보를 선별하여 조회

[측정기 관리_휴대용]

- 선별장을 기준으로 측정기를 관리할 수 있는 서비스화면 개발
- 해당 선별장과 품목을 연동하여 선별정보 바로가기 서비스 개발



| 품목 전체 | 운영상태 전체 | 측정기명

#	선별장	측정기명	측정기 버전	품목	검량식	검량식 적용일자	운영상태	설치일자	
1	화성크리요	측정기(화성)	V1	포도 > ...	검량식-1	2020-09-08	운영	2020-04-01	수정 삭제 선별정보 바로가기
2	순천테스트	측정기(순천)	V1	매실 > ...	검량식-2	2020-09-04	운영	2020-09-10	수정 삭제 선별정보 바로가기
3	부여농장	측정기(부여)	V5	복숭아 > ...	검량식-2	2020-09-15	운영	2020-09-15	수정 삭제 선별정보 바로가기
4	부여농장	측정기(부여2)	V1	사과 > ...	검량식-1	2020-09-25	운영	2020-09-25	수정 삭제 선별정보 바로가기
5	울진농장	측정기(울진)	V3	포도 > ...	검량식-10	2020-10-15	운영	2020-10-15	수정 삭제 선별정보 바로가기
6	마산농장	측정기(마산)	V2	포도 > ...	검량식-6	2020-10-15	미운영	2020-10-15	수정 삭제 선별정보 바로가기

<그림> 휴대용 측정기 관리화면

- 선별장 목록(트리) 형태의 분류체계 관리로 정보의 가독성 향상
- 선별장 목록에서 지역 클릭 시 해당하는 선별장의 측정기 조회
- 품목별 측정기 버전(측정기 제품) 관리 가능
- 기준정보(선별장, 검량식)를 선택하여 버전별로 측정기 등록 가능
- 품목, 운영상태(전체/운영/미운영), 측정기명을 조회조건으로 사용자가 원하는 정보를 선별하여 조회

[선별정보조회_설치식]

- 선별장에 설치된 선별기에서 수집된 선별정보를 조회할 수 있는 선별정보 모니터링 서비스화면 개발

선별일자	농가명	선별장명	품목명	총 선별 수(개)	총 중량(g)	평균 중량(g)	최저당도(Brix)	평균당도(Brix)	최고당도(Brix)	
2020-10-14	구석호	부여농장	백도	10	4,631.00	463.10	16.90	38.66	80.22	자세히 보기
2020-10-14	구석호	부여농장	백도	10	4,534.00	453.40	14.66	16.35	19.10	자세히 보기
2020-10-14	구석호	부여농장	백도	3	1,031.00	343.67	16.90	18.34	19.50	자세히 보기
2020-10-14	지농	안양농장	후지	3	1,031.00	343.67	16.90	47.67	99.90	자세히 보기
2020-10-13	지농	안양농장	후지	10	7,197.00	719.70	33.54	87.16	200.98	자세히 보기
2020-10-08	김성재	울진농장	홍매실	10	4,704.00	470.40	0.30	28.86	89.90	자세히 보기
2020-09-15	구성주	부여농장	백도	10	4,534.00	453.40	14.66	16.35	19.10	자세히 보기
2020-09-14	구성주	부여농장	백도	10	4,534.00	453.40	14.66	16.35	19.10	자세히 보기
2020-09-13	구성주	부여농장	백도	10	4,534.00	453.40	14.66	16.35	19.10	자세히 보기
2020-09-12	구성주	부여농장	백도	10	4,534.00	453.40	14.66	16.35	19.10	자세히 보기

<그림> 설치식 선별기 선별정보 조회화면

- 시작일자, 종료일자, 지역, 선별장, 품목을 조회조건으로 사용자가 원하는 정보를 선택하여 조회
- 조회 시 선별일자, 농가명, 선별장명, 품목명, 총 선별 수, 총 중량, 평균 중량, 최저당도, 평균당도, 최고당도 정보를 조회
- 자세히 보기 버튼 클릭 시 당도, 중량, 배출구 정보를 조회

[측정정보조회_휴대용]

- 휴대용 측정기에서 수집된 측정정보를 조회할 수 있는 측정정보 모니터링 서비스화면 개발

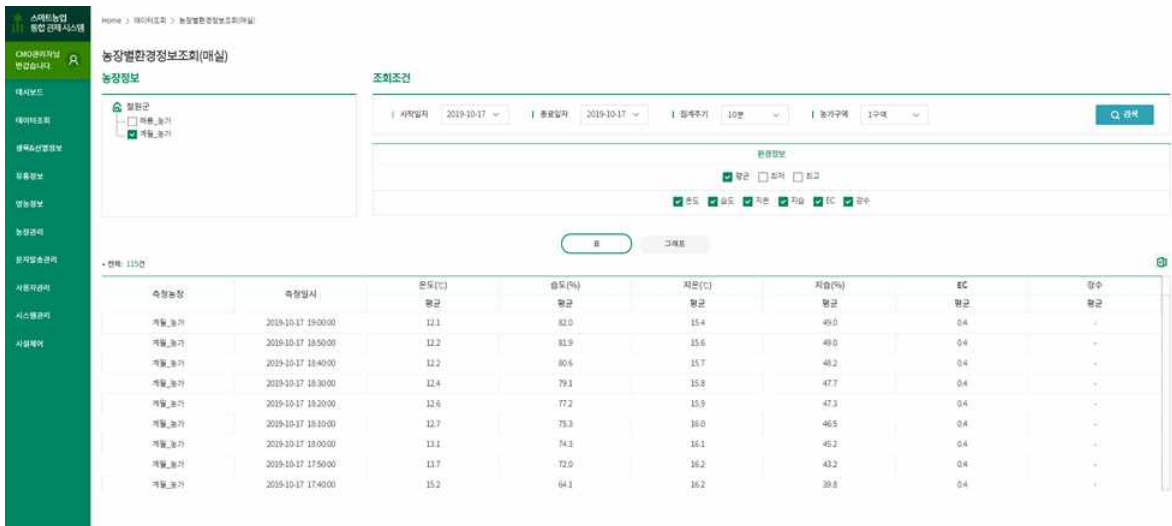


<그림> 휴대용 측정기 측정정보 조회화면

- 시작일자, 종료일자, 지역, 선별장, 품목을 조회조건으로 사용자가 원하는 정보를 선택하여 조회
- 조회 시 선별일자, 농가명, 선별장명, 품목명, 당도 정보를 조회

[환경정보 수집 및 모니터링]

- 농장에 설치된 각종 센서노드와 데이터 연계를 통해 환경데이터 확보 (온도, 습도, 토양수분, 지온 등) 및 환경데이터 모니터링 서비스 개발



<그림> 농장 환경정보 조회화면 (표형태)



<그림> 농장 환경정보 조회화면 (차트형태)

- 농장정보를 기준으로 다수의 환경정보를 선택한 후 환경정보를 조회
- 집계주기 (10분, 1시간, 1일), 집계방법 (평균값, 최대값, 최소값, 방향, 발생건수, 누적)

6. 비즈니스 파트너 간 데이터 공유 위한 Open API 서비스 구현

선별기 제조업체로부터 산출되는 선별정보를 필요로 하는 외부 시스템에 제공하기 위한 모듈 정보제공용 API 개발



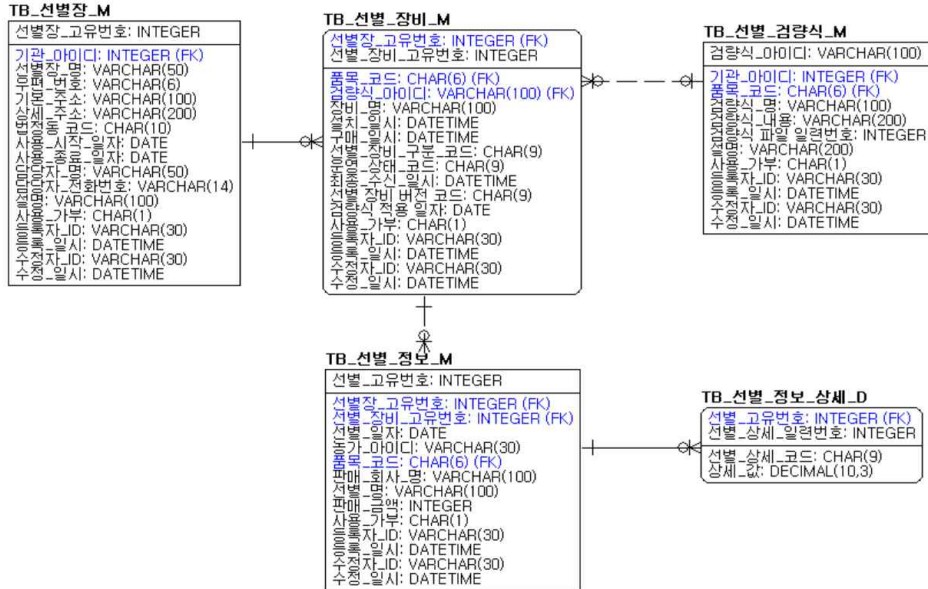
<그림> 클라우드와 외부 응용서비스 간 통신을 위한 프로세스

1. 서비스 등록 : 선별기데이터 수집시스템에서 제공하는 API 목록 등록
2. 서비스 조회/신청 : 정보를 사용하고자 하는 사용자가 시스템에서 제공하는 정보목록 조회 및 실제 서비스를 받고자 하는 서비스 신청
3. 서비스이용 승인 : 운영자가 서비스 사용에 대한 이용승인 후 서비스키 발급
4. 서비스 요청 : 발급된 서비스키를 이용하여 정보요청

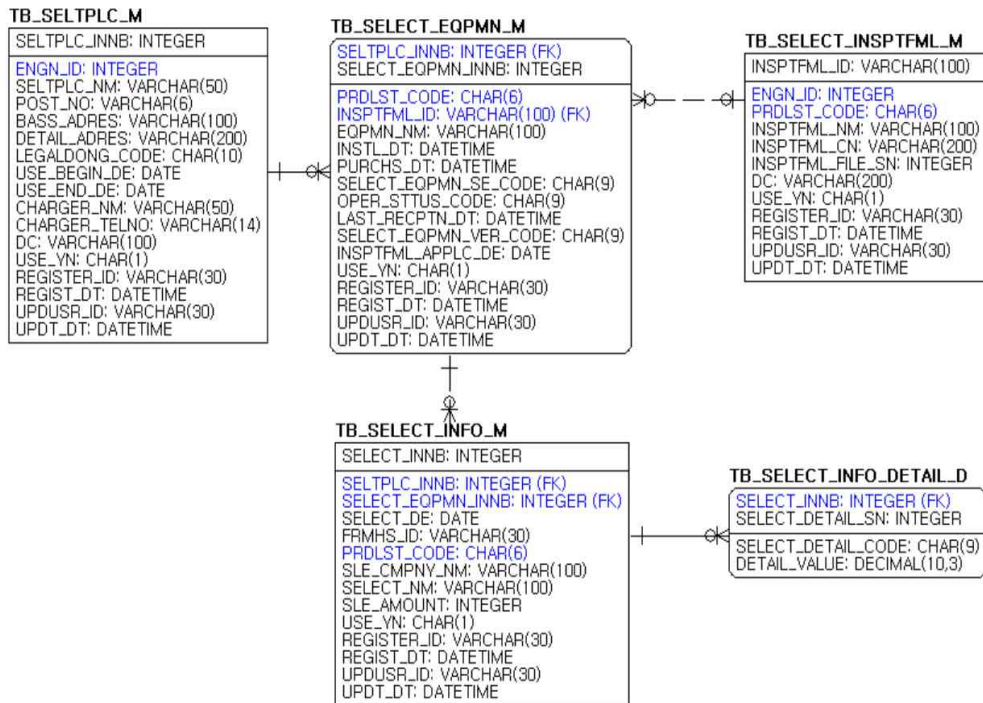
5. 서비스 응답 : 요청한 서비스에 대한 정보 제공

○ 관련 테이블 정보

- 논리 ERD



- 물리 ERD



- 테이블 목록

테이블ID	테이블명	Synonym	업무영역
-------	------	---------	------

테이블ID	테이블명	Synonym	업무영역
TB_FRMHS_D	TB_농가_D	smartFarm	선별관리시스템
TB_FRMHS_M	TB_농가_M	smartFarm	선별관리시스템
TB_LOGIN_SCRIN_M	TB_로그인_화면_M	smartFarm	선별관리시스템
TB_MENU_M	TB_메뉴_M	smartFarm	선별관리시스템
TB_MENUAUTHOR_M	TB_메뉴권한_M	smartFarm	선별관리시스템
TB_SCRIN_M	TB_화면_M	smartFarm	선별관리시스템
TB_SELTPLC_M	TB_선별장_M	smartFarm	선별관리시스템
TB_SELECT_EQPMN_M	TB_선별_장비_M	smartFarm	선별관리시스템
TB_SELECT_INSPTFML_M	TB_선별_검량식_M	smartFarm	선별관리시스템
TB_SELECT_INFO_M	TB_선별_정보_M	smartFarm	선별관리시스템
TB_SELECT_INFO_DETAIL_D	TB_선별_정보_상세_D	smartFarm	선별관리시스템
TB_STDR_CODE_M	TB_기준_코드_M	smartFarm	선별관리시스템
TB_USER_FRMHS_I	TB_사용자_농가_I	smartFarm	선별관리시스템
TB_USER_M	TB_사용자_M	smartFarm	선별관리시스템

- 테이블 정의서

테이블명	컬럼명	논리명	데이터타입	PK	FK
TB_FRMHS_D	FRLND_INNB	농지_고유번호	INTEGER	Y	N
	GROWN_YEAR	작기_시작_년도	YEAR	Y	N
	FULL_ADDR	농지주소	VARCHAR(200)	N	N
	HRS_LENGTH	하우스길이	DECIMAL(10,2)	N	N
	HRS_DEPTH	하우스너비	DECIMAL(10,2)	N	N
	HRS_HIGH	하우스높이	DECIMAL(10,2)	N	N
	HRS_SIZE	하우스사이즈	VARCHAR(50)	N	N
	HRS_PY	면적	DECIMAL(10,2)	N	N
	HRS_COAT	피복자재	VARCHAR(50)	N	N
	HRS_HEAT	보온자재	VARCHAR(50)	N	N
	HRS_STRUCT	온실구조	VARCHAR(50)	N	N
	HRS_RADIATOR	난방장치	VARCHAR(50)	N	N
	GROWN_TYPE	재배타입	VARCHAR(50)	N	N
	BED_COUNT	베드수	INTEGER	N	N
	BED_DIRECT	베드방향	VARCHAR(50)	N	N
	TOTAL_PY	총면적	VARCHAR(100)	N	N
	INSTL_EQPMN_TYPE	설치장비	VARCHAR(50)	N	N
	IS_LEAD	선도농가	CHAR(1)	N	N
	REGISTER_ID	등록자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	REGIST_DT	등록_일시	DATETIME	N	N
UPDUSR_ID	수정자_ID	VARCHAR(30)	N	N	
FRMHS_INNB	농가_고유번호	INTEGER	N	N	

테이블명	컬럼명	논리명	데이터타입	PK	FK
	UPDT_DT	수정_일시	DATETIME	N	N
TB_FRMHS_M	FRMHS_ID	농가_아이디	VARCHAR(30)	Y	N
	FRMHS_NM	농가_명	VARCHAR(30)	N	N
	SEXDSTN	성별	CHAR(1)	N	N
	BRTHDY	생년월일	CHAR(8)	N	N
	POST_NO	우편_번호	VARCHAR(6)	N	N
	BASS_ADRES	기본_주소	VARCHAR(100)	N	N
	DETAIL_ADRES	상세_주소	VARCHAR(200)	N	N
	ADSTRD_CODE	행정동_코드	char(10)	N	N
	TLPHON_NO	전화_번호	VARCHAR(14)	N	N
	MOBLPHON_NO	휴대폰_번호	VARCHAR(14)	N	N
	EMAIL	이메일	VARCHAR(40)	N	N
	SDE_NTCN_RECPTN_YN	병해_알림_수신_가부	CHAR(1)	N	N
	WETHER_NTCN_RECPTN_YN	기상_알림_수신_가부	CHAR(1)	N	N
	GRDV_NTCN_RECPTN_YN	생육_알림_수신_가부	CHAR(1)	N	N
	USE_YN	사용_가부	CHAR(1)	N	N
	REGISTER_ID	등록자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	REGIST_DT	등록_일시	DATETIME	N	N
	UPDUSR_ID	수정자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	UPDT_DT	수정_일시	DATETIME	N	N
	ALARM_CYCLE	알람사이클	CHAR(1)	N	N
	ETC_NTCN_RECPTN_YN	기타_알림_수신_가부	CHAR(1)	N	N
	FRMHS_MANAGE_NO	농장_관리_번호	VARCHAR(50)	N	N
	SMS_USE_YN	문자알림_사용_가부	CHAR(1)	N	N
DATA_PBLONSIP_YN	데이터_공유_가부	CHAR(1)	N	N	
SELECT_FRMHS_YN	선별_농가_가부	CHAR(1)	N	N	
SELECT_AREA_CODE	선별_지역_코드	CHAR(9)	N	N	
TB_LOGIN_SCRIN_M	LOGIN_SCRIN_ID	로그인_화면_아이디	INTEGER	Y	N
	LOGIN_SCRIN_NM	로그인_화면_명	VARCHAR(50)	N	N
	ORGINL_FILE_NM	원본_파일_명	VARCHAR(100)	N	N
	DC	설명	VARCHAR(100)	N	N
	USE_YN	사용_가부	CHAR(1)	N	N
	REGISTER_ID	등록자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	REGIST_DT	등록_일시	DATETIME	N	N
	UPDUSR_ID	수정자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	UPDT_DT	수정_일시	DATETIME	N	N
TB_MENU_M	MENU_ID	메뉴_아이디	VARCHAR(20)	Y	N
	SYS_USER_SECODE	시스템_사용자_구분	CHAR(9)	Y	N

테이블명	컬럼명	논리명	데이터타입	PK	FK
		코드			
	SCRIN_ID	화면_아이디	VARCHAR(20)	N	Y
	ENGN_ID	기관_아이디	INTEGER	N	Y
	MENU_TY_CODE	메뉴_유형_코드	CHAR(9)	N	N
	UPPER_MENU_ID	상위_메뉴_ID	VARCHAR(20)	N	N
	MENU_NM	메뉴_명	VARCHAR(100)	N	N
	MENU_INDICT_AT	메뉴_표시_여부	CHAR(1)	N	N
	MENU_DC	메뉴_설명	VARCHAR(200)	N	N
	SORT_ORDR	정렬_순서	INTEGER	N	N
	LOGIN_YN	로그인_가부	CHAR(1)	N	N
	TR_ORDR	트리_순서	VARCHAR(10)	N	N
	MENU_LEVEL	메뉴_레벨	CHAR(1)	N	N
	USE_YN	사용_가부	CHAR(1)	N	N
	REGISTER_ID	등록자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	REGIST_DT	등록_일시	DATETIME	N	N
	UPDUSR_ID	수정자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	UPDT_DT	수정_일시	DATETIME	N	N
TB_MENUAUTHOR_M	MENU_ID	메뉴_아이디	VARCHAR(20)	Y	Y
	SYS_USER_SECODE	시스템_사용자_구분 코드	CHAR(9)	Y	Y
	AUTHOR_GROUP_SN	권한_그룹_순번	INTEGER	Y	Y
	USER_JOB_SECODE	사용자_업무_구분코 드	CHAR(9)	Y	Y
	SORT_ORDR	정렬_순서	INTEGER	N	N
	USE_YN	사용_가부	CHAR(1)	N	N
	REGISTER_ID	등록자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	REGIST_DT	등록_일시	DATETIME	N	N
	UPDUSR_ID	수정자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	UPDT_DT	수정_일시	DATETIME	N	N
TB_SCRIN_M	SCRIN_ID	화면_아이디	VARCHAR(20)	Y	N
	SCRIN_INDICT_AT	화면_표시_여부	CHAR(1)	N	N
	SCRIN_NM	화면_명	VARCHAR(100)	N	N
	SCRIN_KND_CODE	화면_종류_코드	VARCHAR(6)	N	N
	ORGINL_FILE_NM	원본_파일_명	VARCHAR(100)	N	N
	LINK_URL	링크_URL	VARCHAR(200)	N	N
	LOG_YN	로그_가부	CHAR(1)	N	N
	USE_YN	사용_가부	CHAR(1)	N	N
	REGISTER_ID	등록자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	REGIST_DT	등록_일시	DATETIME	N	N
	UPDUSR_ID	수정자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	UPDT_DT	수정_일시	DATETIME	N	N

테이블명	컬럼명	논리명	데이터타입	PK	FK
TB_SELTPLC_M	SELTPLC_INNB	선별장_고유번호	INTEGER	Y	N
	ENGN_ID	기관_아이디	INTEGER	N	N
	SELTPLC_NM	선별장_명	VARCHAR(50)	N	N
	POST_NO	우편_번호	VARCHAR(6)	N	N
	BASS_ADRES	기본_주소	VARCHAR(100)	N	N
	DETAIL_ADRES	상세_주소	VARCHAR(200)	N	N
	LEGALDONG_CODE	법정동 코드	CHAR(10)	N	N
	USE_BEGIN_DE	사용_시작_일자	DATE	N	N
	USE_END_DE	사용_종료_일자	DATE	N	N
	CHARGER_NM	담당자_명	VARCHAR(50)	N	N
	CHARGER_TELNO	담당자_전화번호	VARCHAR(14)	N	N
	DC	설명	VARCHAR(100)	N	N
	USE_YN	사용_가부	CHAR(1)	N	N
	REGISTER_ID	등록자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	REGIST_DT	등록_일시	DATETIME	N	N
	UPDUSR_ID	수정자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	UPDT_DT	수정_일시	DATETIME	N	N
TB_SELECT_EQPMN_M	SELTPLC_INNB	선별장_고유번호	INTEGER	Y	Y
	SELECT_EQPMN_INNB	선별_장비_고유번호	INTEGER	Y	N
	PRDLST_CODE	품목_코드	CHAR(6)	N	N
	INSPTFML_ID	검량식_아이디	VARCHAR(100)	N	Y
	EQPMN_NM	장비_명	VARCHAR(100)	N	N
	INSTL_DT	설치_일시	DATETIME	N	N
	PURCHS_DT	구매_일시	DATETIME	N	N
	SELECT_EQPMN_SE_CODE	선별_장비_구분_코드	CHAR(9)	N	N
	OPER_STTUS_CODE	운영_상태_코드	CHAR(9)	N	N
	LAST_RECPTN_DT	최종_수신_일시	DATETIME	N	N
	SELECT_EQPMN_VER_CODE	선별_장비_버전_코드	CHAR(9)	N	N
	INSPTFML_APPLC_DE	검량식 적용 일자	DATE	N	N
	USE_YN	사용_가부	CHAR(1)	N	N
	REGISTER_ID	등록자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	REGIST_DT	등록_일시	DATETIME	N	N
	UPDUSR_ID	수정자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	UPDT_DT	수정_일시	DATETIME	N	N
TB_SELECT_INSPTFML_M	INSPTFML_ID	검량식_아이디	VARCARH(100)	Y	Y
	ENGN_ID	기관_아이디	INTEGER	N	N
	PRDLST_CODE	품목_코드	CHAR(6)	N	N
	INSPTFML_NM	검량식_명	VARCHAR(100)	N	N
	INSPTFML_CN	검량식_내용	VARCHAR(200)	N	N
	INSPTFML_FILE_SN	검량식_파일_일련번호	INTEGER	N	N

테이블명	컬럼명	논리명	데이터타입	PK	FK
	DC	설명	VARCHAR(200)	N	N
	USE_YN	사용_가부	CHAR(1)	N	N
	REGISTER_ID	등록자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	REGIST_DT	등록_일시	DATETIME	N	N
	UPDUSR_ID	수정자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	UPDT_DT	수정_일시	DATETIME	N	N
TB_SELECT_INFO_M	SELECT_INNB	선별_고유번호	INTEGER	Y	N
	SELTPLC_INNB	선별장_고유번호	INTEGER	N	Y
	SELECT_EQPMN_INNB	선별_장비_고유번호	INTEGER	N	Y
	SELECT_DE	선별_일자	DATE	N	N
	FRMHS_ID	농가_아이디	VARCHAR(30)	N	N
	PRDLST_CODE	품목_코드	CHAR(6)	N	N
	SLE_CMPNY_NM	판매_회사_명	VARCHAR(100)	N	N
	SELECT_NM	선별_명	VARCHAR(100)	N	N
	SLE_AMOUNT	판매_금액	INTEGER	N	N
	USE_YN	사용_가부	CHAR(1)	N	N
	REGISTER_ID	등록자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	REGIST_DT	등록_일시	DATETIME	N	N
	UPDUSR_ID	수정자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	UPDT_DT	수정_일시	DATETIME	N	N
TB_SELECT_INFO_DETAIL_D	SELECT_INNB	선별_고유번호	INTEGER	Y	Y
	SELECT_DETAIL_SN	선별_상세_일련번호	INTEGER	Y	N
	SELECT_DETAIL_CODE	선별_상세_코드	CHAR(9)	N	N
	DETAIL_VALUE	상세_값	DECIMAL(10,3)	N	N
TB_STDR_CODE_M	CMMN_CODE	공통_코드	CHAR(9)	Y	N
	LCLAS_CODE	대분류_코드	CHAR(3)	N	N
	MLSFC_CODE	중분류_코드	CHAR(3)	N	N
	SCLAS_CODE	소분류_코드	CHAR(3)	N	N
	LCLAS_CODE_NM	대분류_코드_명	VARCHAR(30)	N	N
	MLSFC_CODE_NM	중분류_코드_명	VARCHAR(30)	N	N
	SCLAS_CODE_NM	소분류_코드_명	VARCHAR(30)	N	N
	DC	설명	VARCHAR(100)	N	N
	SORT_ORDR	정렬_순서	INTEGER	N	N
	ETC_ONE	기타_1	VARCHAR(10)	N	N
	ETC_TWO	기타_2	VARCHAR(10)	N	N
	ETC_THREE	기타_3	VARCHAR(10)	N	N
	USE_YN	사용_가부	CHAR(1)	N	N
	REGISTER_ID	등록자_ID	VARCHAR(30)	N	N
REGIST_DT	등록_일시	DATETIME	N	N	
UPDUSR_ID	수정자_ID	VARCHAR(30)	N	N	

테이블명	컬럼명	논리명	데이터타입	PK	FK
	UPDT_DT	수정_일시	DATETIME	N	N
TB_USER_FRMHS_I	ENGN_ID	기관_아이디	INTEGER	Y	Y
	USER_ID	사용자_아이디	VARCHAR(30)	Y	Y
	USER_FRMHS_SN	사용자_농가_일련번호	INTEGER	Y	N
	FRMHS_ID	농가_아이디	VARCHAR(30)	N	Y
	AUTHOR_GROUP_SN	권한_그룹_순번	DECIMAL(10)	N	N
	USE_YN	사용_가부	CHAR(1)	N	N
	REGISTER_ID	등록자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	REGIST_DT	등록_일시	DATETIME	N	N
	UPDUSR_ID	수정자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	UPDT_DT	수정_일시	DATETIME	N	N
TB_USER_M	ENGN_ID	기관_아이디	INTEGER	Y	Y
	USER_ID	사용자_아이디	VARCHAR(30)	Y	N
	AUTHORGROUPSN	권한그룹순번	INTEGER	N	Y
	USER_JOB_SECODE	사용자_업무_구분코드	CHAR(9)	N	Y
	USER_NM	사용자_명	VARCHAR(50)	N	N
	USER_BRTHDY	사용자_생년월일	CHAR(8)	N	N
	LOGIN_PASSWORD	로그인_비밀번호	VARCHAR(100)	N	N
	USER_PSTINST_CODE	사용자_소속기관_코드	CHAR(7)	N	N
	OFFM_TELNO	사무실_전화번호	VARCHAR(14)	N	N
	USER_MBTNUM	사용자_이동전화번호	VARCHAR(14)	N	N
	USER_ZIP	사용자_우편번호	VARCHAR(6)	N	N
	USER_DETAILADRES	사용자_상세주소	VARCHAR(100)	N	N
	USER_EMAIL	사용자_이메일	VARCHAR(100)	N	N
	CONFM_SECODE	승인_구분코드	VARCHAR(6)	N	N
	USER_KND_CODE	사용자_종류_코드	CHAR(1)	N	N
	USE_BEGIN_DT	사용_시작_일시	DATETIME	N	N
	USE_END_DT	사용_종료_일시	DATETIME	N	N
	USER_ADRES	사용자_주소	VARCHAR(200)	N	N
	FRMHS_AT	농가_여부	CHAR(1)	N	N
	USE_YN	사용_가부	CHAR(1)	N	N
	REGISTER_ID	등록자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	REGIST_DT	등록_일시	DATETIME	N	N
	UPDUSR_ID	수정자_ID	VARCHAR(30)	N	N
	UPDT_DT	수정_일시	DATETIME	N	N

○ 사업화 성과 및 계획

- 사업화 성과

항목	세부 항목			성 과
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	0억원
			향후 3년간 매출	0억원
		관련제품	개발후 현재까지	0억원
			향후 3년간 매출	0억원
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %
			향후 3년간 매출	국내 : % 국외 : %
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %
			향후 3년간 매출	국내 : % 국외 : %
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위		위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위		위

- 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	1년			
	소요예산(백만원)	50			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년후	5년후	
		-	20	50	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	-	30	30
국외		-	-	-	
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획					
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	-	-	-	
	수 출	-	-	-	

제 3장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

제 1절 연구 개발 목표의 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	달성도 (%)	자체평가
과일 및 과채류의 비파괴 당도 및 환경 데이터 특성 연구	100	- 대상 과일 선발 - 선정된 과일의 광량 조건 및 수광 특성 연구 - 검량식 작성 방식 연구
휴대형 비파괴 당도 측정기 개발	100	- 장갑 형태의 휴대형 비파괴 당도 측정기 개발 - 안드로이드 기반 당도측정 어플리케이션 개발 - 당도 검량식 개발
연속식 비파괴 당도 측정기 개발	100	- 연속식 비파괴 당도 측정기에 네트워크 기능 탑재 및 데이터 원격 전송 시스템 구축 - 당도 검량식 개발
클라우드 기반 비파괴 당도 측정기 운영 프로그램 고도화 기술 개발	100	- 당도정보 및 생육환경정보 계측/전송용 인터페이스 모듈 개발 - 최적 검량식 생성 및 갱신용 네트워크 소프트웨어 개발
현장 연계형 응용서비스 개발	100	- 당도 정보 및 당도 지도서비스 개발 - APC 관리시스템 연계형 응용서비스 개발
비파괴 당도 측정 시스템 성능 시험	90	- 비파괴 당도 측정 시스템의 자체 성능 시험 완료 - 2021년 상반기 중 공인기관 성능 평가 예정

제 2절 관련 분야 기여도

1. 기술적 측면

- 과일(과채류)의 생산에 빅데이터 및 ICT를 접목한 신기술을 적용하여 고품질 및 생산성의 상향평준화로 일관성을 유지할 수 있기 때문에 시장의 가격 안정화가 기대됨
- ICT 적용 신재배기술 및 생산성 향상 교육 프로그램 실시에 따른 생산농가의 소득 안정화를 기대할 수 있음
- ICT기반 휴대형 글로벌식 비파괴 당도 측정기 개발은 여러 과일(과채류)에 적용이 가능하기 때문에 신선 원예산물의 상품 고급화 및 포장 기술을 극대화할 수 있음
- 원예산물 재배에 필요한 빅데이터 수집과 분석은 향후 첨단 시설재배에 필요한 기초 자료를 D/B화할 수 있고, 미래의 환경변화에 대응할 수 있는 중요한 자료로 활용할 수 있음
- 국내 최초의 ICT 및 클라우드 기반 과일(과채류) 당도측정/분석기술 개발
- 세계 최고 수준의 과일(과채류) 당도측정/분석기술 : 당도 정보 및 생육환경정보 빅데이터 활용
- 세계 최고 수준의 당도 측정 시스템 (휴대형 당도측정기, 연속식 당도측정기) 구축
- 세계 최고 수준의 과일(과채류) 당도 분석 기술 개발 : 통계적 분석기법 및 인공 신경망 기반 모델링기술

2. 경제적·산업적 측면

- 재배환경에 따른 품질 데이터의 빅데이터 분석과 ICT를 적용하여 환경을 효율적으로 공동 관리하기 때문에 환경변화 대응 관리로 에너지, 인건비, 관리의 단순화에 따른 생산비 절약에 기여할 수 있음
- ICT기반 비파괴 당도 측정기를 이용하여 과일(과채류)의 품질 균일화로 상품의 고급화 브랜드 이미지 제고, 신선도 연장 및 유통 중 손실 최소화로 소비자의 신뢰도를 높일 수 있음
- 연구개발을 통해 획득한 기술력을 바탕으로 해외 수출시장으로 확대할 수 있어 부가가치 측면에서 경제성이 우월함
- 해외 의존적인 비파괴 당도분석을 위한 스펙트럼 신호처리기술, 빅데이터 분석기술, 통신기술, 소프트웨어 및 데이터베이스 운영시스템의 국산화에 기여
- 첨단 정밀 당도분석 및 클라우드 기반 플랫폼 구축을 통한 원예농가의 원예작물 품질 관리기술 발전에 기여
- 원예작물뿐만 아니라 에너지, 환경, 산림 등의 전방위적인 산업분야에 폭넓게 활용
- 국내 빅데이터를 활용한 생물체 신호측정, 분석, 통신, 데이터베이스 및 시스템 기술 선진화
- 세계적인 기술 리더십 확보
- 광스펙트럼의 전처리기술, 보정기술, 모델링기술은 비단 과일(과채류)와 같은 원예작물뿐만 아니라 다양한 소재 (반도체, 특수재료, 바이오소재 등)에 적용할 수 있는 비파괴 검사장치와 연계될 수 있으며 반도체, LED, 태양광 등의 전자부품 소자 비파괴검사장치 개발을 위한 핵심기술로 활용
- 최근 들어 인류의 삶의 질 문제와 연관되어 많은 관심이 집중되고 있는 환경문제를 해결하기 위한 주요 핵심기술로서 수질 및 해양자원 (먹는 물, 수자원 분석 등), 수질환경 (기름유출, 녹조현상 탐지 등), 산림환경 (수분함량지수, 엽록소 함량분석 및 산림종합건강분석) 산업에 특화될 수 있음
- 기초 및 응용기술을 연구하는 대학교와 연구소에서의 폭넓은 활용을 예상

○ 클라우드 기반 노지 스마트팜 모델 확산으로 S/W 및 H/W 기술 발전 기반 마련

- ICT접목 비파괴 당도측정기 고도화와 클라우드 기반의 빅데이터 영농 환경의 조성을 통하여 국가 필수 산업인 농업 분야의 생산-가공-유통-판매에 이르는 전체 가치사슬을 클라우드를 통해 연계 가능
- 클라우드를 통해 연결되는 농업 시스템은 산업 전반의 요소 기술 및 관련 기업들의 융합을 가능하게 하여 산업 전반에 걸친 S/W 및 H/W 기술 발전에 기여할 수 있음
- 중소기업의 관점에서는 개별 기업이 서비스를 위한 서버운영 및 어플리케이션에 할당해야 할 비용을 클라우드 시스템 사용을 통해 대폭 절감할 수 있어 중소기업들은 고유의 원천기술 개발에만 집중할 수 있음

제 4장 연구 결과의 활용 계획

제 1절 연구 결과의 활용 방안

1. 원예산물의 비파괴 당도 판정 센서로 활용 (온라인/오프라인)

- 비파괴 당도 측정 원리상 반사광 보다는 투과광 센서가 측정 정확도가 높으므로 현재 구축되고 있는 대부분의 당도 판정 센서에 활용될 수 있을 것임
- 선별기용 센서 뿐만 아니라 오프라인용 당도 판정 센서에도 활용될 수 있을 것임. 현재 오프라인 센서는 유통 단계의 당도 판정 기능을 수행하고 있으며 일부 소규모 농가용으로 활용되고 있는 상황임. 개발하고자 하는 ICT 기반의 비파괴 당도 측정기는 이와 같은 오프라인용 현장에서도 충분히 활용될 수 있을 것임
- 글로벌형 당도 측정기의 경우, 선별장 및 농업기술센터의 요구 사항을 반영하여 설계되고 있으며, 금액 또한 현장에서의 요구 가격에 맞춘 것임

<표> 기술개발 후 국내·외 주요 판매처 현황

판매처	국가 명	판매 단가 (천원)	예상 연간 판매량(개)	예상 판매기간(년)	예상 총판매금 (천원)	관련제품
(주)생명과학기술	국내	80,000	24		1,920,000	(1)APC용 비파괴당도계
(주)생명과학기술	국내	20,000	48		960,000	(2)포터블 비파괴당도기
(주)생명과학기술	국내	10,000	24		240,000	(3)ICT 소프트웨어
(주)생명과학기술	아시아	50,000	6		300,000	(1)비파괴당도계
합 계					3,420,000	

2. 과수 수확시기 판정용 농가 센서로 사용

- 과수 재배에 있어서 수확시기 판정은 과실의 최종 품질을 결정하는데 있어서 매우 중요한 절차지만 현재의 판정과정은 농민의 경험에 의해 주관적으로 결정되는 것이 대부분임. 하지만 휴대형 비파괴 센서는 아직까지 실용 사용 실적이 미비한데 이는 검교정 방식 및 약한 광량을 활용함에 따른 측정 정확도에 문제가 있기 때문으로 사료됨. 따라서 본 과제에서 개발하고자 하는 글로벌형 비파괴 당도측정기는 농장에서도 투과광을 측정할 수 있는 것으로 보다 정확한 측정이 가능하여 과수 수확시기 판정용 센서 개발에 충분히 활용될 수 있을 것임

3. 개발 결과물을 통한 클라우드 플랫폼의 구축

- 선별기 업체는 서버구축과 모바일/웹 응용 서비스 개발 관련 비용을 클라우드를 활용함으로써 획기적인 비용 절감이 가능함
- 저렴한 비용으로 시장에 진입할 수 있으므로 농가에 대한 영업과 관리, A/S에 집중할 수 있음
- 컨설턴트 역시 기존에는 농가별 수집된 데이터를 사전에 확보하지 못하여 양질의 컨

설팅이 이루어지지 못했으나 본 클라우드 내 데이터를 활용하여 자신만의 컨설팅 관리 프로그램을 개발할 수 있음

→ 농가간 센싱 데이터 비교, 빅데이터 기반 알고리즘을 활용한 작물 생산 예측 서비스

- 각종 농자재 업체들은 현재까지 ICT 농업과는 거리를 두고 있었으나 이들이 직접 자신들이 가지고 있는 판매망을 활용하여 ICT 농업 제품의 판매, 또는 직접 운영프로그램을 개발하여 번들로 제공하는 서비스도 가능해짐
- 작목반 단위의 품질관리 시스템을 통하여 농산물 유통 체인에 재배이력과 같은 부가적 가치를 제공



그림 28 클라우드 기반 플랫폼 구축을 통한 농산업의 활용방안 개략도

- 본 연구를 통해 개발되는 당도 측정 기술 및 클라우드 기반 네트워크 플랫폼 장치들은 아직까지도 해외의 장치와 기술에 의존적인 부분이 큰 것이 현실이며 제안된 과제가 성공적으로 수행된다면 관련 기술과 장치들의 국산화를 달성할 수 있고 농산업뿐만 아니라 환경, 축산업, 에너지 등 다양한 분야의 산업에 적용함으로써 국산화 기술경쟁력 제고와 관련 장비 시장 점유율 확대를 통한 경제적 파급 효과를 획득할 수 있음
- 성공적인 연구의 수행을 통한 목표 기술과 장치의 개발이 완료된 이후 지속적인 현장검증과 기술의 보완을 통해 개발기술 및 장치를 업그레이드하여 제품의 현장신뢰성을 확보하고 국가기관 신뢰성 검증 및 국내외 전시회참여를 통한 마케팅 전략을 구축하여 사업화를 실현함

4. 실용화 및 제품화 방안

- 아래와 같은 4단계의 실용화·제품화 전략을 마련함
- 1단계 : 현장 원예 농가, 농장 등을 통한 실공정 평가
- 2단계 : 현장 원예 농가, 농장의 VOC(Voice of Customer) 수용 및 적용을 통한 개발 제품의 성능평가, 향상 및 보완
- 3단계 : 농산물산지유통센터 또는 공동선별장 등에 개발 시스템 투입 및 현장 적용을

통한 작동성능 검증

- 4단계 : 본 연구에서 제안된 대상 과일(과채류) 이외의 다른 원예작목 및 원예농가 현장과 연동할 수 있는 연동기능의 유연성을 추가 보강한 최종 제품 제작 및 판매

○ 개발기술을 활용한 타 산업분야 관련 사업화 방안

- 당도 정보, 광스펙트럼 정보를 활용한 신호처리/분석기술, 클라우드 플랫폼의 구축을 통한 빅데이터 분석기술, 데이터 통신, 소프트웨어 및 데이터베이스와 관련된 다양한 기술들은 농업, 환경, 산림, 에너지 등의 전방위 산업 분야에 광범위하게 적용될 수 있으며 국내외 관련 산업을 대상으로 큰 시장을 형성할 수 있음
- 제안하는 기술은 현재 농가 또는 공동선별장에서 운영되고 있는 당도 측정기와는 완전히 다른 방식이기 때문에 기존의 농산물산지유통센터 또는 작목반 등과 연동될 수 있는 프로토콜을 개발 후 현장의 원예농가, 농장에 시범 투입하여 marathone 테스트를 수행함

○ 미래원천기술 확보방안

- 제안된 연구과제를 통해 획득할 수 있는 당도측정/분석기술 및 클라우드 플랫폼을 활용한 빅데이터 분석기술들은 비파괴 당도측정과 적정수확시기의 의사결정뿐만 아니라 다양한 원예산물과 농산물의 재배환경 (생육환경)과 생산 및 수확관리에 대해서도 적용할 수 있으며 이를 통해 국내 농산물 생산 및 재배뿐만 아니라 수확 후 관리분야에서의 취약성을 개선하고 대외 농산업기술의 경쟁력을 강화할 수 있음
- 제안된 과제의 연구과정 중에 개발하고자 하는 대용량·빅데이터를 이용한 인공지능망 고속학습기술은 최근 들어 크게 주목받고 있는 미래원천기술 중 하나로서 미래첨단 농업뿐만 아니라 다양한 분야에 활용될 수 있음
- 뿐만 아니라, 인공지능망 고속학습기술을 응용하는 신호 및 영상처리 분야의 선도기술을 확보할 수 있으며 이는 해외 선진농업국가와의 기술격차를 해소하고 차세대 인식기술에 대한 원천기술을 확보할 수 있는 기회를 제공함

○ 신산업 창출방안

- 제안된 연구과제를 수행하는 과정 중에 획득할 수 있는 센싱 및 신호처리기술, 분석기술, 통신 및 데이터베이스기술들은 비파괴 당도측정기와 클라우드 플랫폼 구축을 통한 당도/생육환경 빅데이터 상관분석기술의 연구뿐만 아니라 지능형 농업로봇, 자율주행 수확기 등과 같은 농산업의 다양한 분야에 적용될 수 있고 스마트팜, 작물의 표현형분석(phenotyping), 작물의 생육진단 및 병해충예찰 등과 같은 신산업분야에도 밀접한 관계를 가짐

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) ICT 접목 과일(과채류 포함) 비파괴 당도측정기 성능 고도화 연구				
	(영문) Research on the Performance Enhancement of ICT based Nondestructive Sugar Content Measurement Systems				
주관연구기관	(주)생명과학기술		주 관 연 구	(소속) (주)생명과학기술	
참 여 기 업	(주)생명과학기술		책 임 자	(성명) 김 채 주	
총연구개발비 (천원)	계	733,400	총 연구 기간	2018.04.01. ~ 2020.12.31. (2년9월)	
	정부출연 연구개발비	550,000	총 참 연 구 원 수	총 인원	20
	기업부담금	183,400		내부인원	20
	연구기관부담금	-		외부인원	-

○ 연구개발 목표 및 성과

이 연구는 과일 및 과채류의 수확 전/후 전주기적 품질관리와 생산/유통 단계 중 비파괴 당도 측정관리의 고도화를 위해 ICT 및 클라우드 기술을 접목한 사용이 편리하고 성능이 우수한 “ICT 접목 과일·과채류 비파괴 당도측정기 성능 고도화 기술”을 개발하는 것이다. 세부 연구개발목표는 아래와 같음

- 과일 및 과채류의 비파괴 당도 및 환경 데이터 특성 연구
- 휴대형 비파괴 당도측정기 개발
- 연속식 비파괴 당도측정기 개발
- 클라우드 기반 비파괴 당도측정기 운영프로그램 고도화 기술 연구
- 현장 연계형 응용서비스 개발
- 비파괴 당도 측정시스템 (휴대형 및 연속식) 성능시험

○ 연구내용 및 결과

- 과일 및 과채류의 비파괴 당도 및 환경 데이터 특성 연구
 - 시기, 지역 및 품목별 대상 과일 및 과채류 선발
 - 선정된 과일 및 과채류 시료를 이용한 광량조건 및 수광특성 연구
 - 다중 간 검량식 작성 방식 연구
- 휴대형 비파괴 당도측정기 개발
 - 장갑형태 (글로브형)의 휴대형 무선 비파괴 당도측정방식
 - 광원부와 수광부를 장갑 내부에 설치하여 사용자 편의성을 증대함
 - 고성능/고출력 광원 적용
 - 분광계, 인터페이스를 손목 등에 위치하게 설계하여 휴대성을 증대함
 - 스마트폰 연동 무선 네트워크방식을 적용하여 측정된 스펙트럼 정보를 클라우드 서버에 전송함
 - 안드로이드 기반 당도측정 어플리케이션 개발
 - 과일(과채류)의 당도(가용성 고형물 함량) 실측치과 이화학적(극성 총 대사체) 분석치의 상관관계 분석

- 연속식 비파괴 당도측정기 개발
 - 농산물유통센터 또는 공동선별장에서 활용함
 - 인터넷기반 네트워크 통신기능 탑재
 - 당도정보 및 raw data (스펙트럼)의 원격 클라우드 서버 전송
 - 과일(과채류)의 당도(가용성 고형물 함량) 실측치과 이화학적(극성 총 대사체) 분석치의 상관관계 분석
 - 대상작목 : 감귤 (휴대형), 참외 (휴대형, 연속식), 포도 (연속식)
- 클라우드 기반 비파괴 당도측정기 운영프로그램 고도화 기술 연구
 - 당도정보 및 생육환경정보 계측/전송용 인터페이스 모듈 개발
 - 최적 검량식 (Calibration Curve) 생성 및 갱신용 네트워크 소프트웨어 개발
 - 클라우드 기반 당도정보 수집기 및 빅데이터 운영 프로그램 개발
- 현장 연계형 응용서비스 개발
 - 농산물산지유통센터 (APC) 관리시스템 연계형 응용서비스
 - 지역, 시기 및 품목별 당도정보 및 당도 지도서비스 개발/제공
 - 농가별/품목별 당도 선별정보를 이용한 정산 연계모듈
 - 사용자 매뉴얼 개발
- 비파괴 당도 측정시스템 (휴대형 및 연속식) 성능시험
 - 시기, 지역 및 품목별 측정/작동성능 시험 및 평가
 - 성능보완 및 개선
 - 당도정보 지도서비스를 통한 농가의 품질관리방안 제시

○ 연구성과 활용실적 및 계획

- 수확 전/후 및 생산/유통 단계 중 과일(과채류)의 전주기적 품질 관리가 가능한 ICT와 클라우드 기반 비파괴 당도 측정기 및 분석기술 개발
- 현장의 농민이 손쉽게 사용할 수 있는 휴대형 비파괴 당도측정기와 당도분석을 위한 통합 검량식 운영 프로그램 개발
- 특허 2건 출원, 논문 4편 (SCI 1건, 국내논문 3건), 기술 이전 1건과 제품화 2건
- 비파괴 신호처리 및 빅데이터 분석기술 관련 전문인력 양성 효과 (연구원 12명)
- 국내외 최초의 ICT와 클라우드 기반 플랫폼을 활용한 비파괴 당도측정/분석기술 개발
- 세계 최초 당도정보/생육환경정보를 이용한 인공지능기반 비파괴 당도분석기술 개발
- ICT접목 비파괴 당도측정기 성능고도화 기술을 개발함으로써 국내 원예작목의 품질관리를 통한 품질상향 평준화를 꾀할 수 있으며 이는 원예산업의 국가경쟁력 제고에 기여함
- 해외 의존적인 광신호 처리기술, 빅데이터 분석기술, 클라우드 기반 플랫폼 구축기술, 통신기술, 소프트웨어 및 데이터베이스 운영시스템의 국산화에 기여함
- 첨단 정밀농업 및 인공지능기반 과일(과채류) 품질분석기술 개발을 통한 원예농가의 원예산물 품질관리기술 발전에 기여

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		118014-3	
사업구분	첨단생산기술개발사업				
연구분야				과제구분	단위
사업명	첨단생산기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	ICT 접목 과일(과채류 포함) 비과과 당도측정기 성능 고도화 연구			과제유형	(기초,응용,개발)
연구기관	주식회사 생명과기술			연구책임자	김채주
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2018.04.01. ~ 2018.12.31.	150,000	50,000	200,000
	2차연도	2019.01.01. ~ 2019.12.31.	200,000	66,700	266,700
	3차연도	2020.01.01. ~ 2020.12.31.	200,000	66,700	266,700
	4차연도				
	5차연도				
	계	2018.04.01. ~ 2020.12.31.	550,000	183,400	733,400
참여기업	주식회사 생명과기술				
상대국			상대국연구기관		

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2021. 02. 05.

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
주식회사 생명과기술	대표이사	김채주

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.

확약	
-----------	--

I. 연구개발실적

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

1. 연구 개발 결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

2. 연구 개발 결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

3. 연구 개발 결과에 대한 활용 가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

4. 연구개발 수행 노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

5. 공개 발표된 연구개발성과(논문, 지식소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
과일 및 과채류의 비파괴 당도 및 환경 데이터 특성 연구	10	100	- 대상 과일 선발 - 선정된 과일의 광량 조건 및 수광 특성 연구 - 검량식 작성 방식 연구
휴대형 비파괴 당도 측정기 개발	15	100	- 장갑 형태의 휴대형 비파괴 당도 측정기 개발 - 안드로이드 기반 당도측정 어플리케이션 개발 - 당도 검량식 개발
연속식 비파괴 당도 측정기 개발	15	100	- 연속식 비파괴 당도 측정기에 네트워크 기능 탑재 및 데이터 원격 전송 시스템 구축 - 당도 검량식 개발
클라우드 기반 비파괴 당도 측정기 운영 프로그램 고도화 기술 개발	20	100	- 당도정보 및 생육환경정보 계측/전송용 인터페이스 모듈 개발 - 최적 검량식 생성 및 갱신용 네트워크 소프트웨어 개발
현장 연계형 응용서비스 개발	20	100	- 당도 정보 및 당도 지도서비스 개발 - APC 관리시스템 연계형 응용서비스 개발
비파괴 당도 측정 시스템 성능 시험	20	90	- 비파괴 당도 측정 시스템의 자체 성능 시험 완료 - 2021년 상반기 중 공인기관 성능 평가 예정
합계	100점		

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

IV. 보안성 검토

o 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

- 없음

2. 연구기관 자체의 검토결과

- 없음

[별첨 3]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	첨단생산기술개발사업	
연구과제명	ICT 접목 과일(과채류 포함) 비파괴 당도측정기 성능 고도화 연구			
주관연구기관	(주)생명과학기술		주관연구책임자	김채주
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	550,000천원	183,400천원	-	733,400천원
연구개발기간	2018.04.01. ~ 2020.12.31. (2년 9개월)			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
①과일 및 과채류의 비파괴 당도 및 환경 데이터 특성 연구	- 과일 및 과채류의 비파괴 당도 및 환경 데이터 특성 연구 완료
②휴대형 비파괴 당도 측정기 개발	- 휴대형 비파괴 당도 측정기 개발 완료
③연속식 비파괴 당도 측정기 개발	- 연속식 비파괴 당도 측정기 개발 완료
④클라우드 기반 비파괴 당도 측정기 운영 프로그램 고도화 기술 개발	- 클라우드 기반 비파괴 당도 측정기 운영 프로그램 기술 개발 완료 및 기술이전 실시
⑤현장 연계형 응용서비스 개발	- 현장 연계형 응용 서비스 개발 완료 (클라우드 서버 시스템)
⑥비파괴 당도 측정 시스템 성능 시험	- 비파괴 당도 측정 시스템 자체 성능 시험 완료 - 2021년 상반기내 공인기관 검증 예정 (과일별 출하 시기에 맞춰)

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인 증	학술성과				교육 지도	인 력 양 성	정책 활용-홍보		기 타 (타 연구
												논문		학 술	정 책			홍 보		
	특 허	특 허	품 종	건 수	기 술	제 품	매 출	수 출	고 용	투 자	SC I	비 SC	논 문			정 책	홍 보			

	출원	등록	등록		료	화	액	액	창출	유치			I	평균 IF	발표			활용	전시	활용 등)
단위	건	건	건	건	백만 원	백만 원	백만 원	백만 원	명	백만 원	건	건	건		건			명	건	건
가중치	15			20		20									10			10		5
최종목표	2			1		2							1	3	3			2		1
연구기간내 달성실적	2			1		0							1	3	3			2		1
달성율(%)	100			100		0									100			100		100

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	특허 출원: 글러브형 농산물 품질정보 측정 장치 및 이를 포함하는 농산물 품질정보 측정모듈
②	특허 출원: 과일 당도 비파괴 측정 모델 생성 및 공유 플랫폼
③	저작권: 과일당도모델 운영 소프트웨어

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해결	정책 자료	기타
①의 기술					V	V				
②의 기술					V	V				
③의 기술					V		V			

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	착과 상태의 과일의 당도를 비파괴 투과 방식으로 측정하여, 클라우드 상의 서버 시스템에 데이터를 저장, 분석하는 기술로써, 과일 생산 현장에서의 당도 측정기로써 활용 가능함
②의 기술	서버 시스템에서 과일 당도 측정 모델을 생성하고, 이를 각각의 측정 시스템에 제공할 수 있는 기술로서, 과일 당도 측정 시스템에 광범위하게 활용될 수 있음
③의 기술	

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용-홍보		기타 (타연구활용등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책활용	홍보전시	
												SCI	비SCI						
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명				
가중치	10	10		10		15	15		10				10		10		5	5	
최종목표	<u>2</u>	<u>2</u>		<u>1</u>		<u>2</u>	<u>46</u> <u>00</u>		<u>1</u>		<u>1</u>	<u>3</u>		<u>4</u>		<u>2</u>		<u>1</u>	<u>4</u>
연구기간내 달성실적	<u>2</u>	<u>0</u>		<u>1</u>		<u>0</u>	-		<u>1</u>		<u>1</u>	<u>1</u>		<u>4</u>		<u>2</u>		<u>0</u>	<u>1</u>
연구종료후 성과창출 계획	<u>0</u>	<u>2</u>		<u>0</u>		<u>2</u>	<u>46</u> <u>00</u>		<u>1</u>			<u>2</u>		<u>0</u>				<u>1</u>	<u>3</u>

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾	과일당도모델 운영 소프트웨어		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	5,000천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input checked="" type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	2021년 2월 중	실용화예상시기 ³⁾	2021년 이내
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	-		

- 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 첨단생산기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.