

319031-1

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

발간등록번호 11-1543000-003225-01

과제명
국산 착유로봇 기술 현장 적용
평가 및 산업화

최종보고서

2020

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

국산 착유로봇 기술 현장 적용 평가 및 산업화

2020. 07. 31.

주관연구기관 / 주식회사 다운
협동연구기관 / 국립축산과학원 축산자원개발부

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

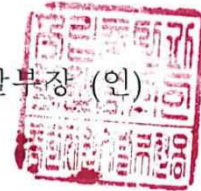
본 보고서를 “국산 착유로봇 기술 현장 적용 평가 및 산업화”(개발기간 : 2019. 01. ~ 2020. 01.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 07. 31.

주관연구기관명 : 주식회사 다운 대표이사



협동연구기관명 : 국립축산과학원 축산자원개발부장 (인)



주관연구책임자 : 최영경

협동연구책임자 : 최희철

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	319031-1	해 당 단 계 연 구 기 간	19.01.22. ~ 20.01.21.	단 계 구 분	1차연도/1차연도
연구사업명	단 위 사 업	농림축산식품연구개발사업			
	사 업 명	1세대 스마트 애니멀팜 산업화사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	국산 착유로봇 기술 현장 적용 평가 및 산업화			
연구책임자	최영경	해당단계 참여연구원 수	총: 20명 내부: 20명 외부: 0명	해당단계 연구개발비	정부:500,000천원 민간:167,000천원 계:667,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 20명 내부: 20명 외부: 0명	총 연구개발비	정부:500,000천원 민간:167,000천원 계:667,000천원
연구기관명 및 소속부서명	주식회사 다운 국립축산과학원 축산자원개발부			참여기업명	주식회사 다운
국제공동연구	(해당 없음)			(해당 없음)	
위탁연구	(해당 없음)			(해당 없음)	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의4에 따른 분류(보안과제 및 일반과제)에 해당하지 않음
-------------------------	--

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품중	
								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

본 연구는 완전 자동화 착유로봇의 시작기 개발 및 젖소농장 실증을 통한 착유로봇 국산화를 목표로 함. 해당 연구개발 목표를 수행하기 위하여 완전자동화 무인 착유가 가능한 착유로봇 보급형 시작기를 개발하였고, 보급형 시작기의 농가 실증시험을 통하여 착유로봇의 국산화 및 낙농의 첨단기술화, 수출산업화 기반을 구축하고자 하였음

보고서 면수

182

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 완전 자동화 착유로봇 시작기 개발 및 젖소농장 실증으로 착유로봇 국산화 및 수출산업화 기반 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 완전자동화 무인 착유가 가능한 착유로봇 시작기 개발로 낙농의 첨단 기술화 - 보급형 착유로봇 시작기 농가 실증시험으로 국산화 및 수출산업화 기반 구축
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> □ 국산 착유로봇 개발 시제품 낙농농가 현장실증 ○ 국내 개발 착유로봇 시제품 낙농농가 장실증 시험 수행 <ul style="list-style-type: none"> - 실증시험 수행을 통한 문제점 분석 및 개선사항 확보 ○ 국산 착유로봇 적용 성과분석 및 개선사항 도출 ○ 착유로봇 시스템 원격진단 및 서비스 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 통합프로그램의 중앙데이터 서버연동프로그램 제작 - 웹서비스 페이지 제작, 사용자 모바일 어플리케이션 제작 - 표준 통신규격을 준수하는 원격지원관련 서비스 프로그램 개발 (MQTT) □ 국산 착유로봇 상용화 시작기 제작 및 현장 실증제품 개발 ○ 국산 착유로봇의 성능 개선 및 고도화 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 보급가능 프로토타입 모델 착유스톨 제작 - 현대로보틱스 로봇ARM 운영능력 개선 - 유두인식 알고리즘, 유두세척 안정성 강화 - 자동급여시스템, 유량측정시스템 및 기존 착유기연계를 통한 통합시스템 구축 - 자동세척 프로그램 기능 개선 - 시스템 검증 및 시험 준비 ○ 국산 착유로봇 상용화를 위한 시작기 제작 <ul style="list-style-type: none"> - 1마리 착유방식 로봇착유시스템 생산 및 현장설치, 착유 가동 - 문제점 분석 및 개선사항 도면 수정 및 하드웨어수정 ○ 착유로봇 ICT 연계 표준제어시스템 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> - 이종 기기간 연계 가능한 오픈소스기반 표준인터페이스 제작
<p>연구개발 성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 완전 자동화 착유로봇 국산화로 농림축산식품분야 ICT 융합기술의 자립도 및 기술경쟁력 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 센서기술, 로봇공학 등 ICT 기술을 종합적으로 자동 착유시스템으로 접목하여 낙농 생산시스템의 획기적인 개선 가능 ○ 낙농산업에 기존에 개발?보급중인 포유로봇, TMR 급이로봇을 포함하여 로봇착유기를 상용화하여 로봇 무인 젖소농장 실현 ○ 로봇착유기 국산화 보급 및 고도화로 ICT 축산기자재 산업의 고도화, 수입대체 및 수출산업화 가능 ○ 우유 생산비 절감과 효율성 향상으로 농가소득 증대와 경쟁력 향상 ○ 낙농농장의 ICT를 접목한 착유로봇 이용으로 산유량 10% 증가, 유방염 감소 및 노동력 절감 가능 ○ 한국형 착유로봇 실용화시 국내보급은 물론 수출산업화 가능 <ul style="list-style-type: none"> - 보급 10년 후 국내 로봇착유기 이용율 30% 달성(현재는 0.01%) - 2021년 국외 박람회 전시 참여 및 2022년부터 중국, 일본, 동남아 수출

	<p>실현</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 착유노동으로 부터의 해방으로 낙농인의 삶의 질 개선 및 낙농후계자 육성의 장애요인 해결 ○ 착유로봇 취득 데이터의 국내 수집·활용으로 낙농 스마트팜 빅데이터 활용 기술 개발 강화 				
국문핵심어 (5개 이내)	젖소	낙농	착유	로봇	산업화
영문핵심어 (5개 이내)	Dairy cattle	Dairy	Milking	Robot	Commercialization

<본문목차>

< 목 차 >

1장 연구개발과제의 개요	1
1절 연구개발 목표 및 내용	1
2절 연구개발의 필요성	7
2장 연구수행 내용 및 결과	16
1절 국산 착유로봇의 성능 개선 및 고도화 연구	16
1. 보급 가능 프로토타입 모델 착유스틀 제작	16
2. 유두인식 알고리즘 및 로봇ARM 운영능력 개선	28
3. 유두세척 안정성 강화	49
4. 유질·유량 분석 기능 강화	64
2절 국산 착유로봇 상용화를 위한 시작기 제작	72
1. 착유로봇 시작기 현장실증시험	72
2. 로봇착유시스템 시험 운영	78
3. 로봇착유시스템 2호기 시험 운영	121
3절 착유로봇 표준화 방안 연구	126
1. ICT 연계 표준제어시스템 기술개발	126
2. 이중기기간 연계 가능한 오픈소스 기반 표준 인터페이스 제작	137
3장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	166
1절 목표	166
2절 목표 달성여부	167
4장 연구결과의 활용 계획 등	171

[별첨] 자체 평가 의견서

1장 연구개발과제의 개요

1절 연구개발 목표 및 내용

1. 최종목표






- 가. 완전자동화 무인 착유가 가능한 착유로봇 시작기 개발로 낙농의 첨단기술화
- 나. 보급형 착유로봇 시작기 농가 실증시험으로 국산화 및 수출산업화 기반 구축




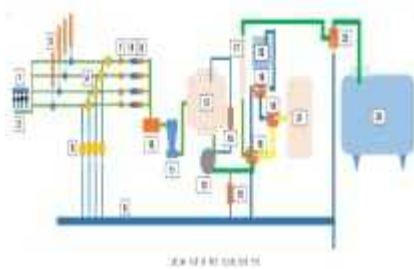
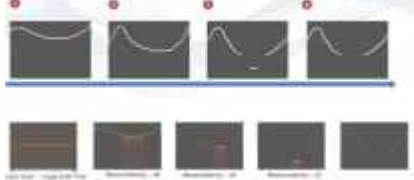
2. 세부목표

- 가. 착유로봇 시작기 제작 및 성능개선 및 고도화 연구
 - 국내개발 착유로봇 시제품의 착유 및 적용성과 분석
 - 농가 현장실증시험 시작기의 문제점 도출 및 보완
- 나. 착유로봇 시스템 원격진단 및 서비스 프로그램 개발
 - 보급형 로봇착유시스템의 원거리 이상유무 진단 및 서비스 프로그램 개발
- 다. 보급형 착유로봇 시스템 현장실증 시험(착유우 50두 내외 낙농농가)
 - 보급형 로봇착유시스템 시작기 시험가동 및 착유 현장적용 시험
 - 농가보급을 위한 로봇착유시스템 활용 매뉴얼 작성
- 라. 착유로봇 핵심부품 및 데이터 통신 등 표준화 방안 연구

3. 당해연도 개발 목표 및 내용


- 가. 연구개발 목표
 - 주관연구기관(주식회사 다운) : 국산 착유로봇 시작기 제작 및 현장 실증제품 개발
 - 협동연구기관(국립축산과학원) : 국산 착유로봇 개발 시제품 낙농농가 현장실증
- 나. 개발 내용 및 범위
 - 주관연구기관(주,다운) : 개체인식, 사료자동급여, 유두인식, 유두자동세척, 착유컵 자동 탈부착, 착유, 유두 소독액 자동분무, 착유컵 세척, 유량감지, 유방염 감지 및 유성분 분석, 밀크라인 및 우유 냉각기 자동세척장치 등 완전 무인 착유를 위한 착유로봇 시작기 제작

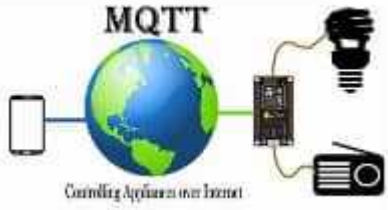
연구내용	이미지
<p>(가) 보급가능 프로토타입 모델 착유스틀 제작</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 젖소체형에 적합한 착유스틀제작 통한 국내 적응력높임 ● 착유/사료급여/자세유지/유두침지 전과정에 최적화 될 수 있는 그간 실험을 통해확보된 자료활용 최적의 착유스틀 제작. ● 사료섭취조 FRP제작을 통한 RFID수신감도 개선 ● 개체 인식률개선, 섭취안정성 개선을 통한 착유적응성 개선 	
<p>(나) 현대로보틱스 로봇ARM 운영능력 개선</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 로봇이동 경로 개선을 통한 유두 접근성 향상 ● 착유개체 접촉가능성 낮춤으로 안정된 착유실현 ● 이동속도 및 접근각도 개선을 통한 착유속도 향상 ● 충돌 및 문제 발생시 사용자 개입편의성 확보 ● 유두형상에 대응하는 유두접근방식 개발을 통해 다양한 형상의 젖꼭지를 소유한 개체의 착유가능성 향상. 	
<p>(다) 유두인식 알고리즘 강화</p> <ul style="list-style-type: none"> ● * 카메라이용 획득된 이미지를 전용프로그램 OPENCV를 통해 유두인식을 실현함. ● 다양한 개체형상에 대응되는 유두 인식 알고리즘 향상 ● 딥러닝 기술을 활용한 유두인식 확인프로그램 추가 ● 실시간 이미지 인식에서 발생하는 오차를 줄이기위해 획득된 이미지의 딥러닝 기술을 통한 검증작업을 병행 오차율을 현격히 줄일 수 있음 ● 젖꼭지라고 판별된 이미지의 딥러닝루틴 처리시간 최소화를 통해 유두인식 성공률 높임. 	
<p>(라) 유두세척 안정성 높임</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 유두세척시 세척율 향상을 위한 세척제 공급 ● 유두세척장치에 젖꼭지의 바른 삽입판단을 위한 장치 개발로 세척의 진위를 판단 가능케 한다. ● 향상된 유두세척을 위해 현장검증을 통한 유두세척자료 확보 및 세척시간/세척주기/세척제공급비율/건조시간의 자료를 확보 ● 	
<p>(마) 전자유량계 측정오차 검증</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 1회 토출량 조절을 통한 회당 200그램 토출정밀도 강화 ● 전도도 센서 교정을 통한 전도도 측정정밀도 향상 ● 자동 세척 및 착유시 내부 청결성 문제 검증 ● 문제 발견시 적절한 대책마련 및 제품업그레이드 ● 우유 샘플채취 가능토록 전자유량계 기능개선 ● 별도 샘플채취기 개발검토 	

연구내용	이미지
<p>(바) 유질검사장치 검증</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 유질검사장치 Calibration 실시 ● 다수의 착유자료를 통한 최적의 Calibration으로 데이터 정밀성 및 무결성 확보 ● 제조처의 지원을 통한 생산데이터 검증체계확립 ● 안정된 유질검사 기능확보시 일반착유기에서 사용가능한 영농기술제안 준비 ● 실시간 유질검사 자료를 통한 농장관리의 현대화 실현을 위한 기초 시스템 확보 	
<p>(사) 체세포 검사장치 설치를 통한 유질분석 기능 강화</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 기 개발되어 공급되고 있는 체세포수 검사장치 부착 및 시스템 연계를 통한 유질관리 기능 대폭 강화 ● 효율적인 체세포측정장치의 기준 마련 ● 고가의 측정시료의 효율관리방안 마련 ● 상용제품과 데이터 비교를 통한 기기 성능검증 ● 국산화 가능성 타진 및 생산기술 확보 	
<p>(아) 자동급여시스템, 유량측정시스템 및 기존 착유기 연계를 통한 통합시스템 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 착유소의 안정된 착유를 위한 자동급이 시스템 성능강화 ● 로봇착유기와 일반 자동급여기의 연동기능 강화 ● 로봇착유기 내장 자동급이기 공급사료종류 늘림. 기존 2개사료, 2개사료,첨가제 사료공급가능 ● FRP사료섭취조 개선을 통해 섭취편의성 및 개체인식능력강화 ● 외부 설치된 자동급여기와 데이터 연동을 통한 통합관리가능 ● 이더넷 기반 자동급여기 개발 필요 ● MQTT 표준 통신방식기반 ICT기능 자동급이시스템 구현 	
<p>(자) 자동세척 프로그램 기능 개선</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 5단계 세척 프로그램 검증 ● 세척단계별 세척안정성 검사 ● 세척라인 세척상태 검사를 통한 시즌별 세척시간 정립 ● 세척제 공급량 결정 ● 단계별 최적 세척시간 확보 ● 착유전, 착유후 세척효율성을 위한 표준세척프로그램 확보 ● ICT 모바일 제어기능 통한 관리자중심 세척기능 강화 	
<p>(차) 시스템 검증 및 시험준비</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 농가 설치용 시제품 생산전 충분한 시스템 검증실시 ● 사전 검증완료후 3d 설계를 통한 1차 검증 ● 전문 엔지니어를 통한 2차 검증 ● 착유전문가의 3차 검증 및 설계확정 	

연구내용	이미지
<p>(카) 1마리 착유방식 로봇착유시스템 생산 및 현장설치</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 로봇 1기 착유조 1기 착유시스템 1기방식의 제품생산 ● 신제품 생산 및 출고전 검사 ● 농가선정 작업 및 착유기설치 준비 작업 ● 현장 설치준비 및 착유 동선 작업 ● 시공 및 시운전 준비 	
<ul style="list-style-type: none"> ● 착유시작 ● 로봇엔지니어 ● 영상처리 엔지니어 ● 착유시스템 프로그래머 ● 통합프로그램 프로그래머 ● 착유전문가 ● 농장주 ● 착유기 검증시작 ● 부분별 문제점 검토 및 개선 	
<p>(타) 문제점 분석 및 개선사항 도면 수정 및 하드웨어수정</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 3D 도면 수정 ● 생산도면 수정 	
<p>(파) ICT연계 표준제어시스템 기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 이종기기간 연계 가능한 오픈소스기반 표준인터페이스 제작 ● 데이터 공유가능 설계 ● 로봇착유기 생산데이터 공유기술 확보 ● 국내산 착유제품간 데이터 연계성 확보 	
<p>(하) 상품화 추진</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 현장 애로사항 확인 및 제품업그레이드 ● 전국 대리점 제품 소개 및 서비스 교육 ● 전시회 및 박람회 출품 / 홍보 ● 각종 축산광고 및 신문 인터넷광고 	

- 협동연구기관(국립축산과학원) : 착유 전 과정 무인화가 가능한 로봇착유기 시작기에 대한 실 규모(착유우 50두 내외) 젖소 사육농가현장에서 실증시험을 수행하고 로봇착유시스템의 원거리 이상유무 진단 및 서비스를 할 수 있는 프로그램을 개발하고 국산화 착유로봇 시스템의 개발성과분석

연구내용	이미지
<p>(가) 실증시험 수행을 통한 문제점 분석 및 개선사항 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 착유실증을 통한 제품 안정성검사 ● 개선사항 도출 및 개선방향 지원 ● 착유기 도입후 농가변화부분 검증 ● 수입제품과 차이점 및 업그레이드 방향 지원 ● 제품 성능 검증 및 경제성 분석을 통한 상품화 지원 	
<p>(나) 통합프로그램의 중앙데이터 서버연동프로그램 제작</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 웹기반 서비스를 위한 데이터베이스 표준안 마련 ● 표준 프로토콜 적립 및 표준안 기반 DB제작 	
<p>(다) 웹서비스 페이지 제작</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 로봇시스템 자료의 빅데이터화를 위한 준비 ● MS-SQL기반 웹페이지 제작 	
<p>(라) 사용자 모바일 어플제작</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 농장관리자 편의성 확보를 위한 어플제작(안드로이드) ● 착유정보/섭취정보/환경정보등 다양한 기능구현 ● 서비스 담당자를 위한 서비스 프로그램 지원 	
<p>(마) 클라이언트 프로그램의 웹서버 인터페이스 제작</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 로봇착유기 관리프로그램의 웹서비스 준비 ● 서비스 인터페이스 제작 	

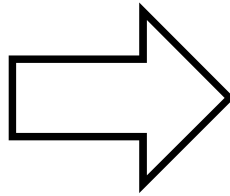
연구내용	이미지
<p>(바) 표준 통신규격을 준수하는 원격지원관련 서비스 프로그램 개발 (MQTT)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 모바일기반 원격지원 소프트웨어 제작 ● 기기상태/착유상태/세척상태등 다양한 로봇착유기정보 실시간 확인가능 ● 원격동작기능 구현을 통한 원격서비스 및 원격리부팅기능구현 ● 농장주전용 프로그램 및 서비스전용 프로그램등 세분화된 기능 구현을 통한 시스템고도화 	

		
로봇착유시스템 도면	원격진단 및 서비스프로그램	로봇착유기 시작기

2절 연구개발의 필요성

1. 연구개발의 개요

- 개체인식, 사료자동급여, 유두인식, 유두자동세척, 착유컵 자동 탈부착, 착유, 유두 소독액 자동분무, 착유컵 세척, 유량감지, 유방염 감지 및 유성분 분석, 밀크라인 및 우유 냉각기 자동세척장치, 운영프로그램 등 완전 무인 착유를 위한 착유로봇 시작 기 제작 및 실 규모 젖소 사육농가현장 실증시험을 통한 보급형 착유로봇 개발



농가 실증시험 수행
(착유50두 내외 젖소농가 실증(2호))

완전자동화 착유로봇시작기 개발

2. 연구개발 대상의 국내·외 현황

가. 국내 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

- 낙농현장에서 직면한 가장 큰 문제점은 인건비의 상승과 농장주의 고령화에 따른 후계구도의 단절이며, 지속가능한 낙농의 가장 큰 장애요인으로 등장함
- 특히 낙농가는 매일 정해진 시간에 숙련된 기술자가 1일 2회 이상 착유를 해야 하며 이는 2세 후계자의 귀농을 방해하는 큰 요인임
- 낙농가(갈짚우사)의 총 1일 노동시간은 624.9분이 소요되며 착유작업, 사료급여에 430.0분으로 68.8%를 점유하나 외국산 착유로봇에만 의존하고 있어 우리나라 낙농 농장실정에 맞는 착유로봇 개발 필요

우사형태	구분	관리노동시간(분/1일)						계
		착유준비	착유	사료 급여	분뇨청소	포유	치료기타	
후리스톨	총 시간	50.0	340.0	156.7	188.3	36.7	80.0	851.7
	두당	0.8	5.5	2.6	3.1	0.6	1.3	13.6
갈짚우사	총 시간	50.0	170.0	210.0	88.3	33.3	73.3	624.9
	두당	1.4	4.8	5.9	2.5	0.9	2.0	17.5

- “국산 로봇착유기 보급이 없어 일부 낙농가의 비싼 외산 착유로봇(3-4.5억/대) 이 용으로 보급이 지연되고 농가 경영 어려움이 있다 “ 보도(2014.5월 로봇신문)

- 세계 4위의 로봇 생산국인 한국은 산업용로봇에서 서비스로봇으로 영역 확대하고 있어 로봇산업의 기반이 조성되고 있음(KEIT PD issue Report, 2015.2월)
 - 국제로봇협회(IFR)가 발간한 2015년 자료에 따르면 한국은 2014년에만 24,700대의 로봇을 생산해 세계에서 4번째로 많은 로봇을 생산한 국가임
 - 한국의 로봇 밀도의 경우 자동차, IT를 중심으로 한 제조업 부문의 생산 자동화가 빠르게 이루어짐에 따라 478대/1만명으로 세계 1위
- 국립축산과학원에서는 착유로봇을 개발하기 위하여 1999년부터 “착유관리자동화 시스템개발(‘99-’ 05, 축산원, 성균관대)” 연구를 추진했으나 기반기술 등 제반 기술부족으로 2003년도에 조기종료
 - 다관절 매니플레이터, 착유컵 착탈시스템, NIR 필터를 이용한 스테레오비전 시스템, 착유스틀, 매니플레이터 제어시스템, 영상처리를 이용한 유두인식 및 제어시스템 등 초기단계의 로봇착유기술 개발
- 착유로봇시스템개발(‘04-’ 07, 축산원, 순천제일대)을 ARPC과제로 추진하였으나 기술부족으로 실용화에 이르지 못함
 - 유두인식 및 매니플레이터 구동, 착유로봇 시스템의 시작기 제작
- 한국형 착유로봇 시스템 및 현장 실용화연구(‘2017-2018. (주)다운, 축산원)을 통하여 완전 무인 착유가 가능한 착유로봇 시작기를 개발하여 축산원 유우사에서 젖소에 대한 착유 시험을 수행함

○ 시장현황

- 젖소 사육 역사는 100여년으로 80년대 이전에는 부업형태를 띠었으나 최근 규모가 확대되고 이에따른 노동력 절감을 위한 자동화가 진행되고 있음

표 13 젖소 사용농가 호수 및 두수 변화

년도	농가수(호)	두수(두)	호당 사육두수(두)	두당산유량(kg/년)
1990	33,277	509,947	15	5,585
1995	23,519	553,467	23	5,941
2000	13,348	543,709	41	6,872
2005	8,923	478,865	54	7,657

1)

- 해외에서는 30년 전부터 로봇착유기를 개발·보급하여 농가생산성 향상 및 경쟁력 향상을 위해 노력하고 있음
 - 로봇착유기는 유럽 등을 중심으로 10여개 업체에서 개발하여 보급하고 있으나 네덜란드의 Lely사, 스웨덴의 DeLaval사, 네덜란드의 Insentec사 등에서 주로 세계 시장을 점유하고 있음
 - Lely사 로봇착유기(Astronaut)를 세계 60여 개국에 29,000대 이상을 판매하였으며 DeLaval사의 VMS는 20,000여대를 판매하였으며 기타 업체에서 2,000여대를 판매한 것으로 추정하고 있음(‘17.10월)
 - ▶ 국내 로봇착유기 설치 현황 : 총 103대 (2018.7월)

1) 농림부, 국립농산물품질관리원 『가축통계, 축산물생산비조사보고』

구분	'06	'07~'10	'11~'14	'15	'16	'17	'18.7	계
Lely	2	11	31	-	3	4	7	58
DeLaval	-	7	23	10	-	-	-	40
Insentec	1	1	3	-	-	-	-	5
계	3	19	57	10	3	4	7	103

· 국내 보급 로봇착유시스템 종류별 주요 특징 비교

제조사	적정 착유두수	설치비용 (옵션별 상이)	유지보수계 약비용	유두감지	유두세척	착유유도 방식
DeLaval (스웨덴)	60두내외	3~3.5 억원	770만원/년	레이저+카메라	별도 세척컵	급이우선개체이동방식
Lely (네덜란드)	65두내외	2.8~3.5 억원	550만/년	레이저+카메라	롤러 브러시	자유개체이동방식
Insentec (네덜란드)	90두 (착유스톨 2대 가능)	판매 중지	-	레이저+카메라	별도 세척컵	자유개체이동방식

- 우리나라 낙농가에게 착육로봇 도입의사 설문조사 결과 30%이상이 향후 자동착유시스템 도입 의향 있다고 답변(2015, 축산원)

○ 경쟁기관현황

- 국내 로봇착유기 관련 제품을 개발하거나 제품을 출시한 업체는 없는 실정임

○ 지식재산권현황

- 국외 로봇착유기 관련 지식재산권 현황은 아래와 같다.

연번	국가	문헌번호	출원인	명칭	상태
1	KR	KR 10-1342278 B1	마아스란드엔.브이.	착유용 동물에 대한 자동 착유 기구	등록
2	KR	02-33747	축산원 권두중 등 5	자동착유용 툴바장치	등록
3	KR	02-33749	축산원 권두중 등 5	착유기 자동 이송장치	등록
4	KR		축산원, 성균관대, (주)BioMec	자동착유용 로봇 매니플레이터	등록
5	KR		축산원, 성균관대, (주)BioMec	자동착유용 착유컵 싱크로 부착장치	등록
6	KR		축산원, 성균관대, (주)BioMec	자동착유용 스톨	등록

○ 표준화현황

- 국내 로봇착유기 관련 제품을 개발하거나 제품을 출시한 업체는 없는 실정임

나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

- 로봇착유기는 아래와 같이 몇 가지 종류와 특징이 있음
 - ① 설치장소는 휴식장내 설치 또는 착유실 설치, ② 로봇과 착유유니트 형태 : 일체형, 분리형, ③ 착유시간 : 종일착유, 정시착유, ④ 유두인식 방식 : 레이저광방식, 초음파방식, 초음파+영상병용, ⑤ 유두세척 : 브러쉬이용, 유두컵유수식, ⑥ 기타 : 착유종료 판정기능 및 이상우유 검사, 유성분분석 및 분리기능, 유두소독 기능 등

- 로봇착유기를 개발하여 보급하여 전 세계 시장의 95% 이상을 점유하고 있는 업체는 Lely사(Astronaut)과 DeLaval사(VMS)임
 - ※ 전세계 로봇착유기 시장에서 Lely사는 가장 많이 점유율을 유지하고 있으며 2017년도까지 약 29,000대를 판매하였으며 DeLaval사는 두 번째 점유회사이며 약 20,000대를 판매하였다. 나머지 회사들의 합계 판매대수는 2,000eo 정도로 추측하고 있다.
- Lely사²⁾의 로봇 착유기의 제품명은 Astronaut이며 1992년도에 로봇착유기를 상용화함
- Lely 로봇착유기 특징은 아래와 같음
 - △ 신속한 착유와 사고예방을 위한 일체형 로봇 암
 - △ 로봇 효율을 높이는 일자형 착유 로봇 구조 및 좌우로 열리는 사료통
 - △ 3D 카메라를 통한 소 위치 감지 기술
 - △ 유방 세척과 마사지 효과를 동시에 보장하는 브러시 유방세척
 - △ 빠른 유두 감지와 착유컵 부착을 위한 3D 레이저
 - △ 분방별 유속에 따라 맥동비와 속도를 조절하는 4 Effect 분방 맥동시스템
 - △ 분방별로 9cc를 일정하게 분리하는 전착유 장치
 - △ 유질과 개체 건강관리 정보를 제공하는 MQC 센서시스템
 - △ 분방별 체세포 정보를 제공하는 MQC-C 체세포 측정시스템
 - △ 착유컵에 의한 우군 내 교차감염을 방지하는 PURA 스팀살균 시스템



1992 최초 Astronaut 착유로봇 도입



1995 ASTRONAUT2 개발



2005 ASTRONAUT3 개발



LELY Astronaut 버전

2) 출처 : <https://www.lely.com/the-barn/milking/astronaut-a4/>

- Lely 로봇착유기 주요 적용기술 및 특징³⁾

표 2 Lely 착유 체계

기능	이미지	적용기술 및 특징
1자형 로봇 출입형태		착유 스트레스 감소 착유 속도 향상
SCR태그 목걸이 개체 인식		SCR태그 목걸이를 걸어 기계가 인식 개체가 착유를 했는지 안했는지 판단
소에 맞는 사료양 자동 급이		소에 맞는 사료량 자동 급이 소는 착유한다는 것 보다 사료를 먹는다는 사실을 인지
착유장 입장 소의 위치 감지		3D Camera는 로봇 앞에 소의 위치정보를 제공
유두인식		레이저 센서가 작동하면서 유두를 감지
세척		감지된 유두를 착유전 세척 브러쉬가 회전하며 소의 유두와 유방의 밑부분을 세척, 위생은 물론 우유의 분비를 촉진
착유		레이저에 감지된 각 유두별 정보에 따라 진공압과 맥동수가 자동 변화되어, 개체별 맞춤식 착유가 가능
유질		정확한 측정 제어 유속 : 착유컵 분리 시점, 맥동속도 결정 색깔 : 이상유 감지(유방염 초유 혈유)
MQC2 유지방/ 유단백 / 유당 측정		근적외선 센서 별도의 시약, 샘플채취가 필요하지 않음

3) 출처 : https://www.lely.com/media/filer_public/21/62/2162079c-bd39-4706-aaa1-d8096b0b96d5/

- Delaval사 4)는 로봇 착유기 『VMS/AMS』를 개발하여 출시하였으며 특징은 아래와 같음

- △ 우유 결속방지 유속 냉각 시스템(Milk Flow Controlled Cooling System, FCC)
- △ 상황별 스스로 동선을 결정하는 자동 선별문(Smart Selection Gate, SSG)
- △ 착유장내 위생 관리를 위한 분뇨 분리 장치
- △ 소의 크기에 맞게 움직이는 스테인리스 사료 급이조
- △ 유압식 로봇팔
- △ 고압의 물과 공기로 유두 세척
- △ 매 착유 후 또는 젖소 발길질 후 착유컵 세척 기능
- △ 착유실 바닥 자동 세척 기능
- △ 체세포 자동 측정장치 OCC 및 유방염 검출 지수(MDiTM) 제공
- △ 유두 인식 자동 인식 기능으로 최초 방문시에도 별도 설정 필요 없음
- △ 이상 우유 분리 및 분리 개체 알림(핸드폰) 서비스

- DeLaval 착유 체계

표 4. DeLaval 로봇착유기 형상

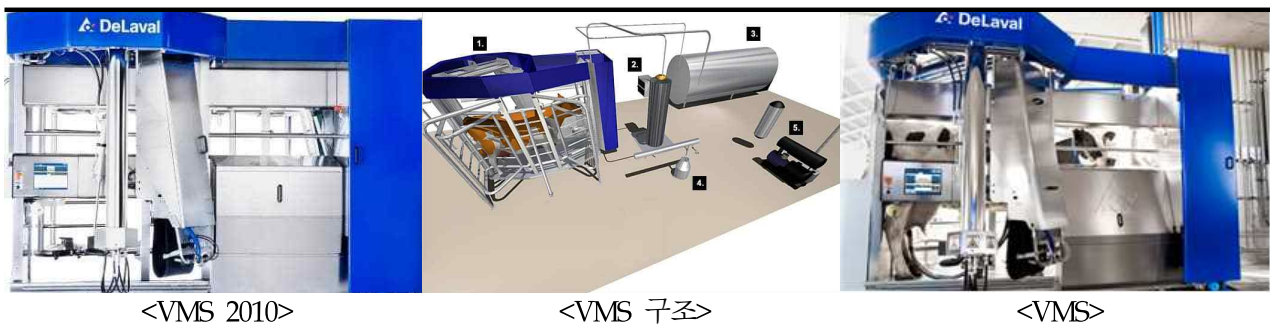


표 5. DeLaval 로봇착유기 기능

기능	이미지	적용기술의 특징
멀티인식 장치		착유 스트레스 감소 착유 속도 향상
활동 감지 장치 부착		운동량 감지장치를 통한 개체상태 확인 실시간 건강 모니터링

4) 출처 : <http://www.delaval.co.kr>

<p>개체별 자동급이</p>		<p>소에 맞는 사료량 자동 급이 소는 착유한다는 것 보다 사료를 먹는다는 사실을 인지</p>
<p>유두감지 방식</p>		<p>3D Camera는 로봇 팔에 소의 위치 제공</p>
<p>유두인식</p>		<p>레이저 센서가 작동하면서 유두를 감지</p>
<p>세척</p>		<p>감지된 유두를 착유전 세척컵을 통한 소의 유두와 유방의 밀부분을 세척, 위생은 물론 우유의 분비를 촉진</p>
<p>착유</p>		<p>레이저에 감지된 각 유두별 정보에 따라 진공압과 맥동수가 자동 변화되어, 개체별 맞춤식 착유가 가능</p>
<p>분방별 유량/유질</p>		<p>정확한 측정 제어 유속 : 착유컵 분리 시점, 맥동속도 결정 색깔 : 이상유 감지(유방염 초유 혈유)</p>
<p>OCC (Online Cell Counter)</p>		<p>실시간 체세포 수 감시 별도의 시약, 샘플채취가 필요하지 않음</p>

○ 시장현황

- '13년 세계 로봇 시장의 규모는 약 14조 6천억 원(130억 달러)으로 제조업용 로봇의 비중이 약 73%를 차지('14, WorldRobotics)

- (제조업용) 판매 대수는 전년 대비 12%가 증가한 17만 8천여 대(95억 달러)로, 중국의 점유율이 20%를 차지하면서 세계 최대 생산국으로 등극
- ‘13년 생산액 2조 2,210억 원의 시장을 형성하고 있으며, ‘09년 이래 연평균 21%의 고속 성장(’ 14, 산업통상자원부)
- 주요 낙농 선진국에서도 노동력 절감 및 낙농인의 삶의 질 개선을 위하여 로봇착유시스템을 설치하여 이용하고 있음
- 주요 2개의 회사(Lely사의 Astronaut, DeLaval사의 VMS)의 업체가 전세계의 로봇착유기 시장의 약 90%이상 점유하고 있음

○ 경쟁기관현황

- 유럽을 중심으로 10여개의 축산 기자재 업체에서 로봇착유기를 개발하여 보급하고 있음

국가별	제조회사	제품명
네델란드	Prolion	AMS Liberty
네델란드	Lely	Astronaut
스웨덴	De Laval	VMS
네델란드	Gascoin Melote	Jenis
독일	West falia	Mlone AMS
미국	Formacheck	Robo Magic
덴마크	SAC	GalaxyMARK 2
네델란드	Boumatic robotics	MR-S1, D1

○ 지식재산권현황

- 국외 로봇착유기 관련 지식재산권 현황은 아래와 같다.

연번	국가	문헌번호	출원인	명칭	상태
1	US	US 8807079 B2	DELAVAL HOLDING AB	Milking parlour and method for operating the same 착유실 및 그것을 조작 하는 방법	등록
2	JP	JP 4954148 B2	ORION MACHINERY CO LTD	착유 로봇 및 자동 착유 방법 搾乳ロボット及び自動搾乳方法	등록
3	JP	JP 4544799 B2	LELY ENTPR AG	동물의 자동 착유 구조 動物の自動搾乳構造	등록
4	KR	KR 10-0788965 B1	순천제일대학산학협력단	착유자동화 로봇 및 그 착유자동화 방법	등록
5	JP	JP 2006-061006 A	MORINAGA MILK INDUSTRY CO LTD	자동 착유기 自動搾乳機	거절
6	JP	JP 3705821 B2	マースランド エヌ・ヴィ	동물의 자동 착유 장치 動物の自動搾乳装置	소멸
7	JP	JP 3703498 B2	マースランド エヌ・ヴィ	동물의 자동 착유 장치 動物の自動搾乳装置	소멸

연번	국가	문헌번호	출원인	명칭	상태
8	US	US 5913281 A	MAASLAND N. V. A DUTCH LIMITED LIAIBILITY COMPANY	Implement for milking animals and separating the foremilk from the milk yield 동물 착유 및 초유 분리 장 치	소멸
9	JP	JP 3416665 B2	レリー パテント エヌ・ヴィ	착유 동물의 유두 후처리 방법 및 상기 방법을 하 기 위한 착유 동물용 기 구 搾乳動物の乳首の後処理方 法及び該方法を行うた めの搾乳動物用器具	소멸
10	JP	JP 3016141 B2	ORION MACHINERY CO LTD	자동 착유기 自動搾乳機	소멸
11	JP	JP 1998-033079 A	ORION MACHINERY CO LTD	자동 착유기 自動搾乳機	취하
12	US	US 5862776 A	Maasland N.V. a Dutch limited liability Company	Apparatus for automatically milking animals and cleaning teats 동물의 자동 착유 기계	등록
13	JP	JP 1997-506782 A	マースランド エヌ・ヴィ	동물의 착유 장치 및 착유 방법 動物の搾乳装置および搾乳 方法	거절
14	JP	JP 1997-168342 A	MAASLAND NV	동물 착유기기를 구비한 구 조체 動物搾乳機器を具備する構 造体	취하

○ 표준화현황 : 없음

○ 기타현황

- 로봇착유기 도입시 ① 개체 당 유량 5%~25% 증가 ② 1일 3회 착유 가능 ③ 젖소 개체 관리 가능 (전자유량계) ④ 유방염 등의 감소 ⑤ 복지적으로 젖소의 착유 주기에 부합 ⑥ 인건비 절감 ⑥ 노동력 절감 (30%~40%)등의 효과가 있으나 무엇보다도 로봇착유기를 도입함으로써 낙농인 삶의 질이 향상되고 이를 통해서 후계 낙농인이 귀농하는 사례가 많음

2장 연구수행 내용 및 결과

1절 국산 착유로봇의 성능 개선 및 고도화 연구

1. 보급 가능 프로토타입 모델 착유스틀 제작

가. 착유로봇과 자동급여시스템 연동 기능 강화

(1) 개체 인식기술

개체인식기술은 RFID 신호 발생장치(transponder) 및 신호 판독장치(reader)를 이용한 기술로 목걸이 형식, 귀걸이(ear tag) 형식 등 다양한 제품이 존재한다. 젖소에 RFID transponder를 부착하여 고유의 식별 번호를 부여하고, 해당 식별 번호의 젖소 개체가 착유스틀에 입장 시 RFID reader가 입장한 젖소 개체의 고유번호를 판독하여 개체를 식별하는 원리로 사용되며, 개체별 관리 기능을 요구하는 ICT 스마트팜 장비에 필수적이다.

RFID transponder 장치는 젖소 개체의 활동에 지장을 주지 않는 극소형 반도체 및 안테나로 구성되고, RFID reader 장치는 RFID 신호를 판독할 수 있는 넓은 안테나와 반도체 칩으로 구성된다. 젖소 개체가 착유스틀에 입장할 시, 개체인식장치는 통합제어장치에 젖소 개체 식별번호를 전달하여, 통합제어장치가 젖소 개체별 급이 및 착유 명령을 수행하고 개체별 데이터를 기록할 수 있도록 한다.



그림 49 목걸이 형식 RFID 신호발생장치

표 10 목걸이 형식 RFID 신호발생장치 사양

구분	상세 사양
Function	Read/Write protect by password
Memory	330-bit EEPROM(10 blocks, 33bits each)
Frequency	125KHz
Modulation	FSK, PSK, Manchester, Biphasic, NRZ ATA5577 Read/Write LF RFID IDIC (125 kHz)

목걸이 형식 RFID transponder 장치는 외경 120 mm, 두께 35 mm, TEMIC T5557 - FSK 칩셋을 적용하였으며 인식거리 30 cm를 확보, 나일론 계열의 강화 플라스틱 소재, 목걸이 방식의 RFID 개체신호 발생장치를 개발하여 적용하였다.

(2) 착유실 내 사료급여 시 젖소의 자세 유지, 섭취안정성 개선

착유실 내 자동사료급여기는 착유스톨에 입장한 젖소 개체에 지정된 사료량 만큼 사료를 자동 공급하는 장치이다. 평균 2-3종류의 사료를 급여 가능하며 이송장치와 연계로 급여 사료가 자동으로 이송되어 공급된다.



그림 50 일반적으로 젖소 농장에 보급되는 자동 사료 급여기 제품 예시



그림 51 자동 사료 급여기를 이용해 사료 섭취중인 젖소의 모습

착유실 내 자동 사료 급여기는 일반적으로 젖소농장에 보급되는 자동급여기를 로봇착유 시스템에 복합설치하여 운영하는 기술로 착유 중인 젖소에게 심리적인 안정성을 부여하여 착유 중 젖소의 움직임을 최소화하고 자세를 유지하여, 안정적인 착유를 유도하기 위한 목적으로 도입된다. 착유기와 급여기 데이터를 연계하여 유량에 따른 급여 사료량 자동 결정, 체중 및 사용자의 설정에 따른 복합적인 사료량 결정이 가능하다.

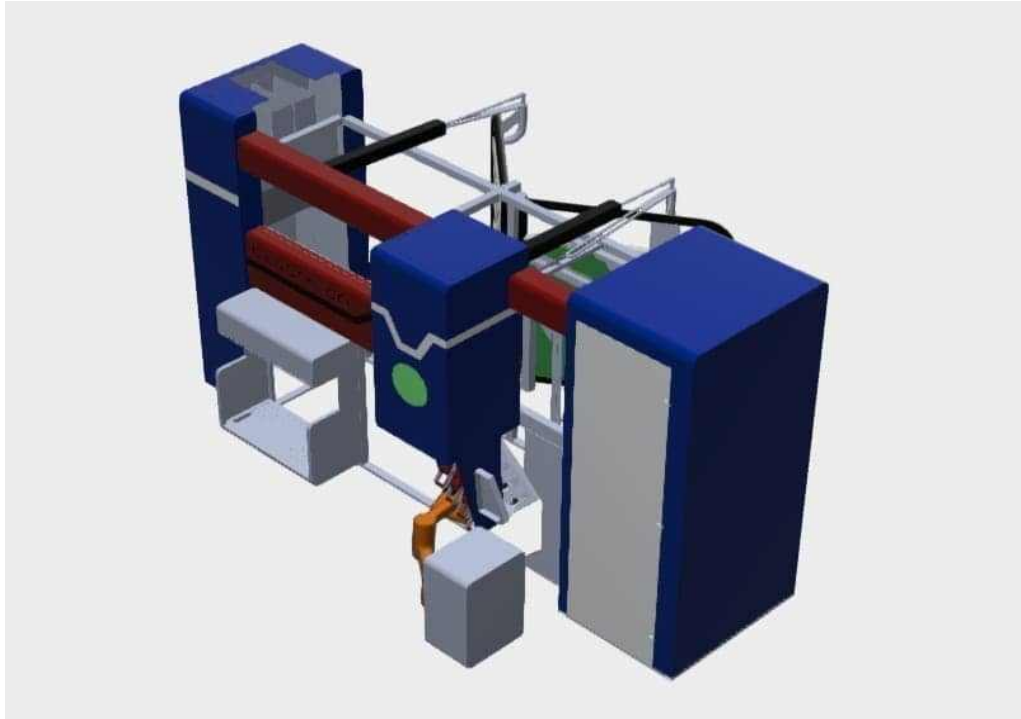


그림 52 자동 급여기를 도입한 착유스톨(초기 설계)

초기 설계에서 6축 산업용 로봇(1호기)을 로봇ARM 매니플레이터로 선정하여 개발 착수하였다. 매니플레이터는 로봇착유기에서 착유컵을 유두로 이동시켜주는 역할과 유두 인식을 위한 각종 센서를 이동시켜주는 로봇 ARM 기능을 수행하는 장치이다. 1호기 선정 후 해당 기능을 시연하던 중 가속 행동에 의한 기계 파손 우려의 문제점이 제기되었고, 다양한 안전장치를 고려했으나 산업용 로봇의 기종을 바꾸기로 결정하였다.

개선형 설계에서는 6축 산업용 로봇(2호기 모델명: HH020)으로 매니플레이터를 교체하였고, 가속 행동(소의 발길질) 25 Kg으로 가정하여 충격 실험을 진행한 결과 로봇이 파손되지 않음을 확인하였다. 이에 따라 로봇ARM 매니플레이터 2호기로 변경 후 착유스톨 및 로봇착유 시스템 전체 설계를 최종 확정하였다.



그림 53 산업용 로봇 매니플레이터 모델 변경 전 1호기(좌), 변경 후 2호기(우)

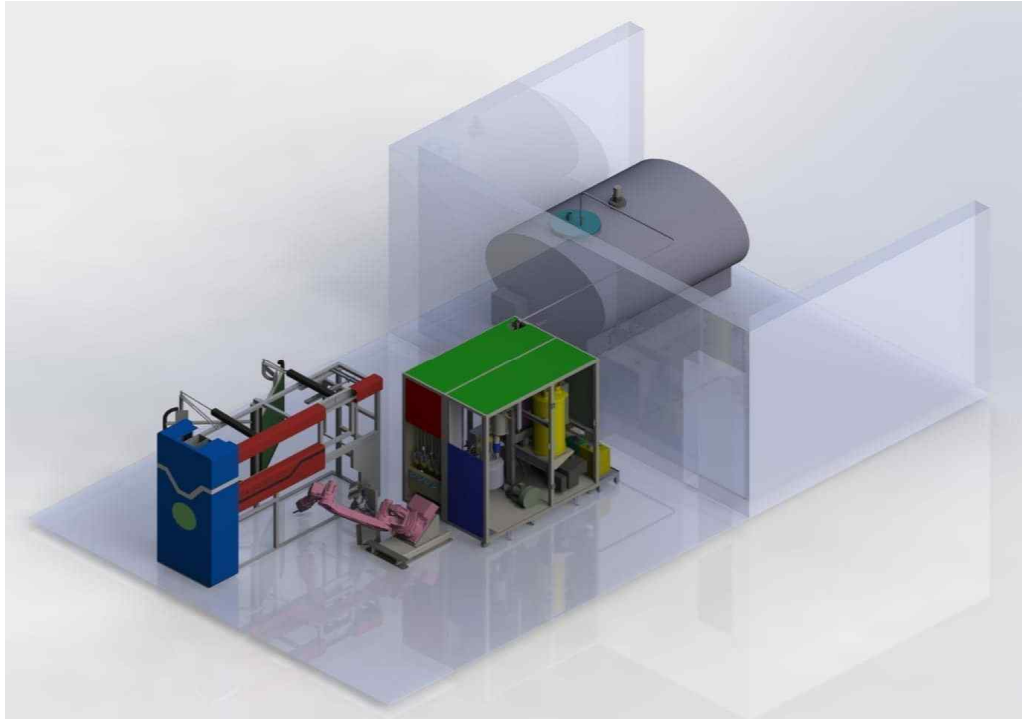


그림 54 자동 급여기를 도입한 착유스틀(개선형) 및 로봇착유 시스템 전체 최종 설계

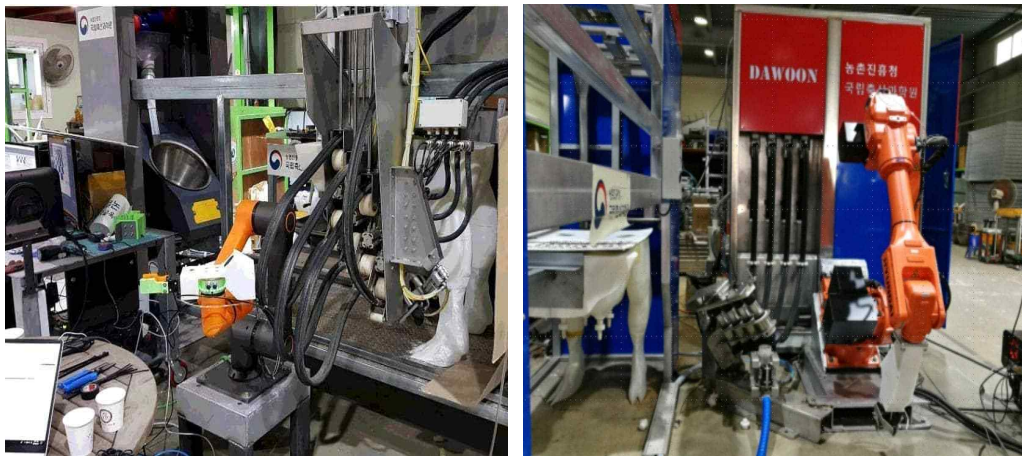


그림 55 로봇 모델 변경 전 분방착유기(좌: 일체형), 변경 후 분방착유기(우: 독립형)

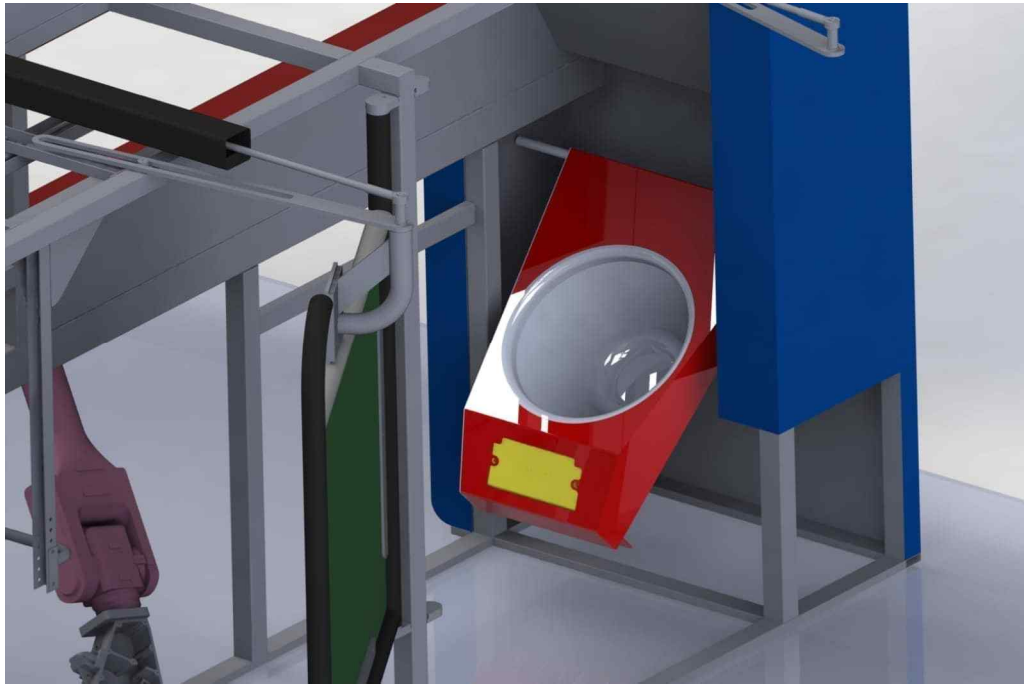


그림 56 착유스톨 내 자동 급이기 3D 설계도

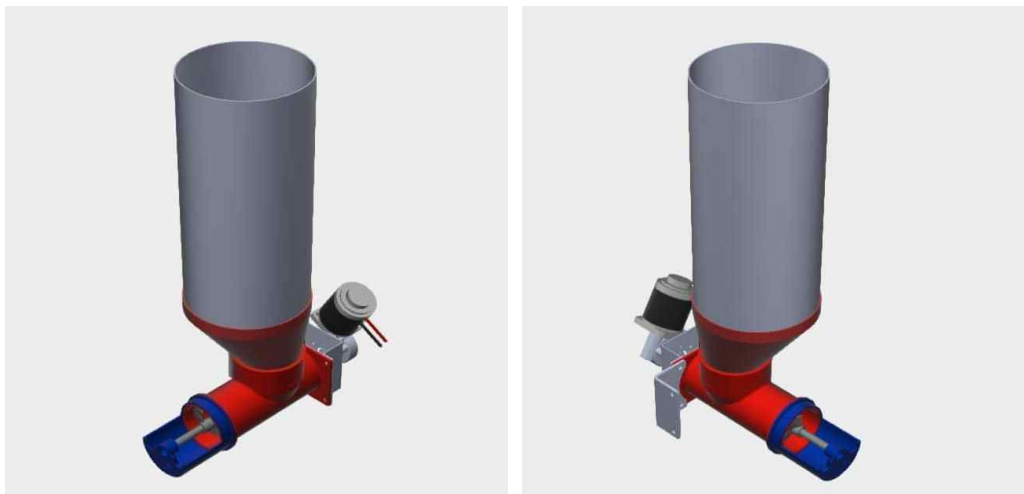


그림 57 자동급이기용 호퍼 3D 설계도



그림 58 자동급이기용 호퍼 실제작품



그림 59 자동급여기용 호퍼 내부 스크루



그림 60 자동급여기 제어보드 제작품



그림 61 착유실 내 자동 급여기 실제작품



그림 62 착유실 내 자동급이기 작동 시연 현장(국립축산과학원 실험용 우사)

나. 젖소 체형에 적합한 착유스틀 제작

(1) 착유 과정 최적화

착유 과정은 아래와 같이 정리된다.

표 11 로봇 착유시스템에서 수행되는 착유 과정

순번	과정 단계	수행 동작
1	젖소 입장	착유스틀 게이트로 입장하는 젖소 개체 인식
2	젖소 사료 섭취 시작	젖소 개체별 설정된 사료량이 자동으로 급여 젖소가 사료 섭취 시작
3	유두 세척 시작 (유두 인식)	로봇ARM의 그립퍼(gripper)가 유두세척컵 그립(grip) 젖소가 사료를 섭취하는 동안 로봇 ARM이 젖소 아래로 유두세척 컵 이동, 영상인식기술로 유두 위치 탐지 탐지된 젖소 유두에 유두세척컵 부착, 유두 세척 시작 로봇ARM이 4유두를 이동하며 유두 인식 반복, 유두 세척 진행
4	유두 세척 종료	마지막 유두의 세척 종료 후 유두세척컵 탈착 로봇ARM이 유두세척컵 대기 위치로 복귀
5	착유 시작 (유두 인식)	로봇ARM의 그립퍼가 착유컵 그립 젖소가 사료를 섭취하는 동안 로봇 ARM이 젖소 아래로 착유컵 이 동, 영상인식기술로 유두 위치 탐지 탐지된 젖소 유두에 착유컵 부착, 착유 시작 1유두에 착유가 진행되는 동안 로봇ARM의 그립퍼가 착유컵 그립 4유두에 각각 착유컵 부착 반복, 착유 진행 로봇ARM 대기 위치로 복귀
6	침지소독	유두 침지소독 또는 스프레이 소독
7	착유 종료	착유 종료 후 착유컵 자동 탈락, 대기 위치로 자동 복귀
8	젖소 사료 섭취 종료	젖소가 사료 섭취 종료
9	젖소 퇴장	젖소가 착유스틀 게이트로 퇴장

착유 과정 진행 중, 유두 세척 과정은 세척기 전원 동작, 세척, 세척 정지 후 착유 단계로 진행된다. 고도화연구에서는 진공 압력 검출기를 적용하여 착유 시 진공압을 안정화하였다.

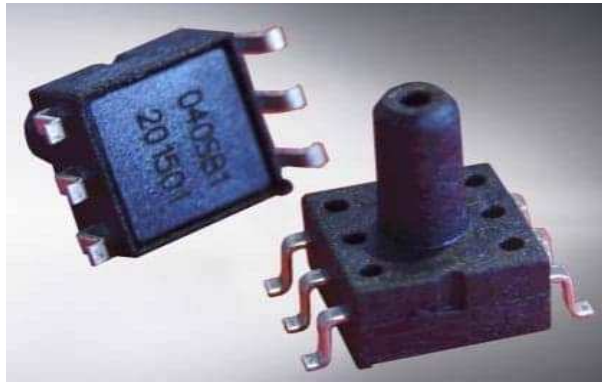


그림 63 착용용 진공 압력 검출기

표 12 진공 압력 검출기 사양

구분	상세 사양
Ranges	-100~7kPaG···1000kPaG
Power Supply	≤10Vdc or ≤3.0mAdc
Input Impedance	4kΩ - 6kΩ
Output Impedance	4kΩ - 6kΩ
Insulation Resistor	100MΩ, 100VDC
Working temp.	-30℃ - +100℃
Humidity	(50%±10%) RH
Shock	0.1g (1m/s ²) Max

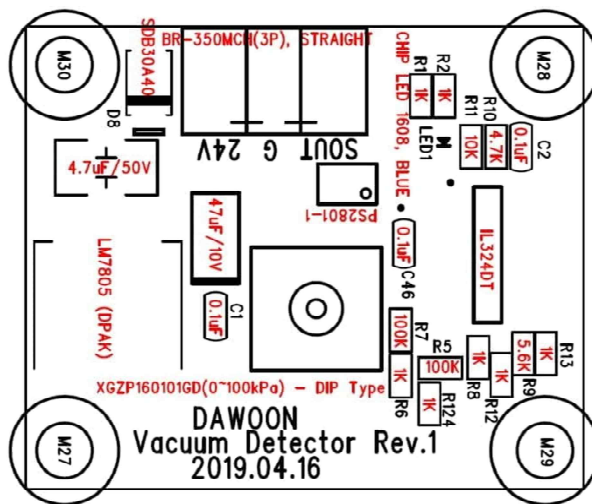


그림 64 진공압 검출용 PCB 설계도

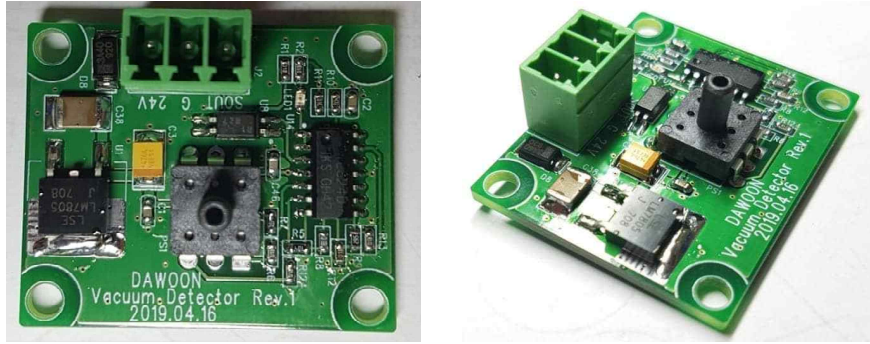


그림 65 진공압 검출용 PCB 실제작

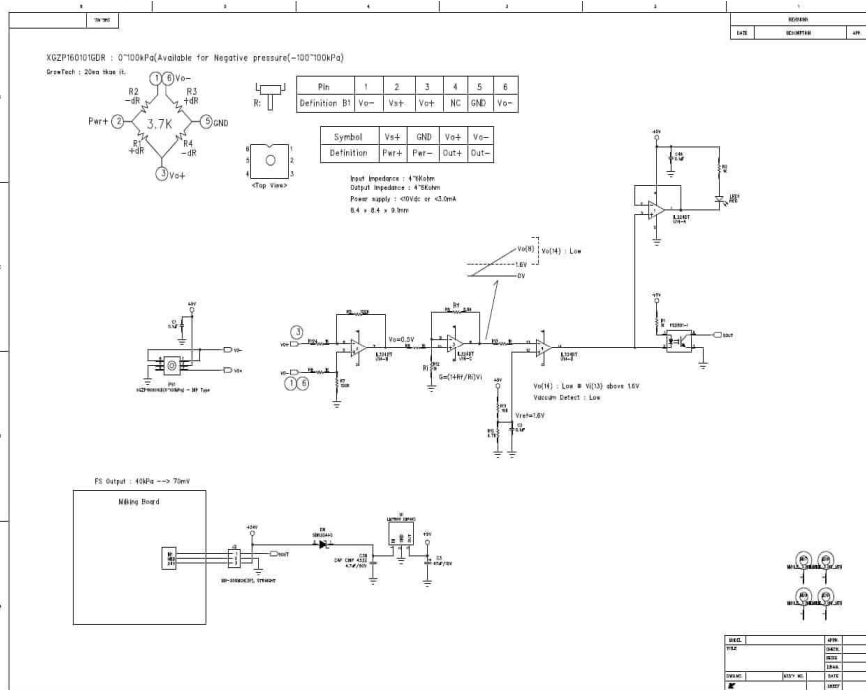


그림 66 진공압 검출용 회로도

(2) 유두 탐지 시 젖소의 자세가 유지되는 착유 스톨

착유 스톨은 젖소가 입장하여 우유를 짜 수 있도록 만들어진 일정한 형태의 공간으로, 지정된 경로로 젖소를 유도하며, 이를 위해 입구, 출구, 젖소가 착유 동안 머무를 수 있는 공간으로 구성되어 있다.

철제 프레임, 견고한 문틀, 젖소 입장 시 충격에 의한 상해를 방지할 수 있는 완충제, 플라스틱 등으로 제조된다. 입구와 출구는 실린더가 부착되어 통합제어장치로부터 착유 과정에 따른 문 개폐 동작을 수행한다. 젖소의 입장과 퇴장을 감시·통제하는 적외선 센서 및 출입 통제 장치, 자동 개폐가 가능한 게이트, 젖소 개체관별을 위한 RFID 인식장치로 구성되어 있다.

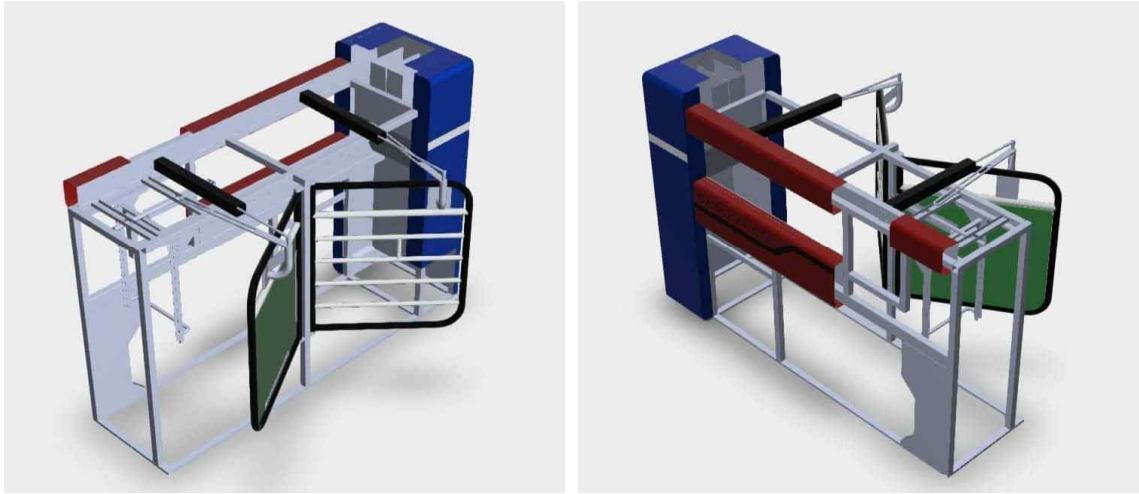


그림 67 착유스톨의 기본 형태(틀, 게이트)

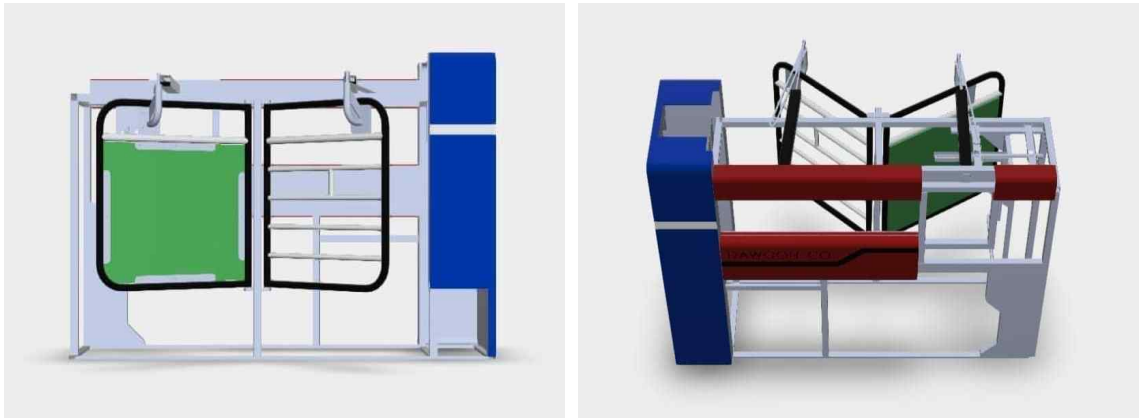


그림 68 착유스톨의 기본 형태(좌: 게이트 방향, 우: 틀 방향)

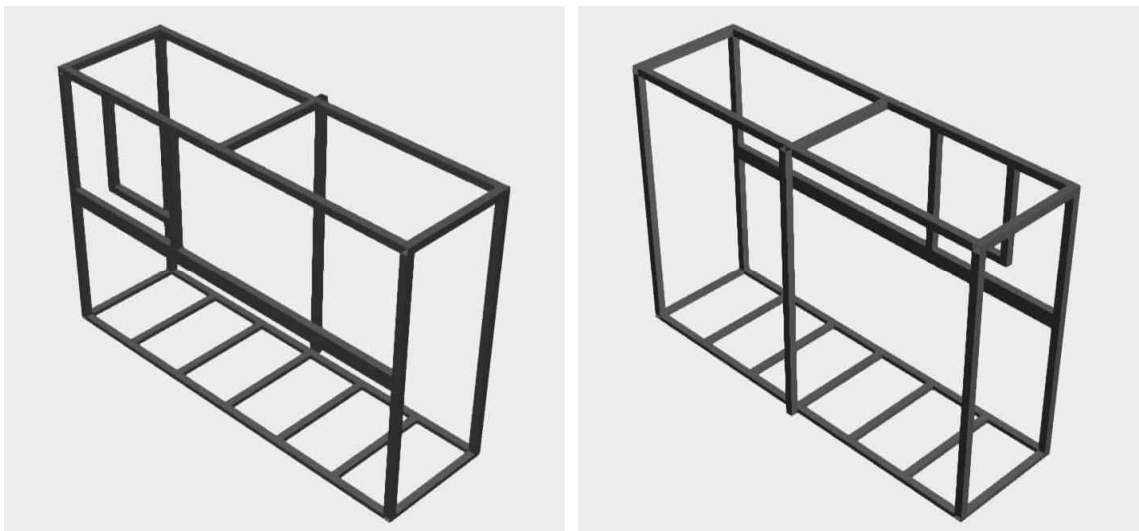


그림 69 착유스톨 기본 틀 3D 설계도



그림 70 착유스틀 게이트 3D 설계도(입구 도어)



그림 71 착유스틀 게이트 3D 설계도(출구 도어)

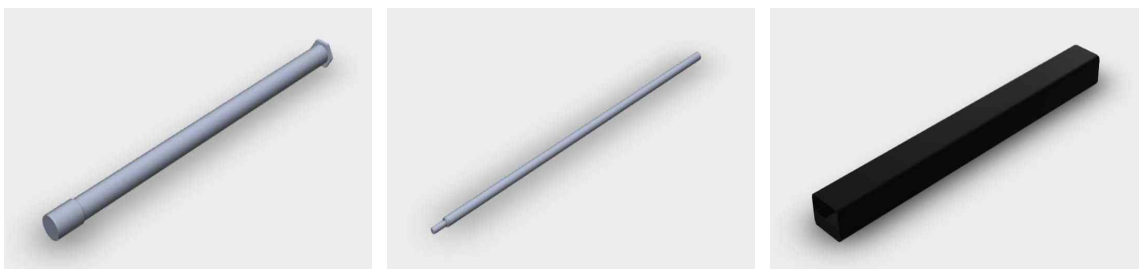


그림 72 게이트 상부의 실린더 구성 설계도(좌: 실린더, 중: 실린더 축, 우: 실린더 커버)

젓소가 착유스틀로 입장하면 착유스틀 내 적외선 센서의 입력 신호가 발생한다. 젓소가 안정적으로 입장을 완료할 수 있도록 일정 시간 지연 후 입장 게이트가 폐쇄된다. 착유스틀 내 사료급이조가 상승하여 젓소의 RFID 고유번호를 인식, 개체를 확인한다. 읽어낸 RFID 정보를 제어기로 전송하여 사료 급이량 확인, 착유가능성을 확인한다. 제어기로 사료 급이량

이 수신되면 착유를 시작하는 것으로 간주하고 엉덩이 밀판을 동작시켜 소의 위치를 보정한다.

사료 급이모터가 회전하여 회전수당 사료가 투하된다. 주어진 사량을 모두 급이하었을 경우 급이모터는 회전을 중지하고 급이가 중단된다. 이후 착유 완료 신호까지 대기, 착유 완료 신호가 수신되면 사료급이조가 하강하고 퇴장 게이트가 개방된다. 젖소가 안정적으로 퇴장하도록 일정 시간 지연 후, 포토 센서의 입력 신호가 발생되지 않으면 퇴장 게이트를 폐쇄한다. 엉덩이 밀판을 후진하고 입장 게이트를 개방하여 다음 젖소가 입장할 수 있도록 한다.

표 13 착유실 내 자동사료 급이기 CAN 통신 및 출력 동작 예시

출력	CAN 주소	지시
1	2만 번지	급이모터1
2	2만 번지	급이모터2
3	2만 번지	먹이공급모터1
4	2만 번지	먹이공급모터2
5	2만 번지	입구게이트
6	2만 번지	소밀기
7	2만 번지	먹이올리기
8	2만 번지	출구게이트
9	2만 번지	먹이공급모터1
10	2만 번지	먹이공급모터2

표 14 착유실 내 자동사료 급이기 CAN 통신 및 입력 동작 예시

입력	지시
1	긴급정지(CAN 통신 동작)
2	급이모터 신호3 (1바퀴돌면 ON동작)
3	급이모터 신호4 (1바퀴돌면 ON동작)
4	급이모터 신호5 (1바퀴돌면 ON동작)
5	급이모터 신호1 (1바퀴돌면 ON동작)
6	급이모터 신호2 (1바퀴돌면 ON동작)
7	모터1회 회전(먹이 주기)
8	적외선 센서 신호(소 감지 시 HIGH)



그림 73 착유스톨 실제작 현장



그림 74 착유스톨 적용 현장(국립축산과학원 실험용 우사)

2. 유두인식 알고리즘 및 로봇ARM 운영능력 개선

가. 영상인식 기반 유두인식 알고리즘

다양한 개체 형상, 유두 형상에 대응하는 접근 기술을 개발하기 위하여 기존 line laser 센서 방식에서 depth 카메라 방식으로 고도화 개발하였다.

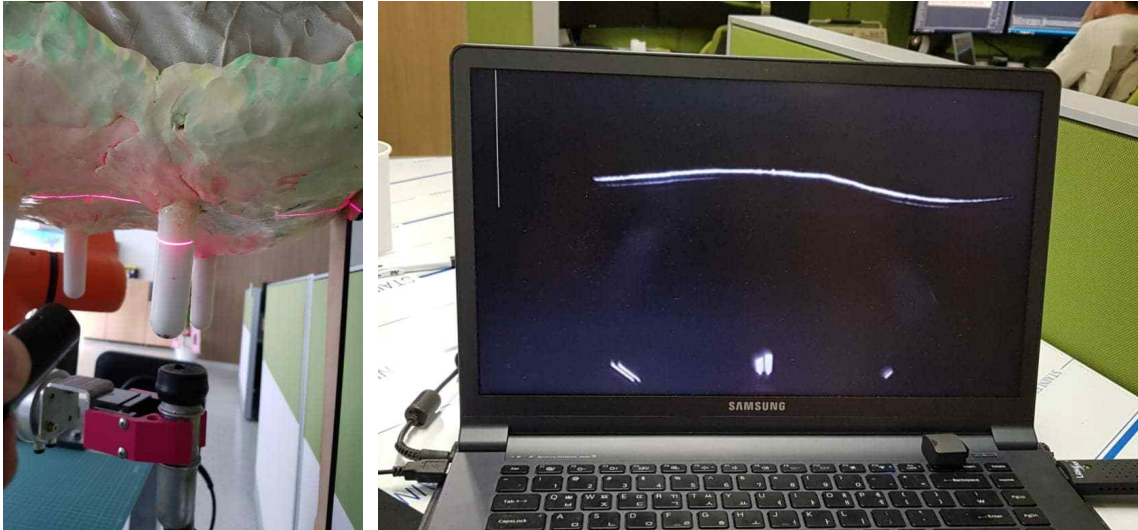


그림 75 Line laser를 적용한 유두 인식기술 연구(초기 개발)

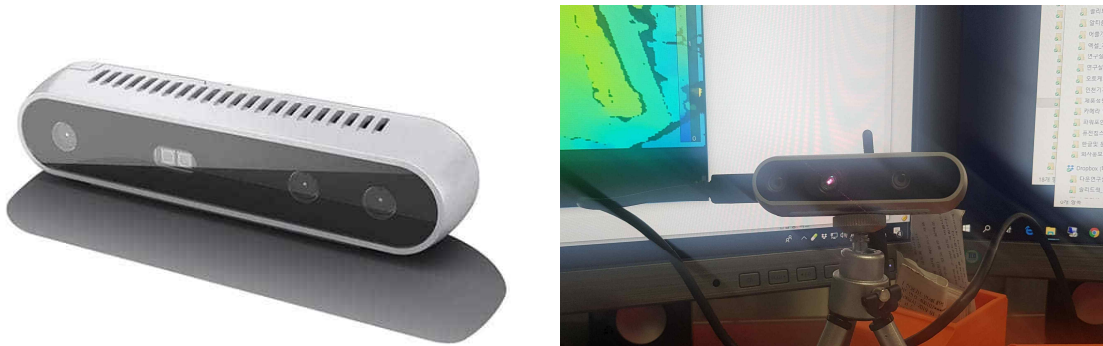


그림 76 변경 적용한 depth 카메라 기술(고도화 개발)

표 15 Depth 카메라 사양

구분	상세 사양
Use Environment	Indoor/Outdoor
Depth Technology	Active IR Stereo (Global Shutter)
Main Intel® RealSense™ component	Intel® RealSense™ Vision Processor D4 Intel® RealSense™ module D430
Depth Field of View (FOV)	(Horizontal × Vertical × Diagonal) 85.2° × 58° × 94° (+/- 3°)
Depth Stream Output Resolution	Up to 1280 x 720
Depth Stream Output Frame Rate	Up to 90 fps
Minimum Depth Distance	(Min-Z) 0.2m
Sensor Shutter Type	Global shutter
Maximum Range	Approx.10 meters; Varies depending on calibration, scene, and lighting condition
RGB Sensor Resolution and Frame Rate	1920 x 1080 at 30 fps
RGB Sensor FOV	(Horizontal x Vertical x Diagonal) 69.4° x 42.5° x 77° (+/- 3°)
Camera Dimension	(Length x Depth x Height) 90 mm x 25 mm x 25 mm
Connectors	USB 3.0 Type - C
Mounting Mechanism	One 1/4-20 UNC thread mounting point Two M3 thread mounting points

기존 라인레이저 방식을 제외하고 depth 카메라를 적용함에 따라 로봇 ARM 센서부 및 그립퍼(gripper)의 설계를 변경하였다. 유두 인식 기술 개발은 주관연구기관(주식회사 다운)의 서울 소재 연구소에서 진행하였고 개발 방식에 대한 자문 회의 개최 및 젃소 모형을 제작하여 lab-scale 테스트를 수행하였다.



그림 77 유두 인식기술 개발을 위한 로봇착유시스템 lab 설치 현장(주식회사 다운 서울 소재 연구소)



그림 78 착유로봇용 그립퍼(gripper) 조립



그림 79 Depth 카메라와 로봇 매니플레이터 결합 및 배선

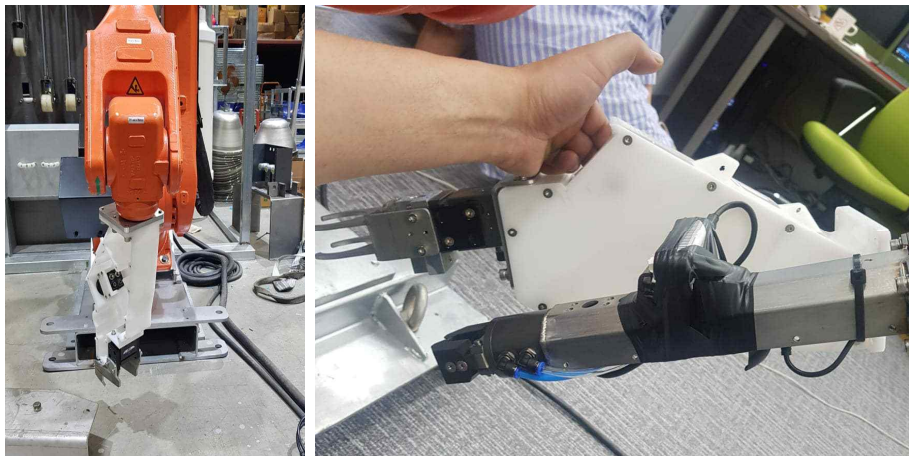


그림 80 기존 라인레이저를 적용한 센서부(좌: 초기 개발 단계), depth 카메라 적용한 센서부와 비교(우)



그림 81 Depth 카메라 적용하여 고도화 연구 진행 중인 센서부

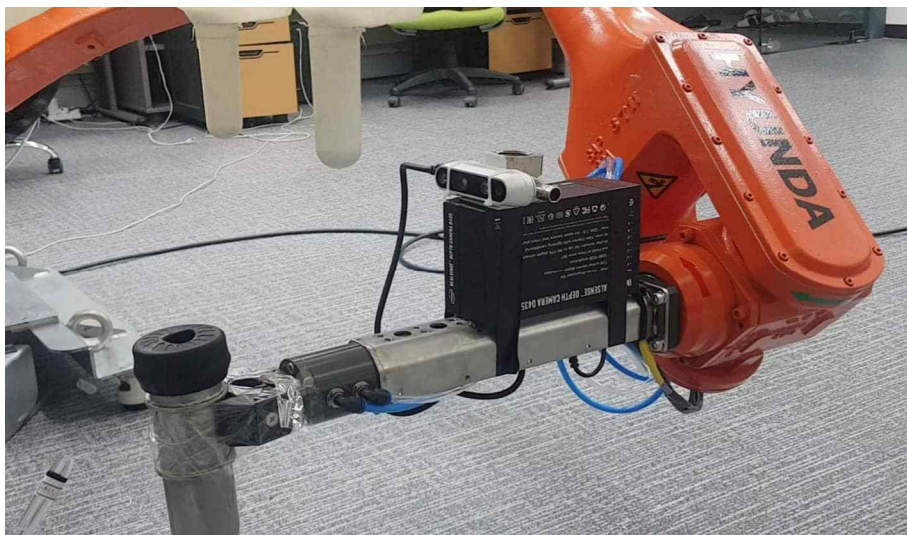


그림 82 Depth 카메라 적용한 로봇 ARM 및 그립퍼의 동작 검증(착유컵 그림)



그림 83 Depth 카메라 적용한 로봇 ARM 및 그립퍼의 동작 검증(세척컵 그림)

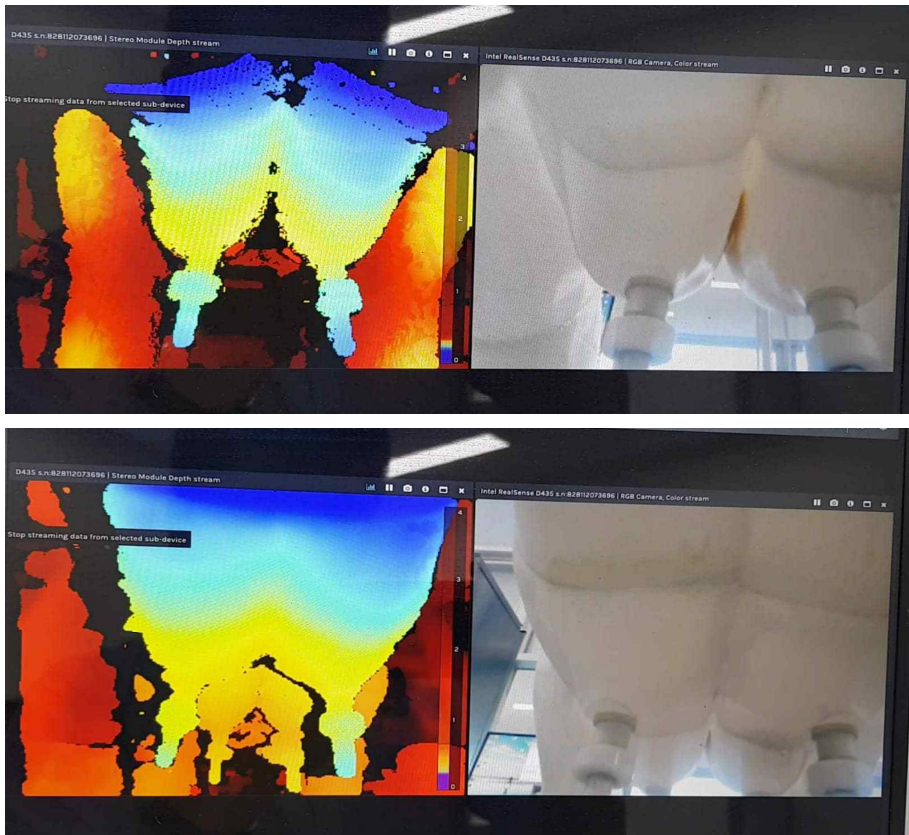


그림 84 소 모형을 대상으로 한 depth 카메라 테스트 화면(소의 하부)

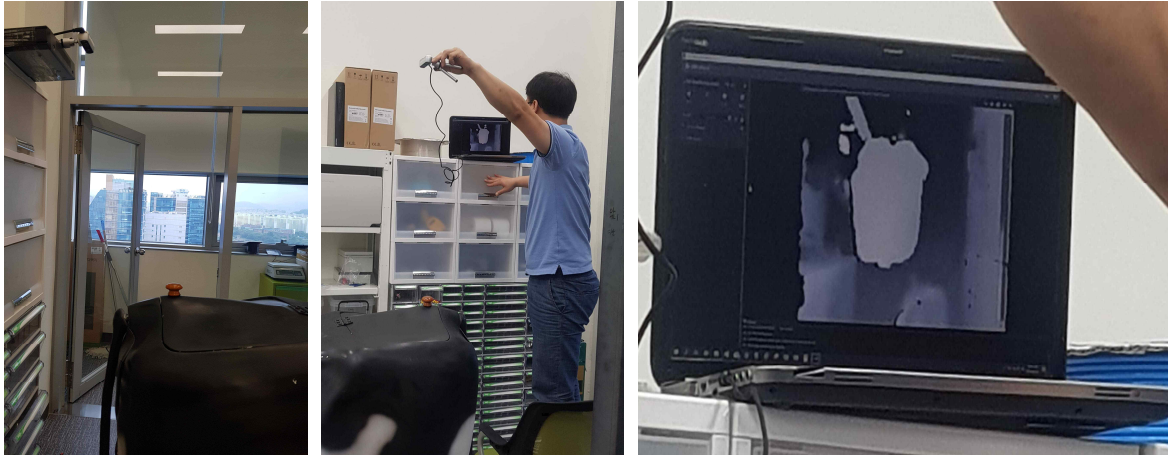


그림 85 소 모형을 대상으로 한 depth 카메라 테스트(소의 상부 및 엉덩이 형태)

나. 유두 인식기술 고도화

기 개발된 “레이저빔-카메라 기반의 유두 인식방법” 이 갖는 인식 속도, 검출 환경 제약 및 정확도 문제점을 해결하기 위해 “ToF 카메라 기반의 유두 인식 방법” 을 개발했다. 유두 인식 방법은 카메라로부터 유두 부근의 깊이 영상을 획득하고, 다양한 유두 형상에서 유두의 끝점을 인식하기 위한 하우스도르프(Hausdorff)거리 기반 유두 끝점 인식 방법이다. 또한, 인식된 유두 끝점의 오 검출 최소화 및 정확도 향상을 위해 회전 변환된 깊이 영상에서 지역 극값(Local Extrema)의 위치를 찾고 인식된 유두 끝점과 비교한다. 마지막으로, 추출된 유두의 위치를 재사용하여 빠른 유두 인식이 가능하기 위해, 착유 케이지의 천장에 ToF카메라를 설치하고 소의 꼬리뼈(꼬리뼈의 시작 위치)를 위치를 인식한 다음, 유두의 위치를 상대 좌표로 변환하고 DB로 관리한다.

(1) 유두 및 꼬리의 깊이 영상 획득 좌표계 구성

로봇을 이용해 소의 젖을 착유를 위해 로봇은 아래 그림과 같은 설계된 작업 공간의 좌표계 wT 를 기준으로 명령을 수행한다.

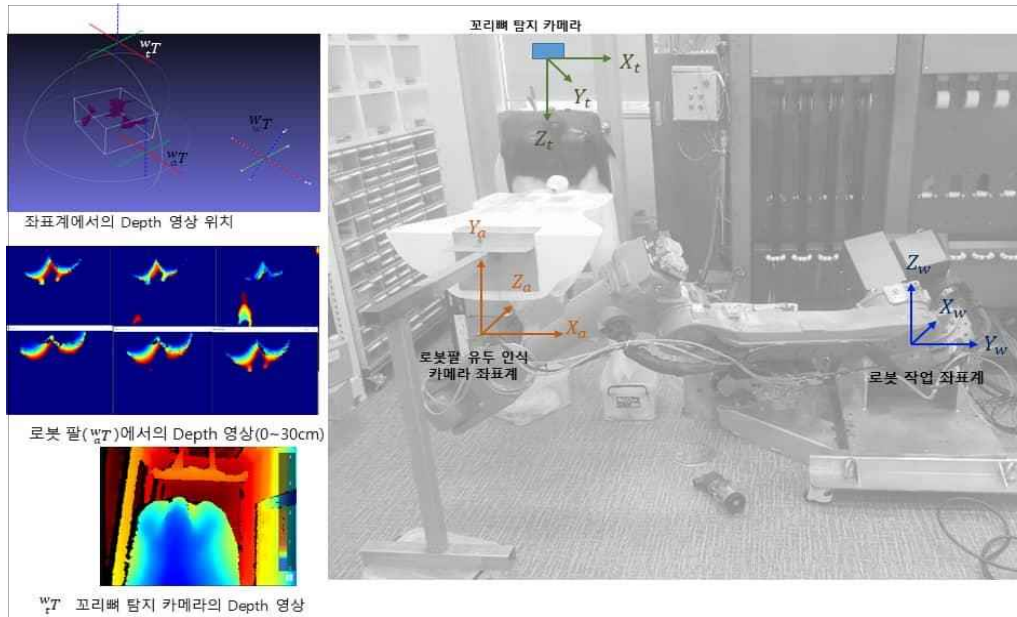


그림 86 유두 및 꼬리의 깊이 영상을 획득하기 위한 작업 환경 구성

유두인식 카메라는 로봇팔의 그리퍼(Gripper) 뒤에 탑재되고, 좌표계는 aT 는 그리퍼의 위치로부터 회전 및 이동된 변환 행렬을 갖게 되며 그림 2와 같이 구성된다.

꼬리 카메라는 소가 착유를 위해 대기하는 스톨안의 소 영상을 획득하기 위해 스톨의 위쪽에 설치되며, 마찬가지로 변환 행렬 wT 를 갖게 된다. 각 변환 행렬은 로봇의 기구에 의존하기 때문에 미리 정의되어 값을 모두 알고 있다. 그림 1의 좌측 상단은 실제 측정한 Depth 영상을 로봇 작업 좌표계 기준으로 나타낸 것으로 유두 인식 카메라 및 꼬리 인식 카메라의 좌표계를 보다 쉽게 이해하도록 나타낸 한 것이며, 좌측 중앙은 유두 카메라가 이동하면서 획득한 유두의 깊이 영상을, 좌측 하단은 꼬리 카메라에서 바라본 소의 깊이 영상이다.

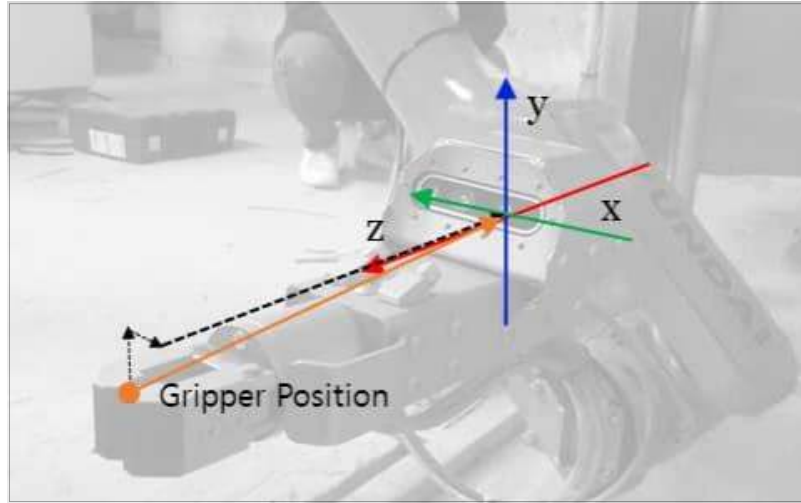


그림 87. 그리퍼에서 유두 측정 카메라의 설치와 좌표계구성

(2) 유두 인식 알고리즘

(가) 기존 유두 인식 알고리즘의 장/단점

기존 유두 인식 방법은 그림 87 로봇에 부착된 카메라와 레이저빔 평면을 캘리브레이션한 상태에서 유두에 주사된 레이저 라인의 형상을 분석해 인식하는 방법이다. 기존의 연구는 유두의 형상이 특이하더라도 유두의 튀어나온 특성을 잘 인식해 비교적 정확하게 유두를 인식했다. 그러나 탐지 방법의 특성상 유두 인식 후 소가 이동 시 유두의 위치가 변해 재 탐색해야 하고, 레이저 빔의 특성상 좌우 끝 영역은 빔의 세기가 약해 인식을 위한 카메라의 영역 좁은 단점이 있다. 또한 레이저 평면과 카메라의 캘리브레이션도 까다롭다.

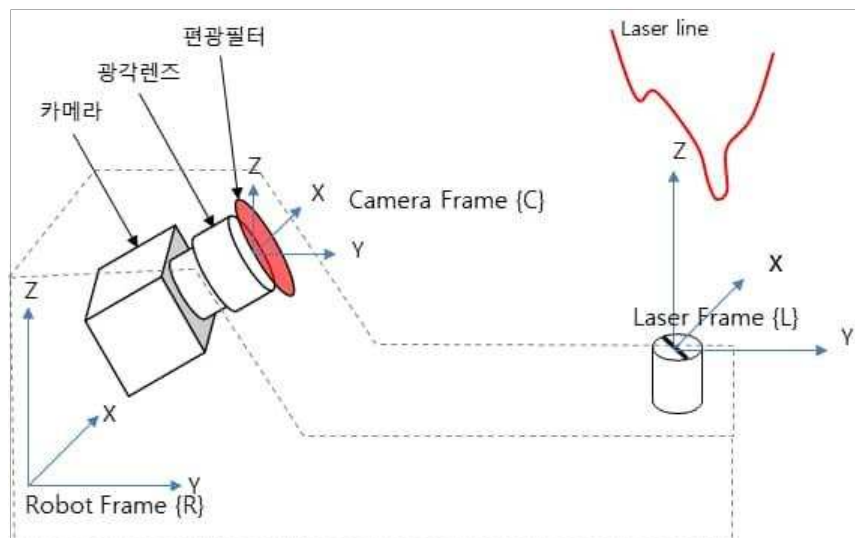


그림 88. 유두 측정을 위한 레이저-카메라의 광학 구조

본 과제에서는 이러한 소의 유기적인 움직임에 대응할 수 있고, 레이저 빔 방식이 아닌, ToF 카메라를 이용해 문제를 해결하고자 한다. 먼저 ToF 카메라는 별도의 캘리브레이션을 하지 않아도 되며, 영상내에 보이는 FOV에 대해 모두 거리 값을 추출 할 수 있다. ToF 카

메라의 특성 및 자세한 스펙은 관련 자료를 통해 확인 가능하다.

(나) 다양한 형상에 대응 가능한 유두 인식 알고리즘

① 영상 매칭을 이용한 유두 탐지 연구

센서로부터 일정 거리 이하의 Depth 정보만 추출 (Depth: 0~300), 매칭에 사용된 템플릿 : 8개의 영상(15도,0도,-15도) 을 x1.5, x2.0 하여 16개 영상 사용하였다.

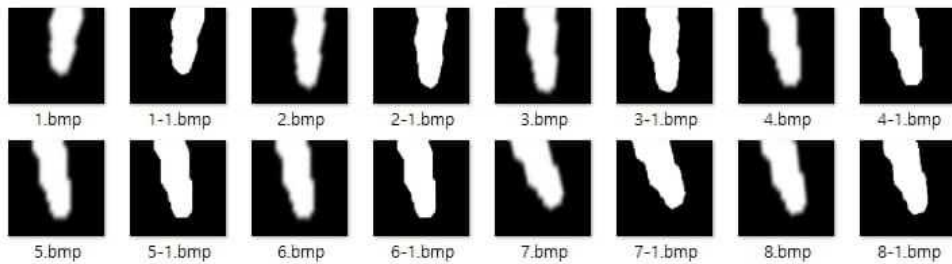


그림 89. 유두 인식을 위해 사용한 회전된 유두의 형상

- Depth → 정규화 → 이진화 → 매칭 영상으로 사용
- 매칭 : 매칭률 이상 값만을 매칭 위치로 추출 (다수 매칭)
- 매칭 위치 병합 (거리)
- [유두 특성 이용한 잘못된 매칭 필터링]
- 유두 두께, 끝점 추출 (회전 사각형 인식 및 두께/길이 검출)
- 두께 범위, 끝점 (유두의 위치) 영역 필터링

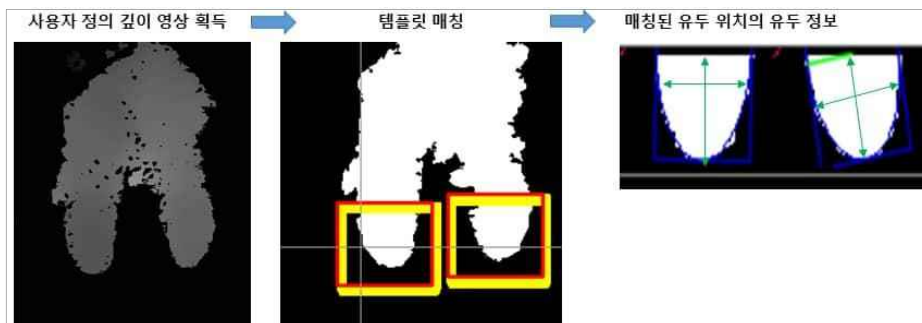


그림 90 매칭을 이용한 유두의 인식

☞ 결과

정상적인 유두의 경우 탐지율이 90%에 가깝다. 비정상적인 유두의 경우 탐지하지 못하고 붙어 있는 또는 근접해 있는 유두의 경우 둘 중 1개만을 탐색하는 단점이 있다. (템플릿 영역에 의해 간접되어 매칭률이 떨어짐 50% 이하)

허벅지 영역에 매칭 되는 경우가 있으나, 크기 및 유두 위치 제한을 통해 극복하였다. 실제 착유 중인 소들의 영상을 보면 뒷젖의 경우 근접해 있는 경우가 대다수여서 적용 불가하다. Harr-Like Cascade (LBP)기반의 학습을 통해서도 이와 동일한 결과를 얻었다. 학습을 이용한 인식방법의 한계로, 향후 딥러닝으로 재도전 필요하다. 영역 기반이 아닌, 유두의 형상을

기반으로 한 인식 기술 개발이 필요하다.

②유두의 특성 및 인식 알고리즘

붙어 있는 유두(대부분 뒷젖)의 탐지, 휘어진 다양한 형태 (유방에 젖이 찰 경우 젖이 서게 됨)의 유두를 인식하기 위해 유두가 갖는 공통적인 특성을 분석하였다.



그림 91 인식이 어려운 다양한 형태의 유두 예

유두 근방에서 유두의 끝은 항상 가장 아래인 특성이 있다. 그림에서 보는 바와 같이 유두는 유방 주변에서 가장 낮은 위치를 갖게 된다. 이 특성을 이용하기 위해 획득한 깊이의 영역을 배에서 바라본 방향 (또는 등쪽에서 바라본 방향)으로 변환하고 변환된 깊이 데이터에서 Local Extrema 를 추출해 유두의 위치를 찾는다. 그림 8은 실제 유두와 그 결과를 나타낸 것이다.

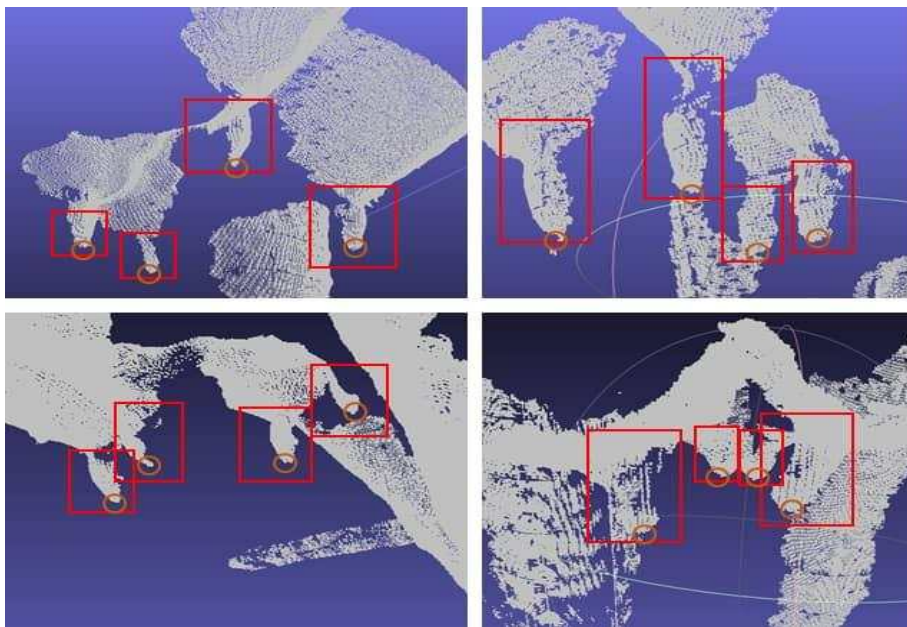
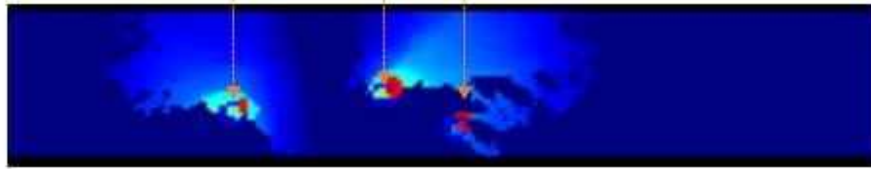
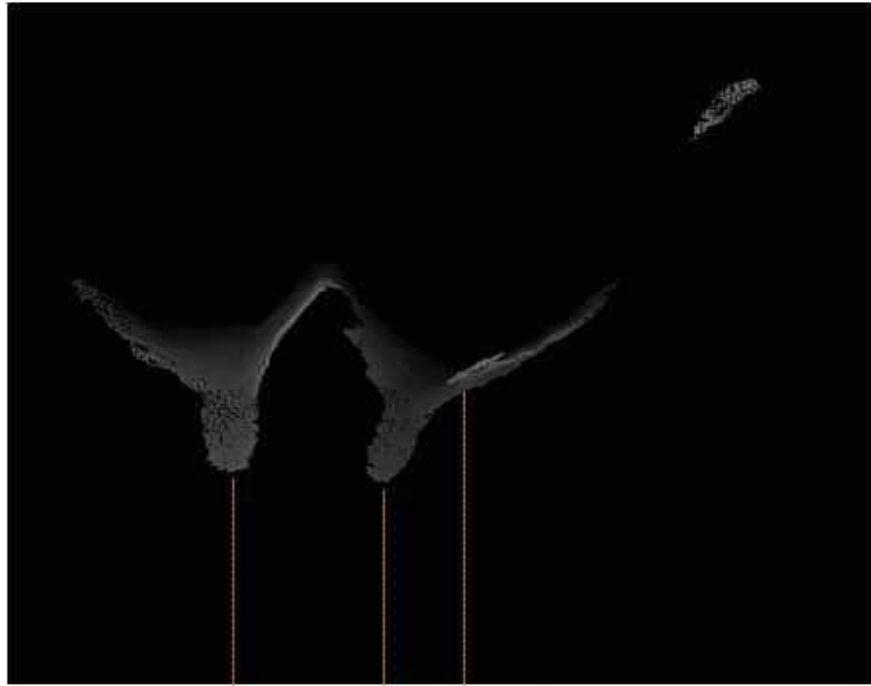


그림 92 포인트클라우드로 변환한 유두 깊이 영상에서의 유두 끝의 높이 특성

- 카메라 좌표계에서 획득한 깊이 영상 (0~30cm)



- 배쪽 에서 등 방향으로 투영한 깊이 영상과 찾아진 Local Maximum 위치와의 비교

그림 93 카메라에서 획득한 깊이 영상의 [배→등] 방향 투영 깊이 영상과 찾아진 Local extrema 위치

붙어있는 유두의 경우 W모양을 특성으로 갖게 되며, 둘을 구분 지을 수 있는 중앙의 들어간 부분이 생긴다. (그림의 녹색 화살표 위치)

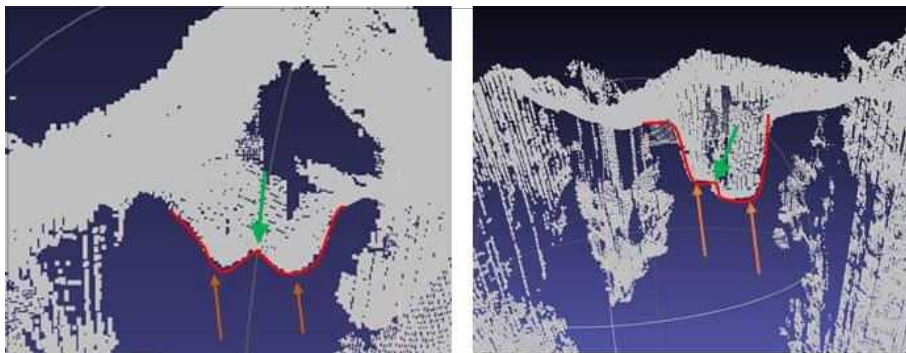


그림 94 붙은 유두의 포인트클라우드 화면, (좌) 같은 거리에 붙어 있는 유두, (우) 좌측 젖이 조금 뒤에 있고 붙어 있는 형태

붙은 유두는 윤곽선으로 분석하기에 다양한 붙은 형태가 존재해 인식하기가 쉽지 않다. 하지만 W 모양을 갖게 되는 특성을 기존 매칭 기반의 유두 탐지 방법을 이용할 경우 W 모양의 경우 80%이상의 매칭률을 보였다. 또한, 매칭된 영역에서 둘을 구분 짓는 중심의 들어간 부분이 있는지 여부를 외곽선을 분석해 필터링하도록 한다. 그림 10은 붙어 있는 유두의 탐지 과정을 나타낸 것이고, 붙은 유두의 지역 최대 값 또한 추출 가능함을 나타내었다.

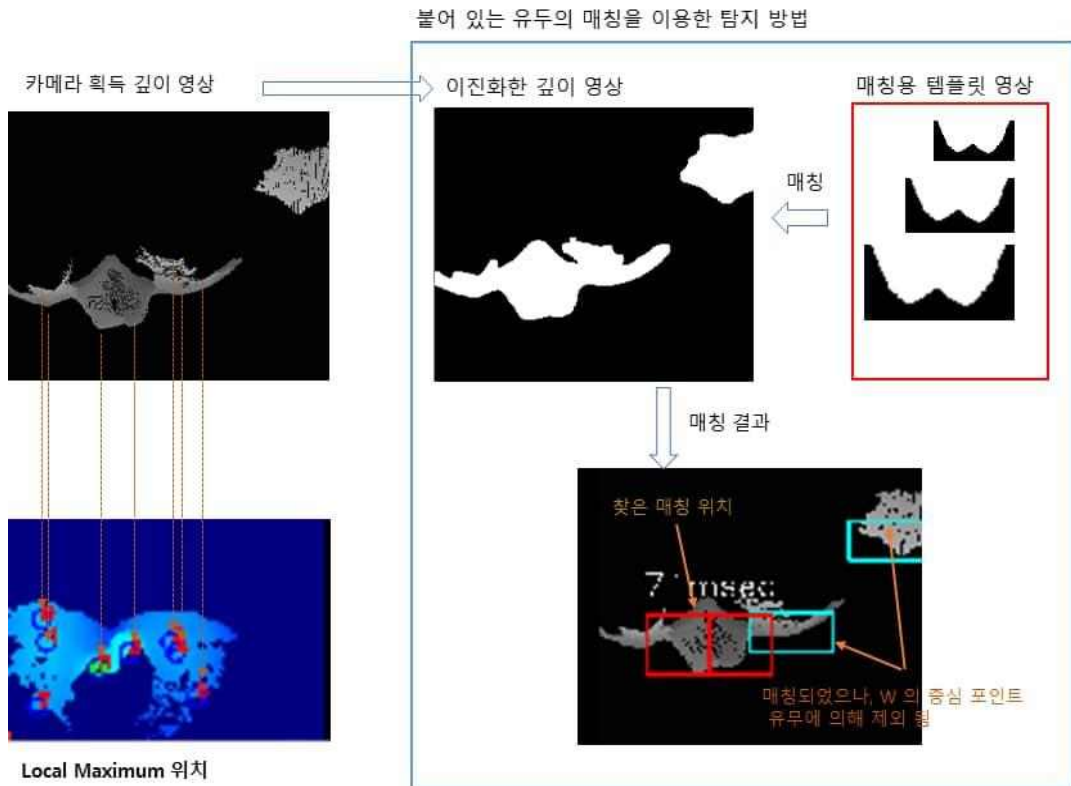


그림 95 붙어 있는 유두의 매칭을 이용한 탐지 방법

다양한 유두 모양에 대응 가능한 윤곽선 기반 유두 탐지 방법을 고안하였다. 젖소의 유두는 유방에 젖이 가득 차게 되면 팽팽해져 특정한 방향으로 가리키는 형태(일반적으로 아래 방향)로 있게 된다. 또한, 소마다 유두의 직경, 길이 및 맹젖 등 매우 다양해 이를 인식하기는 쉽지 않다.

많은 시행착오 끝에 본 연구에서는 유두 형상의 특징을 효과적으로 추출했고, 추출된 형상의 특징을 이용해 유두를 탐지(유두 특성 중 지역 극값 연동)한 결과(완전히 붙어 있지 않은 유두에 한해) 95% 이상의 높은 추출률을 갖게 되었다. 그림 11은 개발된 “유두의 형상 및 특성을 이용한 유두 끝점 추출 방법”으로 유두 끝점 추출 과정은 아래와 같다.

- ㉠ 유두 인식 카메라에서 깊이 영상 획득
- ㉡ 사용자 정의 영역에서의 깊이 영상 추출 및 좌표 변환
 - 사용자가 정의한 유두별 인식 영역 추출
 - 추출된 영역의 이진화 → 잡음 제거 → 외곽선(C_k) 추출
- ㉢ 하우스도르프 거리 이용 외곽 단순화

- 외곽선 크기 필터링 (잡음 제거)
- 외곽선 단순화 (하우스도르프 거리 기반)
(파란색 직선 및 그위의 적색 작은 원)
- 외곽선의 이웃한 포인트와의 각도 계산
- 일정 각도(사용자 정의 상수 60°) 이상 각도 포인트 버림
: 유두의 좌/우 휘어진 방향
- 남아 있는 포인트 P_i 라 할 때 $P_{(i-1)}$ 에서 $P_{(i+1)}$ 까지 이르는 C_k 의 모든 외곽선 추출 ($V_{(i)}$)
- 외곽선의 타원 근사 방법(Fitzgibbon 1999)을 이용한, 외곽선을 포함하는 최소 타원 추출
- 타원의 너비/길이 및 회전각을 이용한 필터링
: 사용자 정의 파라미터, 너비(mm) : 15~50, 길이(mm) 25~80, 각도(DEG) 0°~70°, 180°~110° (탐지된 유두 방향 한계)
(노란색원~녹색원 거리 :길이, 분홍색 두 개원의 거리 : 너비)
- 남은 타원 위치 = 탐지된 유두 위치 (적색 회전 사각형)
- Ⓜ유두 카메라의 깊이 영상에서 투영 변환하여 극값 추출 및 탐지된 타원 위치와 비교하여 최종 탐지 위치 결정

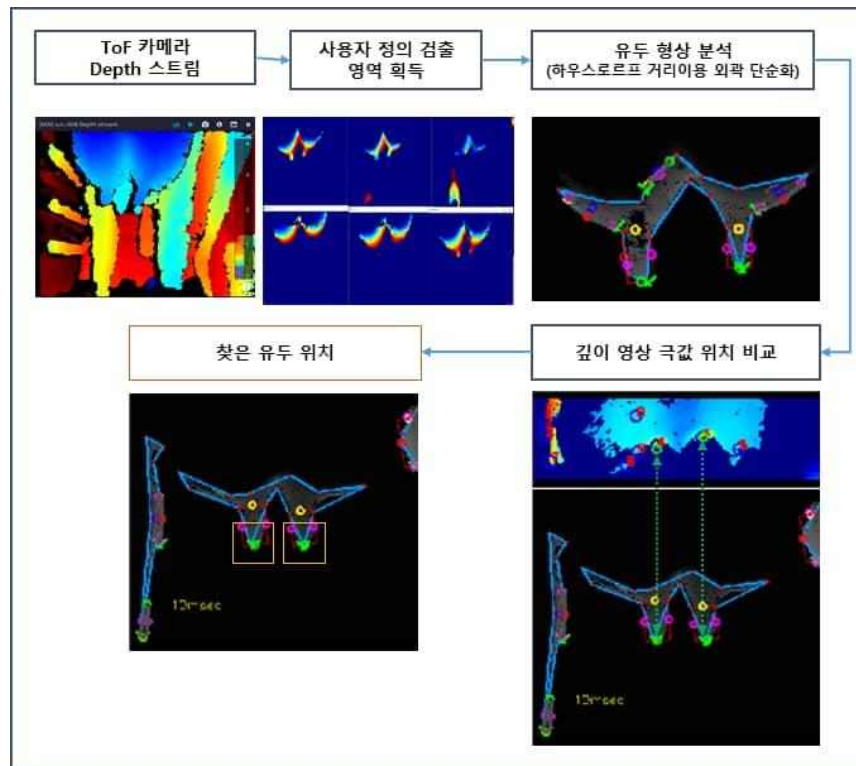


그림 96. 유두의 형상 및 특성을 이용한 유두 끝점 추출 방법

(다) 유두 번호 식별 방법 개발

인식된 유두가 소의 어느 위치에 있는지를 파악하기 위해, 젓소의 평균 유두 정보를 이용한 가상의 유두 위치를 생성한다. 가상의 유두 위치는 꼬리 위치를 기준으로 생성되며, 농진청에서 제공한 유두의 평균 위치 거리를 이용해 생성했다. 가상의 유두는 아래 그림과 같이 생성된다.

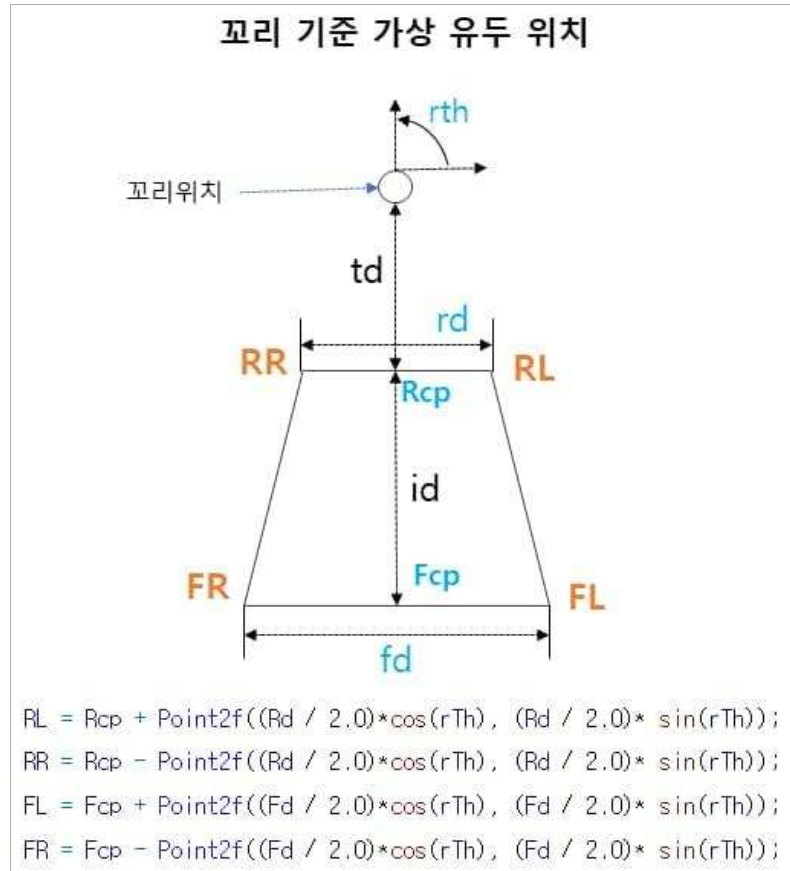


그림 97 가상의 유두 위치

유두 번호의 인식 과정은 그림 13과 같이 k번 유두를 찾으라는 명령과 DB에 등록된 유두 여부를 전달해 유두 인식 알고리즘을 시작한다. 이후, 반복 인식 카운터를 통해 탐지된 유두가 같은 위치에서 몇 번 반복되어 검출되었는지를 체크하고, 일정 반복 수 이상이 되면 탐지 유두로 인식된다.

→ 등록된 소 일 경우, 서버로부터 전달받은 유두의 위치(상대 좌표)를 현재의 유두 좌표와 비교하여 일정 거리 이하로 탐지되었을 때 k번 유두의 탐지를 출력하고 종료한다.

→ 등록되지 않은 소의 경우, 가상 유두 위치를 통해 최소 거리를 갖는 가상의 위치로 유두 번호를 할당하는 과정을 수행한다. 그리고 탐지된 유두가 현재 탐지되어 추적 중인 유두와 중복으로 탐지되는 것을 방지하기 위한 루틴을 수행한다. 탐지된 유두의 번호가 정상적으로 가상의 위치에 할당이 되면 유두의 위치 추적 정보에 저장하고 해당 유두의 위치를 출력한 뒤 탐색을 종료한다.

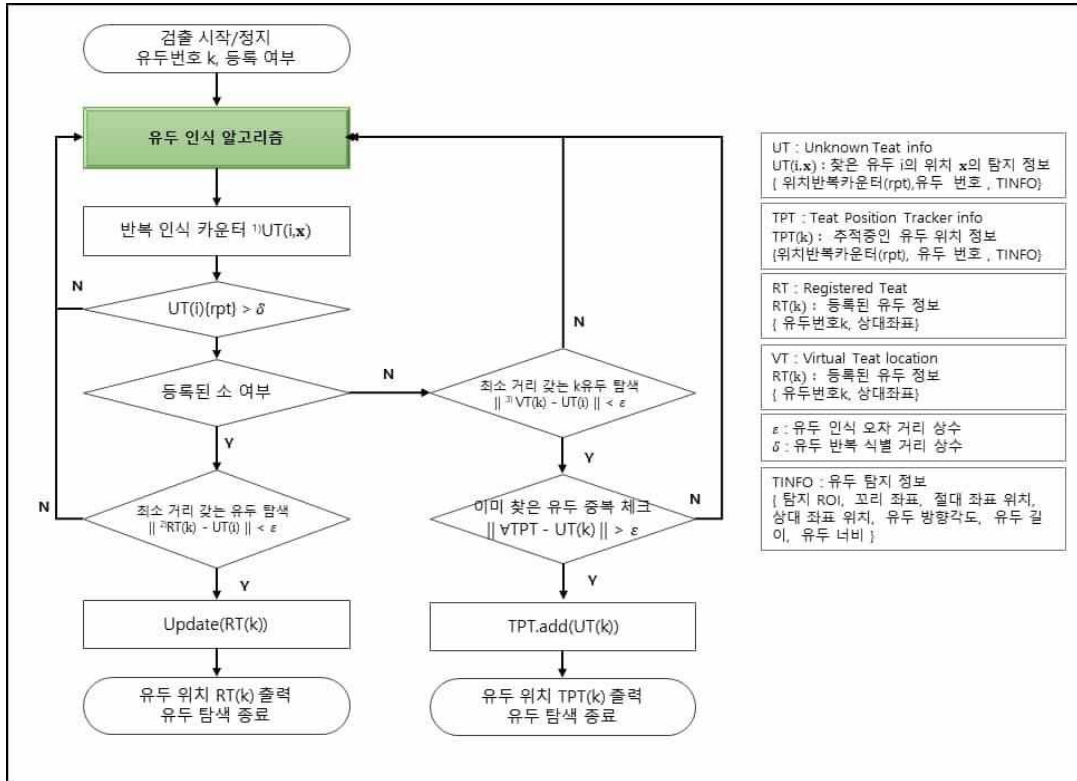


그림 98 유두 번호 인식 방법

(3) 꼬리 위치 탐지 방법 개발

유두 인식 카메라가 탐지한 유두의 위치를 로봇의 작업 좌표계로 변경해 소의 이동 변화에 따른 탐지된 유두의 위치 변화를 감지해야 중복된 탐지 및 올바른 탐지 위치로의 로봇 이동을 완성할 수 있다. 또한, 빠른 착유 작업을 위해 유두의 위치 정보가 등록된 소일 경우, 꼬리의 위치만으로 착유 컵을 들고 유두 앞으로 가서 유두 위치만 확인한 뒤 바로 착유 컵을 쫓을 수 있도록 해야 한다.

꼬리 위치 탐지 방법은 아래 그림과 같이 아래 단계를 통해 수행된다.

- (가) 꼬리 인식 카메라에서 깊이 영상 획득
- (나) 사용자 정의 영역에서의 깊이 영상 추출 및 좌표 변환
→ 사용자가 정의한 케이지 내부 꼬리 인식 영역 추출
- (다) 잡음 제거 및 외곽선 추출
- (라) 꼬리 끝점으로부터 사용자 정의 상수(10cm)만큼 Offset된 위치에서 외곽선 추출 및 분석 : 꼬리 섬 체크 (5)
- (마) 칼만 필터 적용해 외곽선 노이즈에 의해 튀는 값 최소화 및 위치 추적
- (바) 대소변 행동에 의해 꼬리가 섰을 경우, 이를 탐지함, 튀어나온 꼬리를 제외한 외곽선으로 꼬리의 대략적인 위치 및 꼬리 섬 상태 출력

꼬리 Depth 영상 추출 및 꼬리 위치 인식

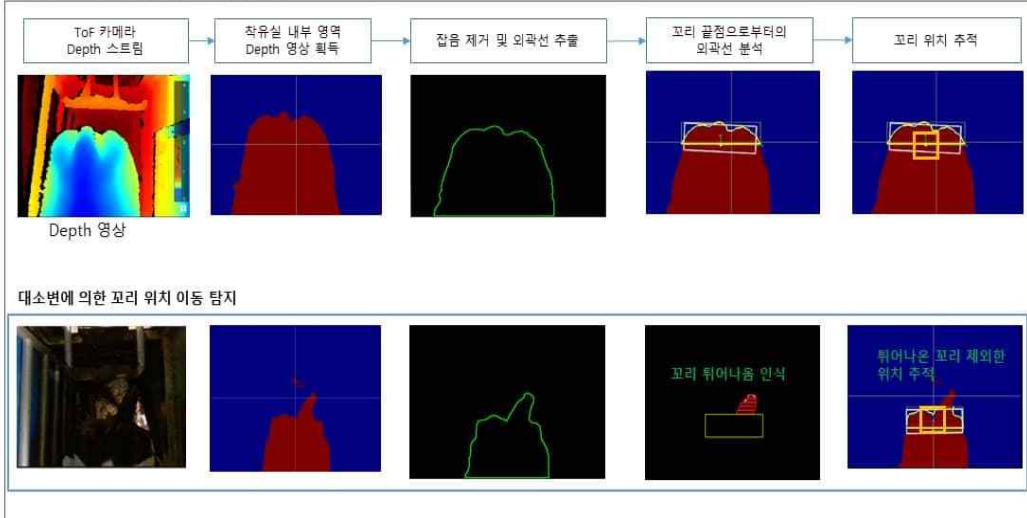


그림 99 꼬리 위치 인식 과정 및 꼬리 섬 상태 탐지 과정

다. 로봇 이동경로 개선

로봇 ARM은 로봇 착유의 가장 핵심적인 부분으로, 제어 매니플레이터는 로봇착유기에서 착유컵을 유두로 이동시켜주는 역할과 유두 인식을 위한 각종 센서를 이동시켜주는 기능을 수행하는 장치이다. 6축로봇을 이용하여 지정된 시간 안에 물건을 집고, 3차원 공간의 경로를 찾고, 기계를 지정된 경로까지 이동하고, 물건을 떼는 동작을 수행하도록 한다. 즉 사람이 착유컵을 잡고 젖소의 유두에 꼽는 동작을 로봇 ARM의 수행으로 대체함으로써 로봇 착유기술을 구현하며, 로봇의 정밀성을 이용하여 위치제어의 정밀도를 높이고 사람과 협업할 수 있는 기능을 통한 안전기능을 향상시킨다.

초기 개발품의 동작 시연 중 가속 행동에 의한 기계 파손 우려의 문제점이 제기되었고, 이에 따라 고도화 연구에서는 로봇 ARM 매니플레이터 모델을 변경하여 개발 진행하였다.

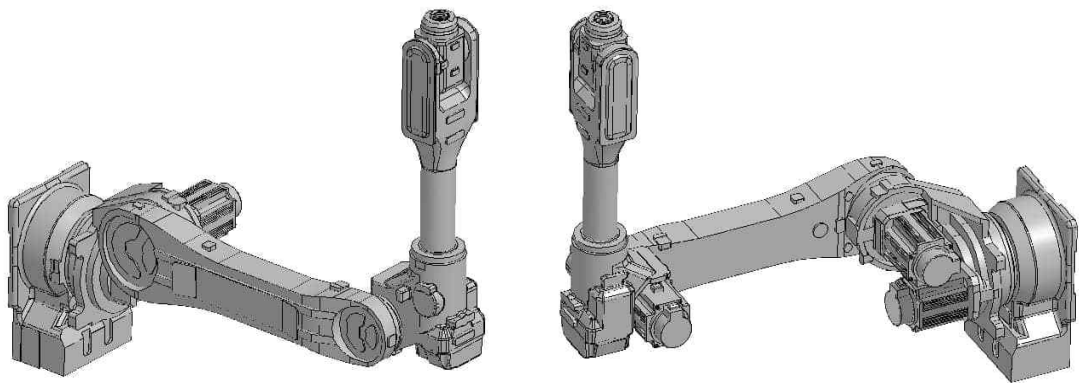


그림 100 로봇 ARM 매니플레이터 3D 설계도(측면)

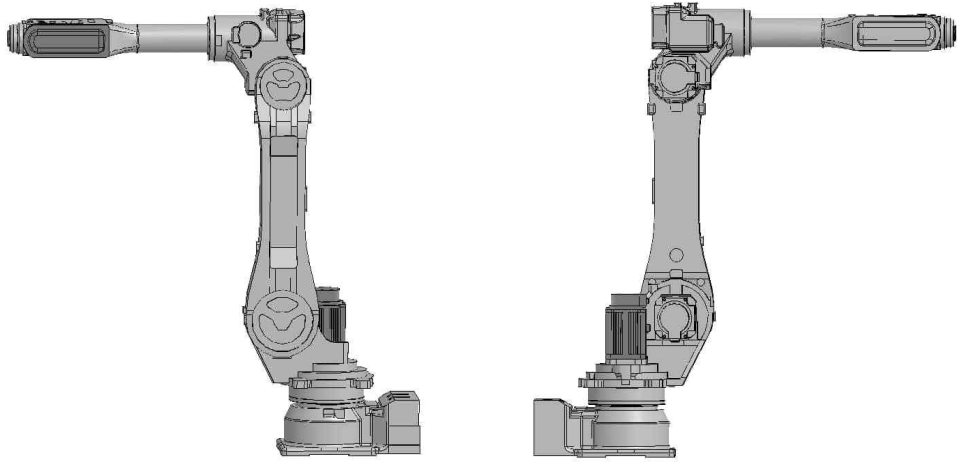


그림 101 로봇 ARM 매니플레이터 3D 설계도(상하)

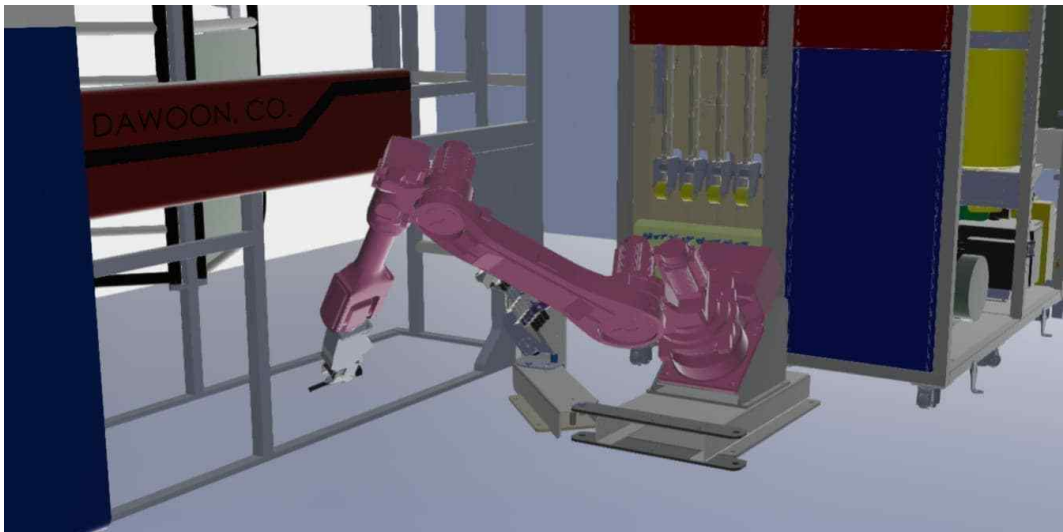
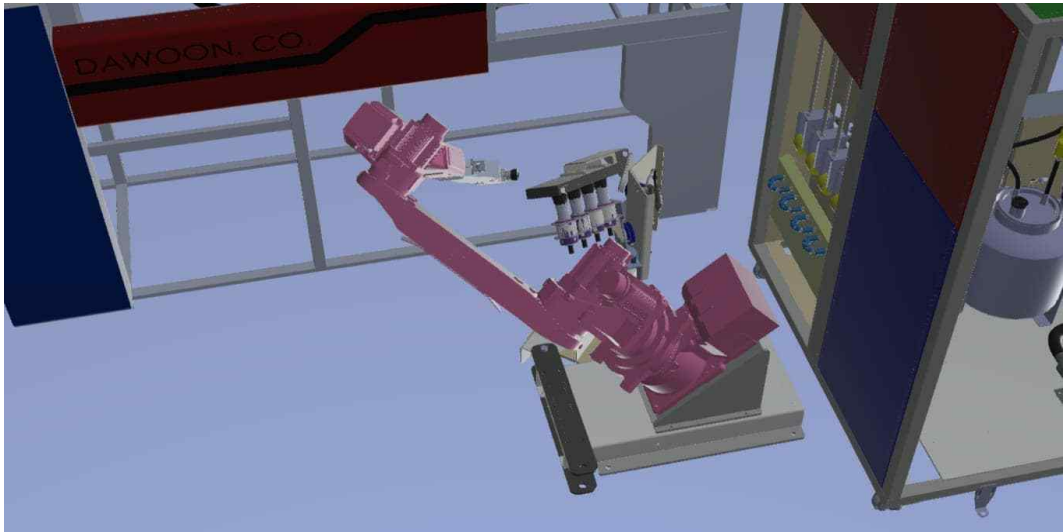


그림 102 로봇 ARM 매니플레이터 착유시스템 설치상태 설계도

표 16. 로봇 암 매니플레이터(2호기) 사양서

구분			상세 사양	
기종명			HH020	
가반 중량			20 Kg	
구조			다관절형	
자유도			6축	
구동방식			AC SERVO MOTOR	
최대 동작 범위	주축	S	선회	$\pm 3.229 \text{ rad } (\pm 185^\circ)$
		H	전후	$\pm 3.403 \sim -1.222 \text{ rad } (+195^\circ \sim -70^\circ)$
		V	상하	$\pm 3.141 \sim -1.396 \text{ rad } (+180^\circ \sim -80^\circ)$
	손목축	R2	회전2	$\pm 3.403 \text{ rad } (\pm 195^\circ)$
		B	구부림	$\pm 2.356 \text{ rad } (\pm 135^\circ)$
		R1	회전1	$\pm 6.283 \text{ rad } (\pm 360^\circ)$
최대 동작 속도	주축	S	선회	3.316 rad/s (190°/s)
		H	전후	3.142 rad/s (180°/s)
		V	상하	3.316 rad/s (190°/s)
	손목축	R2	회전2	6.632 rad/s (380°/s)
		B	구부림	6.632 rad/s (380°/s)
		R1	회전1	10.472 rad/s (600°/s)
손목토크		R2	회전2	39.2 Nm (4 Kgfm)
		B	구부림	39.2 Nm (4 Kgfm)
		R1	회전1	19.6 Nm (2 Kgfm)
위치 반복정도			$\pm 0.08 \text{ mm}$	
주위 온도			0 - 45°C (273 - 318 K)	
본체 중량			225 Kg	
동작범위 횡단면적			6.07 m ²	

제공: 현대로보틱스

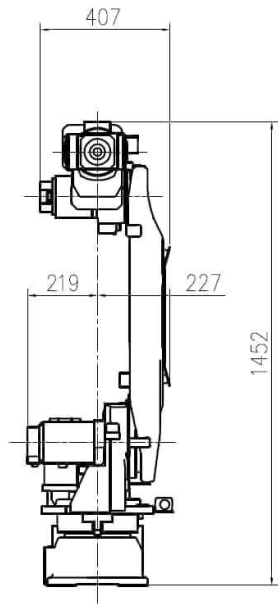


그림 103 로봇 ARM 규격

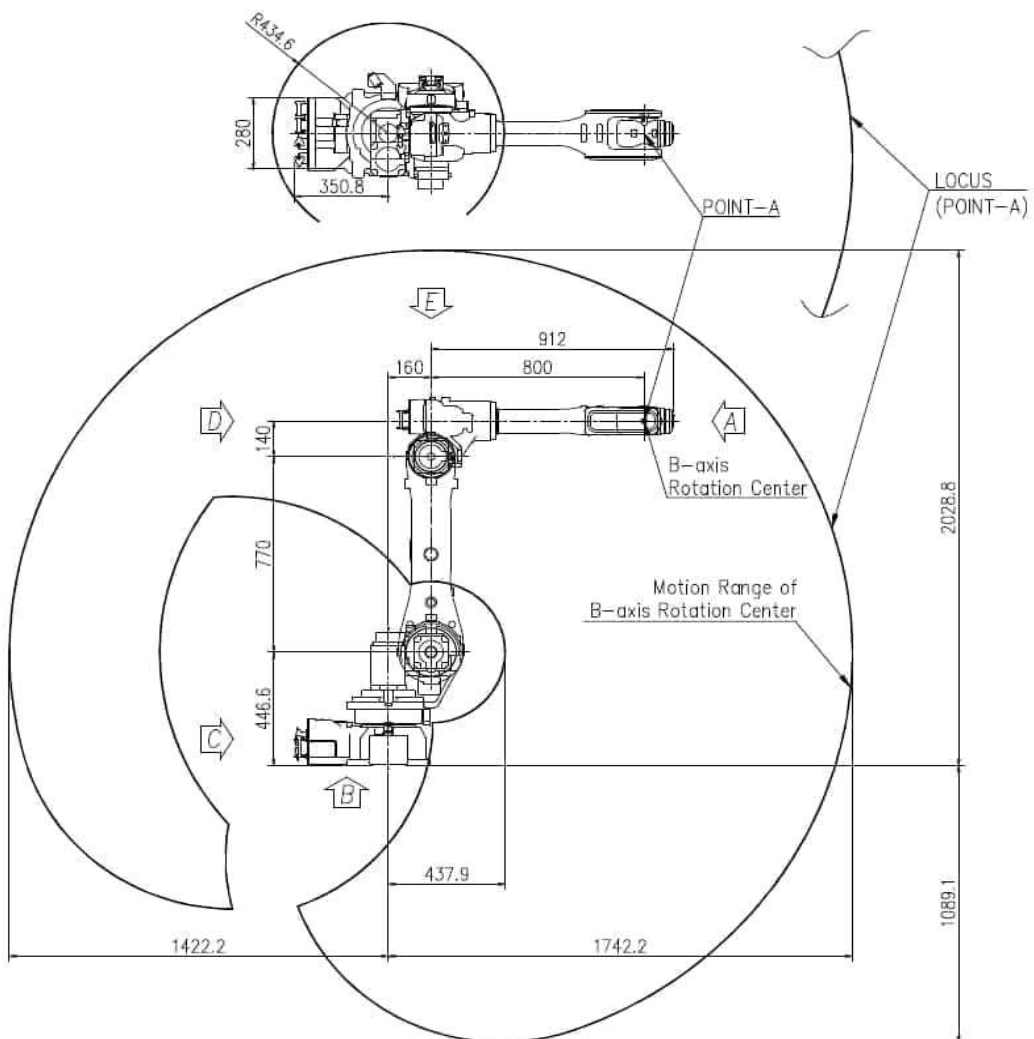


그림 104 로봇 ARM 동작 범위도

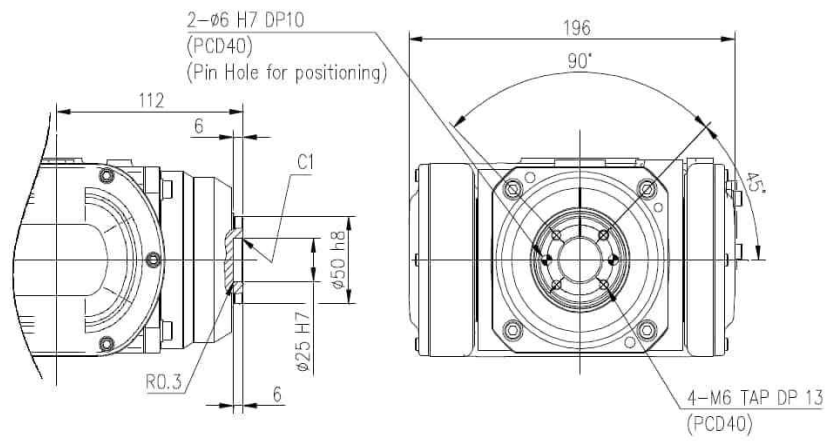


그림 105 로봇 손목 취부부 상세도

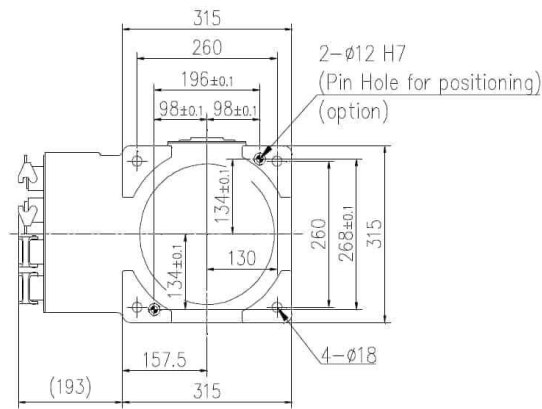


그림 106 로봇 본체 바닥설치 치수도

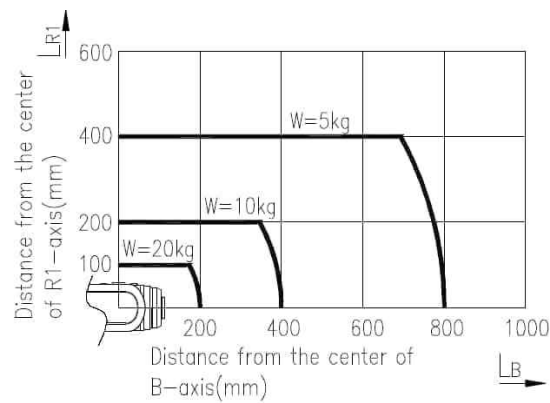


그림 107 로봇 손목축 토크 선도

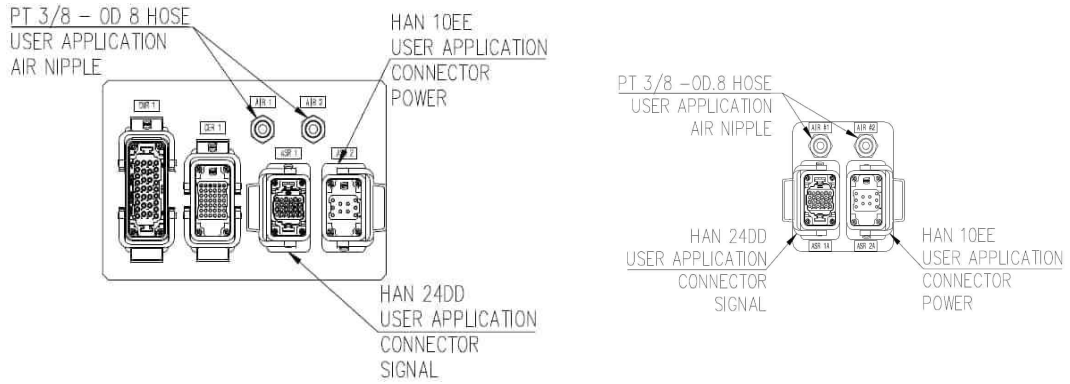


그림 108 로봇 응용 케이블 접속부

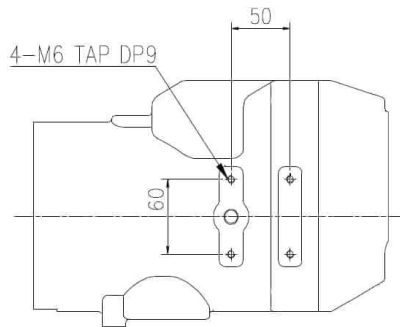


그림 109 응용 부대부품 취부 상세

3. 유두세척 안정성 강화

유두세척장치 전용 제어기기는 로봇착유기와 CAN 통신으로 연동되어 세척, 소독, 마사지, 건조 기능을 자동으로 수행하며, 필요 시 사용자가 수동으로 제어할 수 있도록 하였다. 유두 세척을 위한 온수탱크 및 약품 탱크의 밸브 및 펌프가 동작하여 세척수 공급 호스를 통하여 유두세척컵으로 세척수를 공급한다. 사용한 세척수는 진공개방 밸브 및 진공센서를 통하여 진공압에 의해 배수 호스로 회수되며, 배수탱크로 분리된 후 배수된다.

표 17 유두세척장치 수행 기능

순서	기능	수행 기능
1	세척	적정량의 미온수와 실리콘 브러시를 이용하여 유두 세척
2	소독	세척 전용롤을 이용하여 소독
3	마사지	실리콘 브러시의 회전 운동을 통한 유방 마사지
4	건조	링브로워의 진공을 이용한 흡입, 습기제거 및 고속건조

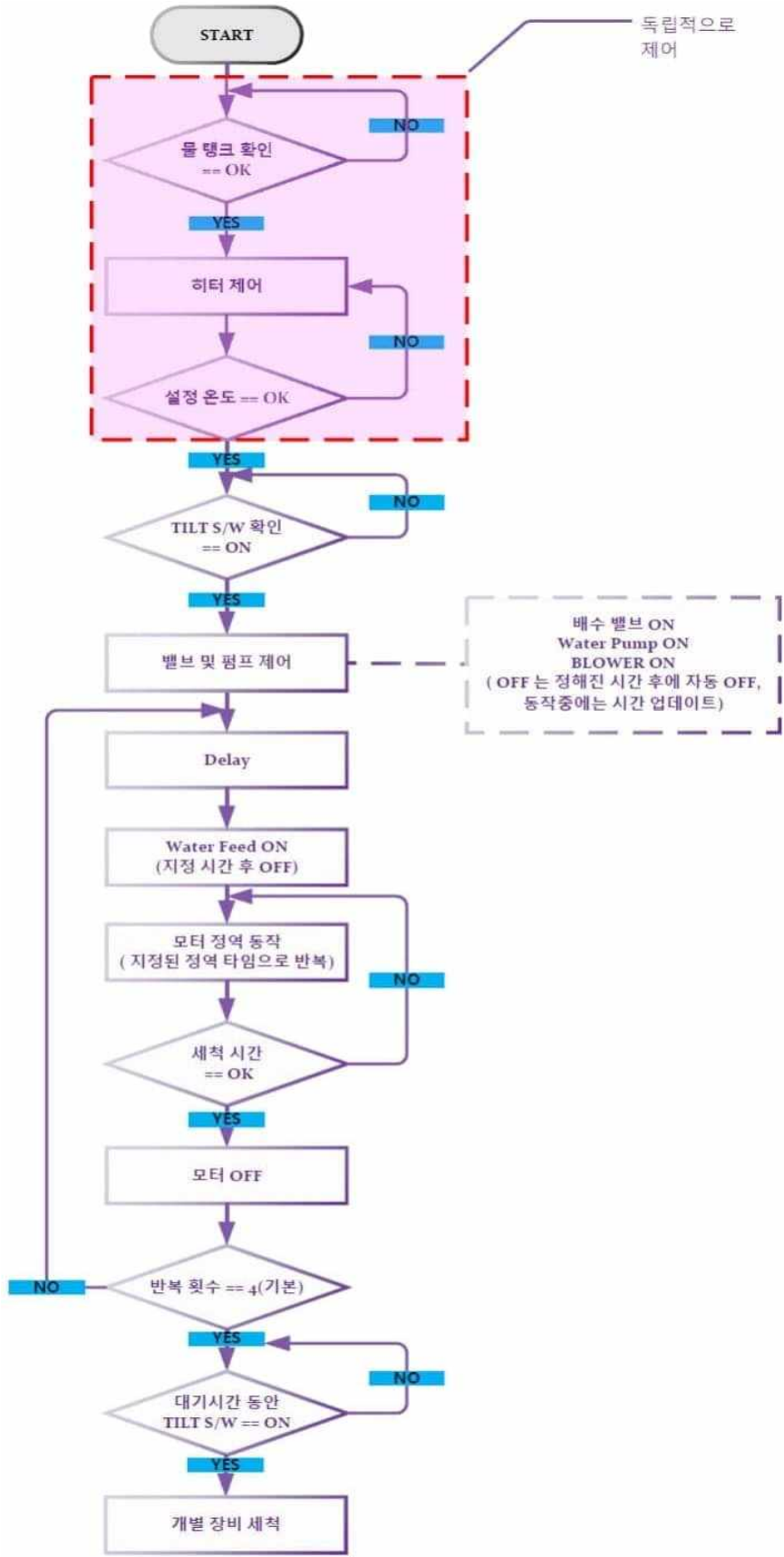


그림 111 유두세척 제어 알고리즘

제어기 내부는 유두세척기의 모터 제어, 회전방향 제어를 담당하는 회로로 구성된다. 회전 방향 제어는 유두세척기 모터의 정회전, 역회전을 조절하며 세척수 및 세척제를 적절히 공급 및 오염물 회수 과정을 제어하기 내장 소프트웨어와 CAN 통신에 의해 자동으로 처리한다.

표 18 유두세척 제어 관련 CAN 통신 동작

CAN 주소	출력 번호	이름	장치	MCUPORT 초기상태	대기상태	진행상태 (유두 세척)
8만번지	1	물탱크공급	밸브1	LOW(OFF)	1: ON 2: OFF(부레1센서가 ON되면)	
8만번지	2	보조탱크 물공급	밸브2	LOW(OFF)	2: ON(부레1센서 ON상태에 부레2센서가 OFF되면) 3: OFF(설정된 시간 t초 유지 후 부레2센서가 ON되면)	OFF
8만번지	3	약품	펌프1	LOW(OFF)	3: ON(부레1센서 ON상태에 부레2센서 OFF되면) 4: OFF(설정된 시간 t초 유지 후 부레2센서가 ON되면)	OFF
8만번지	4	좌세척공급	펌프2	LOW(OFF)		1: ON 7: OFF 9: OFF
8만번지	5	DIR		LOW(OFF)		2: OFF 4: OFF 5: ON 6: 4-5회 반복 7: OFF 8: 3-7번 모두 3-4회 완료 시 9: OFF
8만번지	6	START		LOW(OFF)		2: OFF 4: ON(t초간 동작) 5: ON(t초간 동작) 7: OFF 9: OFF
8만번지	7	좌측세척(배출)	밸브3	LOW(OFF)		2: ON 7: ON 9: OFF
8만번지	8	우세척공급	펌프3	LOW(OFF)		
8만번지	9	DIR		LOW(OFF)		
8만번지	10	START		LOW(OFF)		
8만번지	11	우측세척(배출)	밸브4	LOW(OFF)		
8만번지	12	진공	밸브5	LOW(OFF)		3: ON 7: OFF 9: OFF
8만번지	13	배출	밸브6	LOW(OFF)		9: ON
8만번지	14	유두침지(좌)	펌프5	LOW(OFF)	출력요청하면 해당 ms 값만큼 동작 후 OFF	
8만번지	15	유두침지(우)	펌프6	LOW(OFF)	출력요청하면 해당 ms 값만큼 동작 후 OFF	

유두 세척 명령이 동작되면 세척 밸브가 ON 하여 개방된다. 로봇 ARM이 대기 위치의 세척컵을 그립(grip)하여 젓소의 아래 쪽으로 이동시킨 후 유두인식 및 세척컵 부착 과정을 완료하면 유두 세척이 요청되고 진공 펌프가 동작된다. 관련 작업을 수행하기 위한 CAN 통신 프로토콜을 작성하였다.

표 19 유두 세척 관련 CAN 통신 프로토콜

구분	동작	EXTID	CMD	비고
명령	진공 개방	0x80100	216	명령 전송 오면 ACK 메시지를 전송
명령	진공 OFF 동작	0x80100	217	좌우 확인, 0: 좌측 진행, 1: 우측 진행
명령	좌측 유두 세척 동작	0x80100	218	TIME을 0으로 전송하면 장비의 설정된 값 기준으로 동작
명령	좌측 유두 세척 긴급 정지	0x80100	219	
명령	우측 유두 세척 동작	0x80100	220	TIME을 0으로 전송하면 장비의 설정된 값 기준으로 동작
명령	우측 유두 세척 긴급 정지	0x80100	221	
명령	유두 침지(1개로좌우같이) ON	0x80100	222	TIME을 0으로 전송하면 장비의 설정된 값 기준으로 동작
명령	유두 침지(1개로좌우같이) OFF	0x80100	223	
명령	유두 침지 우측 ON	0x80100	224	TIME을 0으로 전송하면 장비의 설정된 값 기준으로 동작
명령	유두 침지 우측 OFF	0x80100	225	
명령	카메라 렌즈 밸브&펌프 ON	0x80100	226	TIME을 0으로 전송하면 장비의 설정된 값 기준으로 동작
명령	카메라 렌즈 밸브&펌프 OFF	0x80100	227	
명령	카메라 렌즈 밸브 ON	0x80100	228	TIME을 0으로 전송하면 장비의 설정된 값 기준으로 동작
명령	카메라 렌즈 밸브 OFF	0x80100	229	
셀프전송	물탱크 채워질 때	0x80100	240	1~5초마다 알림
셀프전송	물탱크 다 찼을 때	0x80100	241	
셀프전송	보조탱크 채워질 때	0x80100	242	1~5초마다 알림
셀프전송	보조탱크 다 찼을 때	0x80100	243	1회 알림
셀프전송	(왼쪽)진공센서1 감지 여부	0x80100	244	Real 해당값, 0: 진공, 1: 진공 아님
셀프전송	(오른쪽)진공센서2 감지 여부	0x80100	245	Real 해당값, 0: 진공, 1: 진공 아님
셀프전송	(왼쪽)진공센서1 감지 여부	0x80100	244	
셀프전송	(오른쪽)진공센서2 감지 여부	0x80100	245	
셀프전송	왼쪽젓꼭지 세척 완료		246	
셀프전송	오른쪽젓꼭지 세척 완료		247	
셀프전송	왼쪽 침지 동작 완료		248	
셀프전송	오른쪽 침지 동작 완료		249	
셀프전송	젓꼭지세척 후 배출 진행 중		250	
셀프전송	젓꼭지세척 후 배출 완료		251	
셀프전송	카메라렌즈 세척 완료		252	

표 20 행균 세척 관련 CAN 통신 예시

CAN 주소	위치	이름	장치	초기상태	MCU PORT 초기상태	급수	수위센서 입력신호	행균시작 3분(설정)	집유 항아리 세척 30초 (지정)	배수1차 우유분리 라인세척	배수2차 냉각기 송출라인 세척 (지정)	종료/ 쉬는시간
1(4만번지)		온수	솔밸브	닫힘	LOW(OFF)	ON	OFF					
2(4만번지)		냉수	솔밸브	닫힘	LOW(OFF)	ON	OFF					
3(4만번지)		알카리	정량펌프	정지	LOW(OFF)							
4(4만번지)		산성	정량펌프	정지	LOW(OFF)							
5(4만번지)		세척제	정량펌프	정지	LOW(OFF)							
6(4만번지)		진공펌프	릴레이	OFF	LOW(OFF)			ON	ON	ON	ON	
7(4만번지)	밀크1단	배수1	3way	우측개방 (OFF)	LOW(OFF)				ON		toggle(on-off)	toggle(on-off)
8(4만번지)	밀크2단	배수2	3way	우측개방 (OFF)	LOW(OFF)			ON	OFF	OFF	OFF	OFF
13(4만번지)	우유분리(좌)	배수3	정방향	-	LOW(OFF)	ON (배수쪽 이동)		ON (IN2들어오면OFF)	ON	ON	ON	
10(4만번지)		배수4	2way	닫힘	LOW(OFF)							ON
11(4만번지)		배수5	2way	닫힘	LOW(OFF)				ON			
12(4만번지)		에어송출 밸브	에어솔밸브	닫힘	LOW(OFF)						toggle(on-off)	
9(4만번지)	우유분리(우)	배수3-1	2way		LOW(OFF)							
14(4만번지)	냉각기	배수6	3way	냉각기반대(OFF)	LOW(OFF)			OFF	OFF	OFF	OFF	
15(4만번지)	냉각기	배수8	2way	상시닫힘(off)	LOW(OFF)						OFF	
16(4만번지)	세척수 흡입라인	배수7	2way	상시닫힘(off)	LOW(OFF)			ON	ON	ON	OFF	
개별 (6만번지)		실린더 (탈착)	S1-S4	기본 (올라감)	LOW(OFF)						ON	
개별 (6만번지)		착유 배수	D1-D4	기본(열림)	LOW(OFF)			ON	ON	ON	ON	
개별 (6만번지)		진공 개방	V1-V4	기본(닫힘)	LOW(OFF)			ON	ON	ON	ON	
개별 (6만번지)		제트컵	에어솔밸브	기본(열림)	LOW(OFF)	ON	ON	ON	ON	ON	toggle(on-off)	ON
개별 (6만번지)		착유컵	에어솔밸브	하늘방향								

표 21 알칼리(온수 사용) 및 산성(냉수 사용) 세척 관련 CAN 통신 예시

CAN 주소	위치	이름	장치	초기상태	MCU PORT 초기상태	급수/약품	행굼시작 5분	세척 30초 (지정)	배수1차	배수2차	종료/ 쉬는시간
1(4만번지)		온수	솔벨브	단힘	LOW(OFF)	ON					
2(4만번지)		냉수	솔벨브	단힘	LOW(OFF)						
3(4만번지)		알카리	정량펌프	정지	LOW(OFF)	ON					
4(4만번지)		산성	정량펌프	정지	LOW(OFF)						
5(4만번지)		세척제	정량펌프	정지	LOW(OFF)						
6(4만번지)		진공펌프	릴레이	OFF	LOW(OFF)		ON	ON	ON	ON	
7(4만번지)	밀크1단	배수1	3way	우측개방 (OFF)	LOW(OFF)			ON		toggle(on-off)	toggle(on-off)
8(4만번지)	밀크2단	배수2	3way	우측개방 (OFF)	LOW(OFF)		ON	OFF	OFF	OFF	OFF
13(4만번지)	우유분리 (좌)	배수3	정방향	-	LOW(OFF)	ON (배수쪽 이동)	ON	ON	ON	ON	
10(4만번지)		배수4	2way	단힘	LOW(OFF)						ON
11(4만번지)		배수5	2way	단힘	LOW(OFF)			ON			
12(4만번지)		에어송출 벨브	에어솔벨브	단힘	LOW(OFF)					toggle(on-off)	
9(4만번지)	우유분리 (우)	배수3-1	2way		LOW(OFF)						
14(4만번지)	냉각기	배수6	3way	냉각기반대 (OFF)	LOW(OFF)		OFF	OFF	OFF	OFF	
15(4만번지)	냉각기	배수8	2way	상시단힘 (off)	LOW(OFF)					OFF	
16(4만번지)	세척수 흡입라인	배수7	2way	상시단힘 (off)	LOW(OFF)		ON	ON	ON	OFF	
개별 (6만번지)		실린더 (탈착)	S1-S4	기본 (올라감)	LOW(OFF)					ON	
개별 (6만번지)		착유 배수	D1-D4	기본(열림)	LOW(OFF)		ON	ON	ON	ON	
개별 (6만번지)		진공 개방	V1-V4	기본(단힘)	LOW(OFF)		ON	ON	ON	ON	
개별 (6만번지)		제트컵	에어솔벨브	기본(열림)	LOW(OFF)		ON	ON	ON	toggle(on-off)	ON
개별 (6만번지)		착유컵	에어솔벨브	하늘방향							

유두세척 시스템 보강을 위하여 PCB 회로도 및 설계도를 변경하였다. 유두세척을 위한 세척 브러시를 탑재한 세척컵은 조립 및 분해가 용이하여 분리세척이 가능하고, 착탈식 브러시의 교환이 쉽도록 설계 및 제작하였다. 원형 컵 속의 실리콘 브러시를 사용하여 유두의 이물질 제거, 세척수와 미온수를 이용한 세척이 가능하다. 세척 브러시는 유두 자극이 경미하도록 실리콘 재질을 채택하였으며 세척컵 외형은 약품 및 충격에 대비한 특수 플라스틱으로 제작하였다. 세척 라인의 온수발생기 모듈은 순간온수 기능을 적용하여 30-35℃의 온수 연속공급이 가능하며, 링브로우를 이용한 진공 시스템 기능으로 세척과정 종료 후 진공에 의한 수분 제거 기능을 탑재하였다. 세척제는 국내 인증을 받은 제품, 농가에서 보편적으로 사용되는 유두 전용 세척제를 사용하였다.

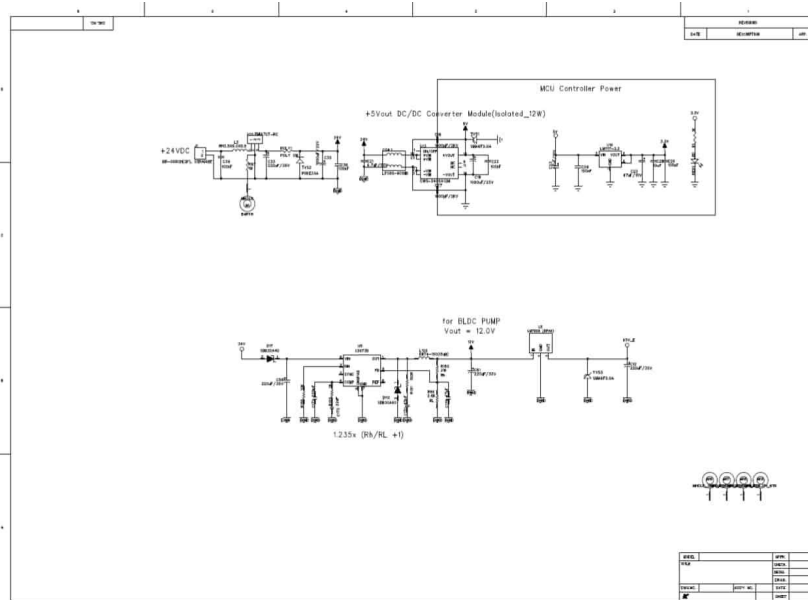


그림 112 유두 세척기 회로도(2019년 개선)

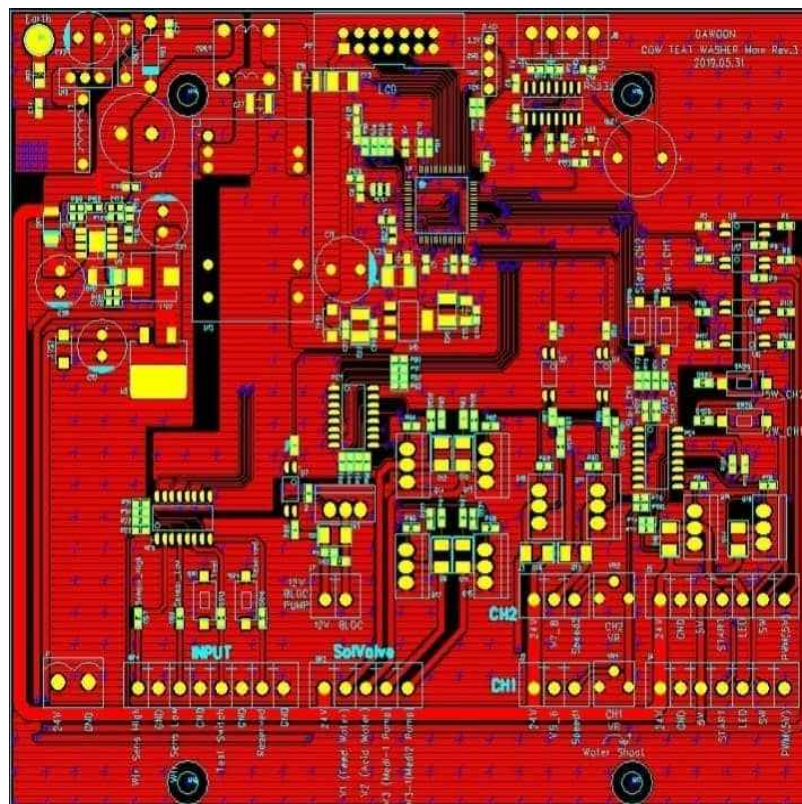


그림 113 유두 세척기 PCB 설계(2019년 개선)

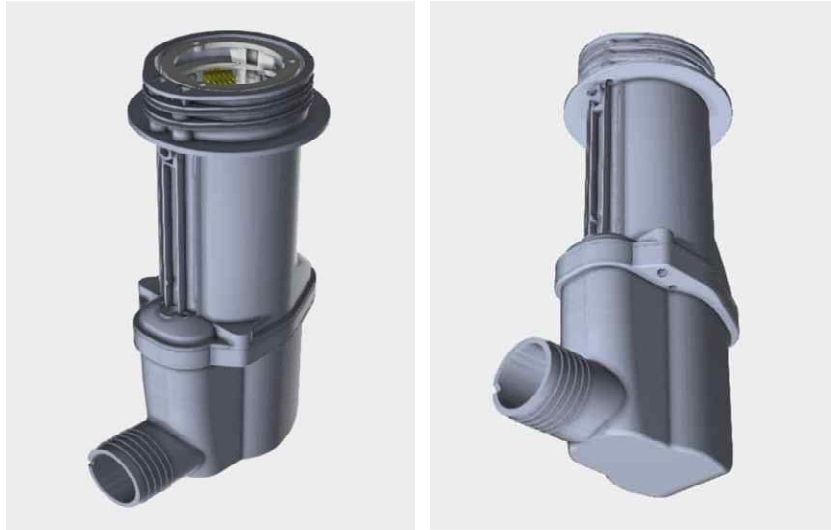


그림 114 유두 세척컵 3D 설계도



그림 115 유두 세척컵 프레임 및 내부 제작 단계

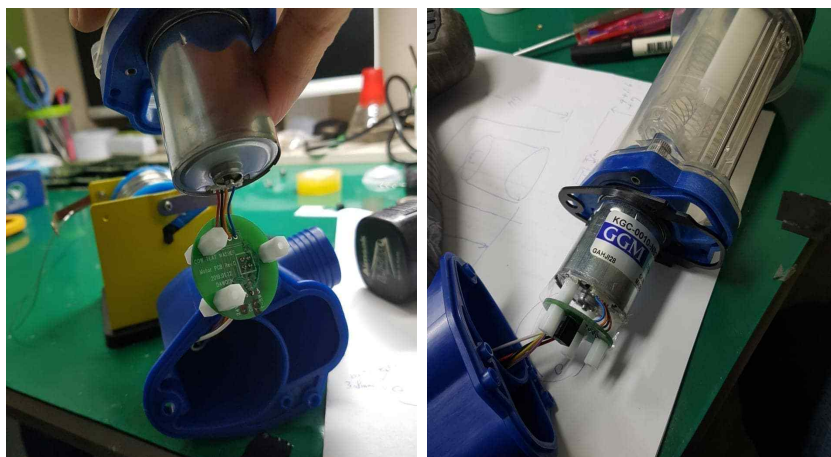


그림 116 세척술 회전모터 연결 및 회로 상태

세척솔은 특별히 부드러운 실리콘 소재 및 1 mm 정도의 얇은 두께로 제작되어 유두에 통증을 거의 유발하지 않도록 하였다. 유방의 외측을 세척하는 외측용 실리콘 세척솔과 유두 부분을 세척하는 내측용 실리콘 세척솔로 2단계 설계 및 제작하였으며, 두 개의 실리콘 세척솔이 정회전, 역회전을 반복하여 수행하며 유두 표면을 온수와 세척제로 세척한 후 즉시 건조해 준다.

세척을 위한 동력을 생성하는 모터의 종류에는 일반DC브러시 모터와 BLDC 모터가 있다. 유두의 효율적인 세척을 위하여 회전속을 한 방향으로 회전하지 않고 정회전, 역회전을 반복해야 하므로 빠른 정/역회전이 가능하고 안정된 구동이 가능한 BLDC모터(브러시리스 모터)를 시스템에 채택하여 제어회로를 제작하였다. BLDC모터는 소모성 부품이 거의 없고 소음이 적으며, 속도 제어가 쉬운 것이 장점이나 생산비용이 고가인 단점이 있다.



그림 117 유두 세척기용 BLDC 모터

표 22 유두세척기용 BLDC 모터 사양

구분	상세 사양
전압	24 V
rpm	무부하시 5000, 정격부하시 3900
전류	무부하시 300 mA, 정격부하시 0.8 A
중량	150 g



그림 118 세척컵 실제작품

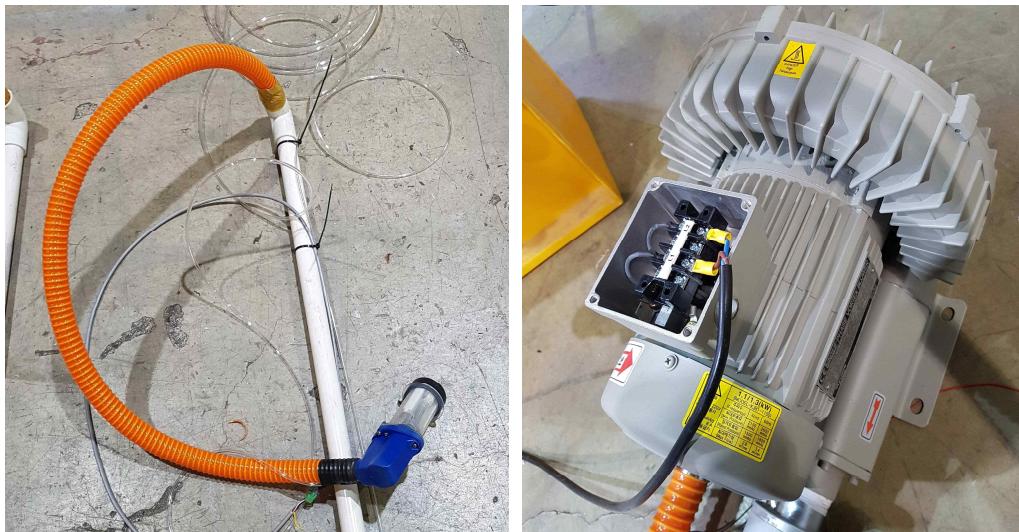


그림 119 세척수 공급용 호스 및 파이프, 링브로워 연결

세척 사이클론부는 사이클론 및 호스, 호스용 제어밸브로 구성된다. 세척물 배출용 제어 밸브를 설치하고, 외관에 사용자 제어를 위한 전원스위치와 손잡이를 설치한다. 스팀발생기 및 저온수기를 설치한다. 저온수기에는 물 공급 및 토출이 가능한 배관과 토출구, 제어밸브가 설비된다. 세척수 배출구와 전극이 하단에 장치되며 저온수통은 브래킷으로 고정한다.

사이클론부와 저온수부의 챔버는 변형이 없는 깨끗한 소재를 사용, 절곡 각도 및 평행도에 유의하여 제작하였다. 외관은 전체 알콘 용접하였다.

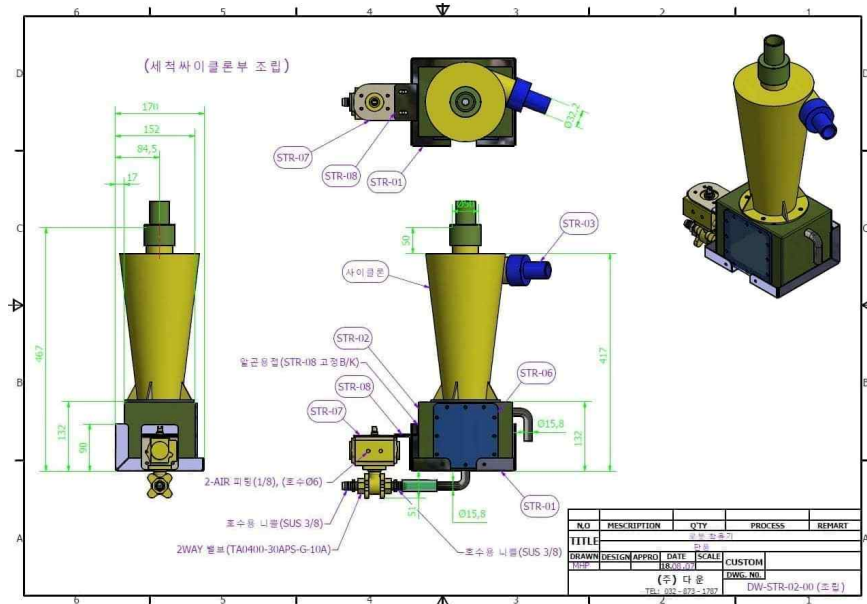


그림 120 세척 사이클론 조립도

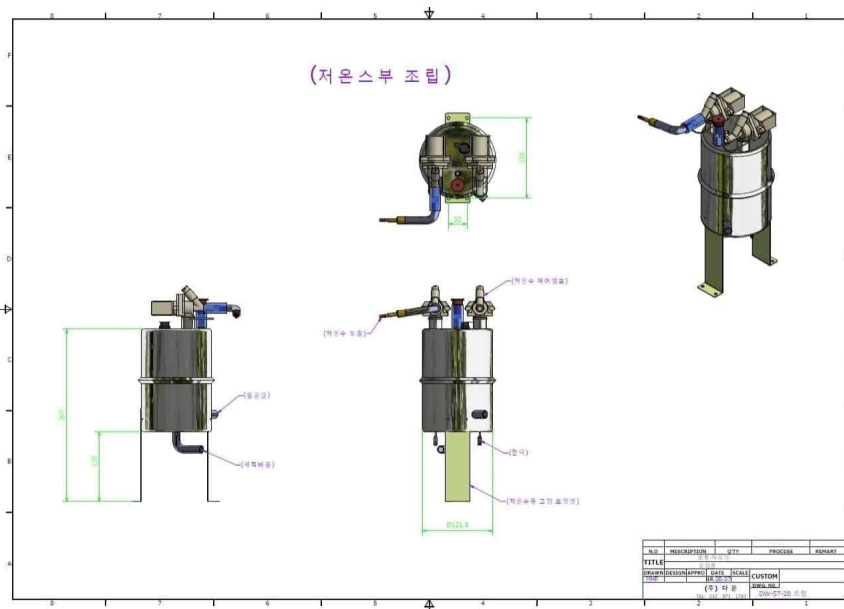


그림 121 저온수부 조립도

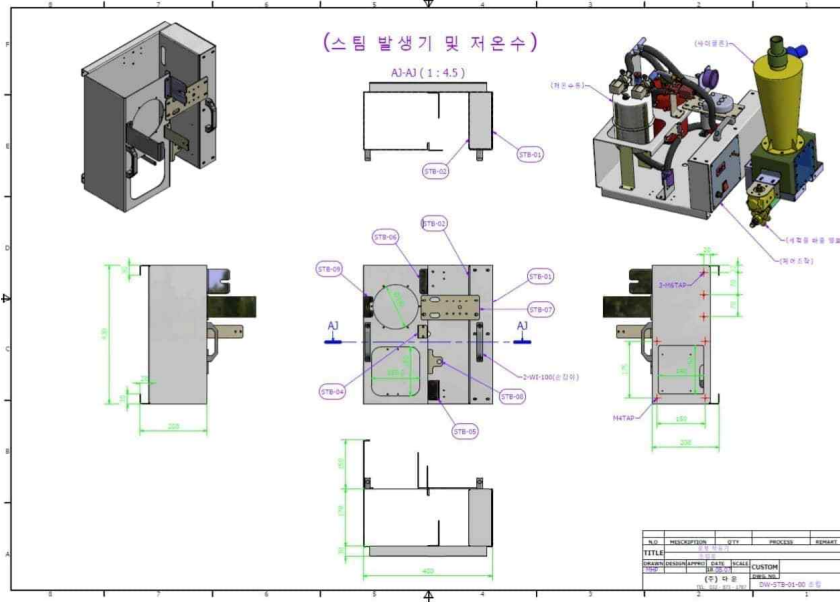


그림 122 스팀발생기 및 저온수부, 세척 사이클론부 전체 조립도



그림 123 세척라인용 사이클론 제작

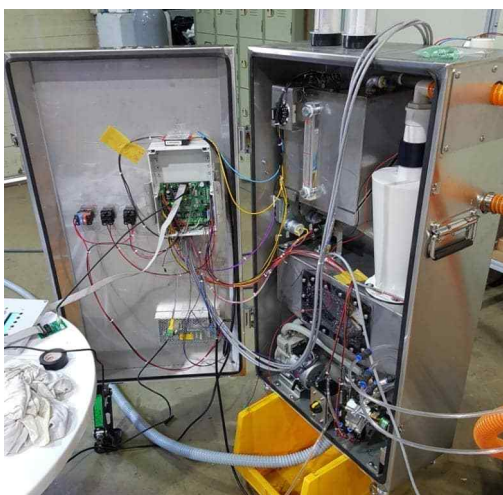


그림 124 세척라인용 제어기 연결

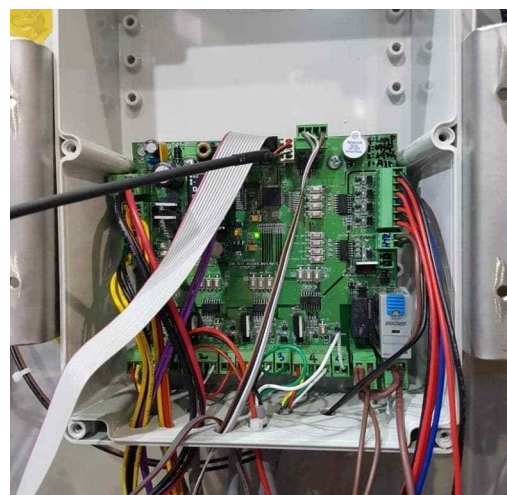


그림 125 세척라인용 제어기 내부 회로



그림 126 세척라인 작동 점검

진공탱크, 진공 펌프 설치 시 진공 컨트롤러 및 압력센서, 진공 인버터의 세팅에 주의하였다. 진공 컨트롤러를 적용하지 않을 경우 40 Kpa 이하의 저압에서 PID 제어 시 압력이 42 Kpa까지 급상승하여 젖소 유두에 악영향을 주어 유방염, 유방 통증 등을 줄 수 있다. 따라서 진공 컨트롤러를 반드시 적용하여 PID 제어 상승 시에도 압력이 40 Kpa로 안정적인 유지가 가능할 수 있도록 한다.



그림 127 진공 인버터(우측: 진공 게이지 표시)



그림 128 압력 센서



그림 129 진공 컨트롤러 및 압력 센서의 설치 상태

세부적인 기능은 제어기기 내부 저장장치를 통해 구현하였으며, 필요시 제어기기 외부의 LCD 표시창의 메시지를 사용자가 확인하고, 제어기기 외부의 접촉 스위치를 통해 사용자가 직접 입력을 진행할 수 있다.

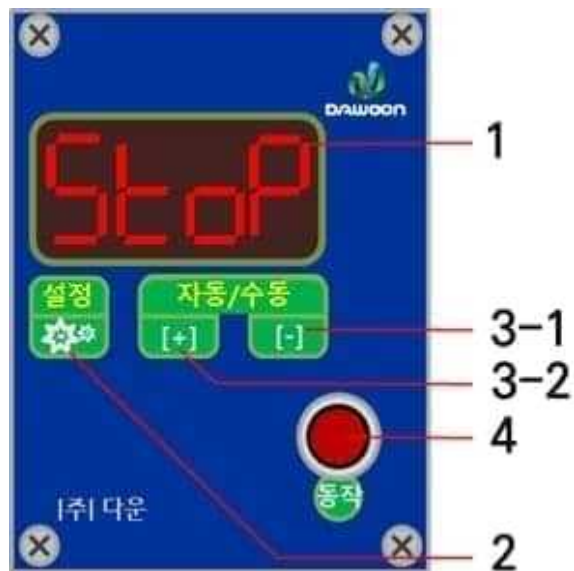

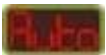


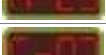




그림 130 유두 세척기용 제어기기 화면 표시부

표 23 유두 세척기용 제어기기 화면 표시부 설명

숫자	버튼	기능 내용	비고(표시 그림 예)
1	화면	현재 동작, 설정 상태를 확인 한다. "StoP"가 깜빡이는 것은 대기상태로 정상이며 동작버튼을 누르면 시작한다.	
2	환경설정 버튼	"설정"버튼을 길게 누르면 설정모드가 된다. "설정 버튼"을 다시 길게 누르면 설정모드가 종료된다.	
	P.-01 ~ P.-15	14개의 기능을 설정 한다. P모드에서 짧게 누르면 숫자가 표시된다. "+버튼" "-버튼"을 누르면 설정하는 숫자가 증가 또는 감소한다.	9번 기능 사용 안 함 
3	번호 증가 또는 감소 버튼	+, - 버튼을 짧게 누르면 번호가 증가 또는 감소 한다.	
3-1	[+] 버튼	짧게 누르면 숫자가 증가한다.	
3-2	[-] 버튼	짧게 누르면 숫자가 감소한다.	
4	동작 버튼	Auto: 짧게 누르면 Auto 모드로 설정 되고 설정한 값에 따라 총 4번 자동으로 동작한다.	
		onE: 행굼 기능으로 약 2초간 누르면 onE 모드로 설정 되고 동작한다.	
		o-40: 한번 세척 상태를 알린다.	
		A-29: 자동 세척 상태를 알린다.	
		C-07: 마지막 세척 상태를 알린다.	
		d-08: 대기 중을 알린다.	

4. 유질·유량 분석 기능 강화

가. 유질분석장치 검증

(1) 유질분석장치

유질분석 과정은 까다로운 우유검사 공정을 도입함으로써 불량우유의 유입을 차단하고 생산 우유의 품질을 높이기 위하여 도입된다. 유질분석장치는 착유 중 초유, 혈유 등의 불량유를 검출해내기 위하여 우유 이송라인과 연결될 수 있도록 설치하며, 유질분석장치 내 센서로 광학적, 전기적, 화학적 검출 및 샘플링을 수행하고 착유 중 불량유가 검출되면 통합제어장치에 전송한다.

유질분석의 대표적인 기술로는 근적외선분광분석(NIR)시스템을 통해 유지방과 유단백, 유당, 총고형분, 비단백태 질소화합물 체세포 수 등을 측정하는 방법 등이 있으나, 이러한 분석 방법은 외부에서 수행하므로 실제 축산 농가에서 착유와 동시에 실시간으로 적용하기에는 곤란한 점이 있다. 특히 로봇착유기의 경우에는 분방(젖소의 4개의 유방)별 착유를 수행하여 각 분방에 유질감지센서를 부착하여 문제점이 감지된 유방은 즉시 착유를 차단하여야 하고, 치료가 가능하도록 사용자에게 알림을 제공하여야 한다.

유질측정기술 및 센서는 대부분 전도도 검사를 기본으로 하고 있다. 우유의 미세한 변화를 측정하기 위해서는 전도도의 미세한 관측이 필요하기 때문에 정전용량형 전기전도도 검사

보다는 점점 방식 전기전도도 검사를 사용하고 있다. 착유 라인에서는 우유가 흐르는 동안 거품이 발생하기 때문에 우유와 거품이 동반된 흐름 상태에서 우유의 질 및 흐름, 유량을 신속하고 정확하게 측정할 수 있는 기술이 요구되며 안정적이고 고장이 적어야 한다. 또한, 간단한 구조에 의하여 세척이 용이하여야 한다.

초기에는 전기 전도도 센서를 탑재하여 우유 흐름상태를 측정하는 장치를 도입하여 유질 분석을 수행하였다. 우유는 물처럼 연속적으로 흐르지 않고 진공압에 의해 일정량이 거품과 혼합된 상태로 전도도 센서를 지나가는 형태를 갖는다. 물처럼 수평공간에 가득 차 있지 않고 간헐적으로 소량이 배관을 지나기 때문에, 수평공간에서 흐르는 우유에 대한 전기 전도도를 오류 없이 정확하게 측정하는 것은 곤란하며, 거품과 흐름의 연속성으로 인하여 측정 결과에 오류가 발생될 수 있다. 착유라인 내에 흐르는 우유가 거품이 40% 이상이 때문에 전기 전도도 측정에 오류가 발생하는 문제점을 있다는 점을 해결하기 위해서, 초기 개발하였던 우유흐름측정장치에서는 진공에 의해서 착유되는 우유가 잠시 머물러 주는 감지 챔버 공간에 전기 전도도 센서 장치를 구현하였다.

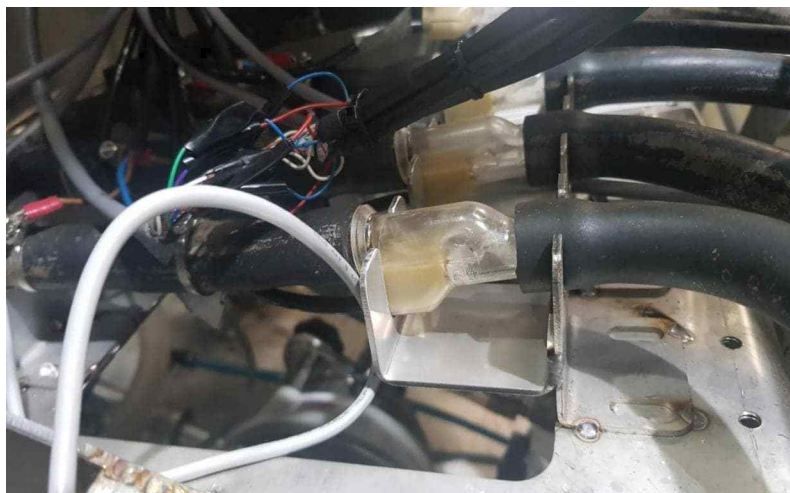


그림 138 우유흐름측정장치(개발 초기)

착유된 우유에 거품에 포함되어 관로를 이동하는 경우, 더 가벼운 거품이 우유의 위쪽에 위치하게 된다. 착유관은 진공압에 의해서 우유가 빨려가는 구조에 의해 우유의 흐름이 발생되는데, 챔버공간에서 가벼운 거품은 굴곡 윗부분으로 빠져나가고 무거운 우유는 파이프의 단차에 의해 일정량이 잠시 체류하였다가 빨려나가게 된다. 이렇게 착유의 잠시 체류 상태가 이어질 때 전기 전도도 센서를 이용하여 전기 전도도 측정이 이루어지도록 개발하였고 특허출원을 진행하였다.

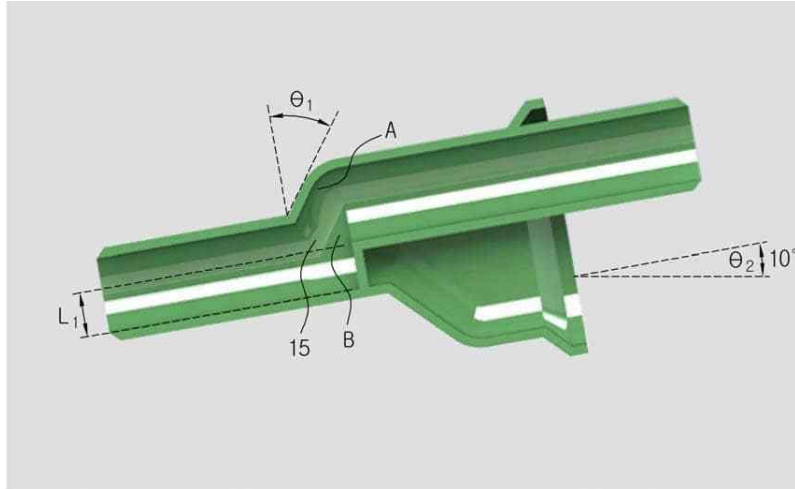


그림 139 우유흐름장치의 우유 정체가 나타나는 챔버공간

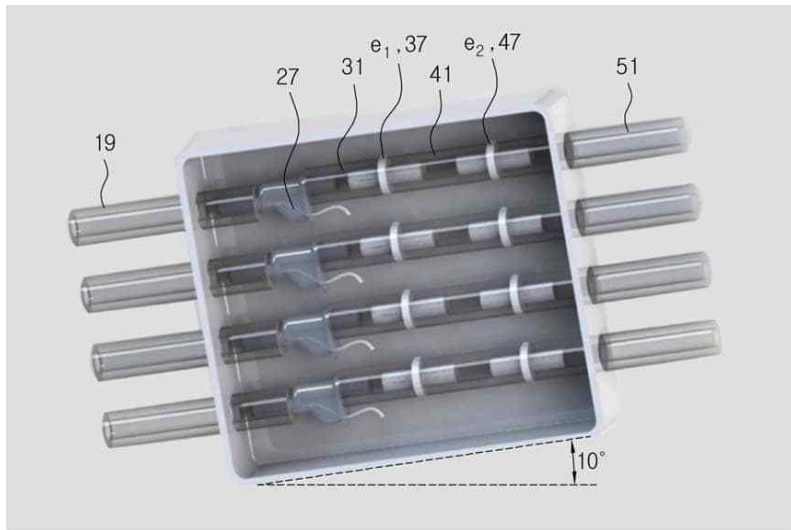


그림 140 분방별 우유흐름장치를 설비한 3D 설계도

개발 중기에 우유흐름장치 및 유질분석장비를 추가로 연결하여 개발을 추진하였다. 유질 분석장비의 도입 전 제품 검증 및 자료를 수집하였다.

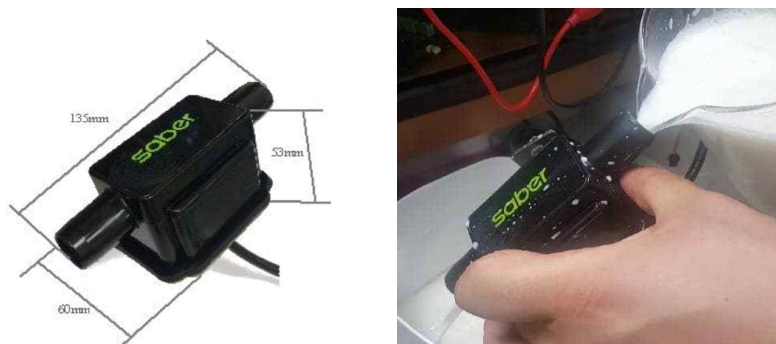


그림 141 유질분석기기 도입 및 lab test 수행

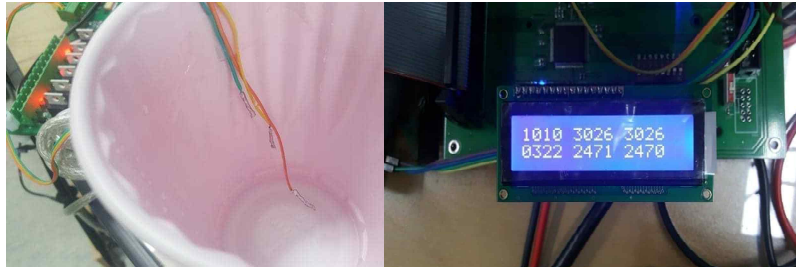


그림 142 유질분석기기 제어보드 lab test

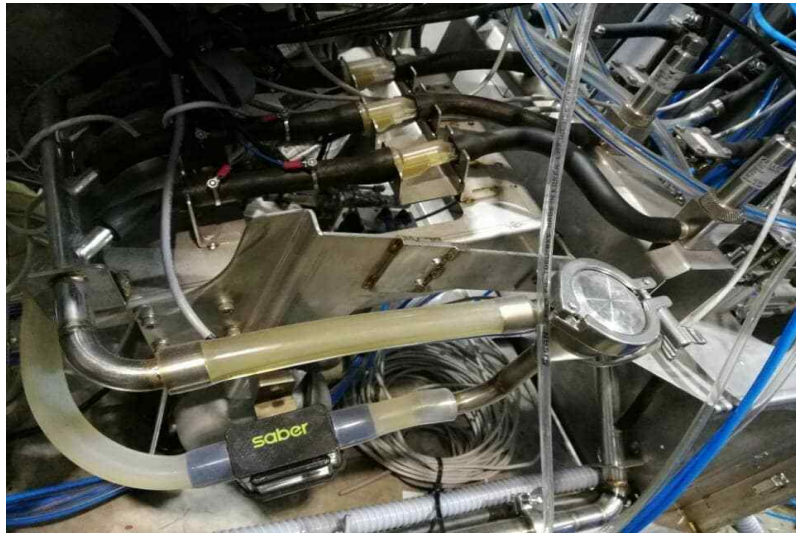


그림 143 우유흐름장치 및 유질분석기기 설치 사진(개발 중기)

개발 중기에 우유흐름장치를 4분방별 연결, 이후 수집된 우유가 유질분석기기를 지나 분석항목이 실시간 측정되도록 하였으나, 개발 후기에 4분방별 우유 유질분석의 필요성을 제기, 분방라인별 유질분석기 설치 형태로 최종 개발하였다.



그림 144 4분방 착유라인별 유질분석기기 설치 사진(개선)

유질분석기기는 매 착유시마다 실시간 착유 정보를 기록, 저장이 가능하며 측정항목은 각

착유우의 실시간 유량, 유지방, 유단백, lactose 함량, 전기전도도 등이다. 전기전도도 검사를 통한 유선염 탐지 및 예방이 가능하며, 공기 유입 차단시 경고기능을 탑재하였다. 착유라인 내 공기 유입이 차단되면 착유가 충분히 이루어지지 않고 유선염을 유발할 수 있다. 착유 중 실시간 분석을 통하여 잠재적인 문제가 장비의 외부로 표출되기까지 사용자의 대처가 늦어지는 사태를 미연에 방지할 수 있으며, 문제 요소를 미리 발견하여 예방할 수 있다. 이후 4분방별 착유 중 실시간 유질분석 및 자료 전송, ICT 융합기술을 통한 사용자 실시간 정보 조회가 가능하도록 확대 도입하여 개선하였다.



그림 145 착유 메인시스템 사용자 제어부

표 24 착유 메인시스템 사용자 제어부 표시 설명

숫자	내용	비고
1	사용안함	기본값 없음
2	장비 ID	1에서부터 증가 중복되지 말아야함
3	맥동(1ms)	기본값 600 (6:4)
4	정상유속시간(1ms)(“유속”)	기본값 7500 유속 감지카운트와 관련
5	초기 유속 감지 카운트	초기우유가 감지되지 않을 시 자동 종료되는 카운트
6	유속 감소 감지 카운트	착유가 감소되어 자동 종료되는 카운트
7	시작마사지속도(MAX1000)	시작 착유 마사지 속도, 맥동이 빨라짐
8	시작마사지 시간(1s)	시작 마사지 유지시간
9	종료마사지속도(MAX1000)	착유 종료 마사지 속도, 6번항목 카운트와 연관됨
10	종료마사지 카운트 시작	6번 항목이 설정값에 도달시 종료마사지 시작
11	종료마사지 카운트 종료	6번 항목이 설정값에 도달시 종료마사지 종료
12	유방염 에러 벨류	유질분석기 유방염 에러 벨류
13	혈류 에러 벨류(mg/L)	유질분석기 혈류 에러 벨류
14	집유기 종류(주관기관: 1/타사: 0)	주관기관 개발한 집유기 사용시 1 / 타사제품 사용

숫자	내용	비고
		시 집유기 신호 받음
15	우유 ADC 값(1 ms) / 우유 값(1 g)	우유감지 ADC / 신호 받았을 시 우유값
16	집유기 동작 시간 / 우유 센서 ON값(1 ms)	집유기 집유 시간(우유량조정) / INPUT IN값 유지 시간(노이즈방지)
17	세척 집유기 시간(1 s)	세척시 집유기 동작 주기
18	젓꼭지 탈착 시점(1 ms)	젓꼭지 탈락 딜레이
19	우유 수집 시간(1 ms)	우유수집 딜레이
20	우유 수집 시간 끝(1 ms)	우유수집 완료 딜레이(자연적으로 떨어지는 우유 수집)
21	종료 우유 수집(1 ms)	우유수집 종료 딜레이2(자연적으로 떨어지는 우유 수집)
22	진공 개방시간(1 ms)	나머지 우유를 빨아들이는 딜레이
23	RF DB 값(MAX300)	UHF사용시 출력 Dbm 값 셋팅
24	RFID 종류: UHF/다운 장거리/다운	0: UHF / 1: 다운장거리(기본값) / 2: 다운
25	착유량 컬러: 흰색/녹색/노란색/적색	0: 흰색/1: 녹색/2: 노란색 (기본값) /3: 적색
26	RFID 변경: 뒤로밀기/현재자리/앞으로밀기	0: 뒤로밀기/ 1: 현재자리 (기본값) / 2: 앞으로밀기
27	집유기 레벨 LOW/HIGH	0: 타사 집유기 레벨 LOW 인식 (기본값) / HIGH 인식
28	부저 사용함/부저 사용 안 함	0: 사용함, 1: 사용 안 함

나. 유량분석장치 검증

전자유량계는 개체별 실시간 유량을 분석하여 착유량을 기록하는 장치이다. 유해물질이 나오지 않는 플라스틱 재질로 제조하며 우유가 이송되는 라인과 연결될 수 있는 뚜껑 및 바닥, 일정한 우유량을 보관할 수 있는 공간(몸체), 유량 측정 센서, 온도센서, 우유를 일정 단위로 계수하기 위한 밸브 등으로 구성된다.

유량은 착유 중 변화하며, 착유 시작 때와 착유 종료 때 같은 압력이 주어지더라도 상이한 유량을 나타낸다. 이 변화를 감지하여 착유 진행 정도를 측정할 수 있다. 유량측정장치는 유량의 변화를 통해 착유 진행 정도를 측정하며 이를 위하여 흐르는 우유를 일정 단위로 끊어 계수한다.

전자식 유량계는 관내에 흐르는 유량을 시간으로 환산하는 환산식부터, 관내에 터빈을 고정하고 회전속도를 측정하는 방식 등이 연구되고 있다. 그러나 착유 중 우유는 관내 버블(거품)이 30% 이상을 차지하는 관계로 환산식이나 터빈을 이용한 일반 유체에서 사용하는 유량측정 방식은 오차율이 높은 문제점이 제기되고 정밀한 측정이 곤란하여 착유 농가에 적용이 어려운 단점이 있다.

젓소 착유 농가에서는 실시간 착유 수행 중, 유량 측정의 오차를 줄여 착유량을 정확하게 측정하는 기술이 요구되며, 작동 구조가 비교적 간단하고 유량측정장치 내부 진공도를 일정하게 유지시킬 수 있는 구조로 전자유량계를 개발하는 것이 요구된다.

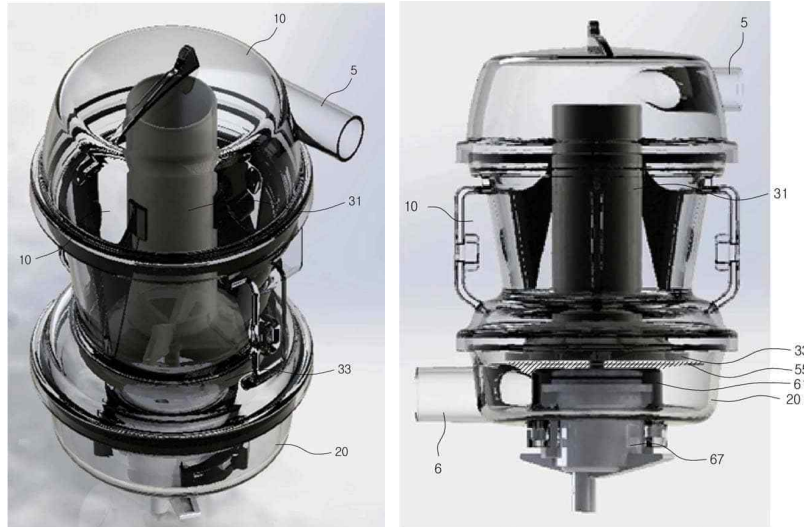


그림 146 전자유량계 3D 설계도

전자식 유량계의 착유 유입구를 통해 우유가 들어오면, 일정량씩 계량되어 유량계가 작동하고 그 작동횟수에 따라 전체 착유량이 산출되는 구조이다. 몸체 내에 일정 단위의 우유가 모였을 때 유량측정장치에서 주제어기로 신호를 보내며, 주 제어기는 이 신호를 계수하여 개체별 유량, 유속, 온도 등을 기록하고, 착유 정도를 파악한다.



그림 147 전자유량계 제작 과정



그림 148 전자유량계 작동 점검

착유기와 연결된 전자유량계의 착유 유입구로 진공압에 의하여 착유된 우유가 유입되면 유입라인에 장치된 우유흐름 감지센서가 우유 감지 신호를 발생시킨다. 우유 감지 신호가 전자유량계의 제어부에 전달되면, 전자유량계의 밸브제어장치가 동작하여 착유 계량 챔버의 통로를 폐쇄하여, 착유 계량 챔버 내에 일정량의 우유가 저장되도록 한다. 착유 계량 챔버 내에 장치된 착유감지센서가 만수위 신호를 발생시키면, 밸브제어장치는 착유 계량 챔버의 통로를 개방하여 우유가 배출된다.

전자유량계의 제어부는 우유 감지 신호가 계속 입력이 되면 착유 동작이 진행 중인 것으로 판단하여 착유 계량 챔버에 우유 유입, 저장, 배출과정을 반복하고 이 횟수를 계수한다. 우유 감지 신호가 더 이상 발생하지 않으면 착유가 중단된 것으로 판단하고 현재까지 계수된 착유량을 합산하여 전체 착유량을 산출한다.

전자유량계의 밸브는 솔레노이드 밸브를 적용하여 적은 동력으로 정확하게 제어할 수 있으며, 밸브브래킷을 장치하여 솔레노이드 밸브의 개폐동작에 의해 착유 계량 챔버의 내부 진공압이 영향을 받지 않도록 설계하였다. 따라서 착유량 측정 중에 착유 계량 챔버의 내부 진공도를 일정하게 유지할 수 있고, 정확한 착유량 측정이 가능하도록 개발하였다.

2절 국산 착유로봇 상용화를 위한 시작기 제작

1. 착유로봇 시작기 현장실증시험

가. 실증시험 농장의 선정 및 협약

(1) 실증시험농가 선정 및 협약

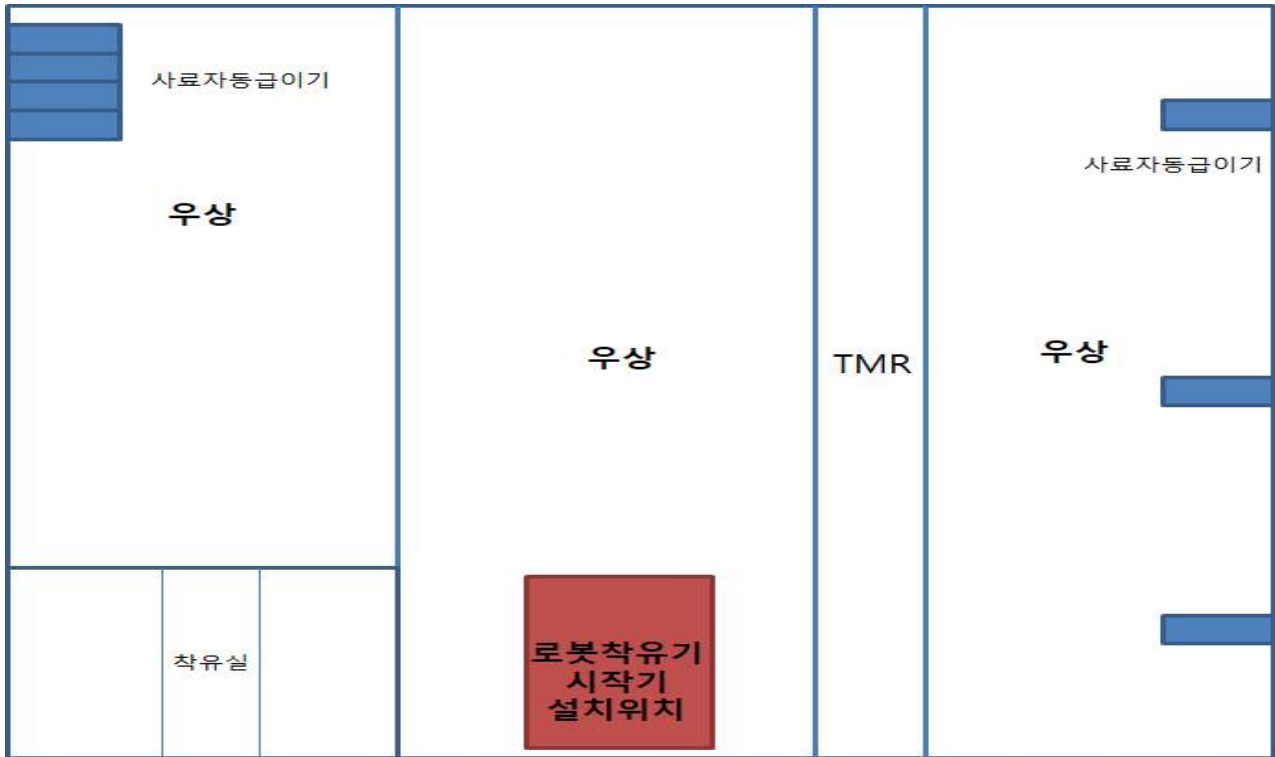
(가) 대상농장 선정

표 25 대상농장 선정 및 검토 의견

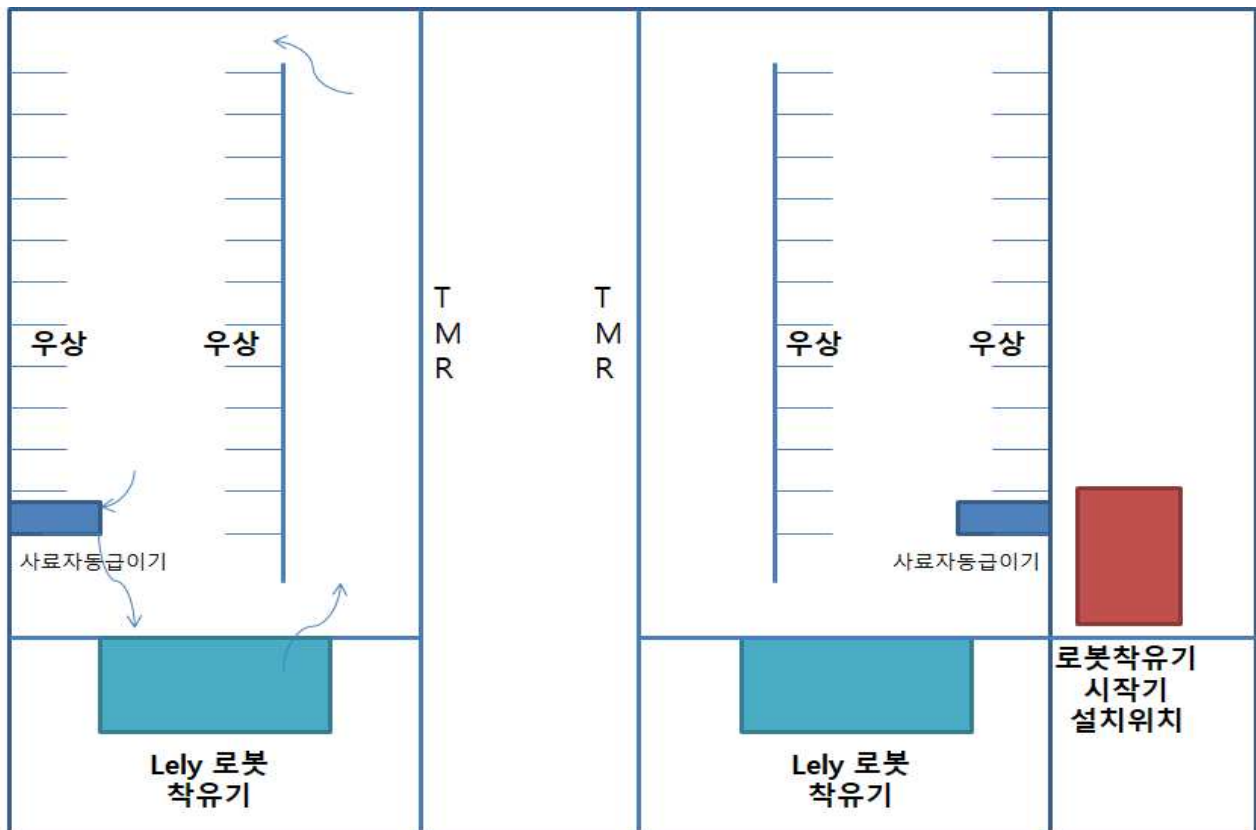
주소	농장명	대표자	사육 두수	착유 두수	착유 시설	검토 의견	선정 여부
경기 양평	대* 목장	김**	93두	50두	탠덤	○ TMR급이기, 사료자동급이기, 발정탐지기 등 자동화 장치를 보유하고 있으며 2세 후 계경영을 통하여 ICT 장치 도입에 적극적이고 사료자동급이기를 장기간 사용하여 로봇착유기 착유훈련에 유리하며 국내개발 로봇착유기를 설치하여 농장 효율성제고 및 정밀사양에 대한 욕구가 강함	○
경기 화성	황* 목장	박**	107두	94두	로봇 착유 기	○ TMR급이기, 사료자동급이기, 발정탐지기를 활용하고 로봇착유기(Lely) 2대를 운용 중인 농가로서 2007년도에 설치한 로봇착유기의 노후화로 국내 개발 로봇착유기로 교체하고자 하는 욕구가 있으며 소는 로봇착유기에 착유훈련이 되어 있어 개발 시작기의 현장실증이 용이할 것으로 생각되며 낙농과의 현장명예연구원으로 활동하고 있으며 참여의사가 강함	○

(나) 대상농장 로봇착유기 시작기 설치위치

① 대* 목장(양평)



② 황* 목장(화성)



(다) 실증시험 농장 협약

- ① 일 시 : 2019. 4. 18(목) 11:00~13:00
- ② 장 소 : 국립축산과학원 축산자원개발부 대강당
- ③ 참 석 : 17명(실증농장 2호, 공동연구업체(주.다운), 낙농과 등
- ④ 주요내용 : 농촌진흥청과 ㈜다운이 공동개발한 로봇착유기 현장실증을 위한 대상농가 협약 : 2호(대* 목장, 황* 목장)
- ⑤ 협약식 순서 : 국민의례, 로봇착유기 개발경과 설명, 협약, 기념촬영, 간담회 등



그림 151 대* 목장 협약



그림 152 황* 목장 협약



그림 153 실증농장 전체 기념촬영



그림 154 단체사진

나. 로봇착유기 규격설정을 위한 젖소 체형조사

표 26 홀스타인 젖소의 산차별 체장과 체고

(단위: cm)							
구분	초산 직전	1산	2산	3산	4산	5산	평균
체장	234.8	257.7	263.6	264.4	268.9	2601.7	260.1
체고	145.8	153.0	153.6	150.7	154.0	151.0	152.7

표 27 저지종 젖소의 산차별 체장과 체고

(단위 : cm)					
구분	초산 직전	1산	3산	4산	평균
체장	222	238.1	240.4	230.0	237.0
체고	132	138.1	134.0	130.0	135.9

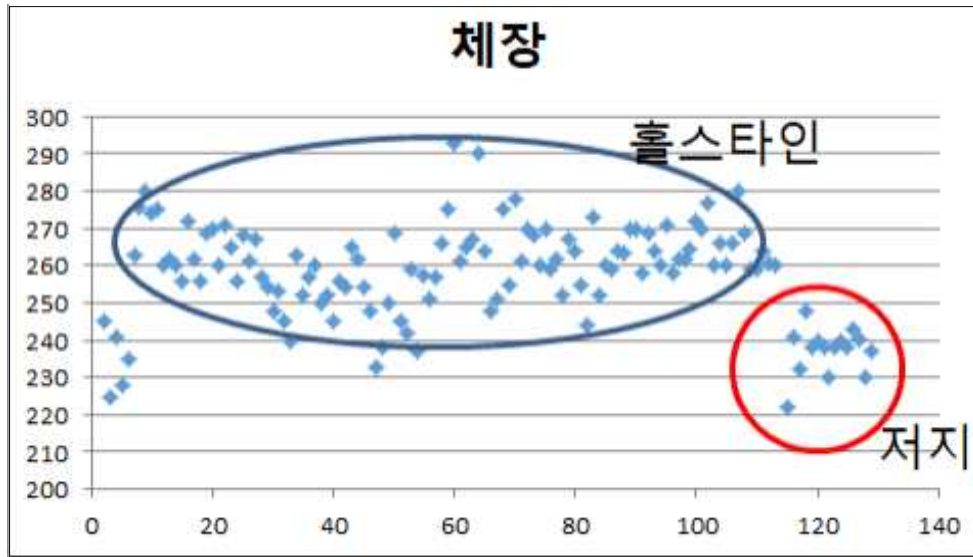


그림 155 홀스타인종, 저지종 젖소의 체장 분포

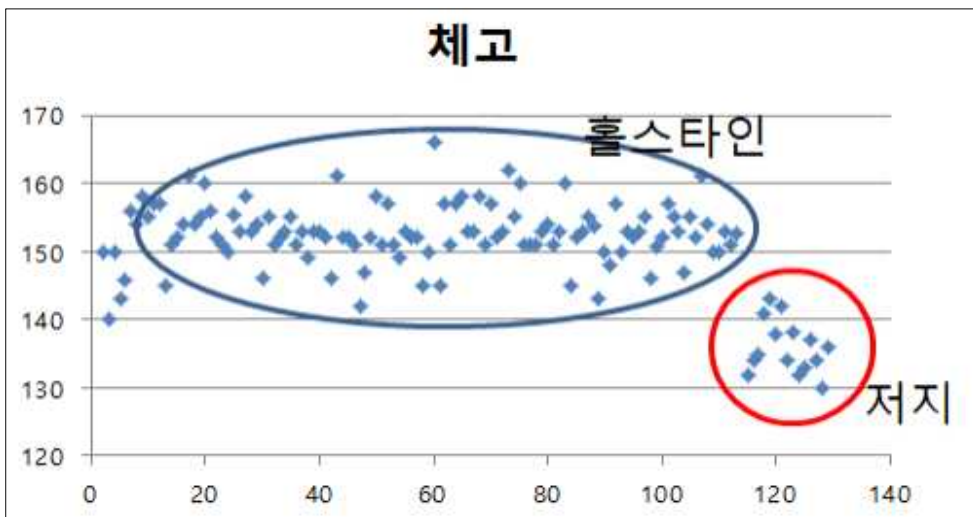


그림 156 홀스타인종, 저지종 젖소의 체고 분포

표 28 홀스타인 젖소의 유두 높이와 간격(76두 무작위 측정)

(단위 : cm)

품종	앞유두				뒷유두				앞뒤 유두 간격	뒤유두 꼬리 간격	유두 특징
	높이	간격	길이	두께	높이	간격	길이	두께			
Holstein 1	50	15.5	6	2	48	11	5	2.5	13.5	19	
Holstein 2	46	19	6	3	46	10	5	2.5	17	21	
Holstein 3	51	12	5.5	3	50	10	4	3	15	22	
Holstein 4	56	8	6	2.5	50	7	6	2.5	11	26.5	
Holstein 5	51	12	5	2.5	48	7	5	2.5	13	38	
Holstein 6	54	17	5	2.5	56	8	4	2.5	20	21	
Holstein 7	52	14	5.5	3	53	9	4.5	2.5	15	21	
Holstein 8	57	10.5	3.5	2	62	5	3.5	2	17	14	부유두
Holstein 9	52	11	6	2	50	6	5.5	2.5	15	22.5	
Holstein 10	58	12	5.5	2.5	59	7	4.5	3	9	21	
Holstein 11	57	13	7	3	60	9	6	3	14	23	
Holstein 12	56	15	6.5	2.5	57	8	5.5	2	14	24	
Holstein 13	56	13	4	2	55	10	3	2	12.5	18.5	
Holstein 14	59	12.5	5	2	56	8.5	5	2	13	21	
Holstein 15	56	13	6	2	54	5.5	5.5	2	12.5	15	
Holstein 16	58	11	5	2	59	4	4.5	2	12	17	뒤 붙음
Holstein 17	62	15	5	2.5	62	6	4.5	2.5	17	21	
Holstein 18	60	13	6	2	62	6	5.5	2.5	12	24	
Holstein 19	54	16	6	4	53	12	4.5	3	17	23	
Holstein 20	62	8	5	2	63	X	4.5	2	11	17	뒤 맹유두
Holstein 21	63	3.5	x	2.5	69	8	3.5	2	12	23	맹유두
Holstein 22	55	9	5	2	54	5	4	2	12.5	22	
Holstein 23	53	18	5	2	54	3	4	2	17	19	뒤 맹유두
Holstein 24	52	15	4.5	2.5	55	4	4	2.5	14	22	
Holstein 25	60	10	4	2	61	6	3	2.5	11	20	
Holstein 26	61	12	5	2.2	64	4	3.5	2	13	25	
Holstein 27	66	9.5	3.5	2	68	3.5	3	2	14	14	뒤 붙음
Holstein 28	66	11.5	4	2	71	4.5	3.5	3	15	16.5	
Holstein 29	63	12	6.5	2.5	65	7	5	3	13	16	
Holstein 30	60	7	4	2	62	4	3.5	2.5	15	9	
Holstein 31	61	8	5.5	2.5	57	4.5	5	2.5	11	19	뒤 붙음
Holstein 32	67	14	6.5	2.5	69	6	4	2	11	23	
Holstein 33	63	10	5.5	2	63	9	7	2.5	9	16	
Holstein 34	53	12	6	3.5	55	8	5.5	3.5	16	22	
Holstein 35	61	13	4	2	60	5	3.5	2	10	16.5	뒤 붙음
Holstein 36	59	11	5	3	66	5	4	2.5	15	21	
Holstein 37	60	13	4.5	2	61	8	3	2	11	18	부유두
Holstein 38	65	12.5	5	2.5	65	7	5	2.5	11	21	
Holstein 39	64	15.5	4.5	2	63	5	3.5	2	17	16.5	뒤 붙음
Holstein 40	59	13	4.5	2.5	60	8	4	2	14	25	
Holstein 41	64	13	4	2	56	6	4	2	14	19	
Holstein 42	57	17	5	2	59	7	4	2.5	15	14	
Holstein 43	65	X	4.5	2	66	6.5	4.5	2	11	17	앞 맹유두
Holstein 44	53	11.5	5	2.5	57	5	4.5	2.5	15	23	
Holstein 45	57	11	4	2.5	59	7	3	2.5	12	20	
Holstein 46	67	12.5	4.5	2	67	4.5	4	2	13	18	뒤 붙음
Holstein 47	64	9	5.5	2	64	6	4.5	2.5	13	23	
Holstein 48	60	12	6	2.5	61	6	5	2.5	10	30	

(단위 : cm)

품종	앞유두				뒷유두				앞뒤 유두 간격	뒤유두 꼬리 간격	유두 특징
	높이	간격	길이	두께	높이	간격	길이	두께			
Holstein 49	67	11.5	4.5	2	65	4.5	4	2	10.5	17	뒤 붙음
Holstein 50	55	10	6.5	2	56	5	5.5	2	15	18.5	뒤 붙음
Holstein 51	53	15	4	2	50	7	5	2	16.5	21	
Holstein 52	65	17.5	7	2.5	65	8.5	6.5	2.5	14	17.5	
Holstein 53	54	15	4.5	2.5	56	9	3.5	2	19	17	
Holstein 54	61.6	8.3	6.1	2.5	61.2	2.2	5.4	2.7	14.2	25.8	뒷유두 붙음
Holstein 55	60	16.5	5.5	2.5	64	7	3.5	2	13.5	12	
Holstein 56	57	14	5	2.5	54	9.5	4.5	2.5	18	18.5	
Holstein 57	59	16.5	5	2.5	57	9	4	2.5	16	14.5	
Holstein 58	65	15	6	2.5	64	8	5	3.5	18	12	부유두
Holstein 59	59	11.5	4.5	2	59	7	4	2	14.5	20	뒤유두 붙음
Holstein 60	60	17	4.5	2.5	63	14	4.5	2.5	13	15	
Holstein 61	56	18	8	3	58	12	5.5	3.5	18	21	
Holstein 62	67	15	4.5	2.5	69	12.5	4	2.5	12	11	
Holstein 63	59	16.5	4.5	2.5	63	6	4	2.5	12.5	12	
Holstein 64	60	15	6	2.5	63	8.5	5	2	16	19	
Holstein 65	61	20	6	3	62	11	4	3	15	15	
Holstein 66	57	13	5.5	2.5	56	7	4.5	2.5	10	26	
Holstein 67	61	16.5	5	2.5	66	8.5	4.5	2.5	16	10	
Holstein 68	44	16	7	3	48	11	5.5	3	16	20	
Holstein 69	57	16	7.5	3	60	8.5	6	2.5	17	21	
Holstein 70	58	7	5.5	3	55	6	4.5	3	15	22	
Holstein 71	65	13	6	2.6	70	7.4	4	3	12	18	
Holstein 72	54	22	7	3.5	56	12	6	3.5	14	17	
Holstein 73	58	22.5	3.5	3	52	17	4	3	15	27	초유
Holstein 74	59	19	5	2	59	9.5	4	2	18	13	찌그러짐
Holstein 75	55	14.5	5	2.5	57	12	4.5	2.5	20	15.5	
Holstein 76	49	15	6	2.5	49	13	5	2.5	12	23	
홀스타인 평균	58.4	13.4	5.3	2.4	59.1	7.5	4.5	2.4	14.0	19.4	

* 앞유두 높이 : 지면에서 유두까지의 높이, 앞유두 간격 : 앞유두와 앞유두 사이의 거리, 앞유두 길이 : 앞유두의 길이, 앞 유두 두께 : 앞 유두의 굵기, 앞뒤유두 간격 : 앞유두와 뒷유두의 간격, 뒤유두 꼬리간격 : 뒤유두 중간과 꼬리 사이의 거리

표 29 저지종 젖소의 유두 높이와 간격(6두 무작위 측정)

(단위 : cm)

품종	앞유두				뒷유두				앞뒤 유두 간격	뒤유두 꼬리 간격	유두 특징
	높이	간격	길이	두께	높이	간격	길이	두께			
Jersey 1	40	15	5	3	42	9	3	2.5	17	19	
Jersey 2	47	9	5	3	48	7	4	2.5	18	14	
Jersey 3	48	11	4.5	2.5	49	5	5.5	2.5	15	13	
Jersey 4	54	9.5	5	1.5	55	4	3	2	11	16	뒤 붙음
Jersey 5	46	18	8	3.5	51	13	5.5	2.5	12	18	
Jersey 6	52	12	6	2.5	51	5.5	4.5	2.5	15	18	
저지 평균	47.8	12.4	5.6	2.7	49.3	7.3	4.3	2.4	14.7	16.3	

2. 로봇착유시스템 시험 운영

가. 로봇착유시스템 시험 운영

(1) 로봇착유시스템 생산

착유스틀 및 착유시스템 설계도에 기초하여 생산과정에 돌입하였다.

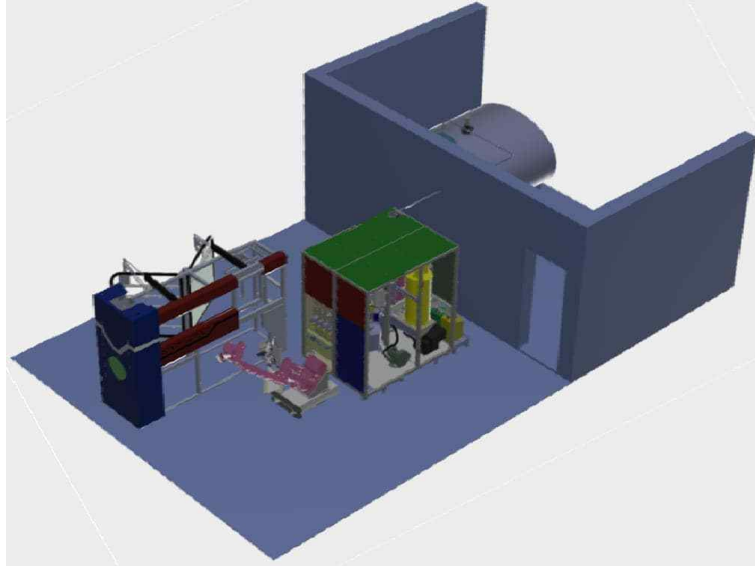


그림 157 로봇착유 시스템 전체 3D 설계도(집유장치 방향)

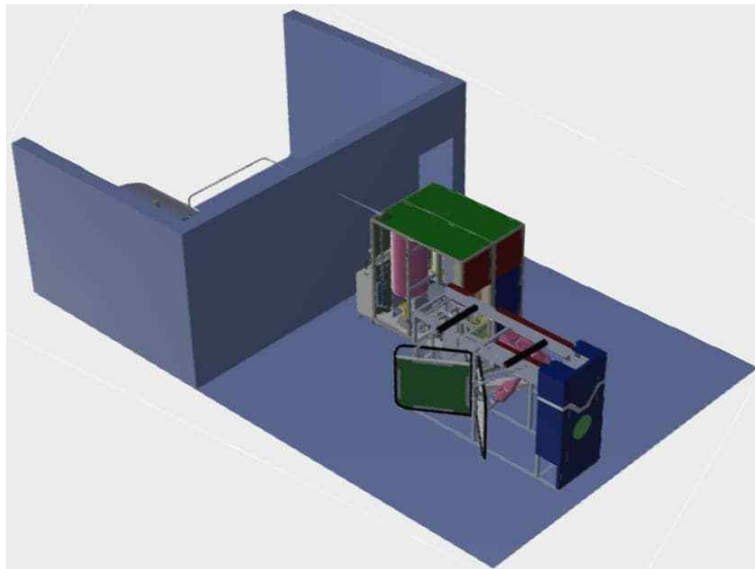


그림 158 로봇착유 시스템 전체 3D 설계도(착유스틀 방향)

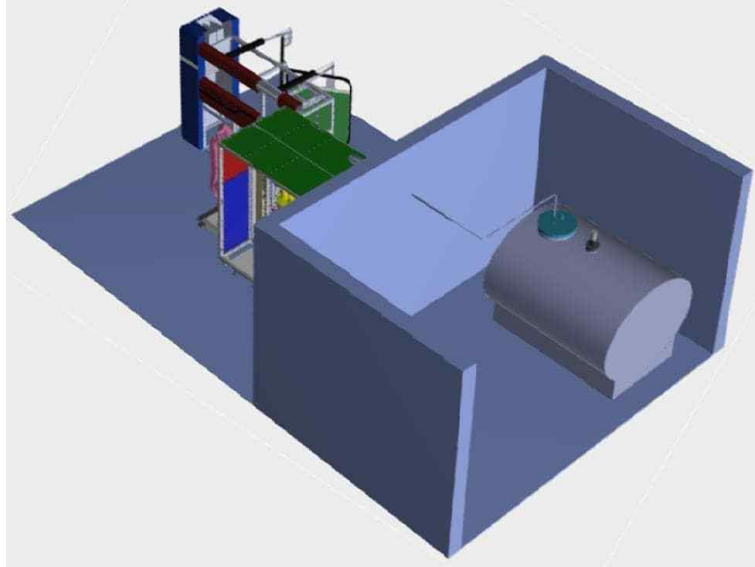


그림 159 로봇착유 시스템 전체 3D 설계도(우유 보관조 방면)

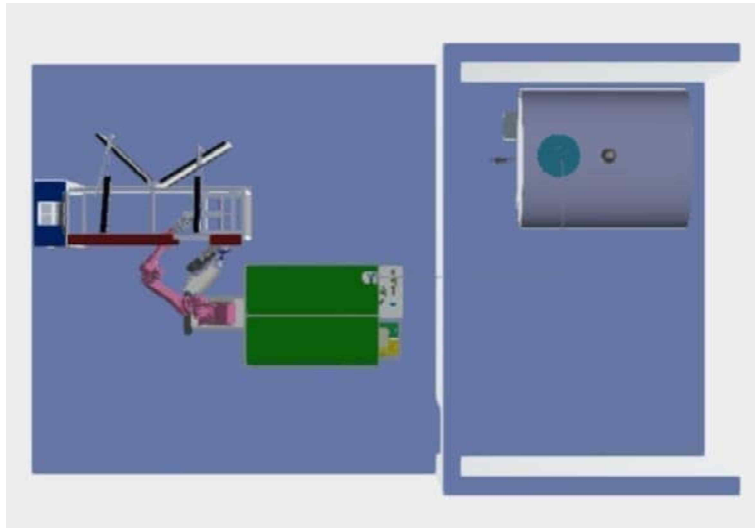


그림 160 로봇착유 시스템 전체 3D 설계도(상면)

착유로봇 시스템의 하드웨어는 크게 젖소의 개체인식 및 사료 급여가 가능한 착유스톨, 젖소가 착유스톨에 입실하면 유두 세척 및 착유를 담당하는 로봇ARM 매니플레이터, 착유한 우유의 유질 검사 및 분류, 배수, 저장을 담당하는 착유 라인과 보관조로 구성되어있다.

착유스톨은 자동사료 급여기 및 개체인식, 개방 및 폐쇄가 가능한 게이트로 구성되어있다. 로봇 ARM은 6축 로봇 매니플레이터와 제어기로 구성되며, 집유·이송 라인 및 보관조는 집유된 우유가 이송되는 라인, 우유의 양과 질을 검사하는 분석장치, 유방염 감염으로 인해 탈락한 우유가 별도로 보관되는 유방염 우유 보관조, 판매가 가능한 우유가 시선하게 보관되는 보관조 및 냉각장치, 유두 세척수가 이동 및 배수되는 세척라인으로 구성되어있다.

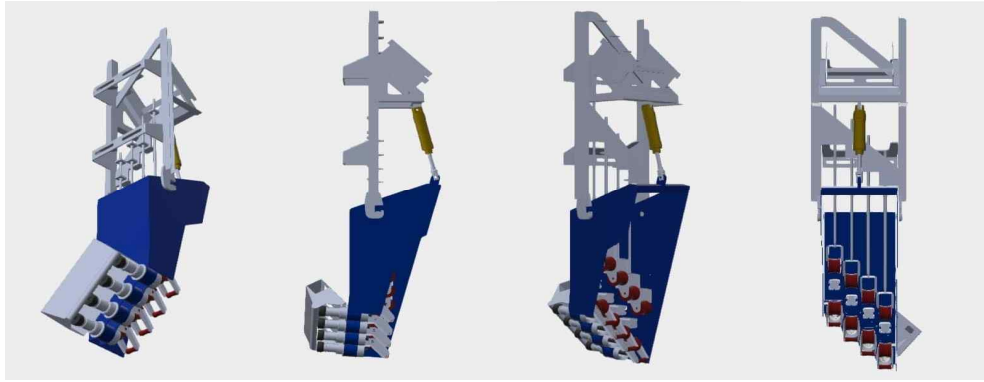


그림 161 분방 착유장치 3D 설계도

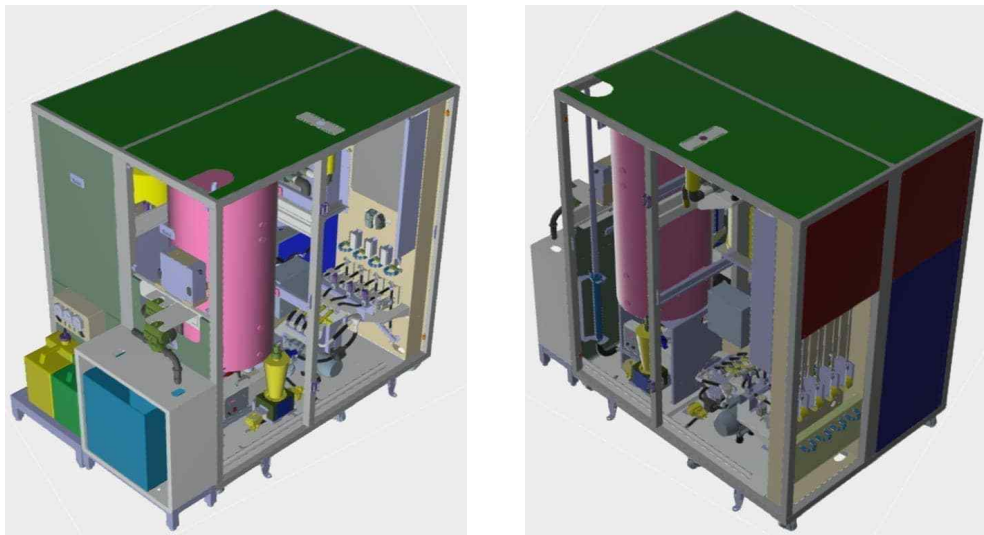


그림 162 분방 착유장치 3D 전체 조립도

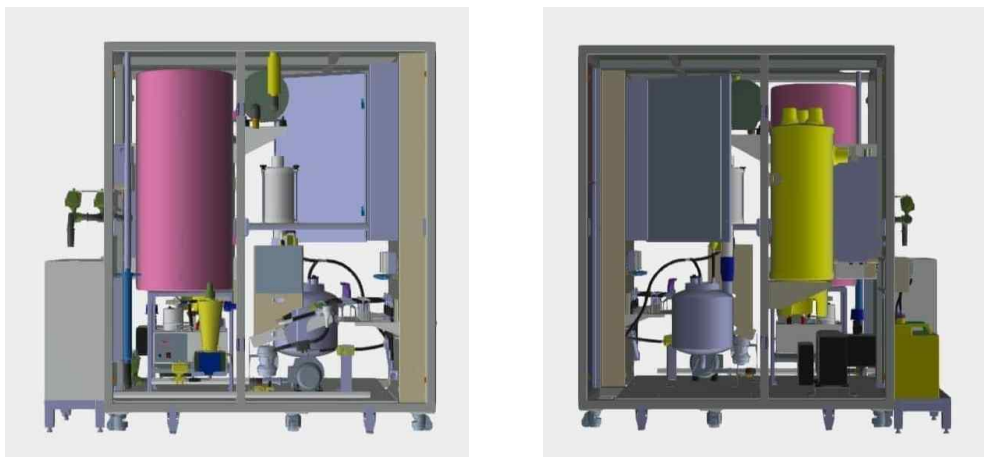


그림 163 분방 착유장치 전체 3D 조립도(좌우 측면)

초기 연구에서 제작한 설계도를 고도화·개선하여 설계를 추진하였고 제작에 돌입하였다. 부품 소재는 양산이 가능한 소재를 채택, 자체 생산의 경우 주관연구기관 주식회사 다운의 제조공장에서 전문 인력으로 개발, 생산하였다. 조립 생산은 자체 검증 및 시험 운영을 거

처 적용하였다. 양산 준비를 위하여 제작 과정 및 설치 과정의 작업도를 작성하였다.

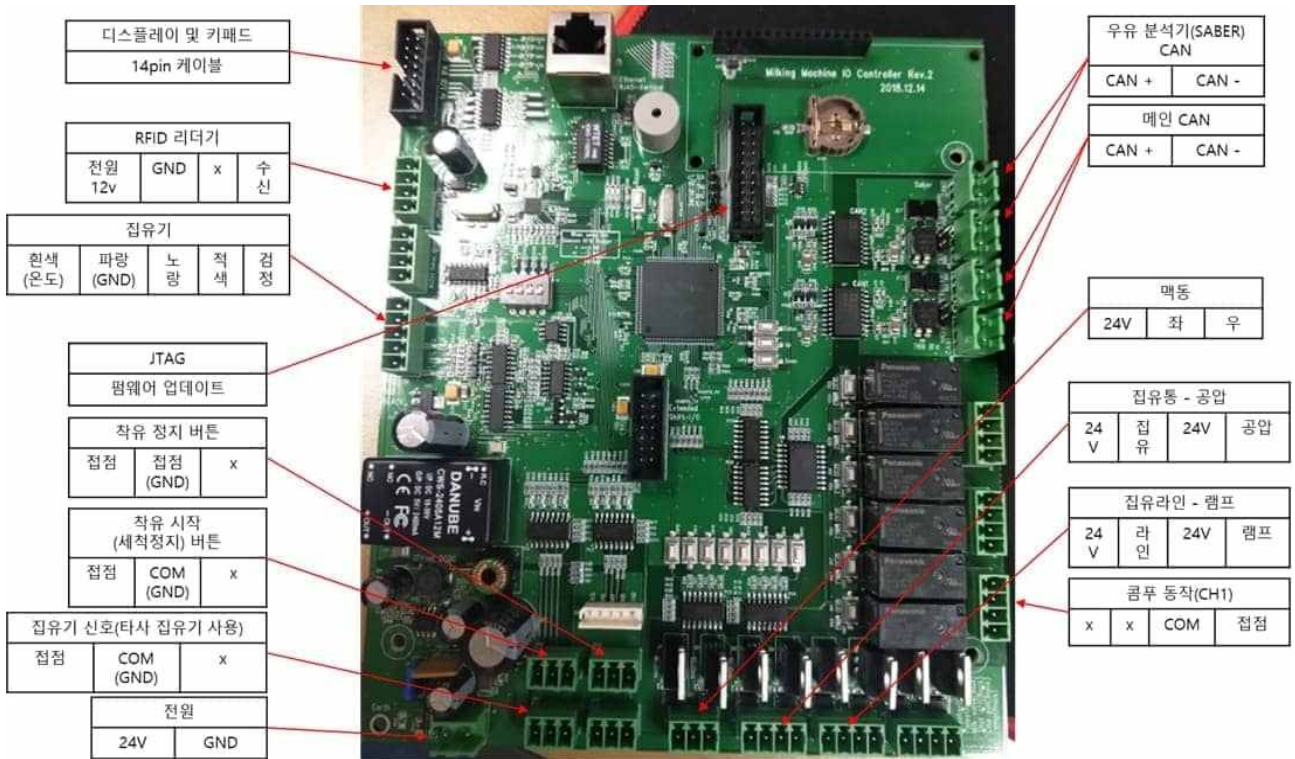


그림 164 착유로봇 메인시스템 PCB보드 연결 작업도

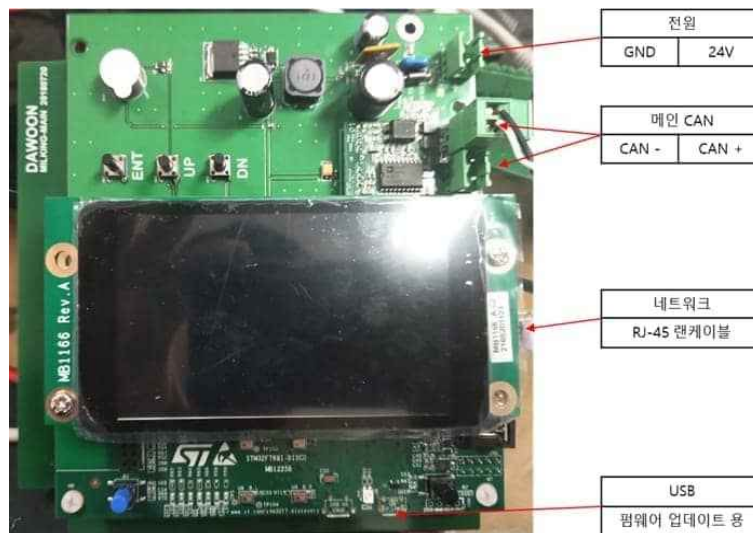


그림 165 유질분석시스템 PCB보드 연결 작업도



그림 166 부속품 자체 생산 현장(주식회사 다운 인천 공장)

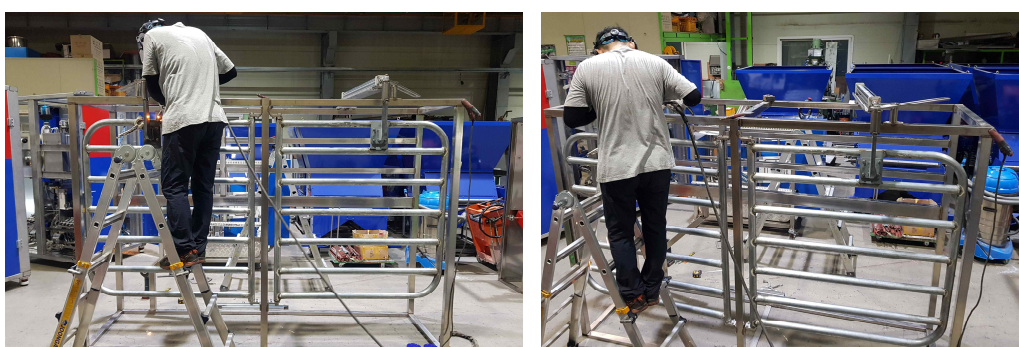


그림 167 착유스톨 게이트 제작

자동급여기가 내부에 설치될 착유스톨의 외형을 제작하였다. 내부 장치를 보호하기 위하여 프레임은 철제를 적용, 연결부는 용접 처리하였다. 젓소가 착유스톨 내부로 입장·퇴장 가능한 게이트를 제작하여 조립하였다. 착유실 내 자동 사료급여를 위한 급여조를 설치하였고, 착유스톨 외부에 자동 사료 급여기의 제어부를 설치, 제어프로그램에 연동하여 젓소의 섭취량 모니터링이 가능하도록 제작하였다.

분방 착유를 위한 라인을 4개로 분리하여 집유 시스템을 제작하였다. 분방 착유가 가능하도록 4라인을 착유컵이 대기할 위치, 4개의 착유컵을 제작하였다. 고정 브래킷과 회전 브래킷을 조립하여 착유컵 대기 위치를 제작하며, 착유컵은 유두에 밀착하므로 부드럽고 단단한 소재를 채택하여 4개 제작하였다. 착유컵과 연결된 착유 호스 및 착유 호스의 유도 롤러를 연결하였다. 제트컵은 착유컵에 이물질이 부착되거나 오염을 막기 위해 세척용 패드에 부착되며, 착유컵과 쌍으로 4개를 제작하였다. 분방 착유를 위한 착유 호스 4개를 각각의 착유컵에 연결하였고, 착유 밸브 및 유질분석기, 전자유량계를 설비하고 연결 상태를 점검하였다.



그림 171 착유컵 제작



그림 172 세척용 패드 제작



그림 173 착유컵 대기 위치 제작



그림 174 분방 착유 장치용 부품 제작



그림 175 집유 시스템 제작(분방 착유 프레임 제작)



그림 176 4개 분방 착유를 위한 4개 착유 호스 연결



그림 177 분방 착유기에 유량분석장치 및 모터 연결



그림 178 분방 착유기에 착유 호스와 집유항아리 연결



그림 179 분방 착유라인에 유질 및 유량검사장치 연결



그림 180 분방 착유기용 제어기기 연결

집유 향아리 및 검사장치가 설치될 시스템의 외형 틀을 제작하였다. 유두세척을 위한 별도 모듈은 온수발생기 및 스팀 발생기, 사이클론 회수 시스템을 사용하여 제작하였다.



그림 181 세척용 온수 탱크 조립 및 연결



그림 182 세척라인용 탱크 조립



그림 183 진공탱크 연결 상태

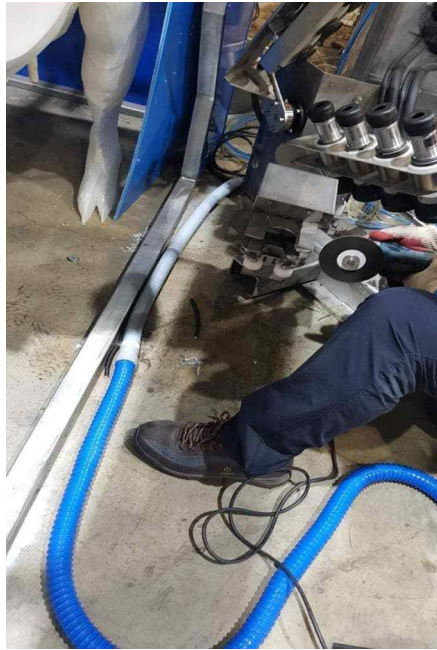


그림 184 세척수 공급용 호스 연결

(2) 로봇착유시스템 현장 설치

로봇착유시스템 현장적용 평가를 실시하기 위하여 경기도 양평 소재의 농가(젖소 농가, 100두 규모 사육)와 협약을 체결하였고, 해당 농가의 축사에 착유실 시공 및 로봇을 이송하였다.

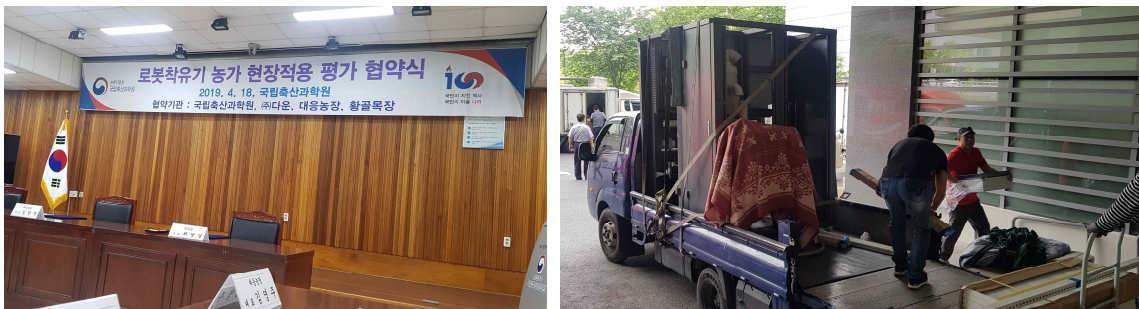


그림 185 현장적용 농가 협약 및 로봇착유시스템 이송



그림 186 착유실 외벽 설치



그림 187 착유실 내부 로봇 위치



그림 188 착유실 내 급이기 설치 중



그림 189 로봇 매니플레이터 하부 고정



그림 190 착유 틀 상단에 센서 설치

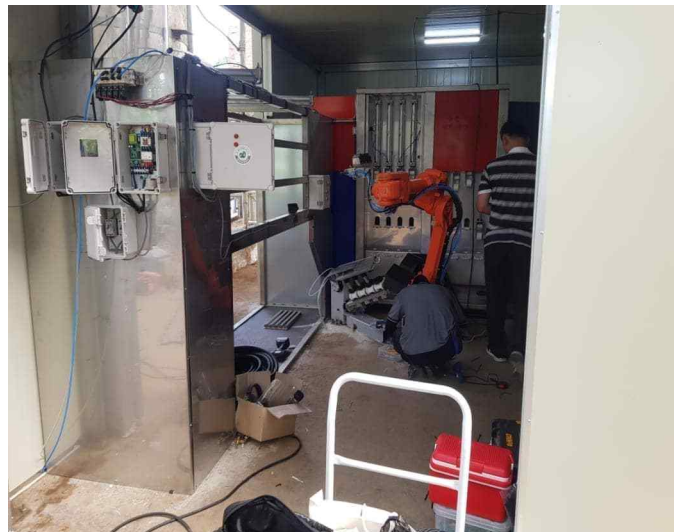


그림 191 제어기 연결 및 배선 작업



그림 192 착유 호스 연결 및 착유컵 대기 위치 설비

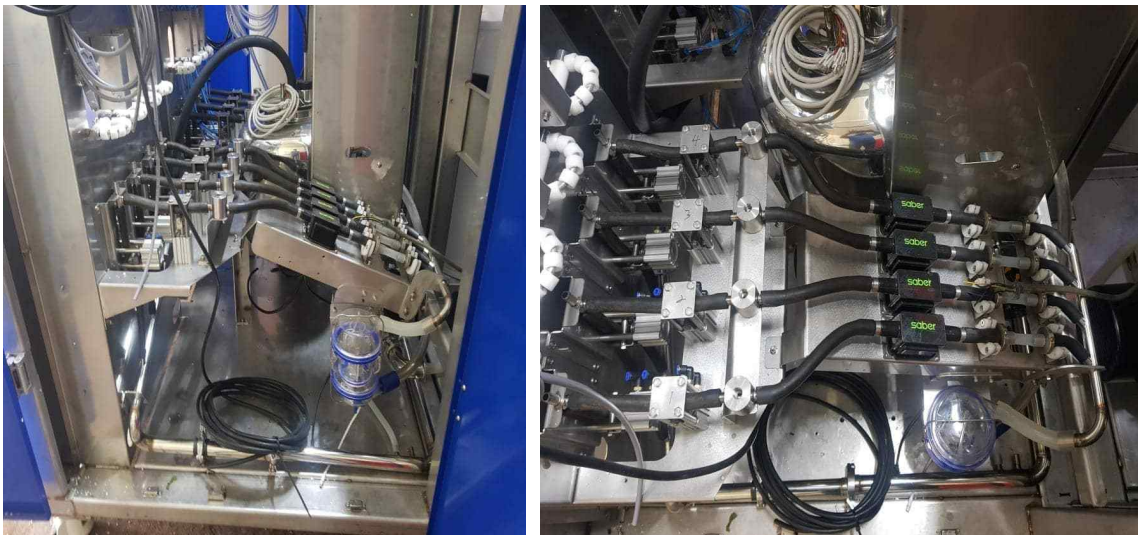


그림 193 유질·유량 검사장치 연결 상태



그림 194 기기 내부 장치 연결 및 작동상태 점검



그림 195 외부 탱크 및 파이프 연결 상태 점검

(3) 로봇착유기 착유기능 점검

로봇착유기의 착유를 위해서 착유 본연의 기능 이상유무를 확인하기 위하여 전문가를 활용하여 컨설팅을 받음

- 맥동제어기 설치방법(LE20 맥동제어기) : 맥동제어기 설치방향, 음압 호스 연결 상태 등 양호
- 맥동압 및 맥동주기 측정(측정기 : Pulsatortester)
 - 맥동압은 현재 39-40kPa로 맥동압 정상기준 38-42kPa의 범위안에 중간값에 정확히 맞는 상태임
 - 맥동주기는 60:40으로 정상상태임

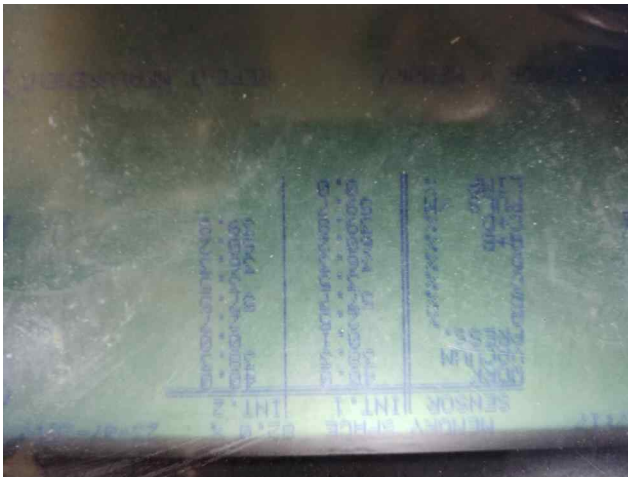


그림 196 맥동기 제어값

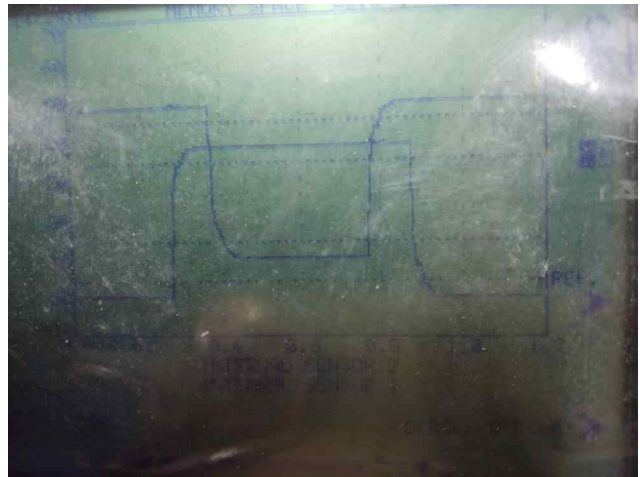


그림 197 맥동 주기

- 로봇착유기 인버터는 대용량을 사용하면 소음문제 저감됨
- 급이기의 오거라인을 거꾸로 설치시 이탈될 수 있으며 작업시 접촉제를 발라주고 피스로 고정해야 함
- 로봇착유기 설치 후 초기 훈련을 위해서는 사료로 유인해가며 사람이 착유기 스톨에 들어올 수 있도록 유도해야 함
- 밀크라인이 윗부분으로 꺾이게 설치되어 있으나 이렇게 할 경우 우유의 흐름을 방해하고 세척시에도 세척액이 잘 넘어가지 않아 경사도를 주어 재설치 해야 함
- 우리나라에는 미국계통의 홀스타인이 도입되어 있으며 유럽계통 홀스타인에 비하여 체장이 20cm 정도 길어서 로봇착유기의 스톨 제작시 어느계통의 잣소가 국내에 들어왔는지 아니면 수출하고자 하는 나라의 품종을 고려하여 사이즈를 결정해야 함
- 로봇착유기 스톨 내부에 배수구를 설치해야 착유 중 배설하는 분, 뇨의 배출이 용이함
- 우유배관은 외부에 노출해도 결빙되지 않으나 급수배관은 결빙될 수 있어서 보온처리를 해야 함



그림 198 로봇착유시스템 제어용 사용자 PC 설치

로봇착유 시스템 설치 및 사용자 제어환경을 시설하였다. 시공 후에는 로봇착유 시스템의 초기 기기설정을 수행하였다. 기기 초기설정은 로봇착유시스템 데이터베이스에서 농가 및 착유시스템을 식별할 수 있도록 착유로봇 식별번호 부여, 농가 고유번호 부여, 농가 정보입력, 농가 사용자 PC의 IP 주소 등록 등이다.

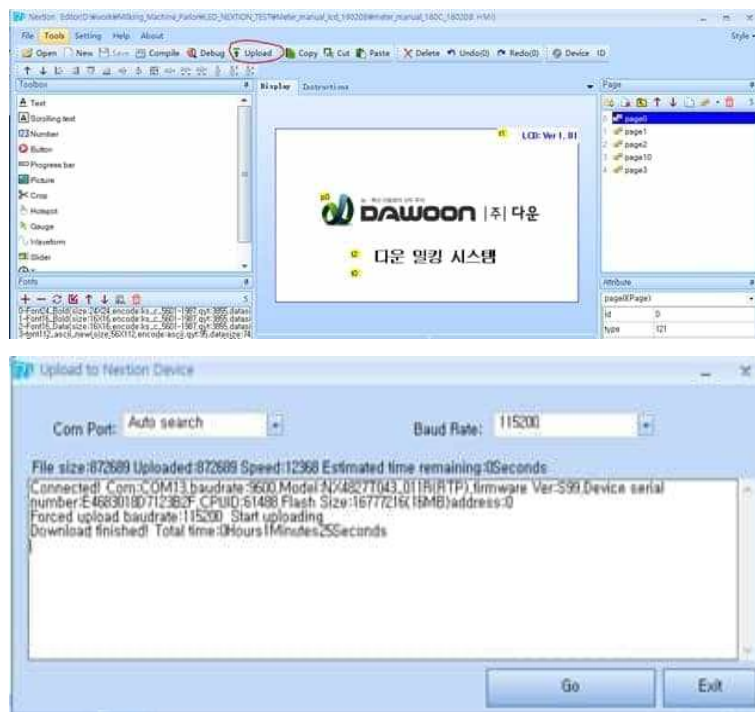


그림 199 착유로봇 LCD 프로그램 설치 화면

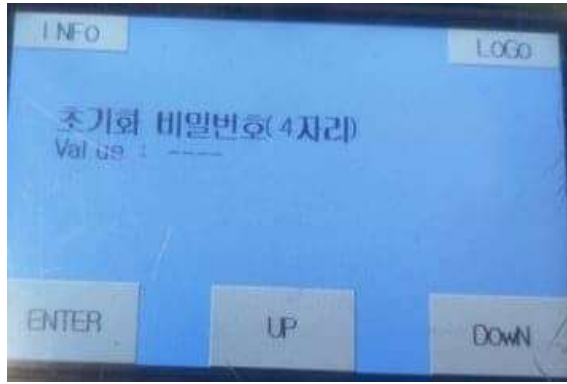


그림 200 로봇착유시스템 초기화 화면

기기 초기화 화면에서 관리자 비밀번호를 입력 후 Enter 키를 눌러 초기화를 진행한다. 0번 키를 길게 입력하면 기기 상태 초기 설정 화면으로 진입한다.



그림 201 기기 상태 초기 설정 화면

기기 상태 초기설정 화면에서 화살표 좌(세척), 화살표 우(Stop)을 이용하여 뒤로 밀기, 현재자리, 앞으로 밀기 등을 조정한다. RFID는 숫자 키를 사용하여 입력 후 ENTER 키를 눌러 변경한다. (RFID를 변경하지 않고 빠져나오려면 Esc 키를 입력한다)

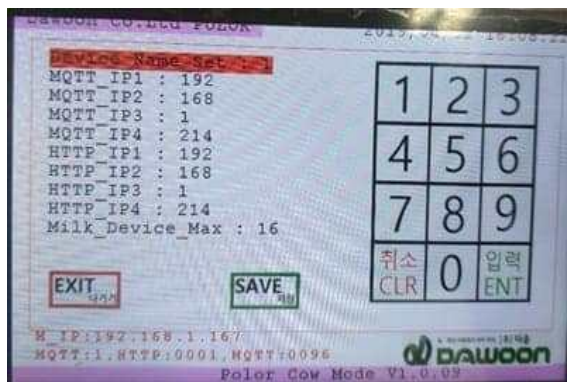


그림 202 착유 메인시스템 MQTT 설정 화면

주식회사 DAWOON 로고를 길게 누른 후 3번부저 입력하면 MQTT 설정 모드로 이동한다.

2(위), 8(아래), 4(좌측), 6(우측) 원하는 설정으로 이동 후, 입력ENT 키를 눌러 해당 설정메뉴에 진입한다. 설정메뉴의 숫자키를 이용하여 설정값을 입력하고 입력ENT 키를 눌러 저장한다. 저장 취소는 취소CLR를 누른다. 모든 초기 설정값을 저장 후 SAVE저장키를 누르면 완료된다. 설정값을 적용하지 않으려면 EXIT나가기 키를 누른다.

표 30 기기 설정 화면 메뉴 설명

메뉴 번호	설정 메뉴	메뉴 내용
1	Device Name Set	DEVICE 번호
2	MQTT_IP1	농장 PC MQTT IP 첫번째 번호
3	MQTT_IP2	농장 PC MQTT IP 두번째 번호
4	MQTT_IP3	농장 PC MQTT IP 세번째 번호
5	MQTT_IP4	농장 PC MQTT IP 네번째 번호
6	HTTP_IP1	농장 PC 프로그램 IP 첫번째 번호
7	HTTP_IP2	농장 PC 프로그램 IP 두번째 번호
8	HTTP_IP3	농장 PC 프로그램 IP 세번째 번호
9	HTTP_IP4	농장 PC 프로그램 IP 네번째 번호
10	Milk_Device_Max	착유기 설치 수

로봇착유 시스템 초기 설정을 마친 후, 농가의 젖소들에게 개체인식기술 적용을 위한 고유 번호를 부여하기 위하여 목걸이형 RFID 태그를 착용하도록 하였다. RFID 태그를 착용한 젖소를 착유스톨 안으로 유도하여 개체인식 기능 및 착유스톨 내 사료급여 기능의 원활한 동작을 확인하였다.

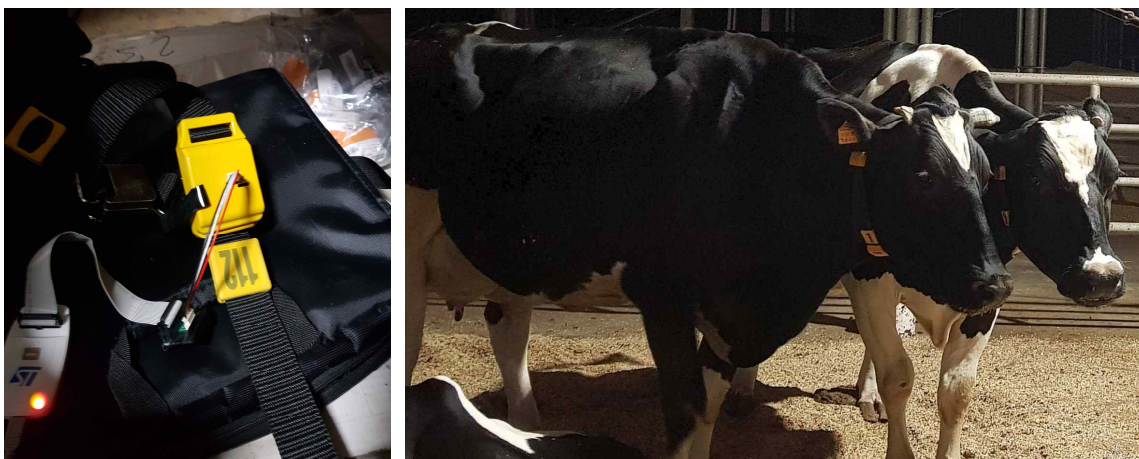


그림 203 실증농가 젖소에게 RFID 태그 부착



그림 204 젖소의 입장 유도, 착유스틀의 개체 인식 기술 및 사료 자동급이 기능 확인

로봇착유 시스템의 설치 및 가동 준비를 완료한 후, 센서에 의한 유두인식 기능을 점검하였다. 유두인식기능은 착유실 내 유두 모형을 투입하여 유두인식 기능을 1차 점검한 후, 실제 젖소에게 착유실 입실을 유도, 실제 젖소를 대상으로 유두인식 기능을 2차 점검하였다.



그림 205 유두 모형 및 실제 젖소의 입실을 통한 유두인식 기능 점검



그림 206 젖소의 착유스톨 입장 후 카메라 영상 촬영(상단 촬영)

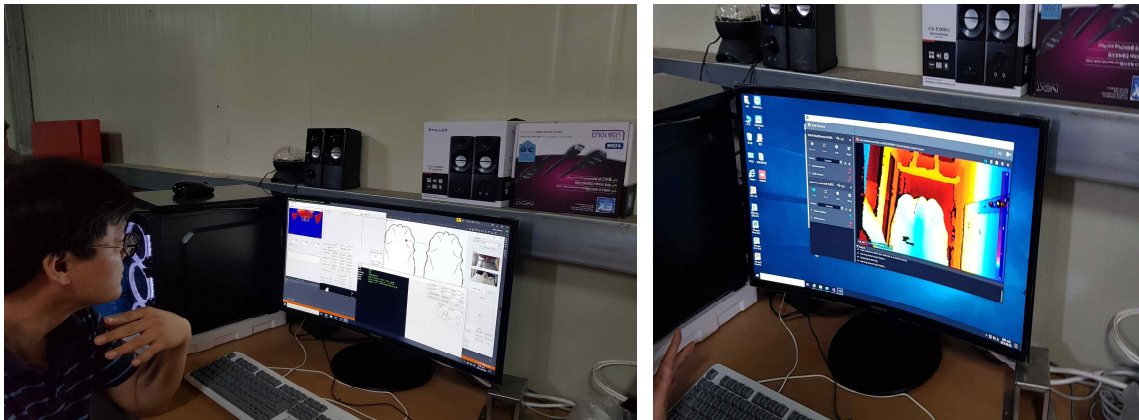


그림 207 사용자 PC를 통해 유두인식 영상 모니터링

나. 착유 가동 및 시스템 검증, 문제점 분석

(1) 착유 가동 및 시스템 검증

로봇착유 시스템 가동 준비를 완료한 후 시험 착유에 돌입하였다. 착유실 내부에서 입장 게이트 방향으로 카메라를 설치하여 젖소의 입장과 로봇착유시스템의 가동을 관찰할 수 있도록 하였다.

가동 초반에는 착유실에 익숙지 않은 젖소들이 입장하지 않거나, 입장 후 뒷걸음질 또는 직진으로 바로 퇴장하는 등의 행동을 보여 작업자에 의한 적극적인 착유 스톨 입장 유도 및 착유 스톨 내 젖소들의 행동 안정화, 로봇착유에의 적응 훈련이 요구되었다.



그림 208 젖소의 착유스톨 입장을 적극적으로 유도 중인 작업자

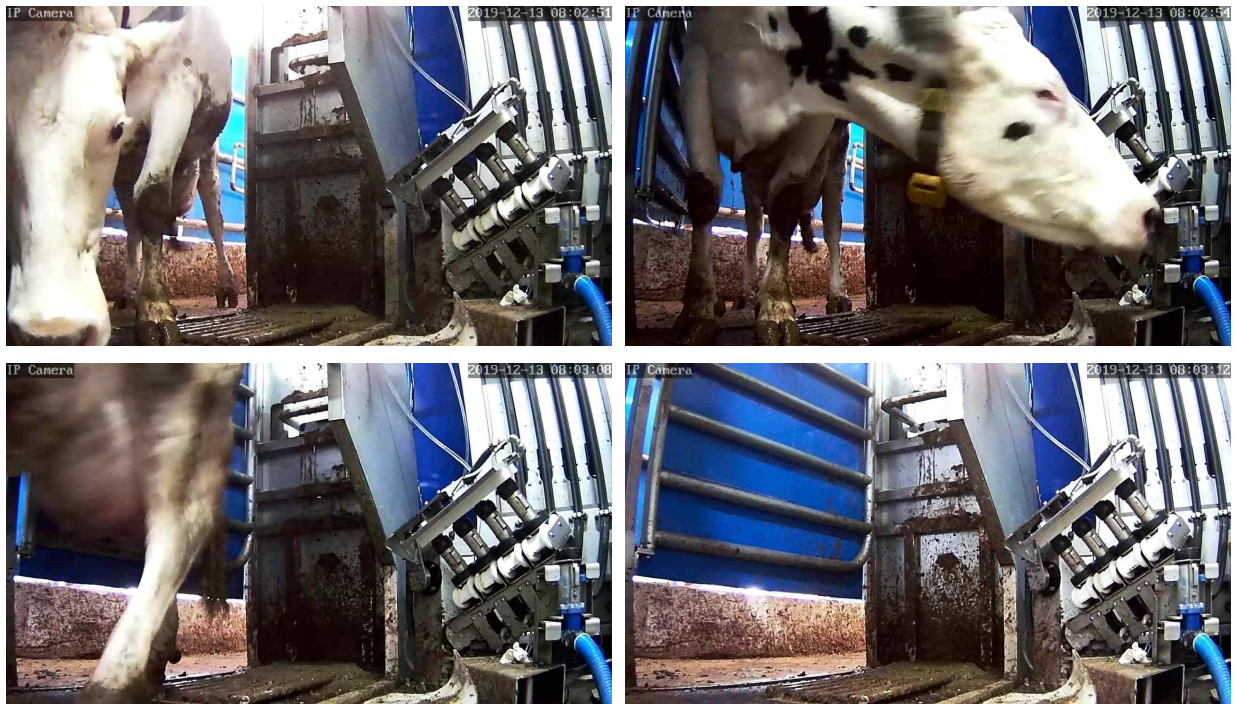


그림 209 착유스톨에 입실 후 호기심을 보였으나 바로 퇴실하는 젖소

젖소가 착유스톨 내 입실이 이루어진 후에는, 사료 급여 및 유두 세척, 착유 작업을 수행하였다. 젖소가 로봇 착유 과정에 적응할 수 있도록 초반에는 작업자의 수작업에 의한 유두 세척 및 수동 착유컵 부착, 착유 순서로 일부 진행한 뒤, 세척컵 및 착유컵에 대한 젖소의 적응을 마친 후 로봇 ARM 매니플레이터에 의한 자동 유두 세척과 자동 착유 과정으로 나아가 진행하였다.



그림 210 로봇 ARM의 세척컵 그림 성공

급이된 사료를 젖소가 섭취하는 동안 로봇 ARM 매니퓰레이터에 의한 자동 착유 과정이 수행되었다. 세척 과정은 로봇이 세척컵을 대기 위치에서 그림(grip), 젖소의 하단으로 세척컵을 이동, 유두의 위치 탐지 및 유두에 세척컵 부착, 세척 수행, 첫 번째 유두의 세척 종료 후 세척컵 탈착, 다음 유두로 세척컵을 이동하여 위치 탐지 및 동일 작업 반복, 모든 유두의 세척 종료 후 로봇이 세척컵을 대기 위치로 복귀시키는 순서로 이루어진다. 세척하는 유두의 순서는 일반적인 형태의 4개 유방을 가진 젖소를 기준으로 하여, 로봇 ARM의 위치에서 가장 가까운 좌측 뒤 유두부터 시작하여 반시계 방향으로 진행된다. 즉 좌측 뒤 유두, 우측 뒤 유두, 우측 앞 유두, 좌측 앞 유두 순서로 세척컵의 부착 및 세척, 세척컵의 탈착이 수행된다.

젖소의 착유스틀 입실 및 사료 급이 후, 시험 가동 결과 착유로봇에 의한 세척 과정이 원활하게 수행되었다. 착유로봇에 의한 세척의 전과정은 약 1분이 소요되었다. 이 시간은 유두 탐지에 소요되는 시간을 포함하므로, 유두 탐지가 어려운 형태의 유방을 가진 젖소의 경우 세척 시간은 증가될 것으로 사료된다.



그림 211 세척과정① 로봇 ARM이 세척컵을 그림(grip), 젖소의 하단으로 세척컵 이동

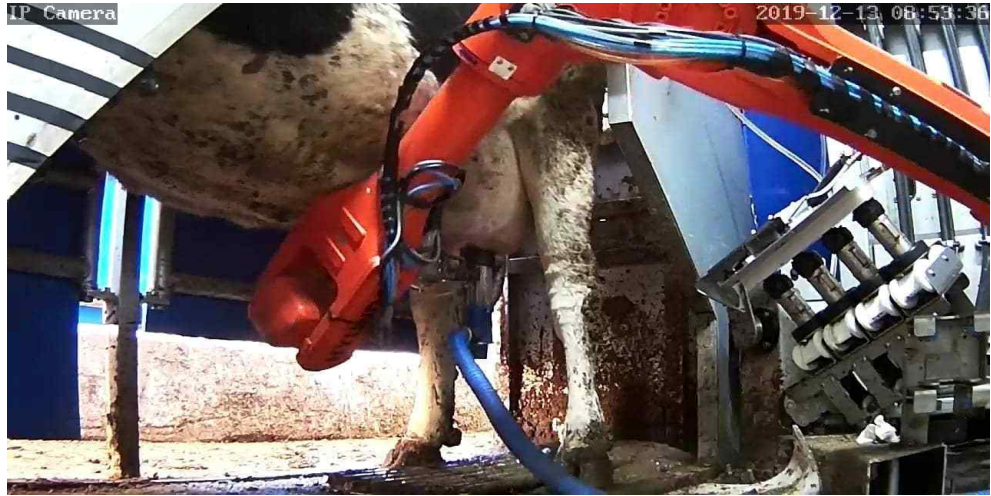


그림 212 세척과정② 첫 번째 유두(좌측 뒤)의 위치 탐지, 세척컵 부착, 세척 수행



그림 213 세척과정③ 세척컵 탈착, 두 번째 유두(우측 뒤)로 세척컵 이동



그림 214 세척과정④ 두 번째 유두(우측 뒤)의 위치 탐지, 세척컵 부착, 세척 수행

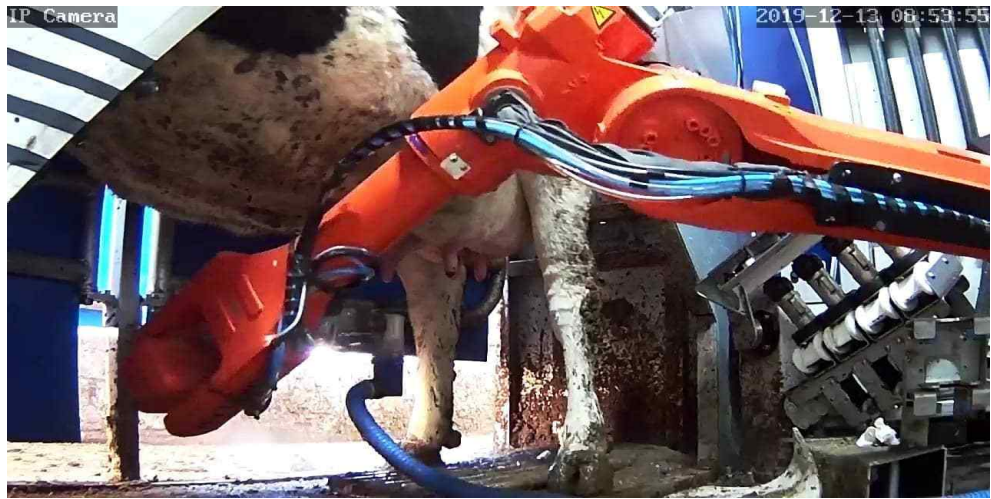


그림 215 세척과정⑤ 세척컵 탈착, 세 번째 유두(우측 앞)로 세척컵 이동

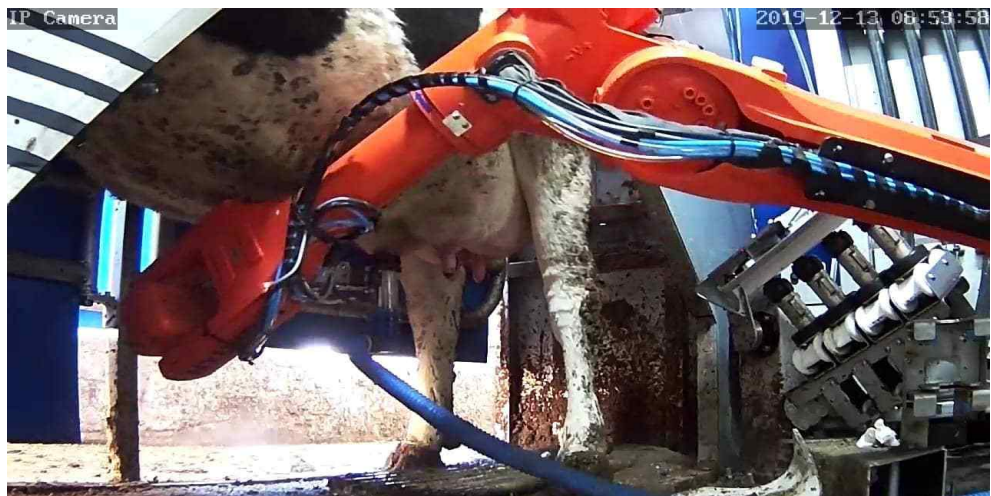


그림 216 세척과정⑥ 세 번째 유두(우측 앞)의 위치 탐지, 세척컵 부착, 세척 수행

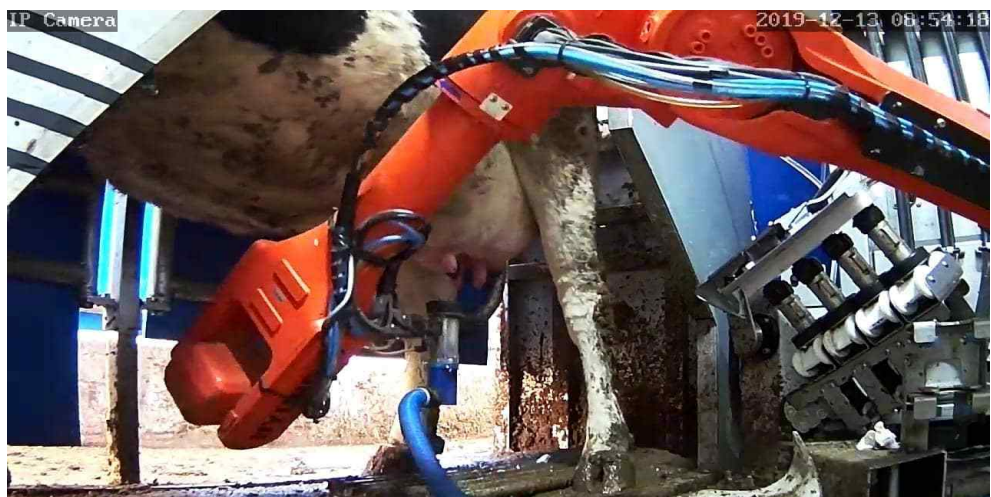


그림 217 세척과정⑦ 세척컵 탈착, 네 번째 유두(좌측 앞)로 세척컵 이동



그림 218 세척과정⑧ 네 번째 유두(좌측 앞)의 위치 탐지, 세척컵 부착, 세척 수행



그림 219 세척과정⑨ 세척컵 최종 탈착 및 대기 위치로 복귀, 세척 종료

세척과정 종료 후 착유과정으로 진입하였다. 착유 과정은 착유부가 휴지 상태에서 작동 상태로 변경되어 제트컵이 개방되고 착유부 대기 위치가 상승하면 로봇이 착유컵을 대기 위치에서 그립(grip), 젖소의 하단으로 착유컵을 이동, 첫 번째 유두의 위치 탐지 및 유두에 착유컵 부착, 로봇이 두 번째 착유컵을 대기 위치에서 그립(grip), 젖소의 하단으로 두 번째 착유컵을 이동, 두 번째 유두의 위치 탐지 및 착유컵 부착하는 동일 작업 반복, 모든 유두에 착유컵 부착 후 로봇이 대기 위치로 복귀, 젖소에 부착된 착유컵이 착유 완료 후 유두에서 자동 탈락, 자동 복귀하는 순서로 이루어진다.

착유컵을 부착하는 유두의 순서는 일반적인 형태의 4개 유방을 가진 젖소를 기준으로 하여, 로봇 ARM의 위치에서 가장 가까운 좌측 뒤 유두부터 시작하여 반시계 방향으로 진행된다. 즉 좌측 뒤 유두, 우측 뒤 유두, 우측 앞 유두, 좌측 앞 유두 순서로 착유컵의 부착 및 착유, 착유컵의 자동 탈락이 수행된다. 착유 과정이 종료되면 착유부는 휴지 상태로 전환되어 대기 위치가 하강, 제트컵은 폐쇄된다. 이후 사료의 섭취가 끝나면 젖소가 착유 스톨에서 퇴장함으로써 착유로봇의 전과정이 종료된다.

시험 가동 결과 착유로봇에 의한 착유 과정이 원활하게 수행되었다. 착유 과정은 약 10분

이 소요되었으며, 이 시간은 유두 탐지 및 착유에 소요되는 시간을 포함하므로, 유두 탐지가 어려운 형태의 유방을 가진 젖소 또는 착유량이 많은 젖소의 경우 총 소요시간이 증가될 수 있다.

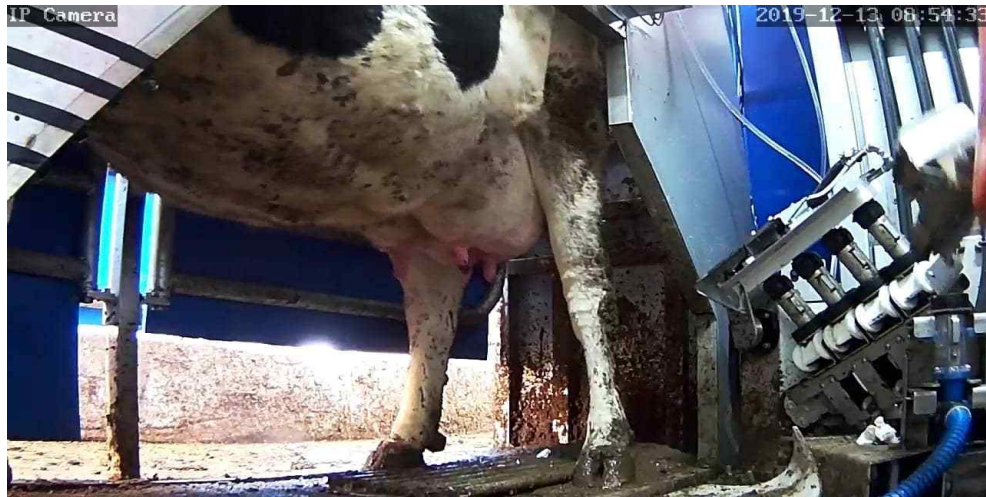


그림 220 세척 종료 후, 착유 과정 시작 전 상태(착유부 휴지 상태)

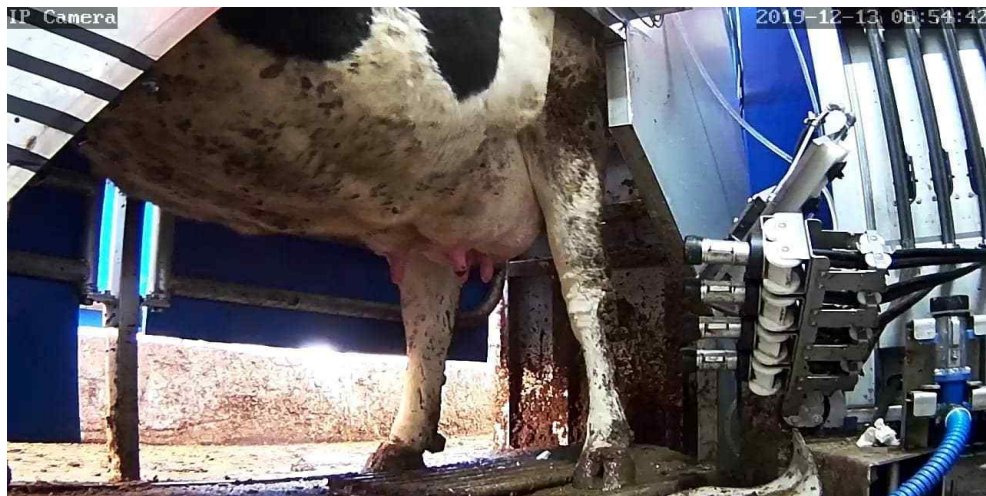


그림 221 착유과정① 착유부가 작동 상태로 변경, 대기 위치 상승 및 제트컵 개방



그림 222 착유과정② 로봇 ARM이 착유컵을 그립(grip), 젖소의 하단으로 착유컵 이동



그림 223 착유과정③ 첫 번째 유두(좌측 뒤)의 위치 탐지, 착유컵 부착, 착유 시작

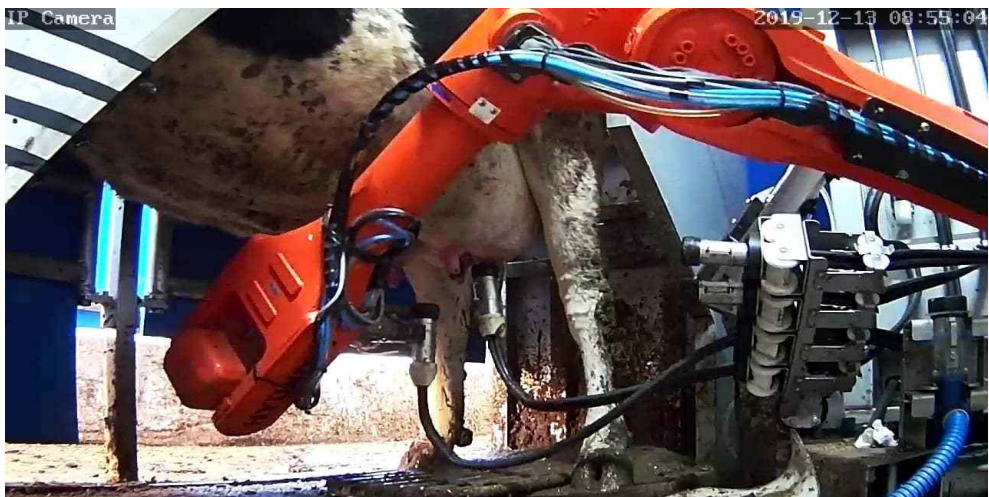


그림 224 착유과정④ 두 번째 착유컵 그립(grip), 젖소의 하단으로 착유컵 이동

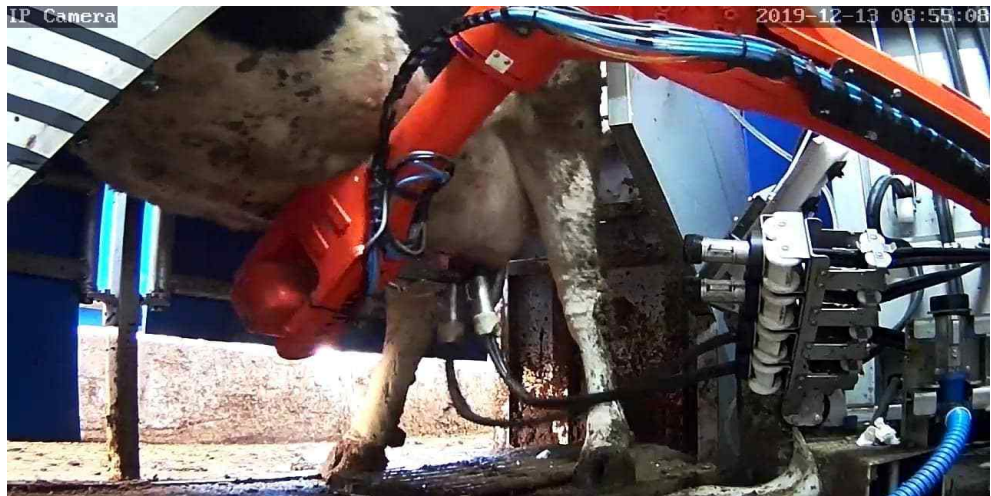


그림 225 착유과정⑤ 두 번째 유두(우측 뒤)의 위치 탐지, 착유컵 부착, 착유 시작

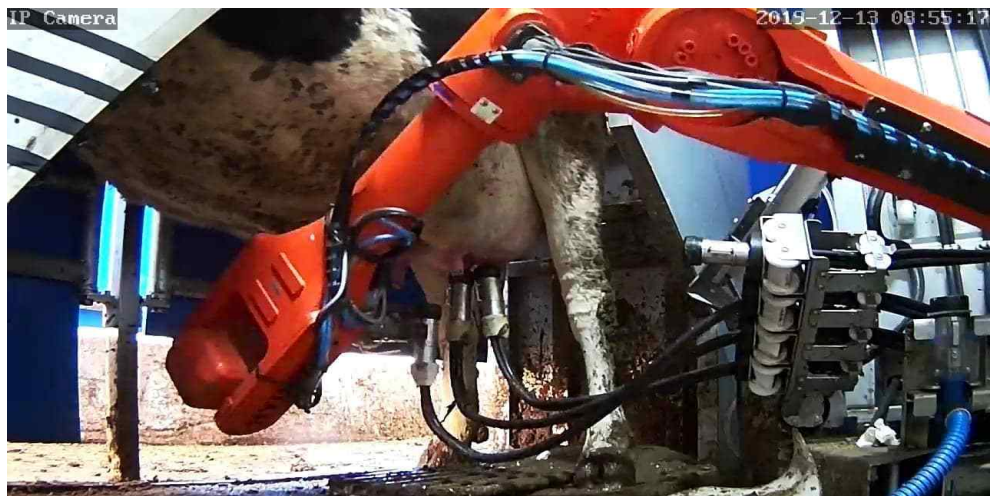


그림 226 착유과정⑥ 세 번째 착유컵 그립(grip), 젖소의 하단으로 착유컵 이동



그림 227 착유과정⑦ 세 번째 유두(우측 앞)의 위치 탐지, 착유컵 부착, 착유 시작

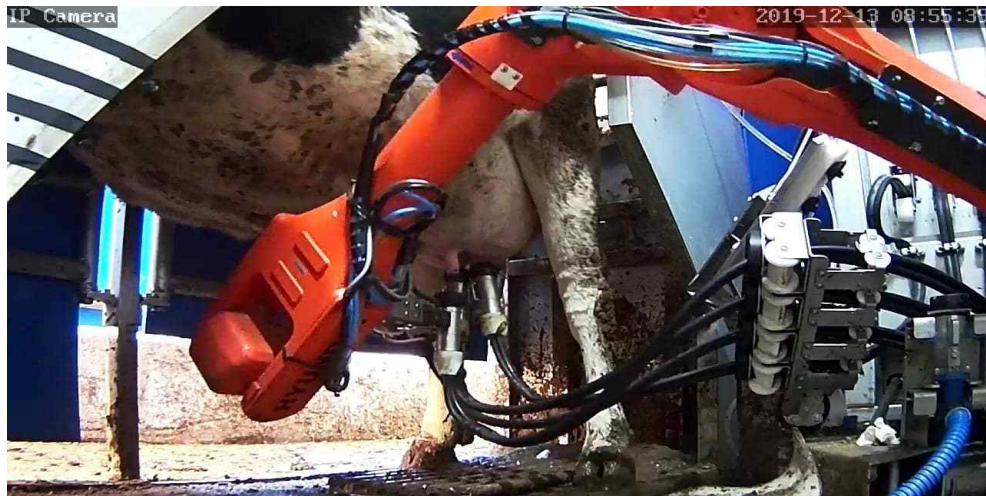


그림 228 착유과정⑧ 네 번째 착유컵 그림(grip), 젖소의 하단으로 착유컵 이동



그림 229 착유과정⑨ 네 번째 유두(좌측 앞)의 위치 탐지, 착유컵 부착, 착유 시작



그림 230 착유과정⑩ 로봇 ARM 대기 위치로 복귀(착유 진행 중인 상태)



그림 231 착유과정① 착유컵 1개 자동 탈락 및 자동 복귀



그림 232 착유과정② 착유컵 2개째 자동 탈락 및 자동 복귀

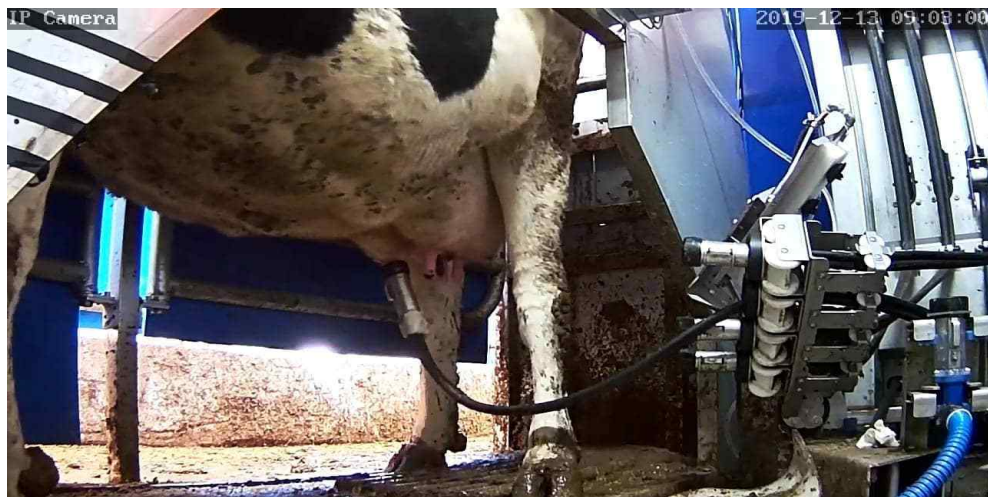


그림 233 착유과정③ 착유컵 3개째 자동 탈락 및 자동 복귀



그림 234 착유과정④ 착유컵 4개째 자동 탈락 및 자동 복귀, 착유 완료



그림 235 착유 전과정 종료, 착유부 휴지 상태로 전환 및 젖소 퇴장

(2) 문제점 분석

착유 가동 중 나타난 문제점 현상을 분석하였다. 자동 착유 실패의 원인은 크게 착유로봇 기기 내부에 의한 요인, 젖소의 유두 형태 또는 행동으로 인한 요인으로 나눌 수 있다.

착유로봇 기기에 의한 착유 실패 요인은 진공압 부족으로 인한 착유컵의 조기 탈락, 유두 탐지 기술의 탐지 부정확, 로봇 ARM 매니플레이터의 기능 수행 실패 등이 발견되었다.



그림 236 로봇 ARM의 세척컵 그림(grip) 실패 사례

로봇 ARM의 말단에 장착된 그립퍼(gripper)가 착유컵/세척컵의 대기 위치에서 착유컵/세척컵을 제대로 그림(grip)하지 못 할 경우 착유 또는 세척 과정이 수행되지 않는다. 이런 문제가 감지될 경우 로봇 ARM은 다시 착유컵/세척컵의 대기 위치로 복귀하여 그림(grip)한다. 또한 착유컵/세척컵 그림 및 유두 위치 탐지에는 성공하였으나, 착유컵/세척컵 부착 시도 중 가축의 작은 움직임으로 인하여 제대로 된 유두 위치에 착유컵/세척컵이 부착되지 않을 경우 로봇 ARM은 즉시 유두 위치의 재탐지 및 컵 부착 재시도를 수행한다.

젖소의 유두에 부착된 착유컵 및 착유 호스에 충분한 강도의 진공압이 가해지지 않을 경우, 착유가 완료되지 않은 상태에서 착유컵이 유두에 부착되어있지 못 하고 조기에 탈락함으로써 착유가 중단되는 현상이 발생할 수 있다. 조기에 탈락한 착유컵은 즉시 대기 위치로 자동 복귀된다. 이런 문제가 감지될 경우, 로봇 ARM은 착유컵의 대기 위치로 이동, 착유컵을 다시 그림(grip), 젖소의 유두 위치 재탐지, 착유컵 재부착 등의 과정을 수행하여 중단되었던 착유 작업이 재개될 수 있도록 한다.

(가) 가축의 움직임으로 인하여 세척컵 부착이 실패한 사례



그림 237 가. 착유스틀로 젖소 입장

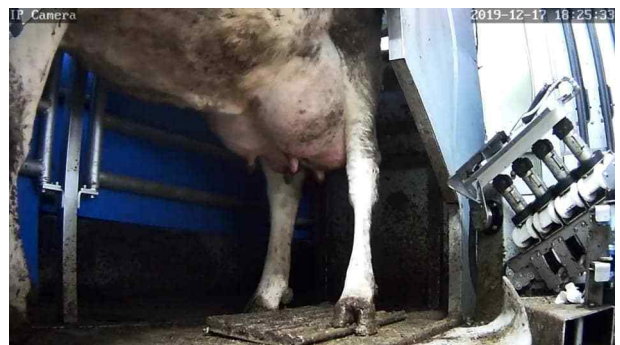


그림 238 가. 젖소가 안정적인 자세로 사료 섭취



그림 239 가. 로봇 ARM이 세척컵을 그립(grip)하여 젖소 하단으로 이동, 유두 위치를 탐지 중



그림 240 가. 유두 위치를 탐지하여 세척컵을 부착하려 할 때 젖소가 뒤쪽으로 이동, 세척 실패



그림 241 가. 로봇 ARM은 위치로 복귀하여 대기

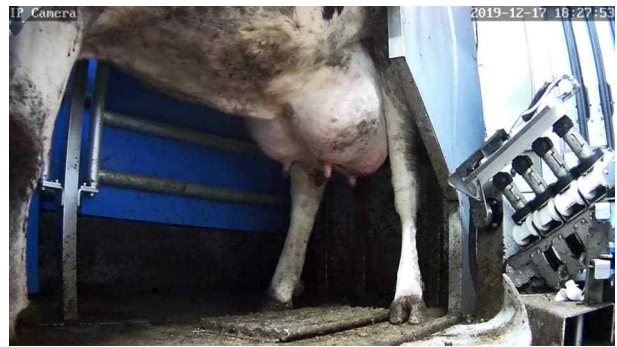


그림 242 가. 젖소가 안정적인 자세로 사료 섭취



그림 243 가. 대기시간 경과 후, 로봇 ARM이 세척컵 그립 후 2차 이동, 세척컵 부착 2차 시도



그림 244 가. 로봇 ARM이 2차 시도에도 세척컵 부착 실패, 작업자가 직접 유두 세척하는 모습



그림 245 가. 로봇 ARM이 착유컵 그립 후 이동



그림 246 가. 로봇 ARM이 착유컵 2개째 부착

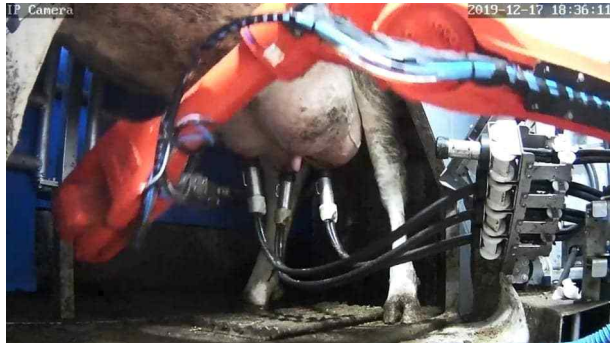


그림 247 가. 로봇 ARM이 착유컵 전체 부착 완료

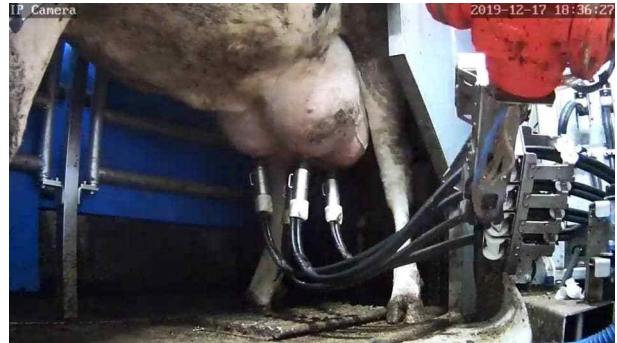


그림 248 가. 착유 진행 중인 상태



그림 249 가. 착유컵 자동 탈락 및 자동 복귀



그림 250 가. 착유 완료 후 젖소 퇴장

(나) 가축의 움직임으로 인하여 착유컵이 조기 탈락한 사례



그림 251 나. 착유스틀로 젖소 입장

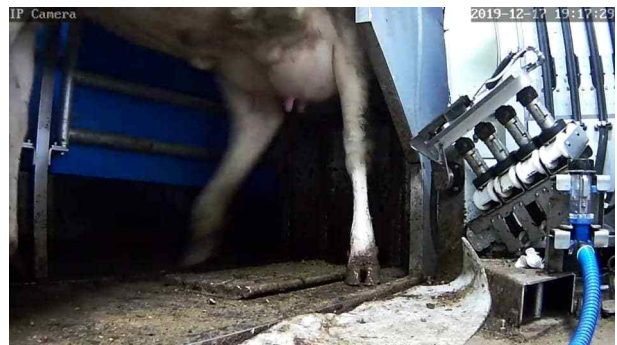


그림 252 나. 젖소가 안정적인 자세로 사료 섭취



그림 253 나. 로봇 ARM이 세척컵을 그립(grip)하여
젓소 하단으로 이동, 유두 위치를 탐지 중



그림 254 나. 유두 위치를 탐지하여 세척컵을 부착하
려 할 때 젓소가 뒤쪽으로 이동, 세척 실패



그림 255 나. 유두 위치를 재탐지 중



그림 256 나. 세척컵 부착 성공, 세척



그림 257 나. 2번째 유두(우측 뒤) 세척 중



그림 258 나. 세척컵 이동 중 젓소의 발길질 행동

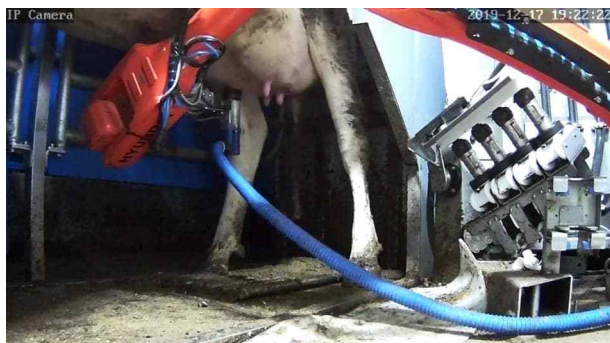


그림 259 나. 3번째 유두(우측 앞) 세척 중

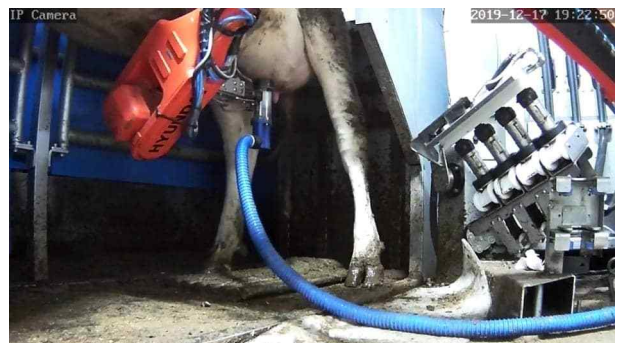


그림 260 나. 4번째 유두(좌측 앞) 세척 중



그림 261 나. 세척 완료, 로봇 ARM이 세척컵 복귀

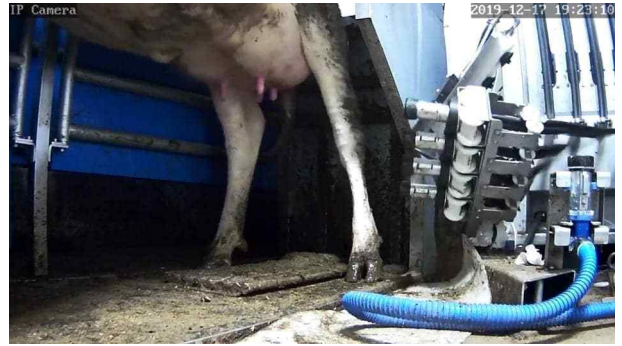


그림 262 나. 제트컵 개방 및 착유컵 대기 위치 상승



그림 263 나. 로봇 ARM이 착유컵 이동, 부착



그림 264 나. 로봇 ARM이 착유컵 전체 부착 완료



그림 265 나. 착유 진행 중 젖소의 움직임, 착유컵 조기 탈락 발생



그림 266 나. 조기 탈락된 착유컵은 대기 위치로 자동 복귀



그림 267 나. 로봇 ARM이 착유컵 2차 그림



그림 268 나. 로봇 ARM이 착유컵 2차 이동 및 부착



그림 269 나. 착유 2차 진행 중인 상태, 젖소의 움직임

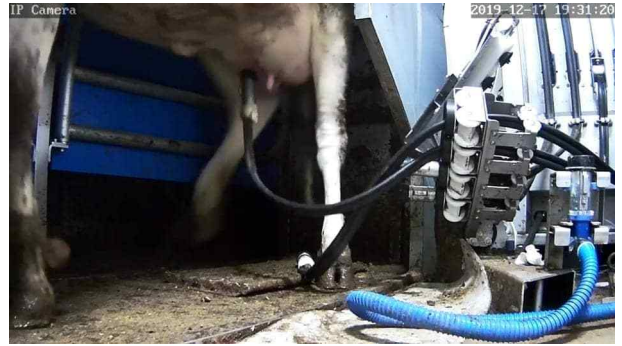


그림 270 나. 착유 2차 진행 중 젖소의 움직임, 착유 컵 탈락 발생



그림 271 나. 로봇 ARM이 착유컵 3차 이동 및 부착



그림 272 나. 착유 3차 진행 중인 상태



그림 273 나. 착유 3차 진행 중 젖소의 움직임, 착유 컵 부착 상태 불완전



그림 274 나. 연속적인 착유컵 조기 탈락으로 작업자 관찰, 젖소에 통증 유발 가능성 관찰됨



그림 275 나. 작업자가 수동으로 착유컵 재부착



그림 276 나. 착유컵 자동 탈락 및 자동 복귀



그림 277 나. 착유 완료 후 젖소 퇴장

가축의 거칠고 큰 움직임으로 인하여 유두 위치 탐지가 어려울 경우, 착유로봇은 일단 대기 위치에 복귀하여 몇 초간 대기한다. 정해진 대기시간 동안 젖소가 사료를 충분히 섭취하여 심리적 안정, 자세의 안정이 이루어졌다고 간주하며, 대기 시간이 끝난 후 다시 젖소의 아래로 로봇 ARM이 이동하여 유두 위치 탐지를 재시도한다.

그러나 가축이 극도로 불안하여 착유 스톨 내에서 진정하지 못하고 격렬한 가축 행동을 지속적으로 일으킬 경우, 이러한 착유로봇의 작업 재시도는 효율성이 낮을 수 있다. 특별히 예민한 개체의 경우 착유로봇은 유두 위치 감지 및 착유컵 부착에 어려움을 겪을 수밖에 없으며, 수작업 노동자에 의한 적응 훈련이 필요하다. 또한 유두 위치 감지 및 착유컵 부착 단계까지 성공하여도, 착유 중 가축 행동으로 착유컵이 조기 탈락하는 사례, 우측으로 착유 호스를 밟아 착유를 중단시키는 사례 등이 발견되었다.

충분한 적응 기간을 거쳤음에도 불구하고 다른 젖소에 비하여 유달리 민감성을 띄는 젖소 개체가 로봇착유에 적응을 실패하여, 작업자가 직접 수작업으로 착유하여야 하는 사례가 발견되었다. 현재 동물의 활동량 기반 데이터를 통하여 스트레스지수를 측정하기 위한 기술을 현장 검증 중이며, 본 제품 개발 기간에는 전문 수의사의 젖소 혈액검사를 통하여 건강 상태를 모니터링 하였다.



그림 278 착유 중 착유 호스를 우측으로 밟아 착유컵 탈락 및 착유 중단 사례, 작업자의 조치



그림 279 착유 중 지속적인 발구름, 발길질 행동을 하는 젖소 사례

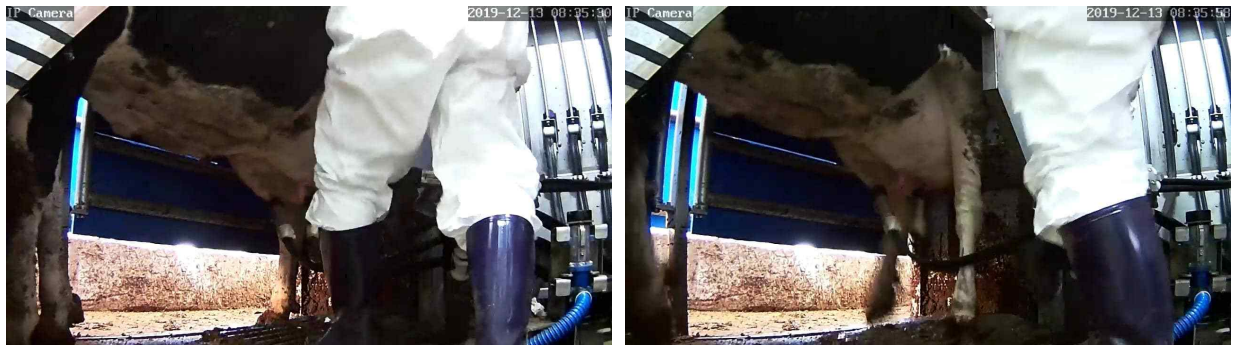


그림 280 착유 중 지속적인 가축 행동, 작업자가 관찰 및 젖소를 진정시키고 수작업으로 착유컵 부착 및 착유를 진행한 사례

표 31 일자별, 개체별 착유시험

일자	오전/ 오후	개체 별	출입시간	퇴장시간	착유 소요 시간 (초)	유두제척시간(초)				유두인식시간(초)				착유 지속 시간	후침지 (초)	특기사항
						유두1	유두2	유두3	유두4	유두1	유두2	유두3	유두4			
191203	오후	1	18:11:05 PM	18:25:56 PM	891	수동	수동	수동	수동	2	4	3	6	(초)	10	
	오후	2	18:33:45 PM	19:01:11 PM	1585	7	10	7	7	맹유두	7	3	3		9	2번 유두인식 1차 실패
	오후	3	19:02:25 PM	19:16:07 PM	822	20	8	12	16	5	3	3	3		8	3,4번 재 착유
191204	오전	1	7:41:53 AM	7:59:49 AM	1076	수동	수동	수동	수동	3	27	16	8		0	1번, 3번꼭지 농침(유두길이 짧음)
	오전	2	8:03:04 AM	8:16:40 AM	996	수동	수동	수동	수동	7						1번, 2번 농침 후 수동착유
	오전	3	8:22:45 AM	8:39:10 AM	985	수동	수동	수동	수동	8.2	26.2	9.5	5.9		0	
	오전	4	8:41:18 AM	8:54:36 AM	798	수동	수동	수동	수동	8.4	14.1	19.6	2.5		11.1	
191210	오후	1	18:15:28 PM	18:36:16 PM	1248	수동	수동	수동	수동	8	5.1	9.5	21.7		12.8	
	오후	2	18:43:44 PM	18:55:33 PM	709	21.3	10.8	10.5	10.2	13.2	5.6	4.1	9.2	1347	10.8	
	오후	3	18:58:24 PM	19:15:00 PM	996	11.8	8.4	8.9	11.8	17.9	111.1	5.3	5.3	260	11.7	2번유두 3회 후 시도 성공, 3번유두 장착 중 실패로 다시 시작
	오후	4	19:12:10 PM	19:33:32 PM	1282	12.0	8.7	9.8	11.9	40.2	4.5	4.6	6.6	448.0	10.3	착유컵 떨어트림
191211	오전	1	7:36:16 AM	7:53:37 AM	1041	14.3	10.2	9.2	25.2	7.2	4.9	39.9	18.9	326.0	수동	3번유두 2회 유두 떨어트림, 후침지 수동
	오전	2	8:07:42 AM	8:27:28 AM	1186	10.7	6.3	10.7	11.5	7.5	20.7	3.8	5.3	708.0	11.6	2번유두 1회 떨어트림
	오전	3	8:33:11 AM	8:55:52 AM	1361	8.8	8.2	7.9	6.8	맹유두	7.5	7.4	4.1	1107.0	9.1	
191211	오후	1	18:11:19 PM	18:25:70 PM	841	12.25	5.10	8.40	8.10	3.70	4.40	5.60	47.20	298.00	7.70	4번유 인식 중 뇨 방뇨로 인식 지연
	오후	2	18:35:18 PM	18:48:21 PM	783	29.10	9.10	9.00	32.10	2.72	2.90	2.78	5.79	772.00	8.31	4번유두 세척시 발로차서 3회 연속 착유
	오후	3	19:03:43 PM	19:22:56 PM	1153	32.56	8.78	23.25	12.01	36.90	떨어트림	4.2	4.09	762.00	수동	3번유두 이동으로 2회 세척, 1번유두 놓쳐서 다시 착유컵 장착
	오후	4	19:31:46 PM	19:42:32 PM	646	-	44.86	8.68	9.07	3.44	4.35	4.78	3.10	360.00	수동	2번유두 먼저 세척, 2번유두 다른곳에 장착으로 재 장착
191212	오전	1	7:39:05 AM	8:02:04 AM	1379	10.19	71.56	8.37	10.78	5.62	32.84	12.28	수동	629.00	수동	4번유두 2회 농침
	오전	2	8:03:42 AM	8:34:38 AM	1864	38.00	26.37	20.30	18.90	5.72	38.85	수동	수동	162.00	수동	
	오전	3	8:40:39 AM	8:59:10 AM	1111	수동	수동	수동	수동	수동	수동	수동	수동	893.00	수동	발로차서 착유컵 떨어트림
191213	오전	1	7:38:28 AM	7:54:20 AM	952	수동	수동	수동	수동	수동	수동	수동	수동	626.00	수동	
	오전	2	8:40:39 AM	8:59:10 AM		수동	수동	수동	수동	수동	수동	수동	수동		수동	
191217	오후	1	18:25:35 PM	18:46:43 PM	1268	수동	수동	수동	수동	2.16	3.90	3.25	3.87	528.00	수동	
	오후	2	19:18:30 PM	19:34:11 PM	881	14.72	6.44	32.31	27.16	9.25	8.57	3.32	3.69	609.00	수동	
	오후	3	19:39:50 PM	19:49:39 PM	589	28.15	22.25	13.65	13.85	9.81	8.81	2.81	10.54	289.00	수동	1번 착유컵 2번 농침
191218	오후	1	18:16:11 PM	18:38:35 PM	1344	수동	수동	수동	수동	58.84	3.69	7.65	18.59	397.00	수동	
	오후	2	18:50:47 PM	19:04:15 PM	748	46.86	12.06	29.68	19.68	6.81	5.44	2.60	19.62	483.00	수동	4번꼭지 한번 농침
	오후	3	19:07:36 PM	19:22:41 PM	1745	수동	수동	수동	수동	7.25	4.60	맹유두	수동	402.00	수동	1번컵을 4번꼭지에 장착, 3번유두가 짧아 6회 떨어트림
	오후	4	19:28:30 PM	19:55:30 PM	1800	120.59	17.06	87.41	30.47	9.21	16.41	14.88	2.59	600.00	수동	
191219	오전	1	7:37:34 AM	7:53:18 AM	944	15.35	16.44	8.28	8.21	9.50	8.21	4.37	20.07	550.00	수동	
	오전	2	7:58:08 AM	8:13:10 AM	902	31.81	7.69	8.91	8.90	17.25	3.06	7.50	7.13	317.00	수동	

일자	오전/ 오후	개체 별	출입시간	퇴장시간	착유 소요 시간 (초)	유두세 척시간(초)				유두인 식시간(초)				착유 지속 시간	후침지 (초)	특기사항
						유두1	유두2	유두3	유두4	유두1	유두2	유두3	유두4			
191219	오후	1	18:10:22 PM	18:27:26 PM	1026	12	17.25	10.87	16.23	2.47	21.46	6.63	3.06	544.00	수동	
	오후	2	18:39:01 PM	18:55:05 PM	964	30.50	8.56	7.78	23.19	4.50	25.13	2.59	7.22	452.00	수동	
	오후	3	18:59:55 PM	19:09:28 PM	573	15.72	26.00	8.78	8.94	7.56	90.47	25.35	9.96	848.00	수동	2번꼭지 4번 놓침
	오후	4	19:16:07 PM	19:31:17 PM	670	39.31	8.60	18.22	36.71	19.19	3.31	3.03	5.44	584.00	수동	
191220	오전	1	7:39:44 AM	7:53:33 AM	829	9.54	14.00	9.43	17.50	3.03	6.69	2.87	2.90	488.00	수동	
	오전	2	8:00:30 AM	8:15:08 AM	878	17.97	48.44	13.38	10.46	7.94	4.09	4.35	2.53	443.00	수동	
	오전	3	8:18:44 AM	8:27:01 AM	497	16.5	8.16	14.53	14.25	10.66	3.38	6.09	3	328	수동	

3. 로봇착유시스템 2호기 시험 운영

로봇착유시스템 2호기의 현장적용 평가를 실시하기 위하여 경기도 화성 소재의 농가(젖소 농가, 100두 규모 사육)와 협약을 체결하였다. 설치 완료 후 착유 가동을 통하여 지속적인 시스템 검증 및 문제점을 분석하였다.



그림 281 로봇착유시스템 설치 시공

가. 제2실증농장에 로봇착유기 시작기 설치

제1 실증농장의 시작기의 문제점을 보완한 로봇착유기 시작기를 설치하였다. 기존 착유실 펄트를 매립하여 로봇착유실 공간으로 시공하여 착유 중 배설하는 분뇨의 청소를 용이하게 하였으며 착유우의 대기공간, 착유공간, 퇴장로 등으로 공간을 구성하였다.



그림 282 착유스틀 설치



그림 283 급이기 설치



그림 284 출입 게이트 설치



그림 285 설치완료 장면

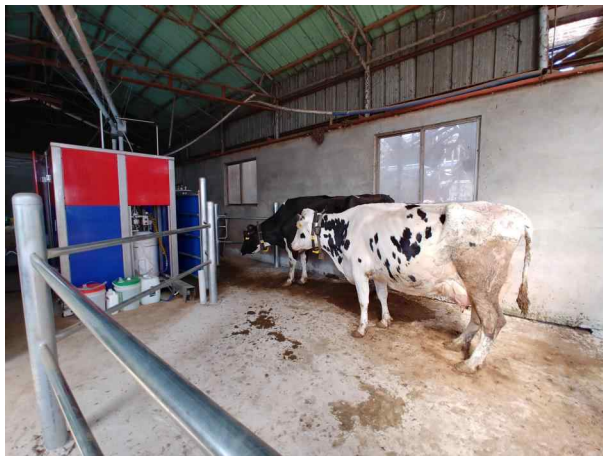


그림 286 착유기 출입대기

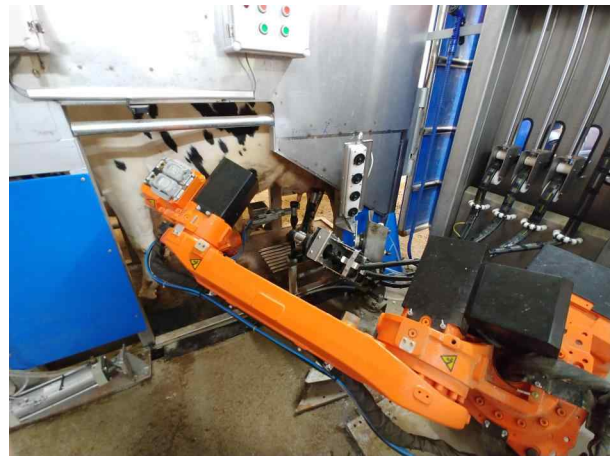


그림 287 착유장면

나. 로봇착유기 시작기 착유 성능

로봇착유기 시작기의 우유성분 실시간 분석용 센서에서 착유 중 유성분을 분석하였으며 그 결과는 아래와 같다.

표 32 젖소 개체의 분방별 착유량 및 전기전도도

개체별	분방별 착유량 (kg)	전기전도도 (mS/cm @25℃)
1	총 7.90kg -2.18 /2.09 /1.67 /1.84	평균 4.78 - 4.51 / 5.16 / 4.73 / 4.73
2	총 5.36kg -2.13 /1.32 /0.91 /0.89	평균 4.91 - 4.52 / 5.61 / 4.86 / 4.66
3	총 8.85kg -2.67 /2.81 /1.87 /1.30	평균 4.80 - 4.57 / 4.76 / 4.88 / 4.98
4	총 5.00kg -1.07 /1.71 /0.88 /1.17	평균 4.58 - 4.54 / 4.48 / 4.69 / 4.59
5	총 6.00kg -0.71 /1.92 /1.86 /1.37	평균 4.35 - 4.39 / 4.32 / 4.39 / 4.29
6	총 4.01kg -1.22 /1.28 /0.01 /1.34	평균 3.76 - 4.85 / 4.99 / 0.00 / 5.19

표 33 젓소 개체의 분방별 유속과 유지방

개체별	유속 (kg/min)	지방 (%g/100g)
1	평균1.05 - 0.90 / 0.97 / 0.97 / 1.36	평균 5.67 - 5.28 / 4.83 / 7.30 / 4.84
2	평균0.48 - 0.32 / 0.32 / 0.71 / 0.59	평균 4.56 - 4.66 / 4.12 / 4.81 / 4.92
3	평균0.70 - 0.51 / 0.85 / 0.73 / 0.70	평균 3.55 - 3.55 / 3.53 / 3.57 / 3.31
4	평균0.71 - 0.33 / 0.88 / 0.71 / 0.91	평균 5.78 - 5.96 / 5.65 / 5.54 / 4.76
5	평균0.56 - 0.31 / 0.68 / 0.64 / 0.60	평균 5.81 - 5.70 / 5.92 / 5.93 / 5.73
6	평균0.55 - 0.41 / 0.60 / 0.01 / 1.19	평균 3.33 - 4.40 / 3.94 / 0.56 / 4.94

표 34 젓소 개체의 분방별 우유단백질과 유당

개체별	우유단백질 (%g/100g)	유당 (%g/100g)
1	평균3.53 - 3.50 / 3.60 / 3.34 / 3.67	평균 4.88 - 5.18 / 5.06 / 4.39 / 4.89
2	평균3.63 - 3.58 / 3.57 / 3.72 / 3.67	평균 4.92 - 5.23 / 4.36 / 5.05 / 5.05
3	평균3.40 - 3.32 / 3.38 / 3.46 / 3.44	평균 5.05 - 5.20 / 5.03 / 4.96 / 5.01
4	평균3.27 - 3.17 / 3.26 / 3.24 / 3.43	평균 5.06 - 5.10 / 5.20 / 5.03 / 4.90
5	평균3.55 - 3.46 / 3.53 / 3.60 / 3.61	평균 5.31 - 5.24 / 5.35 / 5.35 / 5.29
6	평균3.18 - 3.30 / 3.38 / 2.97 / 3.06	평균 5.40 - 4.93 / 4.92 / 7.01 / 4.73

현재까지 해외제품과 기능적인 면에서 비교, 유속, 유질 등의 정보를 이용하여 제품의 성능을 검증하였다. 추후 관련 기관(농업기술 실용화 재단 등)이 지정되고 제품에 대한 공인인증 기준이 확립되면 해당 인증 기준에 적합 여부를 검증하여 제품 성능의 공신력을 높이도록 할 예정이다.

위생 관리를 위하여 가장 중요한 지표가 되는 세균수 및 체세포수 등의 항목은, 관련 자료를 수집하여 데이터화 하고 있다. 관련 제품의 전기 안전성, 내구성에 대한 공인인증 기준이 확립되면 해당 기준에 적합 여부를 검증하여 제시하겠다.

표 35 젓소 개체의 분방별 유방염 지수 및 혈유

개체별	유방염 (1분방)	유방염 (2분방)	유방염 (3분방)	유방염 (4분방)	혈유 (1분방) (Hb,mg/L)	혈유 (2분방) (Hb,mg/L)	혈유 (3분방) (Hb,mg/L)	혈유 (4분방) (Hb,mg/L)
1	3.94	5.64	0	4.06	0	0	0	0
2	5.23	3.17	4.05	3.76	0	0	0	0
3	6.38	8.03	6.93	3.85	0	0	0	0
4	1.42	5.33	3.71	2.98	0	0	0	0
5	2.37	6.23	7.81	5.11	0	0	0	0
6	2.69	4.67	0	3.53	0	0	0	0

표 36 젓소 개체의 분방별 최고유속과 분당 최고유속

개체별	최고유속 (kg/min)					분당최고유속 (min)				
1	평균1.88 -	3.00 /	3.00 /	0.00 /	2.0	평균1.88 -	3.00 /	3.00 /	0.00 /	1.50
2	평균3.19 -	7.00 /	3.25 /	1.25 /	1.0	평균3.19 -	7.00 /	3.25 /	1.25 /	1.25
3	평균2.54 -	3.92 /	2.83 /	2.00 /	1.0	평균2.54 -	3.92 /	2.83 /	2.00 /	1.42
4	평균2.31 -	0.08 /	6.00 /	2.00 /	1.0	평균2.31 -	0.08 /	6.00 /	2.00 /	1.17
5	평균2.31 -	1.83 /	2.50 /	2.08 /	3.0	평균2.31 -	1.83 /	2.50 /	2.08 /	2.83
6	평균2.27 -	4.00 /	2.50 /	0.00 /	3.0	평균2.27 -	4.00 /	2.50 /	0.00 /	2.58

표 37 젓소 개체의 분방별 우유의 최고전도도와 최고온도

개체별	최고전도도 (mS/cm @ 25°C)					최고온도 (°C)			
1	평균5,546.50-	4.75 /	6.83 /	5.51 /	5.10	36.04°C /	36.13°C /	31.88°C /	35.92°C
2	평균5,697.50-	4.79 /	7.16 /	5.82 /	5.03	35.69°C /	33.83°C /	35.56°C /	35.61°C
3	평균5,733.75-	5.31 /	5.61 /	6.54 /	5.48	35.86°C /	36.39°C /	35.09°C /	35.86°C
4	평균4,990.25-	4.75 /	4.92 /	5.34 /	4.96	32.17°C /	36.19°C /	34.43°C /	35.74°C
5	평균5,080.75-	5.58 /	4.78 /	5.38 /	4.59	33.95°C /	35.84°C /	35.36°C /	35.62°C
6	평균4,890.75-	5.90 /	6.06 /	1.82 /	5.79	33.65°C /	35.33°C /	23.90°C /	34.94°C

다. 젖소 개체의 착유소요시간

시험착유시 개체별 착유 소요시간은 1번개체 4분 44초, 2번개체 5분14초, 3번개체 6분 03초, 4번개체 4분15초, 5번개체 5분04초, 6번개체 6분16초로 시험농장의 외국산 로봇착유기 개체별 착유 소요시간 6분30초에 비하여 소요시간이 양호한 편이었다.

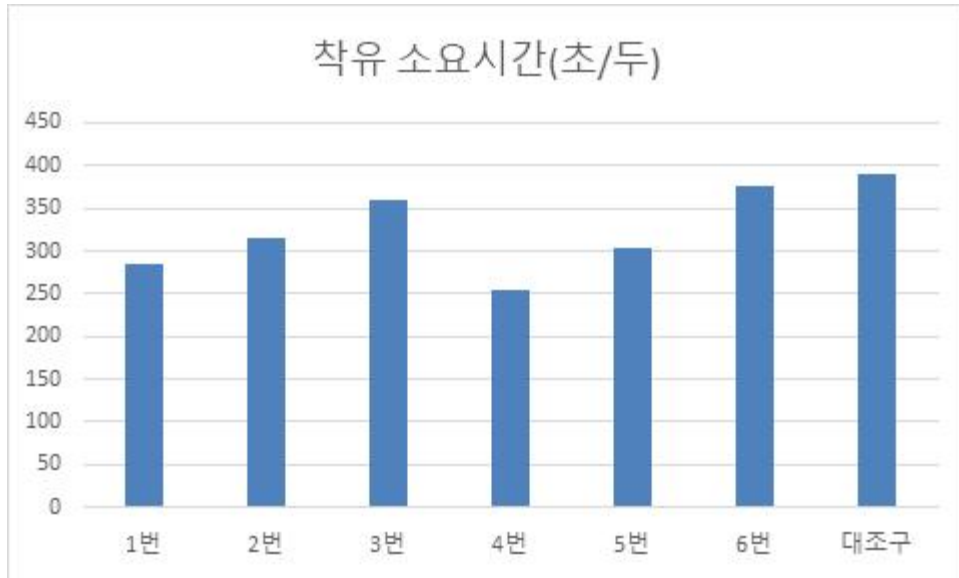


그림 288 로봇착유기 시작기와 외산 착유기(대조구)의 착유소요시간

라. 시험착유 개체별 유성분 분석결과

시험착유를 한 6두의 젖소와 외산 로봇착유기를 이용하여 착유하여 저온탱크에 보관중인 대조구의 우유성분을 분석한 결과 특별한 차이를 보이지 않았다.

표 38 로봇착유기 시작기 및 외산 로봇착유기를 이용하여 착유한 우유 성분 비교

구분	Fat	Protein	Lactose	Citric Acid	Cells	Solids	NPN/CU	FPD	FFA	SNF	
	(%m/m)	(%m/m)	(%m/m)	(mg/kg)	(k cells/ml)	(%m/m)	(mg /100g)	(m°C)	(meq /100g fat)	(%m/m)	
대조구	3.87	3.23	4.76	1535	169	12.57	12.46	521.81	1.4	8.75	
로봇 착유기 시작기	1번	4.76	3.7	4.31	1048	104	13.47	13.49	493.91	0.7	8.74
	2번	4.49	3.35	3.87	1372	366	12.38	16.18	442.25	0.8	7.94
	3번	3.4	2.89	4.33	1292	203	11.22	10.4	465.21	2	7.93
	4번	2.75	1.96	3.36	1216	12	8.74	9.89	344.3	0.9	6.04
	5번	5.49	3.98	4.31	1232	277	14.46	13.05	489.53	0.9	9.02
	6번	3.94	2.55	3.7	1081	158	10.84	12.75	461.38	1.8	6.95
	평균	4.14	3.07	3.98	1206.83	186.67	11.85	12.63	449.43	1.18	7.77

*대조구 : 외국산 착유로봇으로 착유하여 저장중인 우유 저장탱크에서 시료 채취

3절 착유로봇 표준화 방안 연구

1. ICT 연계 표준제어시스템 기술개발

ICT 연계 데이터 공유를 위하여 MQTT 기반의 표준 IoT 프로토콜을 적용하였다. IoT 환경에서 사용하기에 적합하도록 설계된 MQTT 프로토콜은 제한된 네트워크 및 다중 플랫폼 환경에서 성능이 제한된 노드들이 경량의 메시지로 통신할 수 있도록 설계된 프로토콜이다. 다른 프로토콜에 비해 작은 고정헤더와 오버헤드의 최소화로 제한된 환경에서 사용하기 적합하며, 배터리 소모량 및 트래픽 발생량이 적다는 장점이 있다.

착유 메인시스템과 로봇 통신은 MQTT를 적용하며, 메인시스템과 실시간 유질·유량 측정시스템과의 통신은 CAN을 적용하였다. 모든 설계 및 데이터의 구성은 개방형 제어 구조에 적합하도록 적용하였고 지속적인 연구 개발 및 관련 API를 공개 중이다.

표 39 착유 과정 DATA 전송 시퀀스

동작 위치 순번	착유로봇	착유 MAIN 시스템	유질·유량 측정 시스템	비고 (통신 유형)
1	젖소 개체 식별 후 RFID를 MAIN으로 전송			CAN
2		html 젖소 정보 수신		
		젖소 정보 측정시스템으로 전송		CAN
		게이트 폐쇄 및 사료 공급		
		착유로봇에 시작 지시		MQTT
3			젖소 개체 정보 표시	
4	유두 인식 및 유두 위치 착유 MAIN으로 전송			MQTT
5		측정시스템으로 세척 컨트롤 전송(4회 반복), 공압 작동 컨트롤 전송(4회 반복)		CAN
	유두 탐지 성공 MAIN에 유두 세척 지시(4회 반복)			MQTT
6		착유 시작	MAIN에서 공압 컨트롤 전송 받아 제어(4번 반복)	CAN
			착유 현황 표시 착유 공압 및 밀크통 제어, 전도도 측정, 유질분석 컨트롤 MAIN으로 착유 상황 실시간 DATA 전송 설정값 이하로 유속 저하 시 착유완료 및 최종DATA 전송	CAN
7		실시간 DATA 전송 착유 완료시 http 전송 게이트 개방, 사료 등을 제어 명령 세척 작업 제어 명령		MQTT

표 40 로봇착유시스템 메인 MQTT 전송 순서 및 종류

순번	명령 종류	명령 송신	명령 수신	CMD	ID	POS	JSON 예시
1	로봇 세척 소켓 정보	MAIN	robot	MAIN_REAL_TEAT	1~2	bit1~4	{ "CMD": "MAIN_REAL_TEAT", "ID": 1, "POS": 15, "RFID": 12, "TAIL": [42354, -35421, -35421], "REAR_RIGHT": [42354, -35421, -35421], "REAR_LEFT": [42354, -35421, -35421], "FRONT_RIGHT": [42354, -35421, -35421], "FRONT_LEFT": [42354, -35421, -35421] }
2	로봇 세척 위치 명령	MAIN	robot	MAIN_CLEAN	1~2	1~4	{ "CMD": "MAIN_CLEAN", "ID": 1, "POS": 1 }
3	로봇 세척 위치 이동 응답	robot	MAIN	ROBOT_CLEAN	1~2	1~4	{ "CMD": "ROBOT_CLEAN", "ID": 1, "POS": 1 }
4	그립퍼 ON	robot	MAIN	ROBOT_GRIPPER_ON			{ "CMD": "ROBOT_GRIPPER_ON" }
5	그립퍼 ON 응답	MAIN	robot	MAIN_GRIPPER_ON			{ "CMD": "MAIN_GRIPPER_ON" }
6	그립퍼 OFF	robot	MAIN	ROBOT_GRIPPER_OFF			{ "CMD": "ROBOT_GRIPPER_OFF" }
7	그립퍼 OFF 응답	MAIN	robot	MAIN_GRIPPER_OFF			{ "CMD": "MAIN_GRIPPER_OFF" }
8	세척진공 열기	robot	MAIN	ROBOT_CLEAN_VACUUM_ON	1~2		{ "CMD": "ROBOT_CLEAN_VACUUM_ON", "ID": 1 }
9	진공 열기 응답	MAIN	robot	MAIN_CLEAN_VACUUM_ON	1~2		{ "CMD": "MAIN_CLEAN_VACUUM_ON", "ID": 1 }
10	세척진공 닫기	robot	MAIN	ROBOT_CLEAN_VACUUM_OFF	1~2		{ "CMD": "ROBOT_CLEAN_VACUUM_OFF", "ID": 1 }
11	진공 닫기 응답	MAIN	robot	MAIN_CLEAN_VACUUM_OFF	1~2		{ "CMD": "MAIN_CLEAN_VACUUM_OFF", "ID": 1 }
12	로봇 세척 진공 정보	MAIN	robot	MAIN_CLEAN_CONN_OK	1~2		{ "CMD": "MAIN_CLEAN_CONN_OK", "ID": 1, "VALUE": 1 }
13	로봇 세척 진공 실패 정보	MAIN	robot	MAIN_CLEAN_CONN_FAIL	1~2		{ "CMD": "MAIN_CLEAN_CONN_FAIL", "ID": 1, "VALUE": 1 }
14	유두 세척 동작	robot	MAIN	ROBOT_CLEAN_TEAT_START	1~2		{ "CMD": "ROBOT_CLEAN_TEAT_START", "ID": 1, "TIME": 0, "ETC": 0 }
15	유두 세척 동작 응답	MAIN	robot	MAIN_CLEAN_TEAT_START	1~2		{ "CMD": "MAIN_CLEAN_TEAT_START", "ID": 1, "TIME": 0, "ETC": 0 }
16	유두 세척 긴급 정지	robot	MAIN	ROBOT_CLEAN_TEAT_STOP	1~2		{ "CMD": "ROBOT_CLEAN_TEAT_STOP", "ID": 1 }
17	유두 세척 긴급 정지 응답	MAIN	robot	MAIN_CLEAN_TEAT_STOP	1~2		{ "CMD": "MAIN_CLEAN_TEAT_STOP", "ID": 1 }
18	유두 세척 정지 알림	MAIN	robot	MAIN_CLEAN_TEAT_STOP_ARARM	1~2		{ "CMD": "MAIN_CLEAN_TEAT_STOP_ARARM", "ID": 1 }
19	세척컵 정지 알림 응답	robot	MAIN	ROBOT_CLEAN_TEAT_START_ARARM	1~2		{ "CMD": "ROBOT_CLEAN_TEAT_START_ARARM", "ID": 1 }

순번	명령 종류	명령 송신	명령 수신	CMD	ID	POS	JSON 예시
20	로봇 세척 완료 알림	robot	MAIN	ROBOT_CLEAN_OK	1~2		{ "CMD": "ROBOT_CLEAN_OK", "ID": 1, "RFID": 12, "TAIL": [123.2, 321.1, -123.4], "REAR_RIGHT": [123.2, 321.1, -123.4], "REAR_LEFT": [123.2, 321.1, -123.4], "FRONT_RIGHT": [123.2, 321.1, -123.4], "FRONT_LEFT": [123.2, 321.1, -123.4] }
21	로봇 착유 소젖 정보	MAIN	robot	MAIN_MILK_TEAT	1~2	bit1~4	{ "CMD": "MAIN_MILK_TEAT", "ID": 1, "POS": 15, "RFID": 12, "TAIL": [42354, -35421, -35421], "REAR_RIGHT": [42354, -35421, -35421], "REAR_LEFT": [42354, -35421, -35421], "FRONT_RIGHT": [42354, -35421, -35421], "FRONT_LEFT": [42354, -35421, -35421] }
22	로봇 착유 소젖 정보 응답	robot	MAIN	ROBOT_MILK_TEAT	1~2	bit1~4	{ "CMD": "ROBOT_MILK_TEAT", "ID": 1, "POS": 16 }
23	실린더 열기 (CYL OPEN)	robot	MAIN	ROBOT_CYL_OPEN	1~2	1~4	{ "CMD": "ROBOT_CYL_OPEN", "ID": 1, "POS": 1 }
24	실린더 열기 응답	MAIN	robot	MAIN_CYL_OPEN	1~2	1~4	{ "CMD": "MAIN_CYL_OPEN", "ID": 1, "POS": 1 }
25	실린더 닫기 (CYL CLOSE)	robot	MAIN	ROBOT_CYL_CLOSE	1~2	1~4	{ "CMD": "ROBOT_CYL_CLOSE", "ID": 1, "POS": 1 }
26	실린더 닫기 응답	MAIN	robot	MAIN_CYL_CLOSE	1~2	1~4	{ "CMD": "MAIN_CYL_CLOSE", "ID": 1, "POS": 1 }
27	진공 열기 (VACUUM ON)	robot	MAIN	ROBOT_VACUUM_ON	1~2	1~4	{ "CMD": "ROBOT_VACUUM_ON", "ID": 1, "POS": 1 }
28	진공 열기 응답	MAIN	robot	MAIN_VACUUM_ON	1~2	1~4	{ "CMD": "MAIN_VACUUM_ON", "ID": 1, "POS": 1 }
29	진공 닫기 (VACUUM OFF)	robot	MAIN	ROBOT_VACUUM_OFF	1~2	1~4	{ "CMD": "ROBOT_VACUUM_OFF", "ID": 1, "POS": 1 }
30	진공 닫기 응답	MAIN	robot	MAIN_VACUUM_OFF	1~2	1~4	{ "CMD": "MAIN_VACUUM_OFF", "ID": 1, "POS": 1 }
31	로봇 진공 정보	MAIN	robot	MAIN_TEAT_CONN_OK	1~2	1~4	{ "CMD": "MAIN_TEAT_CONN_OK", "ID": 1, "POS": 1 }
32	로봇 진공 실패 정보	MAIN	robot	MAIN_TEAT_CONN_FAIL	1~2	1~4	{ "CMD": "MAIN_TEAT_CONN_FAIL", "ID": 1, "POS": 1 }
33	수동 전환 명령	PC	MAIN	TEST_MANUAL_MODE	1~2		{ "CMD": "TEST_MANUAL_MODE", "ID": 1 }
34	수동 전환을 알림	MAIN	robot	MAIN_TEAT_MANUAL	1~2		{ "CMD": "MAIN_TEAT_MANUAL", "ID": 1 }
35	자동 전환 명령	MAIN	PC	TEST_AUTO_MODE	1~2		{ "CMD": "TEST_AUTO_MODE", "ID": 1 }
36	자동 전환을 알림	MAIN	robot	MAIN_TEAT_AUTO	1~2		{ "CMD": "MAIN_TEAT_AUTO", "ID": 1 }

순번	명령 종류	명령 송신	명령 수신	CMD	ID	POS	JSON 예시
37	로봇 착유 셋팅 완료 알림	robot	MAIN	ROBOT_MILK_OK	1~2		{ "CMD": "ROBOT_MILK_OK", "ID": 1, "RFID": 12, "TAIL": [42354, -35421, -35421], "REAR_RIGHT": [42354, -35421, -35421], "REAR_LEFT": [42354, -35421, -35421], "FRONT_RIGHT": [42354, -35421, -35421], "FRONT_LEFT": [42354, -35421, -35421] }
38	공압 떨어짐을 알림	MAIN	robot	MAIN_MILK_CUP_DROP	1~2		{ "CMD": "MAIN_MILK_CUP_DROP", "ID": 1 }
39	착유 종료 알림	MAIN	robot	MAIN_END	1~2		{ "CMD": "MAIN_END", "ID": 1, "POS": 15, "IMMERSION": 1, "RFID": 12 }
40	침지 동작	robot	MAIN	ROBOT_IMMERSION_START			{ "CMD": "ROBOT_IMMERSION_START", "TIME": 0, "ETC": 0 }
41	침지 동작 응답	MAIN	robot	MAIN_IMMERSION_START			{ "CMD": "MAIN_IMMERSION_START", "TIME": 0, "ETC": 0 }
42	침지 긴급 정지	robot	MAIN	ROBOT_IMMERSION_STOP			{ "CMD": "ROBOT_IMMERSION_STOP" }
43	침지 긴급 정지 응답	MAIN	robot	MAIN_IMMERSION_STOP			{ "CMD": "MAIN_IMMERSION_STOP" }
44	침지 정지 알림	MAIN	robot	MAIN_IMMERSION_STOP_ALARM			{ "CMD": "MAIN_IMMERSION_STOP_ALARM" }
45	침지 정지 알림 응답	robot	MAIN	ROBOT_IMMERSION_START_ALARM			{ "CMD": "ROBOT_IMMERSION_START_ALARM" }
46	침지 완료를 알림	robot	MAIN	ROBOT_IMMERSION_END			{ "CMD": "ROBOT_IMMERSION_END" }
47	침지 완료를 응답	MAIN	robot	MAIN_IMMERSION_END			{ "CMD": "MAIN_IMMERSION_END" }
48	카메라 세척 동작	robot	MAIN	ROBOT_CAM_CLEAN_START			{ "CMD": "ROBOT_CAM_CLEAN_START", "TIME": 0, "ETC": 0 }
49	카메라 세척 동작 응답	MAIN	robot	MAIN_CAM_CLEAN_START			{ "CMD": "MAIN_CAM_CLEAN_START", "TIME": 0, "ETC": 0 }
50	카메라 세척 긴급 정지	MAIN	MAIN	ROBOT_CAM_CLEAN_STOP			{ "CMD": "ROBOT_CAM_CLEAN_STOP" }
51	카메라 세척 긴급 정지 응답	MAIN	robot	MAIN_CAM_CLEAN_STOP			{ "CMD": "MAIN_CAM_CLEAN_STOP" }
52	카메라 세척 정지 알림	MAIN	robot	MAIN_CAM_CLEAN_STOP_ALARM			{ "CMD": "MAIN_CAM_CLEAN_STOP_ALARM" }
53	카메라 세척 정지 알림 응답	robot	robot	ROBOT_CAM_CLEAN_STOP_ALARM			{ "CMD": "ROBOT_CAM_CLEAN_STOP_ALARM" }
54	메인 셋팅 조정	PC	MAIN	MAIN_SET		1~50	{ "CMD": "MAIN_SET", "POS": 3, "VALUE": 150 }
55	메인 셋팅 조정 응답	MAIN	PC	MAIN_SET_OK		1~50	{ "CMD": "MAIN_SET_OK", "POS": 3, "VALUE": 150 }

순번	명령 종류	명령 송신	명령 수신	CMD	ID	POS	JSON 예시
56	메터 셋팅 값 요청	PC	MAIN	REQ_MAIN_SET_READ		1~50	{"CMD":"REQ_MAIN_SET_READ","POS":3}
57	메터 셋팅 값 응답	MAIN	PC	RESP_MAIN_SE T_READ		1~50	{"CMD":"RESP_MAIN_SET_READ","POS":3,"VALUE":150}
58	급이만 시작	MAIN	robot	MAIN_FEED_O NLY_START	1~2		{"CMD":"MAIN_FEED_ONLY_START","ID":1,"RFID":1}
59	급이만 완료	MAIN	robot	MAIN_FEED_O NLY_END	1~2		{"CMD":"MAIN_FEED_ONLY_END","ID":1,"RFID":1}
60	로봇 상태 알림	MAIN	robot	ROBOT_STATUS	1~2		{"CMD":"ROBOT_STATUS","ROBOT":1,"LEFT_CAM":1,"CENTER_CAM":1,"RIGHT_CAM":1}
61	비상정지	PC	MAIN	TEST_SHUT_DO WN	1~2		{"CMD":"TEST_SHUT_DOWN","ID":1}
62	비상정지 정보 알림	MAIN	robot	MAIN_SHUT_D OWN	1~2		{"CMD":"MAIN_SHUT_DOWN","ID":1,"NOWTIME":"19.08.30 16:42:21"}
63	수동착유 전체시작	PC	MAIN	TEST_MANUAL _MILK_ALL	1~2		{"CMD":"TEST_MANUAL_MILK_ALL","ID":1}
64	수동착유 전체시작 알림	MAIN	PC	MAIN_MANUA L_MILK_ALL	1~2		{"CMD":"TEST_MANUAL_MILK_START","ID":1}
65	개별 수동 착유 요청	PC	MAIN	TEST_MANUAL _MILK_START	1~2	1~4	{"CMD":"TEST_MANUAL_MILK_START","ID":1,"POS":1}
66	개별 수동착유 응답	MAIN	PC	MAIN_MANUA L_MILK_START	1~2	1~4	{"CMD":"MAIN_MANUAL_MILK_START","ID":1,"POS":1}
67	개별 수동 착유 정지 요청	PC	MAIN	TEST_MANUAL _MILK_STOP	1~2	1~4	{"CMD":"TEST_MANUAL_MILK_STOP","ID":1,"POS":1}
68	개별 수동착유 정지 응답	MAIN	PC	MAIN_MANUA L_MILK_STOP	1~2	1~4	{"CMD":"MAIN_MANUAL_MILK_STOP","ID":1,"POS":1}
69	소 입장 테스트	PC	MAIN	TEST_COW_IN	1~2	1~4	{"CMD":"TEST_COW_IN","ID":1,"RFID":1}
70	밀크컵 열기 요청	PC	MAIN	ROBOT_MILKC UP_ON	1~2		{"CMD":"ROBOT_MILKCUP_ON","ID":1}
71	밀크컵 열기 응답	MAIN	PC	MAIN_MILKCU P_ON	1~2		{"CMD":"MAIN_MILKCUP_ON","ID":1}
72	밀크컵 닫기 요청	PC	MAIN	ROBOT_MILKC UP_OFF	1~2		{"CMD":"ROBOT_MILKCUP_OFF","ID":1}
73	밀크컵 닫기 응답	MAIN	PC	MAIN_MILKCU P_OFF	1~2		{"CMD":"MAIN_MILKCUP_OFF","ID":1}
74	로봇 스탱 요청	PC	robot	ROBOT_STOP	1~2		{"CMD":"ROBOT_STOP", "ID" : 0, "POS" : 0}
75	로봇 스탱 응답	robot	PC	ROBOT_STOP_A CK	1~2		{"CMD":"ROBOT_STOP_ACK", "ID" : 1, "POS" : 1}
76	로봇 복귀 요청	PC	robot	ROBOT_ORIGIN	1~2		{"CMD":"ROBOT_ORIGIN", "ID" : 0, "POS" : 0}
77	로봇 복귀 응답	robot	PC	ROBOT_ORIGIN _ACK	1~2		{"CMD":"ROBOT_ORIGIN_ACK", "ID" : 1, "POS" : 1}
78	로봇 스캔 요청	PC	robot	ROBOT_SCAN	1~2		{"CMD":"ROBOT_SCAN", "ID" : 0, "POS" : 0}
79	로봇 스캔 요청	robot	PC	ROBOT_SCAN_ ACK	1~2		{"CMD":"ROBOT_SCAN_ACK", "ID" : 1, "POS" : 1}
80	로봇 예비동작 요청	PC	robot	ROBOT_ETC	1~2		{"CMD":"ROBOT_ETC", "ID" : 0, "POS" : 0}

순번	명령 종류	명령 송신	명령 수신	CMD	ID	POS	JSON 예시
81	로봇 예비동작 응답	robot	PC	ROBOT_ETC_ACK	1~2		{"CMD": "ROBOT_ETC_ACK", "ID" : 1, "POS" : 1}
82	로봇 착유 테스트 명령	PC	MAIN	TEST_COW_MILKING	1~2		{"CMD": "TEST_COW_MILKING", "ID" : 1, "POS" : 0, "RFID": 1}
83	로봇 세척 명령 응답	robot	MAIN	ROBOT_REAL_TEAT	1~2		{"CMD": "ROBOT_REAL_TEAT", "ID" : 1, "POS" : 0, "RFID": 1}
84	로봇 세척 테스트 명령 응답	PC	MAIN	TEST_CLEAN_TEAT	1~2	16	{"CMD": "ROBOT_REAL_TEAT", "ID" : 1, "POS" : 16}
85	메인 착유 재시도 알림	MAIN	robot	MAIN_TEAT_RESTART	1~2		{"CMD": "MAIN_TEAT_RESTART", "ID" : 1, "POS" : 16}
86	로봇 착유 재시도 응답	robot	MAIN	ROBOT_TEAT_RESTART	1~2		{"CMD": "ROBOT_TEAT_RESTART", "ID" : 1, "POS" : 16}
87	로봇 장착 재시도 알림	robot	MAIN	ROBOT_OPERATION_RESTART	1~2		{"CMD": "ROBOT_OPERATION_RESTART", "ID" : 1, "POS" : 16}
88	로봇 착유 재시도 응답	MAIN	robot	MAIN_OPERATION_RESTART	1~2		{"CMD": "MAIN_OPERATION_RESTART", "ID" : 1, "POS" : 16}

착유 메인시스템과 착유로봇의 통신 시 작성되는 MQTT는 다음과 같은 예시들이 있다.

```
{ "CMD": "ROBOT_START", "ID": 1, "VALUE": 1 }
```

메인시스템에서 착유로봇에 시작을 알림, ID 로봇어드레스, VALUE 스타트: 1/스톱: 0

```
{ "CMD": "MAIN_CLEAN", "ID": 1, "POS": 1, "VALUE": 1 }
```

착유로봇이 메인시스템으로 세척을 요청함, ID 로봇어드레스, POS 젓꼭지 순번, VALUE 스타트: 1/스톱

```
{ "CMD": "CLEAN_CHECK", "ID": 1, "POS": 1, "VALUE": 1 }
```

메인시스템이 착유로봇에 세척 완료 알림, ID 로봇어드레스, POS 젓꼭지 순번 VALUE 성공: 1/ 실패: 0

```
{ "CMD": "MAIN_AIR", "ID": 1, "POS": 1, "VALUE": 1 }
```

착유로봇이 메인시스템에 공압을 요청함, ID 로봇어드레스, POS 젓꼭지 순번, VALUE 스타트: 1/스톱: 0

```
{ "CMD": "FINISH", "ID": 1 } * 공압체크하여 4개의 젓꼭지 판단이 되면 완료를 알림
```

메인시스템이 착유로봇에 4개의 공압이 완료됐음을 알림, ID 로봇어드레스

```
{ "CMD": "TEST_MILK", "ID": 1, "VALUE": 1 }
```

착유로봇이 메인시스템에 1: 착유 시작, 2: 착유 종료를 알림

착유 메인시스템과 착유로봇 사용자 PC에 저장되는 데이터베이스의 통신 시 작성되는 MQTT는 다음과 같은 예시들이 있다.

```
{“CMD“:“MILK_DATA“,“SEQ“:1,“DATA“:[1256729737,0,10000,2230,15500,12300,12300,11100],“STATUS“:“MILKING“}
```

착유 메인시스템에서 데이터베이스로 착유 실시간 데이터를 5초 간격으로 전송함

SEQ : 들어온 값 리턴

DATA[0] : 시간 값 3bit

DATA[1] : 유량종류(0~5)

DATA[2] : 총유량(0~127000)

DATA[3] : 전도도1(0~8192)

DATA[4] : 전도도2(0~8192)

DATA[5] : 전도도3(0~8192)

DATA[6] : 전도도4(0~8192)

DATA[7] : 유속1(0~1000)

DATA[8] : 유속 2(0~1000)

DATA[9] : 유속 3(0~1000)

DATA[10] : 유속 4(0~1000)

DATA[11] : 온도(-20000~120000)

DATA[12] : 단백질(-127000~127000)

DATA[13] : 지방(-127000~127000)

DATA[14] : S전도도(-127000~127000)

DATA[15] : 유당(-127000~127000)

DATA[16] : 피(-127000~127000)

“STATUS“: “MILKING“,“MILK_END“

전체 메인 MQTT 정의에 이어 세척 기능 수행 시, 착유실 내 자동급이기 기능 수행 시, 유질분석장치 기능 수행 시의 세부적인 MQTT 전송을 규정하였다.

표 41 세척 기능 수행 시 MQTT 전송 예시

순번	명령 종류	명령 송신	명령 수신	CMD	JSON 예시
1	전체세척시작	MQTT	MAIN	ALL_CLEAN_START	{"CMD":"ALL_CLEAN_START"}
2	전체세척정지	MQTT	MAIN	ALL_CLEAN_STOP	{"CMD":"ALL_CLEAN_STOP"}
3	전세척시작	MQTT	MAIN	PRE_CLEAN_START	{"CMD":"PRE_CLEAN_START"}
4	전세척정지	MQTT	MAIN	PRE_CLEAN_STOP	{"CMD":"PRE_CLEAN_STOP"}
5	약품2단계 시작	MQTT	MAIN	PRE2_CLEAN_START	{"CMD":"PRE2_CLEAN_START"}
6	약품2단계 정지	MQTT	MAIN	PRE2_CLEAN_STOP	{"CMD":"PRE2_CLEAN_STOP"}
7	약품4단계 시작	MQTT	MAIN	PRE3_CLEAN_START	{"CMD":"PRE3_CLEAN_START"}
8	약품4단계 정지	MQTT	MAIN	PRE3_CLEAN_STOP	{"CMD":"PRE3_CLEAN_STOP"}

표 42 착유실 내 자동급이 기능 수행 시 MQTT 전송 예시

순번	명령 종류	명령 송신	명령 수신	CMD	JSON 예시
1	전체세척시작	PC	MAIN	ALL_CLEAN_START	{"CMD":"ALL_CLEAN_START","STATUS":"0","URL":"0"}
2	전체세척정지	PC	MAIN	ALL_CLEAN_STOP	{"CMD":"ALL_CLEAN_STOP","STATUS":"0","URL":"0"}
3	전세척시작	PC	MAIN	PRE_CLEAN_START	{"CMD":"PRE_CLEAN_START","STATUS":"0","URL":"0"}
4	전세척정지	PC	MAIN	PRE_CLEAN_STOP	{"CMD":"PRE_CLEAN_STOP","STATUS":"0","URL":"0"}
5	급이기 자동 요청	PC	MAIN	FEEDING_AUTO	{"CMD":"FEEDING_AUTO","STATUS":"114","ID":2,"URL":null}
6	급이기 자동 응답	MAIN	PC	MAIN_FEEDING_AUTO	{"CMD":"MAIN_FEEDING_AUTO","STATUS":"114","ID":2,"URL":null}
7	급이기 수동 요청	PC	MAIN	FEEDING_MENUAL	{"CMD":"FEEDING_MENUAL","STATUS":"115","ID":2,"URL":null}
8	급이기 수동 응답	MAIN	PC	MAIN_FEEDING_MENUAL	{"CMD":"MAIN_FEEDING_MENUAL","STATUS":"115","ID":2,"URL":null}
9	급이기 입구 열기 요청	PC	MAIN	FEEDING_IN_OPEN	{"CMD":"FEEDING_IN_OPEN","STATUS":"116","ID":2,"URL":null}
10	급이기 입구 열기 응답	MAIN	PC	MAIN_FEEDING_IN_OPEN	{"CMD":"MAIN_FEEDING_IN_OPEN","STATUS":"116","ID":2,"URL":null}
11	급이기 입구 닫기 요청	PC	MAIN	FEEDING_IN_CLOSE	{"CMD":"FEEDING_IN_CLOSE","STATUS":"117","ID":2,"URL":null}
12	급이기 입구 닫기 응답	MAIN	PC	MAIN_FEEDING_IN_CLOSE	{"CMD":"MAIN_FEEDING_IN_CLOSE","STATUS":"117","ID":2,"URL":null}
13	급이기 출구 열기 요청	PC	MAIN	FEEDING_OUT_OPEN	{"CMD":"FEEDING_OUT_OPEN","STATUS":"118","ID":2,"URL":null}
14	급이기 출구 열기 응답	MAIN	PC	MAIN_FEEDING_OUT_OPEN	{"CMD":"MAIN_FEEDING_OUT_OPEN","STATUS":"118","ID":2,"URL":null}
15	급이기 출구 닫기 요청	PC	MAIN	FEEDING_OUT_CLOSE	{"CMD":"FEEDING_OUT_CLOSE","STATUS":"119","ID":2,"URL":null}
16	급이기 출구 닫기 응답	MAIN	PC	MAIN_FEEDING_OUT_CLOSE	{"CMD":"MAIN_FEEDING_OUT_CLOSE","STATUS":"119","ID":2,"URL":null}
17	사료통 올림 요청	PC	MAIN	FEEDING_UP	{"CMD":"FEEDING_UP","STATUS":"120","ID":2,"URL":null}
18	사료통 올림 응답	MAIN	PC	MAIN_FEEDING_UP	{"CMD":"MAIN_FEEDING_UP","STATUS":"120","ID":2,"URL":null}
19	사료통 내림 요청	PC	MAIN	FEEDING_DOWN	{"CMD":"FEEDING_DOWN","STATUS":"121","ID":2,"URL":null}
20	사료통 내림 응답	MAIN	PC	MAIN_FEEDING_DOWN	{"CMD":"MAIN_FEEDING_DOWN","STATUS":"121","ID":2,"URL":null}
21	엉덩이 밀기 요청	PC	MAIN	FEEDING_HIP_FORWARD	{"CMD":"FEEDING_HIP_FORWARD","STATUS":"122","ID":2,"URL":null}
22	엉덩이 밀기 응답	MAIN	PC	MAIN_FEEDING_HIP_FORWARD	{"CMD":"MAIN_FEEDING_HIP_FORWARD","STATUS":"122","ID":2,"URL":null}
23	엉덩이 빼기 요청	PC	MAIN	FEEDING_HIP_BACK	{"CMD":"FEEDING_HIP_BACK","STATUS":"123","ID":2,"URL":null}
24	엉덩이 빼기 응답	MAIN	PC	MAIN_FEEDING_HIP_BACK	{"CMD":"MAIN_FEEDING_HIP_BACK","STATUS":"123","ID":2,"URL":null}
25	소 퇴장유도 타격 요청	PC	MAIN	FEEDING_COW_OUT_HIT	{"CMD":"FEEDING_COW_OUT_HIT","STATUS":"124","ID":2,"URL":null}
26	소 퇴장유도 타격 응답	MAIN	PC	MAIN_FEEDING_COW_OUT_HIT	{"CMD":"MAIN_FEEDING_COW_OUT_HIT","STATUS":"124","ID":2,"URL":null}

표 43 유질분석장치 수행 시 MQTT 전송 예시

순번	명령 종류	명령 송신	명령 수신	CMD	STATUS	POS	JSON 예시	비고
1	분석기 셋팅 조정	PC	MAIN	METER_SET	1~20	1~30	{"CMD": "METER_SET", "ID": "1", "POS": "7", "VALUE": "150"}	분석기 ID
2	분석기 셋팅 조정 응답	MAIN	PC	METER_SET_OK	1~20	1~30	{"CMD": "METER_SET_OK", "ID": "1", "POS": "7", "VALUE": "150"}	
3	분석기 셋팅 값 요청	PC	MAIN	REQ_METER_SET_READ	1~20	1~30	{"CMD": "REQ_METER_SET_READ", "ID": "1", "POS": "7"}	
4	분석기 셋팅 값 응답	MAIN	PC	RESP_METER_SET_READ	1~20	1~30	{"CMD": "RESP_METER_SET_READ", "ID": "1", "POS": "7", "VALUE": "150"}	
5	칼리브레이션	PC	MAIN	SABER_CALI_SET	1~2	1~20	{"CMD": "SABER_CALI_SET", "ID": "1", "POS": "5",	
							"MODE": "0,	0: 착유량, 유지방, 유단백, 유당 1: 착유량, 유지방, 유단백 칼리브레이션
							"COUNT": "10,	착유 데이터 사용 개수
							"LACTOS": "2.010,	유당
							"YIELD": "2.010,	착유량
							"FAT": "2.001,	유지방
"PROTEIN": "2.002}	유단백							
6	칼리브레이션 성공	MAIN	PC	CALL_ACK_DATA	1~2	1~20	{"CMD": "CALL_ACK_DATA", "ID": "1", "POS": "1"}	
7	칼리브레이션 실패	MAIN	PC	CALL_NCK_DATA	1~2	1~20	{"CMD": "CALL_NCK_DATA", "ID": "1", "POS": "1"}	

젖소 관련 개체정보, 착유 정보, 급이 정보를 전송 시 착유 메인시스템, 유량·유질분석시스템, 착유로봇과의 CAN 통신 전송을 규정하였다.

표 44 젓소 정보 착유 메인시스템에서 유질분석시스템으로 전송 시 CAN 데이터 예시

항목	변수명	자료형태	데이터 예제	비고(데이터 예제 해석)
관리 번호	Seq	int	58	Dawoon 관리번호
이표 번호	nationalID	string	"123ABC456"	12자리 소 등록정보
개체 번호	ownerNo	string	"9051"	문자열관리
RFID	Rfid	int	51	4자리 숫자
산차	boreDay	int	1256729737	09-10-28 11:35:37
착유일수	milkingDays	int	5	5일째
사료설정1	feedSet1	int	12300	셋팅 사료 g
사료설정2	feedSet2	int	15500	15.5kg
사료설정3	feedSet3	int	13200	13200g
섭취량1	feedSetLast1	int	11100	먹은 사료
섭취량2	feedSetLast2	int	12100	
섭취량3	feedSetLast3	int	10000	
최근착유량1 오전	milkLastAm1	int	2500	2.500mL
최근착유량2 오전	milkLastAm2	int	2501	2.501mL
최근착유량3 오전	milkLastAm3	int	2502	2.502mL
최근착유량4 오전	milkLastAm4	int	2503	2.503mL
최근착유량5 오전	milkLastAm5	int	2504	2.504mL
최근착유량6 오전	milkLastAm6	int	2505	2.505mL
최근착유량7 오전	milkLastAm7	int	2506	2.506mL
최근착유량1 오후	milkLastPm1	int	2507	2.507mL
최근착유량2 오후	milkLastPm2	int	2508	2.508mL
최근착유량3 오후	milkLastPm3	int	2509	2.509mL
최근착유량4 오후	milkLastPm4	int	2510	2.510mL
최근착유량5 오후	milkLastPm5	int	2511	2.511mL
최근착유량6 오후	milkLastPm6	int	2512	2.512mL
최근착유량7 오후	milkLastPm7	int	2513	2.513mL

기존 시장에 여러 착유 관련 제품들은 수입품을 기준으로 보급되어있다. 제품 개발 단계에서부터 해외제품을 비교 분석하였고, 관련 데이터의 포맷이나 정량적 수치의 개념을 호환 가능하도록 작업하였다. 유량 및 유질에 대한 정보는 데이터의 규격이 대동소이하고 해외제품 간 호환체계가 수립되어 있는 경우가 많다.

국내 빅데이터 구축센터와 업무 교류를 통해 관련 데이터를 표준화하고 데이터 전송을 위한 준비를 마쳤다.

표 45 젓소 정보 유질분석시스템에서 착유메인시스템으로 전송 시 CAN 데이터 예시

항목	변수명	자료형태	데이터 예제	비고(데이터 예제 해석)
관리 번호	Seq	int	1234	Dawoon 관리번호
착유시간	배열0	int	500	착유초(1second)
유량종류	1	int	0	0 : 총량 1~4: 젓꼭지별
총유량	2	int	10000	10000mL
전도도1	3	Int	2230	센서 adc값
전도도2	4	int	2230	센서 adc값
전도도3	5	Int	2230	센서 adc값
전도도4	6	Int	2230	센서 adc값
유속1	7	Int	500	1~1000(1ms 단위)
유속2	8	int	500	1~1000(1ms 단위)
유속3	9	Int	500	1~1000(1ms 단위)
유속4	10	Int	500	1~1000(1ms 단위)
온도	11	int	15500	센서 adc값 15.5
단백질	12	int	12300	유질분석기기 값 12.3
지방	13	int	12300	유질분석기기 값 12.3
전도도	14	int	12300	
유당	15	int	12300	
피	배열16	int	11100	유질분석기기 값 11.1
유방염	17	int	11100	유질분석기기 값 11.1
이동률	18	int	11100	유질분석기기 값 11.1
총이동률	19	int	11100	유질분석기기 값 11.1
평균이동률	20	int	11100	유질분석기기 값 11.1
작동시간	21	int	11100	유질분석기기 값 11.1

표 46 젓소 정보 유질분석시스템에서 착유메인시스템으로 전송 시 DATA 형태

ID	BIT 29	BIT 28~16	BIT 15~8	BYTE 7	BYTE 6	BYTE 5	BYTE 4	BYTE 3	BYTE 2	BYTE 1	BYTE 0
0	MAIN	분석기ID	분석기 번호ID	착유초1	착유초0	유량종류	관리번호 3	관리번호 2	관리번호 1	관리번호 0	6: 소완료
1	METER	급이기ID		총유량 1_3	총유량 1_2	총유량 1_1	총유량 1_0	유량1_3	유량1_2	유량1_1	유량1_0
2		세척ID		전도도 4_1	전도도 4_0	전도도 3_1	전도도 3_0	전도도 2_1	전도도 2_0	전도도 1_1	전도도 1_0
3		전원 컨트롤ID		유속4_1	유속4_0	유속3_1	유속3_0	유속2_1	유속2_0	유속1_1	유속1_0
4				온도1_3	온도1_2	온도1_1	온도2_0	온도1_3	온도1_2	온도1_1	온도1_0
5				단백질3	단백질2	단백질1	단백질0	총유량 2_3	총유량 2_2	총유량 2_1	총유량 2_0
6				전도도4	전도도3	전도도2	전도도1	유당4	유당3	유당2	유당1
7				피3	피2	피1	피0	지방3	지방2	지방1	지방0
8				이동률4	이동률3	이동률2	이동률1	유방염4	유방염3	유방염2	유방염1
9				평균이동 4	평균이동 3	평균이동 2	평균이동 1	총이동률 4	총이동률 3	총이동률 2	총이동률 1
10								작동시간 4	작동시간 3	작동시간 2	작동시간 1

2. 이종기기간 연계 가능한 오픈소스 기반 표준 인터페이스 제작

가. 자동사료 급이기와 연동 PC 프로그램을 이용한 로봇착유기의 제어

사용자는 로봇착유기 제어용 PC 통합관리 프로그램을 통하여 착유로봇의 착유기능 설정 및 제어, 젖소의 개체별 급이 제어 및 관리, 착유 현황 모니터링, 유질·유량 데이터 통계 등 각종 조회가 가능하다.




그림 289 사용자 PC용 로봇착유 제어 프로그램의 실행 후 초기화면 구성

착유로봇을 구동 및 제어, 각종 데이터 처리를 하기 위하여 로봇착유 제어 프로그램을 사용자 PC에 설치 후 실행한다. 제어 프로그램은 로봇착유의 착유기능 구동 및 급이관리 기능, 착유 현황 데이터 통계 등 각종 전산처리의 기능도 겸하고 있다. 상단 메뉴바의 버튼을 클릭하여 해당 기능의 이용이 가능하다. 농가의 젖소 개체를 관리하는 “개체입력” 메뉴, 착유스톨 내 자동 사료 급이기를 관제하는 “급이현황”, 착유 관련 모니터링과 데이터 수집 및 저장이 가능한 “착유” 등의 메뉴 버튼이 있다.



그림 290 PC 프로그램의 상단 메뉴바

상단 메뉴바의 “착유”  버튼을 클릭하여 착유 관련 메뉴로 진입할 시 로봇착유기 제어용 PC 프로그램의 착유 정보 관리가 가능하다. 착유현황표에 제시되는 항목은 개별 젖소의 번호, 착유 일시, 착유량, 전도도, 유속 등이다.

소번호	개체	생년월일	그룹	수량	상태	재발장일	정신강장일	견유시작일	견유종료일	분만예정일	날은날	분만간격	분만일	산차	수량	수량	경역코드	암/수	비고
14398	2019-11-20 오전 6:21:54	0	1	0	0	0	0	POLOR	1	16550	16550	0	0	0	377	0	0	0	3180
14399	2019-11-20 오전 6:22:40	0	1	0	0	0	0	POLOR	3	24650	24650	0	0	0	321	0	0	0	3780
14400	2019-11-20 오전 6:23:38	0	1	0	0	0	0	POLOR	8	15750	15750	0	0	0	353	0	0	0	2220
14401	2019-11-20 오전 6:22:16	0	1	0	0	0	0	POLOR	2	16450	16450	0	0	0	421	0	0	0	1900
14402	2019-11-20 오전 6:23:06	0	1	0	0	0	0	POLOR	4	17150	17150	0	0	0	1769	0	0	0	1990
14403	2019-11-20 오전 6:24:23	67	1	67	267	67	67	POLOR	6	25950	25950	0	0	0	419	0	0	0	3120
14404	2019-11-20 오전 6:24:02	64	1	64	293	64	64	POLOR	7	19550	19550	0	0	0	363	0	0	0	2220
14405	2019-11-20 오전 6:25:10	0	1	0	0	0	0	POLOR	5	27750	27750	0	0	0	401	0	0	0	3090
14406	2019-11-20 오전 6:39:17	70	1	70	221	70	70	POLOR	8	11450	11450	0	0	0	351	0	0	0	1800
14407	2019-11-20 오전 6:39:34	41	1	38	162	38	38	POLOR	7	15150	15150	0	0	0	380	0	0	0	2340
14408	2019-11-20 오전 6:40:25	47	1	45	176	45	45	POLOR	5	14250	14250	0	0	0	395	0	0	0	2220
14409	2019-11-20 오전 6:40:00	0	1	0	0	0	0	POLOR	4	24450	24450	0	0	0	379	0	0	0	3090
14410	2019-11-20 오전 6:39:52	32	1	25	256	25	25	POLOR	6	26950	26950	0	0	0	334	0	0	0	3240

그림 292 착유 메뉴로 진입 시 착유현황표

날짜 지정 [2019-11-20] [오늘] [새로고침] [10] [소마디 새로고침] 칸에서 원하는 날짜를 조회하여 해당 날짜의 착유현황표를 조회할 수 있다. “Excel” [Excel] 버튼을 클릭하여 착유현황표를 Excel 파일 형태로 저장 가능하다. (단 저장된 파일을 열람하기 위해서는 PC에 MS-EXCEL 프로그램 또는 뷰어가 설치되어 있어야 한다)

상단 [착유] [개별 개체 착유 정보] [착유 모니터링] [자동세척기] 탭을 클릭하여 착유 관련 메뉴의 하위 메뉴인 “개별 개체 착유 정보”, “착유 모니터링”, “자동세척기” 로 이동이 가능하다.

개별 개체 착유 정보 [개별 개체 착유 정보] 탭을 클릭하여 젖소 개체별 착유량 조회가 가능하다. 좌측 표에서 조회를 원하는 젖소 개체번호를 클릭하면 해당 젖소의 착유 정보가 오른쪽에 날짜별로 송출된다. 송출 형식은 차트 형식(곡선형 그래프로 표현), 표 형식이며 정보 항목은 착유일시, 회당 착유량(Kg), 착유량 총합(Kg)이다. 또한 하위 메뉴의 착유 설정 [착유설정] 탭을 클릭하여 다양한 착유 설정을 조정할 수 있다.

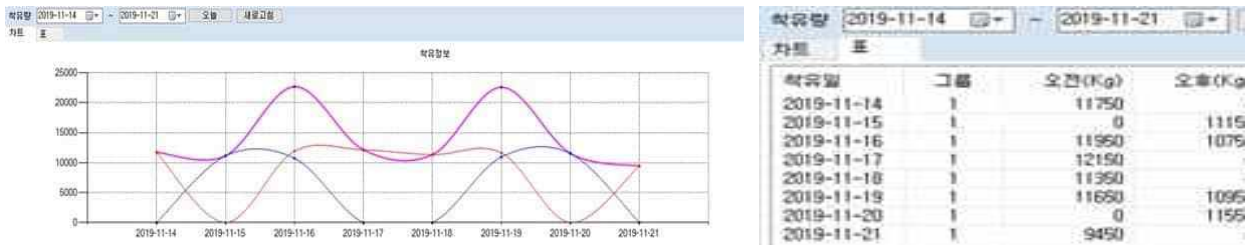
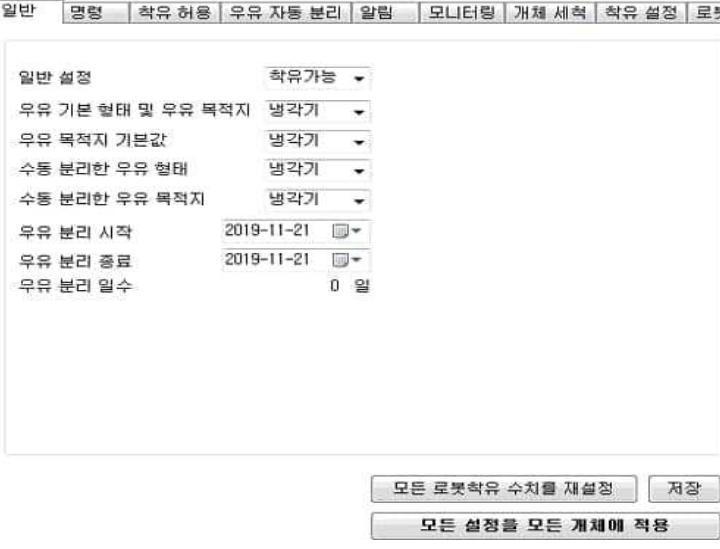


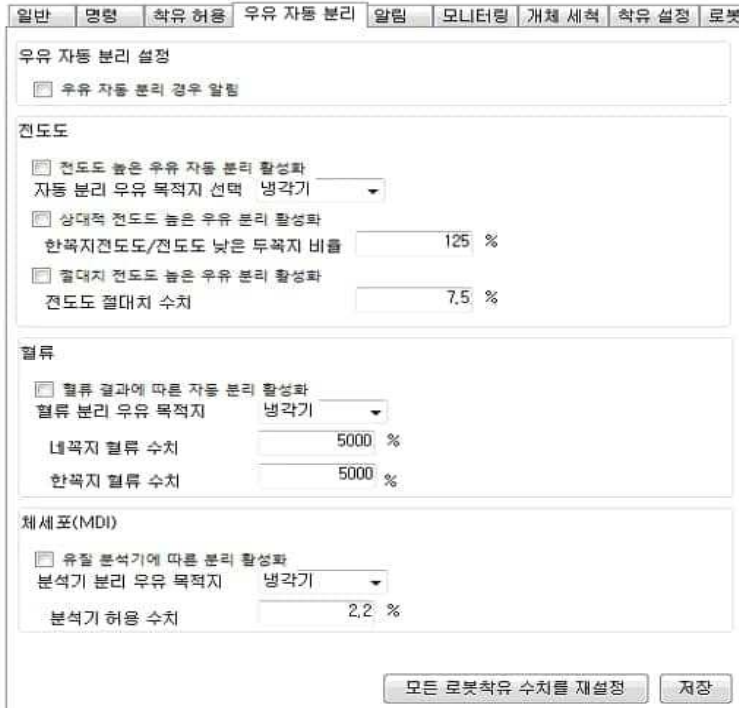




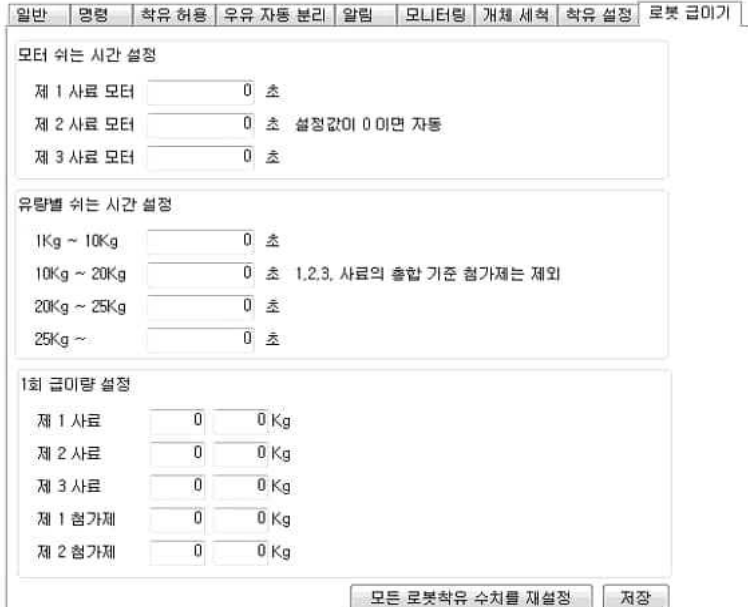
그림 298 개별 개체 착유 정보 조회 화면(좌: 차트 형식, 우: 표 형식)

표 47 착유 설정 조정 화면 및 기능

설정의 종류	프로그램 화면	기능 설명
<p>일반 설정</p>	 <p>그림 299 사용자용 PC 프로그램 일반 설정 화면</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○젓소의 개체별 우유 기본 형태, 기본 목적지, 수동 분리한 우유의 형태 및 목적지를 설정함 ○우유 분리 시작일, 종료일을 지정하면 해당 젓소 개체의 우유 분리 일수는 자동 계산됨 ○저장버튼을 누르면 해당 젓소 개체에만 저장, 모든 개체에 적용버튼을 누르면 모든 젓소 개체에 변경 설정이 적용됨
<p>명령 설정</p>	 <p>그림 300 사용자용 PC 프로그램 명령 설정 화면</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○OCC 및 우유 샘플 채취 관련 설정을 세부 지정함 ○유두 위치 자동 지정 기능 설정 가능함 ○개체 붙잡기 기능을 설정 가능함

설정의 종류	프로그램 화면	기능 설명
<p>착유 허용 설정</p>	 <p>그림 301 사용자용 PC 프로그램 착유 허용 설정 화면</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○착유 상태의 자동 착유 수행 여부 설정 가능함 ○최근 착유일로부터 경과한 시간 확인, 착유 상태창에 착유 대상 쯏소로 표시할 것인지 여부를 사용자가 결정함 ○불안전 착유 시 임시로 착유 허용 여부를 지정 가능하며 최대 재시도 횟수를 지정 가능함
<p>우유 자동 분리 설정</p>	 <p>그림 302 사용자용 PC 프로그램 우유 자동 분리설정 화면</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○전도도 높은 우유 자동 분리 활성화 및 전도도 높은 기준을 상대치 또는 절대치로 사용자가 설정 가능함 ○혈류 결과에 따른 우유 자동 분리 활성화 및 해당 사유로 분리된 우유의 목적지 설정, 혈류 검출의 기준치 설정 가능함 ○유질 분석기의 체세포 분석결과에 따른 우유 자동 분리 설정 및 해당 사유로 분리된 우유의 목적지 설정, 허용 기준치 설정 가능함
<p>알림 설정</p>	 <p>그림 303 사용자용 PC 프로그램 알림 설정 화면</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○혈류 보이는 쯏쪽지 알람, OCC 샘플 측정 수치가 나쁠 경우 알람, 체세포수가 높을 경우 등 사용자에게 제공되는 알림을 설정하고 기준치를 지정 가능함

설정의 종류	프로그램 화면	기능 설명
<p>모니터링 설정</p>	<p>그림 304 사용자용 PC 프로그램 모니터링 설정 화면</p>	<p>○전도도, 혈류, 체세포 수, 유량 저하, OCC 샘플 채취 관련 모니터링 설정을 상세 조정함</p>
<p>개체 세척</p>	<p>그림 305 사용자용 PC 프로그램 개체세척 설정 화면</p>	<p>○유두 세척, 침지제 살포, 착유 스테이션, 스팀살균기 등의 세척 기능을 세부 조정함</p>

설정의 종류	프로그램 화면	기능 설명
<p>착유 설정</p>	 <p>그림 306 사용자용 PC 프로그램 착유설정 화면</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○착유 시 해당 젓소 개체의 착유 유두, 유방의 형태 등을 설정함 ○젓꼭지 모양 이상 시 탐지영역 확장 등의 세부 설정을 지정하여 탐지 성공율을 높일 수 있음 ○유두 탐지가 어려운 젓소 개체일 경우 수동 부착 기능, 유속이 느린 개체일 경우 착유시간 연장 및 착유컵의 자동 탈락 기능 등 세부 설정 가능함
<p>로봇 급이기 설정</p>	 <p>그림 307 사용자용 PC 프로그램 로봇 급이기 설정 화면</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○로봇 급이기의 모터 쉬는 시간을 각 사료별 모터 기준, 유량별 기준으로 설정함 ○사료의 종류 또는 첨가제 종류별 1회 급이량을 설정 가능함

착유 모니터링 **착유 모니터링** 탭을 클릭하여 로봇착유기가 착유 중인 젓소의 실시간 상태를 점검 가능하다. 젓소가 착유스톨에 입장하여 유두 위치가 감지된 후, 착유 수행될 때 우유의 유량, 유속, 전도도 등의 정보를 센서에서 도출하여 PC 프로그램에 전송, 사용자는 모니터 화면을 통해 간편하게 정보를 제공 받을 수 있다.

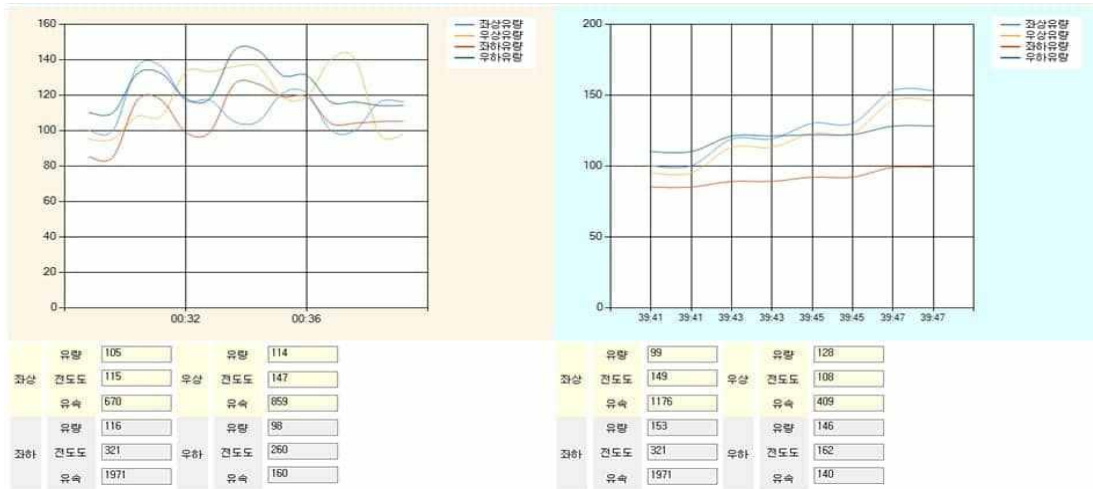



그림 309 실시간 착유 모니터링 그래프

자동세척기 **자동세척기** 탭을 클릭하여 행균 설정, 알칼리 세척 설정, 산성 세척 설정 및 예약 설정이 가능하다.

그림 311 자동세척기 설정 화면

상단 메뉴바의 “개체입력”  버튼을 클릭하여 개체 관리 관련 메뉴로 진입하면 젖소 개체별 사양 관리 기능을 제어할 수 있다. 화면 좌측에서 RFID 인식번호를 클릭하면, 해당 젖소 개체의 설정량이 표시되고 화면 우측에는 일정 기간의 사료 섭취량의 변화 추이가 차트와 표 형식으로 조회된다. RFID 태그에 기반한 개체별 자료의 신규 입력 및 변경, 사료 급이 방법 설정, 사료 급이량 설정이 가능하다.

등록개체수 : 100
 골하 제외
 44군 제외 조회

P	RFID	개체번호
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9
10	10	9010
11	11	9011
12	12	9012
13	13	9013
14	14	9014
15	15	9015
16	16	9016
17	17	9017
18	18	9018

자료 이동버튼
페이지 번호 1 **사육**
처음 이전 다음 끝

빠른 찾기
 페이지 칩번호 개체번호 이표
 페이지 위치찾기

완료

개체등록
이표번호 (20자 이내)
개체번호 (1~10000)
칩번호 (1~1000)
그룹번호 군

기본정보
생일 2018년 4월 24일 7 개월
등록일 2018년 4월 24일 210 일

가축종류 / 사료 급이방법 설정
급이장치 1. 젓소 자동급이기
급이방법 1. 기본-회자급이(릿수 설정)

저장 이동 신규 추가 판매 삭제

전송대기
급이 사료량등록
당일목표량 최종목표량
1 사료 12.5 Kg 12.5 Kg
2 사료 3.5 Kg 3.5 Kg
첨가제1 0 -g 0 -g
#사료량은 65Kg를 초과할 수 없습니다.

확장 사료량등록(섭취량 조사기)
당일목표량 최종목표량
3 사료 0.0 Kg 0.0 Kg
첨가제2 0 -g 0 -g

증감급이 방법기록
증감급이시작 2018년 4월 24일
경과일 33 일 재설정




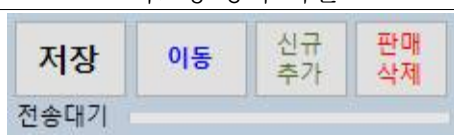
체중 및 유량기록
체중/유량 0.00 Kg
급이릿수 0 0-자동


그림 313 개체 입력 화면



그림 314 개체 사료목표량 및 사료섭취량 변화 추이

표 48 개체별 자료 변경 화면 및 기능

개체별 자료 변경	프로그램 화면	기능
개체 등록	 <p>그림 315 사용자용 PC 프로그램 개체 등록 화면</p>	<p>○젓소 또는 송아지 개체에 RFID 태그를 신규 부착 해당 기능을 이용하여 PC 프로그램 상에 개체를 RFID 식별번호로 등록, 생일 등의 기본 정보를 입력함</p>
사료급여 방법 설정	 <p>그림 316 사용자용 PC 프로그램 사료급여 방법 설정 화면</p>	<p>○해당 젓소 개체가 착유실 입장 후 사료조에 급여될 사료의 급여방법을 회차별, 무게별로 지정 가능함</p>
급여 사료량 등록	 <p>그림 317 사용자용 PC 프로그램 급여 사료량 등록 화면</p>	<p>○해당 젓소 개체가 착유실 입장 후 사료조로 급여될 사료의 당일 목표량을 설정함. 사료의 종류 및 첨가제 지정 가능함</p> <p>○증감 급여를 시행할 경우 최종 목표량을 설정하면 해당 최종 목표량까지 증감 적용됨</p>
설정 저장	 <p>그림 318 사용자용 PC 프로그램 설정 저장 화면</p>	<p>○'저장'버튼을 눌러 입력 자료를 적용함</p>

상단 메뉴바의 “급여현황”  버튼을 클릭하여 급여 현황의 조회가 가능하다. 급여 현황 진입 시 전체 젓소의 급여현황이 기본으로 나타나며, 상단에서 특정 그룹을 선택하여 해당 그룹의 급여 현황만 나타낼 수 있다. 급여 현황표는 RFID 인식번호, 그룹 번호, 사료의 종류별 급여 목표량, 금일과 전일의 총 설정량 및 총 섭취량(Kg), 섭취 목표량 대비 섭취

량 백분율(%) 등의 항목을 표시한다.

그룹별 급이현황 개체 총섭취량 행동자료표-기기전용 급이현황-기기전용 행동자료_조건검색(DB) 물섭취량

급이현황 - 군별
 선택그룹 전체 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 전체 2019년 11월 22일 금요일 데이터 보기
 0-전체 44 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 급이현황
 이전 오늘 다음 행동자료

총 150 마리 1사료(Kg) 870.08/1265.50 2사료(Kg) 182.96/246.70 3사료(Kg) 첨가1(g) 첨가2(g) 총설정(Kg) 1053.04/1512.20 새로고침 최근데이터 : 2019-11-22

	집번	능가	이표번호	그룹	증감	사료1	사료2	총설정(Kg)	퍼센트(%)	전일섭취(Kg)	전일섭취(%)
▶ 1	79	79	9079	1	132	17.29/18.70	4.05/4.00	21.34/22.70	94%	22.45/22.40	100%
2	85	85	9085	1	51	18.37/19.90	4.58/4.90	22.95/24.80	93%	24.32/24.20	101%
3	18	18	9018	1	75	17.41/19.00	4.68/5.00	22.09/24.00	92%	24.12/24.00	101%
4	22	22	9022	1	105	17.68/19.20	4.67/5.00	22.36/24.20	92%	23.96/23.90	100%
5	27	15	9027	1	154	18.41/20.00	4.15/4.50	22.55/24.50	92%	18.96/24.50	77%
6	49	27	9049	2	136	12.03/13.20	4.77/5.00	16.81/18.20	92%	18.54/18.50	100%
7	66	66	9066	1	107	18.34/20.00	4.60/5.00	22.94/25.00	92%	25.16/25.00	101%
8	87	87	9087	1	51	18.36/20.00	4.59/5.00	22.95/25.00	92%	25.17/25.00	101%

그림 320 급이현황 조회

날짜의 “이전”, “다음” 이전 오늘 다음 버튼을 클릭하여 이동 또는 직접 달력에 선택하여 이동 가능하며, “그룹별”, “입장자료”, “섭취자료” 저장 버튼을 눌러 급이현황 및 행동자료를 Excel 파일 형태로 저장 가능하다. (단 저장된 파일을 열람하기 위해서는 PC에 MS-EXCEL 프로그램 또는 뷰어가 설치되어 있어야 한다)

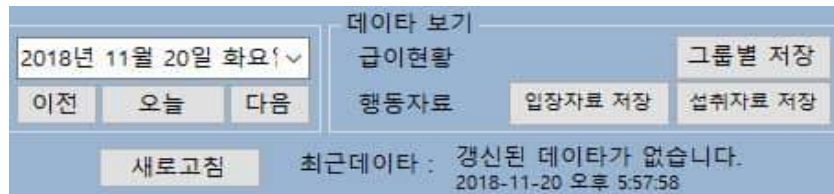


그림 322 급이현황의 날짜 이동 및 자료 저장


급이현황 표에서 특정 젓소 개체의 행을 클릭하면 해당 개체의 섭취행동 자료 및 일일급이 자료가 급이현황의 하단에 출력된다. 섭취행동자료는 급이 시간 및 해당 시간의 섭취량, 일일급이 자료는 최근 한 달 간의 섭취목표량 대비 섭취량의 변화 추이를 나타낸다.



그림 323 일일 섭취행동 그래프



그림 324 최근 한 달 간의 섭취목표량 대비 섭취량의 변화 추이

상단 메뉴바의 “총섭취량”  버튼을 클릭하여 최근 일주일 간의 해당 농가 젖소 개체 전체의 통합 급이 추이를 그래프로 한눈에 확인할 수 있다.

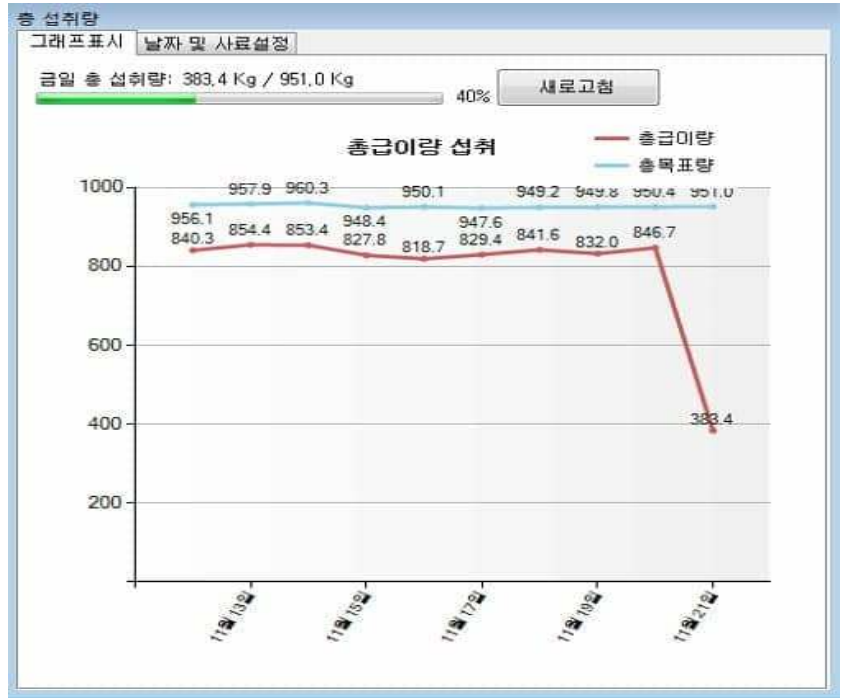


그림 326 농가 전체 젖소의 섭취량 통합 그래프

나. 시스템 통합 관제용 웹사이트

동물 관리용 프로그램의 축종에 상관없이 대부분 구성 및 기능은 대동소이한 특성을 가지고 있다. 개체번호 즉, RFID를 이용한 급이 경우 기초정보, 사료급여, 섭취량 모니터링 등의 사용자의 요구사항이 비슷하기 때문이다. 한우/젖소/양돈 등을 관리하는 프로그램의 경우 내부체계가 비슷하게 구성될 수 있다.

본 시스템에서는 농장 내 환경센서를 이용한 환경정보 모니터링 기능을 지원하며 조명, 환기팬의 원격 제어가 가능하다. 착유량, 사료섭취량 및 체중에 대한 부분을 모니터링 할 수 있고, 동물의 섭취량 대비한 체중 및 섭취행동에 대한 전반적인 자료에 대하여 데이터베이스를 운영할 수 있도록 기초 시스템을 개발하였다. 현장검증에서 얻어지는 다양한 데이터를 기록 보관하고 빅데이터화 할 수 있는 시스템을 구축하여 꾸준한 실험을 통한 안정적인 서비스가 가능하도록 개선하고 있다.

표 49 시스템 통합 관제용 웹사이트 사용



그림 327 cowplan 로그인 화면 <이미지 출처: www.cowplan.co.kr>

- 농가 사용자 고유 ID, Password 로 로그인 가능함(웹사이트 <www.cowplan.co.kr>에서 사용자 로그인 후 시스템 통합 관제 및 모니터링 기능 이용)
- 농가의 급이 시스템에서 웹 서버로 데이터 자동 전송, 저장 기능 구현하여 농가의 급이 관련 자료를 웹상에서 조회, 열람 가능함
- 조회한 데이터를 EXCEL 시트 형태로 저장 및 출력이 가능함(단, PC에 Microsoft office EXCEL 프로그램이 설치되어 있어야 지원 가능한 기능)

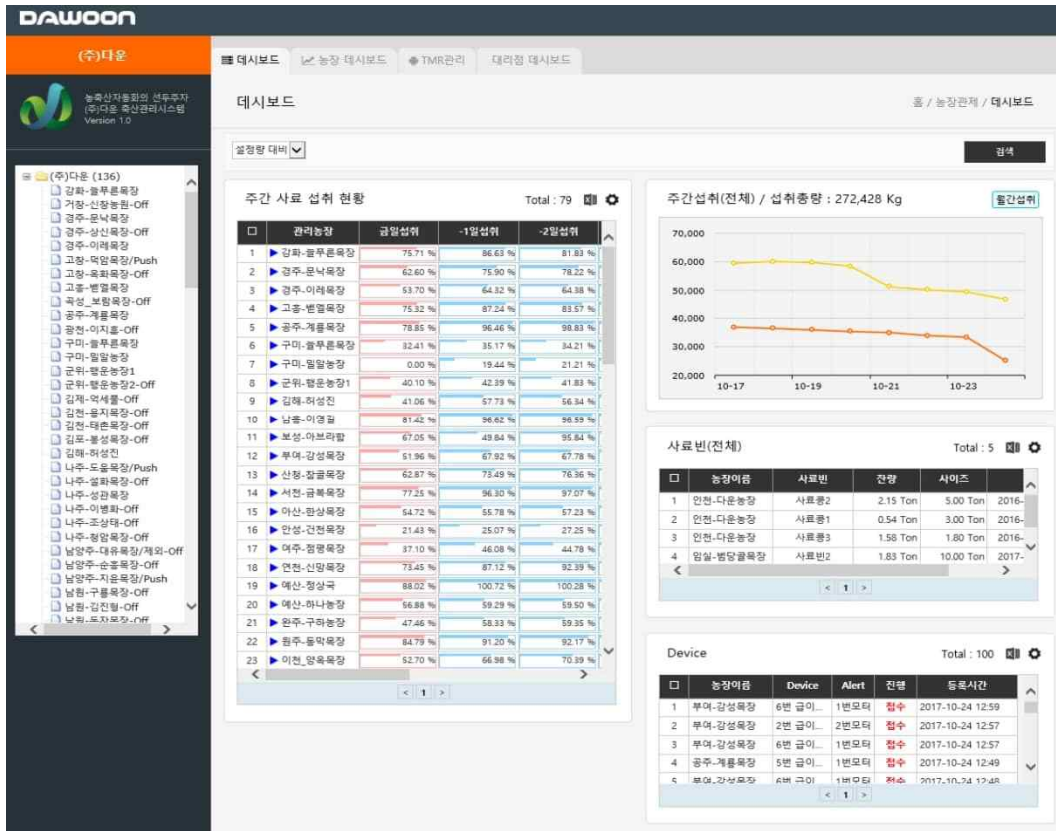


그림 328 통합 관제화면의 대시보드

- 제품을 사용하고 있는 농가의 전체적인 상태를 확인할 수 있는 대시보드 화면
 - 좌측 : 현재 접속되어있는 농장의 상태를 실시간 출력해줌. 농장의 연결상태를 출력. 인터넷 연결상태 확인가능
 - 주간사료 섭취현황: 속되어있는 농가의 최근사료 섭취현황을 가시적으로 보여준다.
 - 주간 섭취그래프: 전체농가의 사료설정 상태와 섭취상태에 대한 비율을 그래프로 표시한다.
 - 사료빈: 사료탱크의 사료 잔량을 웹에서 확인할 수 있도록 하는 기능으로 관련장치가 설치되어있을 경우 유용하게 사용될 수 있다.
 - Device: 설치되어있는 제품의 상태를 검증하여 이상 유무에 대한 알람을 웹에 기록한다. 심각한 문제 발생시 자동으로 관리자에게 알람을 함으로 농가의 피해를 최소화할 수 있는 기능으로 사용된다.

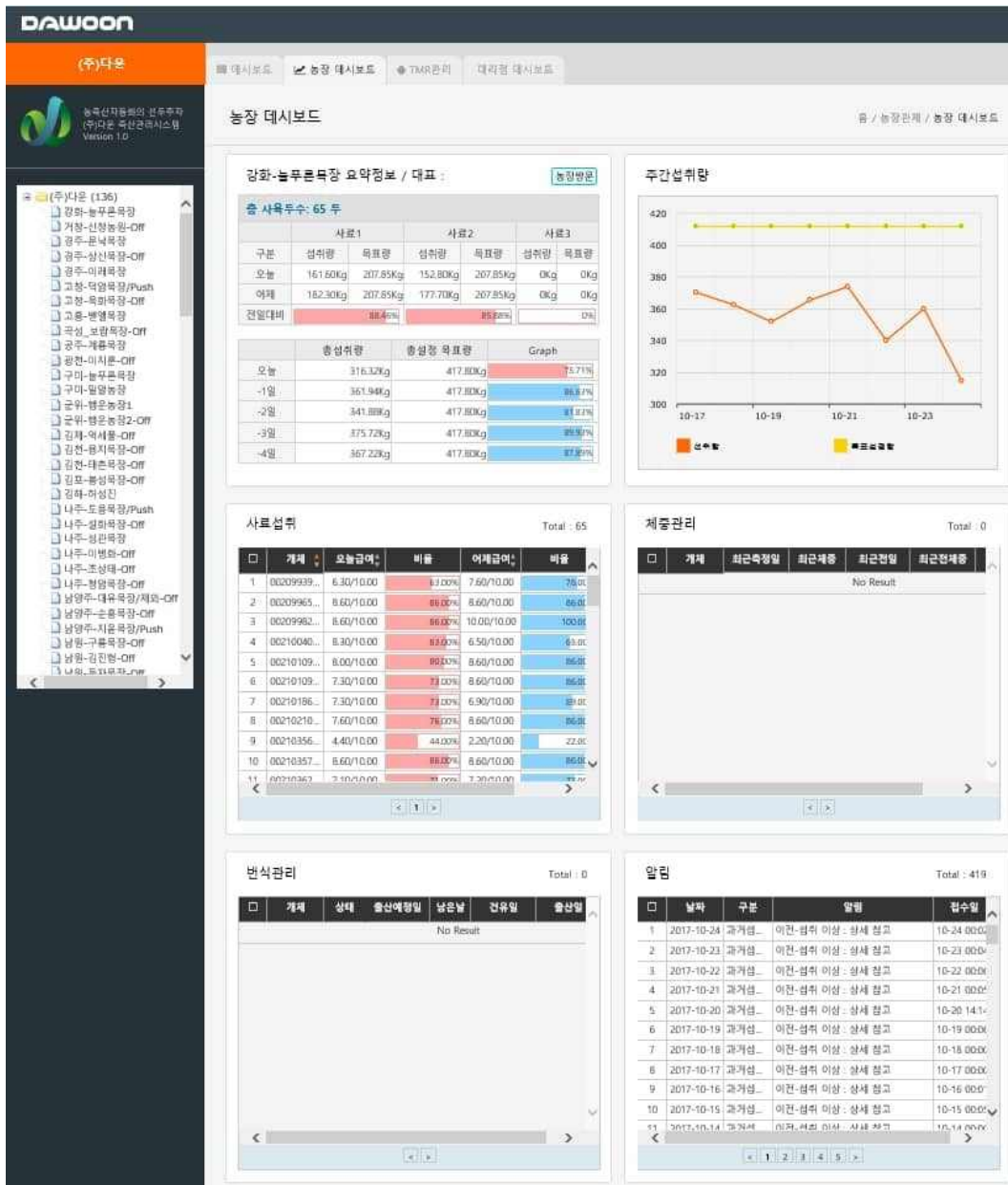


그림 329 개별 농장 선택시 대시보드 화면구성

- 현재 상태를 통합적인 화면으로 보여준다.
- 세부 정보를 요약 사용자게 쉽게 파악하도록 구현
- 관리 센터나 서비스센터에서 통합관제 화면으로 사용될 수 있도록 프로그램됨
- 농장 전용 대시보드 화면
 - 좌측: 현재 농장의 CCTV가 운영되고 있을 경우 화면을 순차적으로 출력해줌. 5분 단위로 캡처 화면을 기록하여 각 CCTV화면에 출력함. 해당 카메라를 선택하면 전용화면으로 이동하여 CCTV를 관제 할 수 있음
 - 주간사료 섭취현황: 접속되어있는 농가의 최근사료 섭취현황을 가시적으로 보여준다.
 - 주간 섭취그래프: 전체농가의 사료설정 상태와 섭취상태에 대한 비율을 그래프로 표시한다.
 - 체중관리: 측정된 체중을 관리기록한다.
 - 번식관리: 등록된 번식관리 기록을 화면에 보여주는 창
 - 일정: 농가가 해야할 일정 등의 스케줄을 보여줌

개체관리

기본정보

RFID: 71 | 이름: 002100408265 | 농장개체번호: 826
 성별: 수컷 | 그룹: 14 | 종류(등급): [선택]
 생년월일: 2018-08-03 | 기기등록일: 2018-01-01
 급여방법: 자동급이기 | 사료공급방법: 기본·보차급이(용) | 상태: 상태 | 사육종: [선택]
 부: 모 | 조부: [선택]

금리 목표설정

사료1(당일/최종): 9.00 / 0 | 사료2(당일/최종): 5.00 / 0
 사료3(당일/최종): 30 / 0 | 일일급이회색수: 0
 사료4(당일/최종): 0 / 0 | 사료5(당일/최종): 0 / 0
 증감 시작일: 2018-03-30 | 증감 경과일: 0
 장비코드: 71 | 구입단가: 0

일간섭취량

Line graph showing daily intake (섭취량) and target intake (목표섭취량) from 09-25 to 10-23. The x-axis shows dates, and the y-axis shows intake levels from 0 to 12. The legend indicates '섭취량' (intake) in orange and '목표섭취량' (target intake) in yellow.

번식관리 Total: 0

상태	수정일	재발생일	견유사자일	분탄예정일
No Result				

지프 및 예방 Total: 0

날짜	구분	적용내용	적용부
No Result			

일정/메모 Total: 0

일정/메모	제목	등록일
No Result		

메모타입: [선택] | 제목: [입력]
 등록: [입력]

그림 330 개체별 입력자료표 기록부

- 개체 특성 및 기초자료 입력
- 최근 섭취량 및 관리기록부 작성
- 일정 및 메모 작성
- 최근 이미지 기록 가능

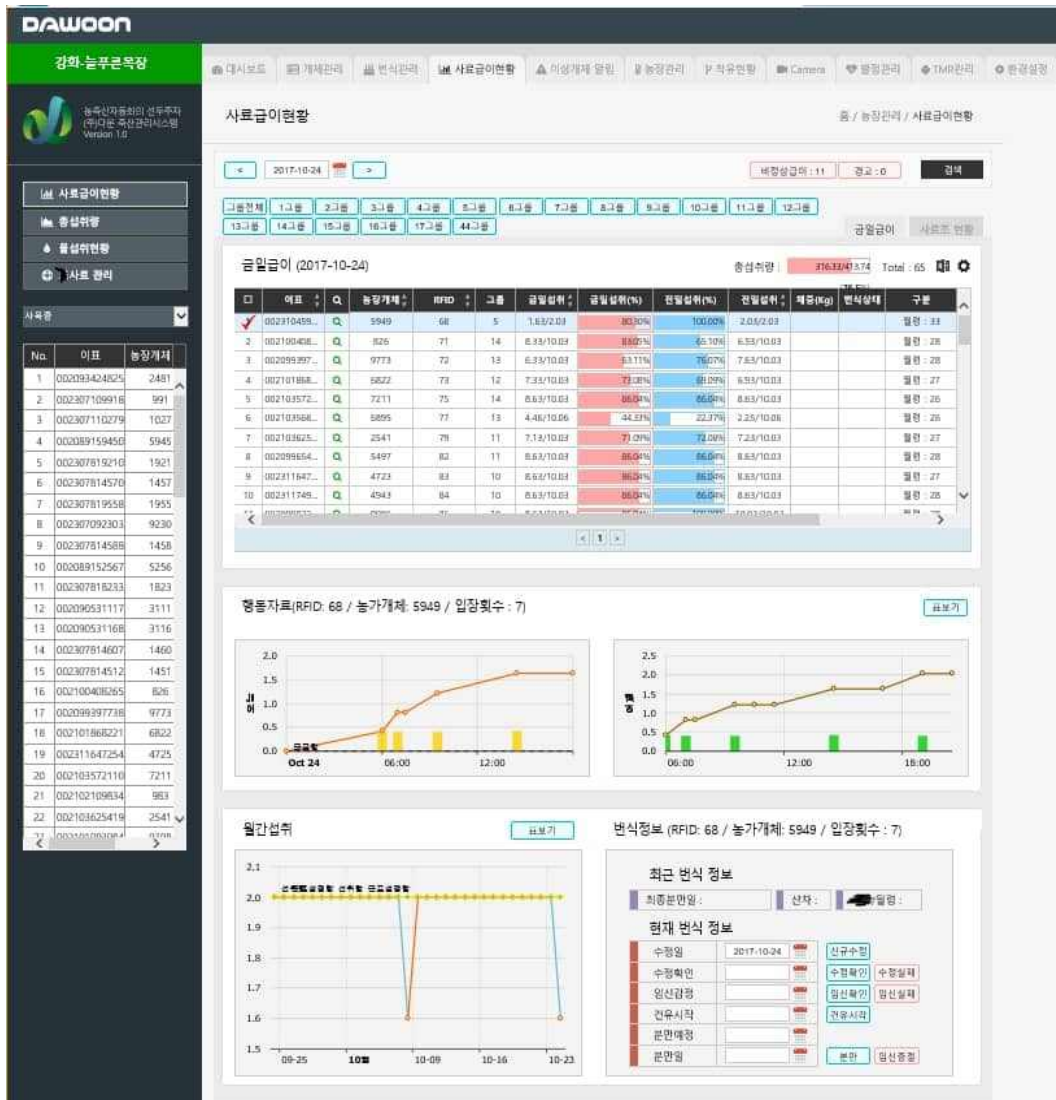


그림 331 개체별 사료급여 현황 관리창

- 금일 급여내역
- 행동자료 (입장/체류시간/입장횟수/섭취량/섭취장소)기록
- 어제 행동자료 확인가능
- 월간 섭취현황 및 그래프 보기
- 번식관련 기록부 보기
- 개체 선택창

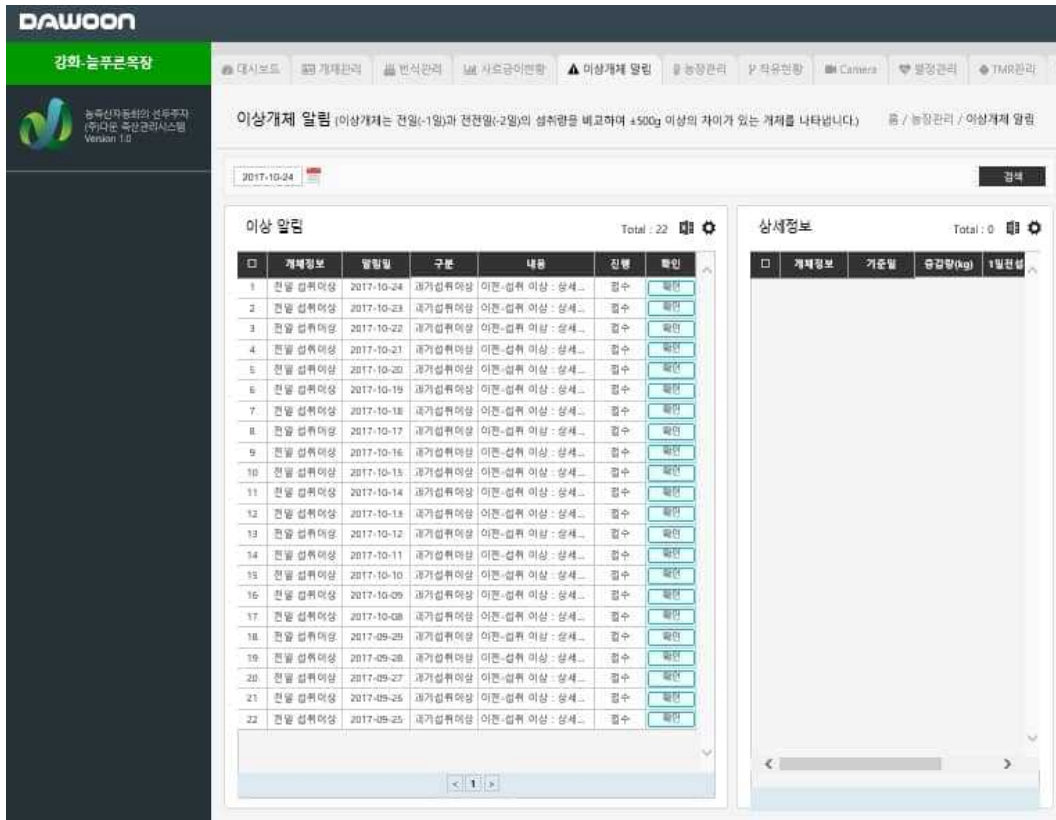


그림 332 섭취 불량 개체 확인

- 어제 섭취량 대비 금일섭취량의 편차를 검사 30%이상의 문제 발생시 경고
- 사용자에게 신속한 경고로 문제점 조기 발견 가능
- 기기의 동작 이력을 데이터베이스화 함으로 신뢰성 증가

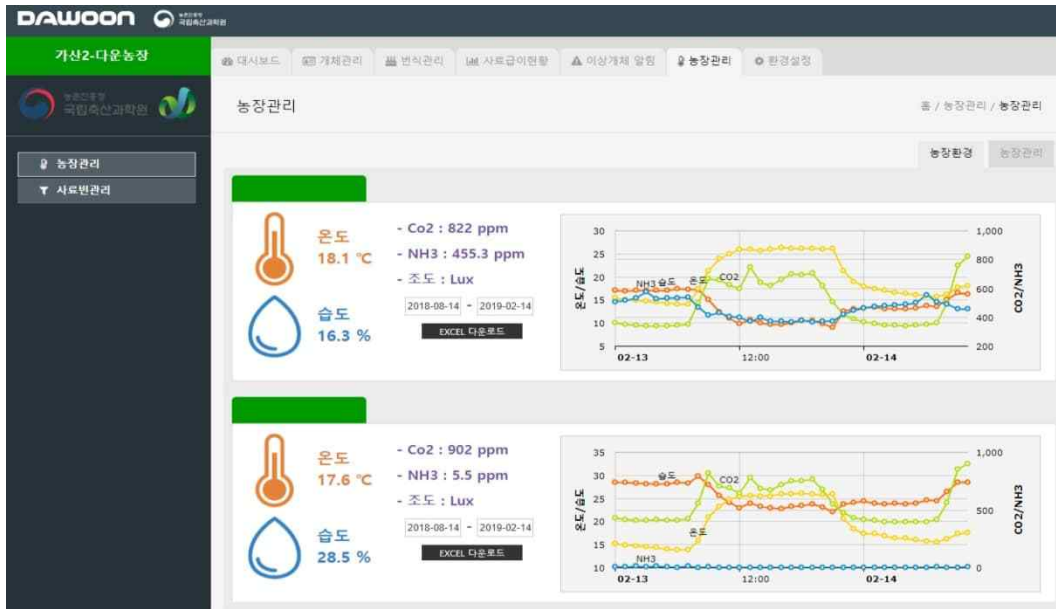


그림 333 농장 환경 관리

- 농장의 온도/습도/CO2등 다양한 센서에 대한 자료를 웹으로 관리가능
- 빅데이터화로 생산정보로 활용가능함.
- 원격제어 가능

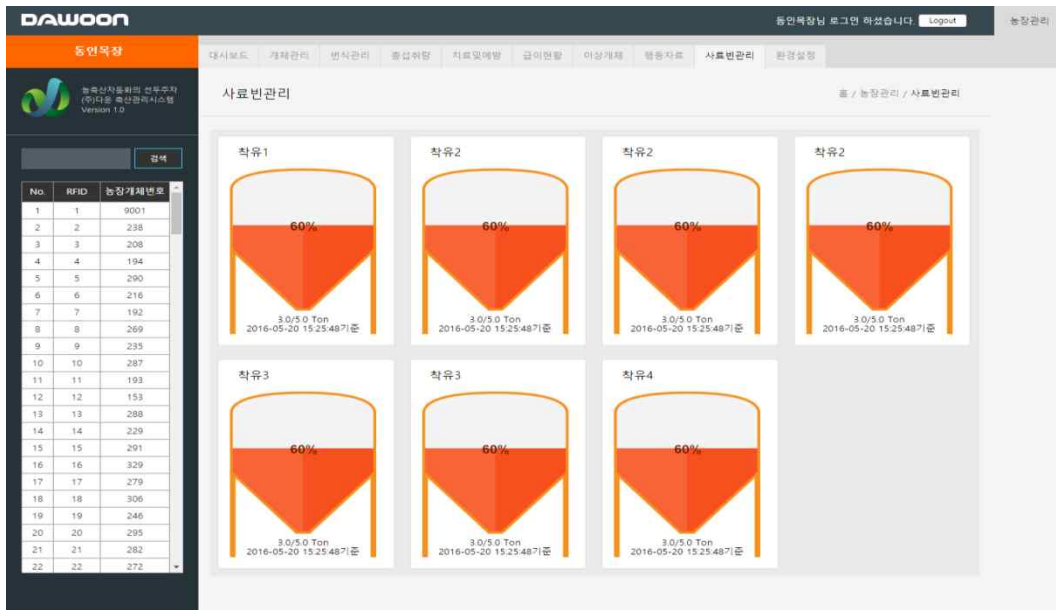


그림 334 농장에 설치운영중인 사료탱크의 사료 잔량


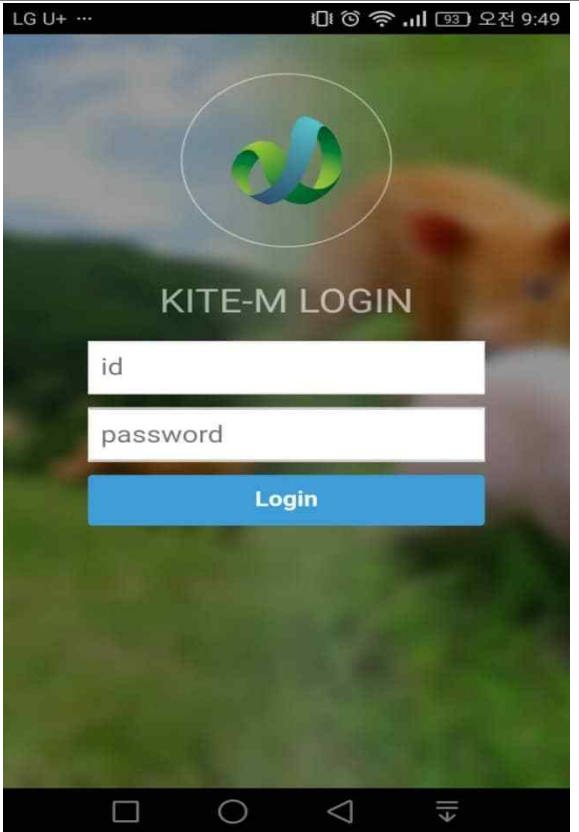
- 농장에 설치운영중인 사료탱크의 사료 잔량을 실시간 확인가능.
- 연동되는 장치가 설치 운영중일 경우 가능
- 지정된 잔량이 사료회사로 자동 주문 가능
- 관련 정보를 농장주/사료회사 동시 전달

다. 시스템 통합 관제용 모바일 어플리케이션

안드로이드 운영체제의 스마트폰에서 지원, 개체별 기초정보, 사료급여, 섭취량 모니터링 등의 사용자 요구사항을 지원한다. 번식관리 기능 지원하며 모바일 화면에 맞춘 섭취정보의 조회 및 실시간 급이 모니터링, 급이량 변경 기능을 지원한다. 급이량 이상 알람, 번식단계 알람 등의 사용자 알림 기능 지원한다.

안드로이드용 스마트폰의 어플리케이션 마켓을 통하여 설치 한후, 사용 농가에 부여한 고유 아이디, 고유 비밀번호를 이용하여 로그인, 농가별로 설치된 ICT 기기의 품목에 따라 지원 가능한 기능을 이용한다.

표 50 시스템 통합 관제용 모바일 어플리케이션

상위 이미지	하위 메뉴(출력 이미지)
	
<p>그림 335 안드로이드용 어플리케이션 설치</p>	<p>그림 336 로그인 화면(초기 화면)</p>

상위 이미지

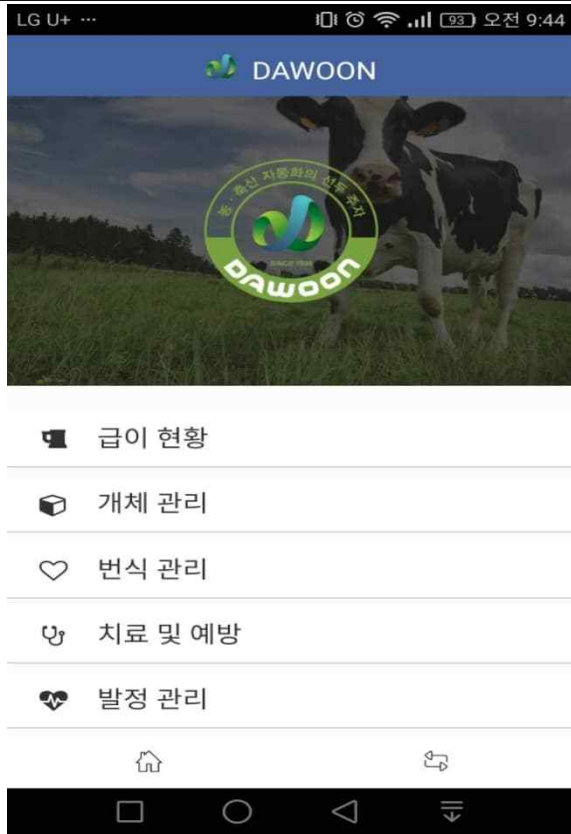


그림 337 진입화면 및 메뉴

하위 메뉴(출력 이미지)



그림 338 진입화면 및 상세 메뉴



그림 339 급이현황 모니터링



그림 340 급이현황 급이현황 상세 모니터링

상위 이미지

하위 메뉴(출력 이미지)



그림 341 비정상 급이 사용자 알람

개체 관리

청주-문암목장

» RFID: 1

» 이표: 9001

» 농장개체번호: 5248

» 성별: 수 암

» 그룹: 1

» 종류(등급): 한우

» 생년월일: 2016. 02. 21.

» 기기등록일: 2019. 01. 04.

그림 342 개체별 정보기록 관리

개체 관리

청주-문암목장

급이 목표설정

» 1사료(당일/최종): 2.00 0

» 2사료(당일/최종): 2.00 0

» 첨가제(당일/최종): 2 0

» 3사료(당일/최종): 0 0

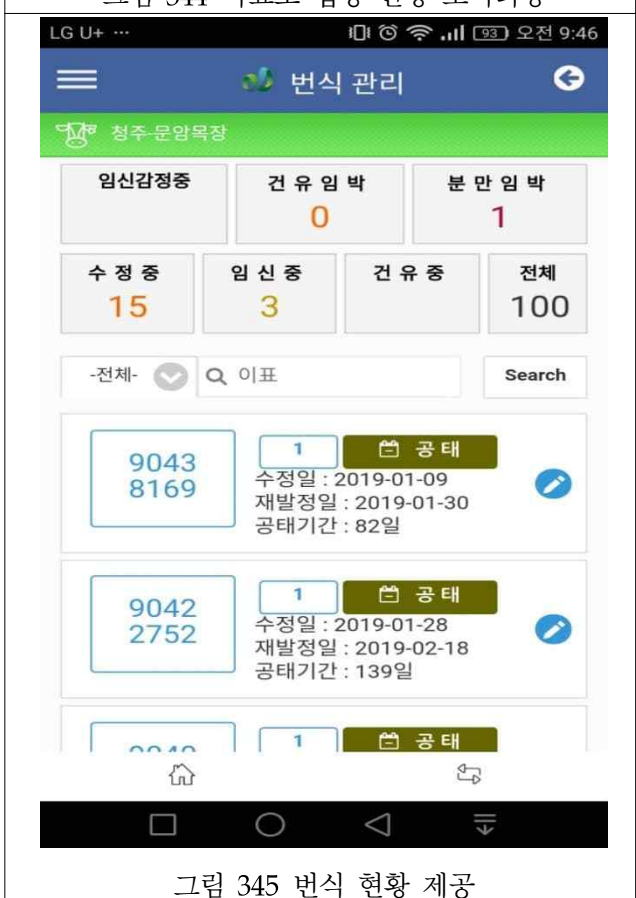
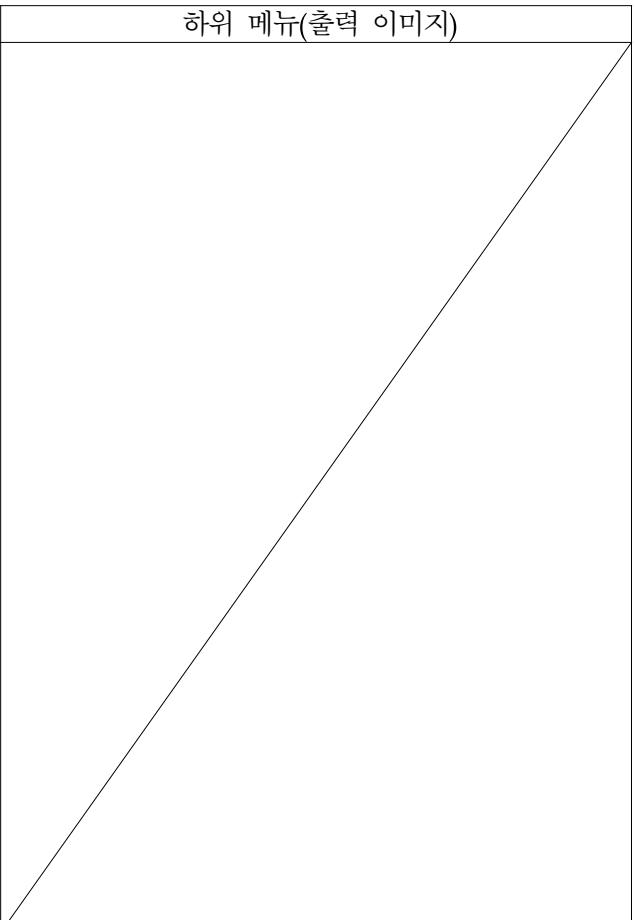
» 첨가제(당일/최종): 0 0

» 증감시작일: 2019. 01. 04.

» 증감경과일:

» 장비코드: 1

그림 343 개체별 급이량 설정 관리



상위 이미지

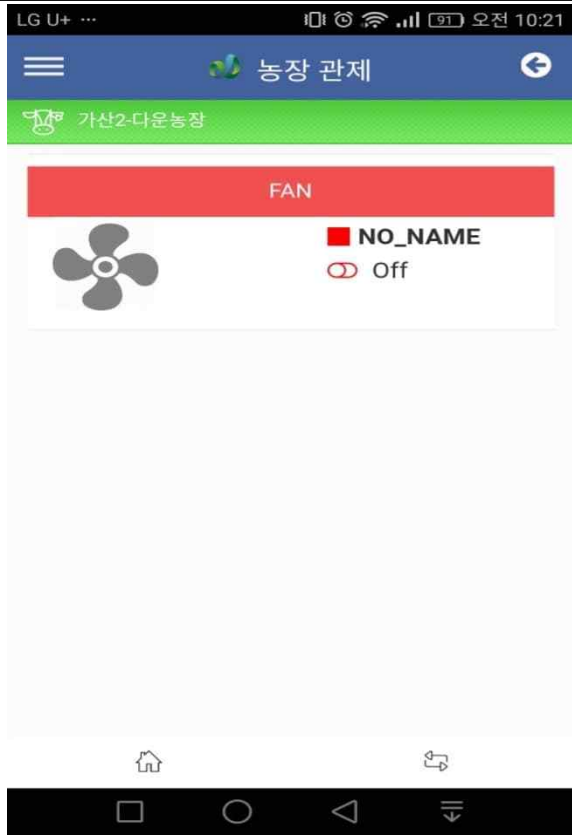


그림 347 환기팬 가동 및 중지 기능

하위 메뉴(출력 이미지)

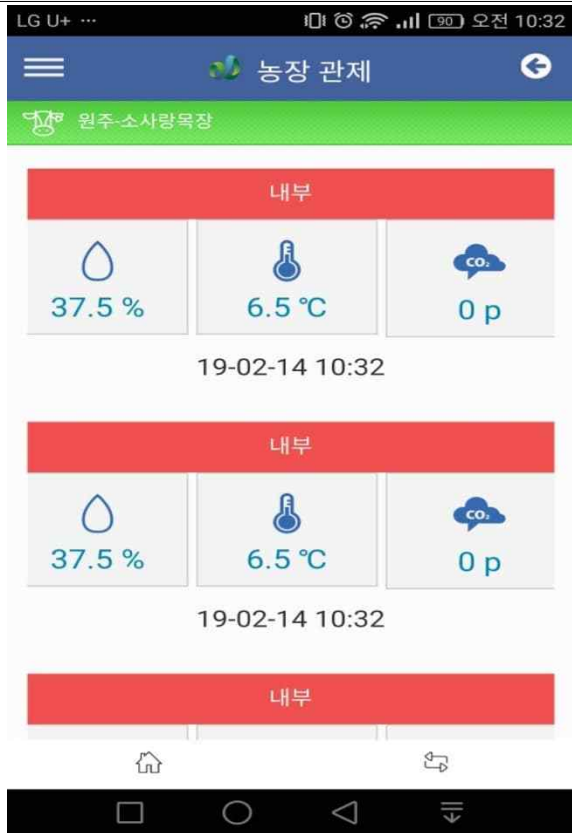
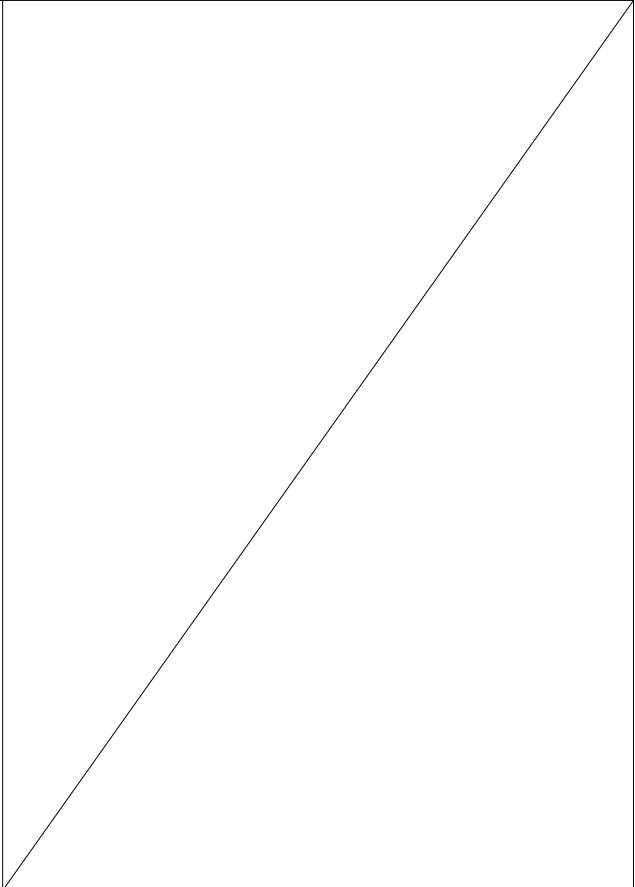


그림 348 환경정보 모니터링



그림 349 환경정보 상세 모니터링

라. 로봇착유기 도입 및 설치 이용시 고려사항

(1) 로봇착유기 도입 시 젖소 훈련 방법

- 로봇착유기 도입시 초기에 적절한 훈련을 통해 소가 로봇착유기에 잘 적응할 수 있도록 유도 해야 함
- 착유기에 젖소 투입 전 꼬리털 및 유방털 제거해야 함
- 초임우나 경산우나 구분없이 로봇착유기에 젖소 첫 방문시에는 개체를 착유기 안에 들어갈 수 있도록 편안하게 유도 필요
- 젖소는 낮설고 좁은 공간에 잘 들어가지 않으려는 습성이 있기 때문에 자연스럽게 들어갈 수 있도록 유도로 설치 필요
- 안 들어가고 버티는 개체는 때리지 말고 안정될 때까지 기다렸다가 충분히 주변상황을 보고 들어올 수 있도록 유도
- 첫 방문시에 유두위치를 확인하여 로봇착유기 D/B에 저장·셋팅 후 착유 완료까지 관찰 (처음엔 긴장해서 젖 내림이 늦는 개체들도 있음)
- 두번째 방문시부터는 개체가 스스로 들어갈 때까지 착유 유도(일 2~3회)하여 스스로 들어갈 수 있도록 함(보통 1주 이내에 90%정도 적응)
- 개체가 스스로 들어가기 시작하면 착유유도를 중지하고 관찰
- 착유 훈련시에는 착유기 안에서 개체에게 놀라게 하면 안 됨
- 훈련이 끝난 개체는 평상시대로 관찰만 하면 됨

(2) 주요 부품의 교체주기(라이너, 노즐, 센서 종류별, 밀크라인 등)에 맞는 관리방법

- 라이너 : 착유횟수 10,000회
- 노즐 : 트윈호스는 고무 재질이라 끝부분이 경화되었을 때 사용자가 끝부분 제거 후 다시 장착해야 하며, 전체 교체는 길이가 짧아지거나 특별한 고장이 있을 경우 교체함
- 센서 : 센서는 대부분 점검하면서 리셋하거나 정상상태가 아닐 경우 교체함
- 밀크라인 : 누수 등 이상이 생겼을 경우 교체

(3) 로봇착유기 로봇암 작동시 안전관리 방법

- 안전사고 예방을 위해 로봇암 작동시 기계이동 범위 내에 관리자 등의 접근금지

(4) 로봇착유기 적정 관리를 위해 쥐·파리를 퇴치방법

- 현재 끈끈이로 쥐 퇴치중이나 한계가 있음
- 쥐 퇴치를 위해서는 로봇착유기 기계내부에 쥐가 숨을 공간을 최소화 하는 것이 좋음.
- 여름철 파리도 기계주변에 많이 꼬이기 때문에 파리에 대한 대응 필요

(5) 로봇착유기 작동시 에러메시지별 적정 대처방법

- 로봇착유기는 각종 장치 및 센서 등이 복합적으로 이루어져 있어서 에러 메시지 종류는 다양하고 한 가지 에러 메시지에도 다양한 대처방법이 필요하며 각 시기나 상황별 발생가능 상황을 고려하여 적절한 대응이 필요함

(6) 로봇착유기 겨울철 결빙 방지방안

- 로봇착유기는 정밀하고 특히 물 사용이 필수적이어서 겨울철 결빙방지 필요
 - 착유실내에 기본적인 냉온풍기 설치(용량은 여유있게)하여 결빙되지 않아야 하는 주요부위엔 집중적으로 온풍기 사용 필요
- (7) 로봇착유기 작동 정지시 착유가 정지되어 자가 수리가 가능한 고장은 자가 수리
- 로봇착유기 작동 정지시 로봇착유기의 빠른 정상화 가동을 위해서 자가 수리 가능여부 빠른 판단 필요
 - 각종 에어라인, 라이너고무 및 라인 등은 자가수리로 최단시간내 착유작업 정상화 필요
 - 자가수리가 불가능한 고장은 빨리 판단될 경우 A/S맨을 불러 수리해야 함
 - 사용자가 수리할 수 없는 보이지 않는 라인 및 각종 센서(로드셀, 개체 리더기 등)은 A/S맨 수리요청 필요
 - 다행히 착유를 할 수 없을 정도의 심한 고장은 엔지니어가 밤낮 구분없이 출동하여 수리하고 있어 자가수리 가능여부를 빨리 판단해야 함
- (8) 로봇착유기 전기안전 관리
- 로봇착유기는 전자장비 이어서 습기에 취약하고 전기 안전관리가 중요
 - 각종 센서 및 전자장비들은 수분에 취약하기 때문에 주의 필요.
 - 기계 점검 및 소모품 교체시 혼자 작업하는 것 보단 2명이 작업해야함.
 - 관리자를 위해서도 누전이나 감전 등 전기 안전 확보가 필요하며, 각종 센서들도 정전이나 전기 차단시 치명적 손상이 발생할 수 있으므로 사전에 차단기 내리기 등 안전관리 중요
- (9) 로봇착유기 도입시 우사 배치 방향
- 사료급여공간과 휴식공간을 분리하여 젓소가 휴식을 취하다가 로봇착유기를 거쳐 사료채식공간으로 이동하여 사료를 섭취할 수 있도록 프리스틀 우사를 배치하여 로봇착유기 이용효율 제고 가능

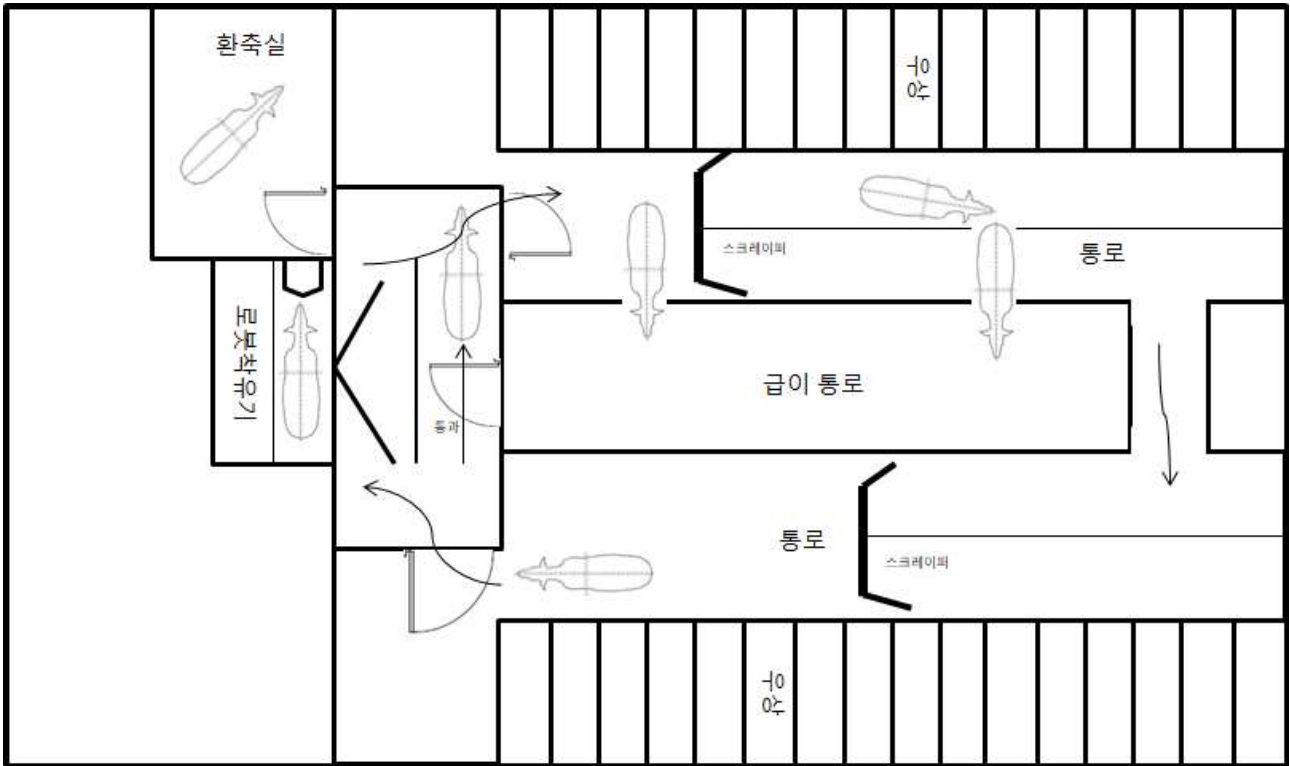


그림 350 프리스틀 우사 배치도 및 소 이동 흐름도

- 로봇착유기 효율적인 운영을 위한 우사형태별 스마트게이트 활용
 - 사육공간과 착유기 중간에 펜스와 출입문을 이용하여 스마트게이트를 설치하여 우사 또는 운동장과 착유공간을 분리하고 착유공간에 들어온 소도 착유의사가 없을 때에는 통과용 문을 통해서 우사로 복귀 가능하도록 배치
 - 1대 또는 2대의 로봇착유기를 이용할 경우 그에 맞게 로봇착유기를 배치하고 우방에서 스마트 게이트를 통하여 착유공간으로 들어온 소가 착유실에 입장하여 착유를 하거나 통과한 후 우사나 운동장으로들어 올 수 있는 구조로 배치
 - 로봇착유기에서 착유 중 산유량에 따라 사료급여를 하기 때문에 우방에 별도의 사료자동급이기 설치가 필요 없으나 고능력우 위주 사육 농가에서는 로봇착유기에서 착유하는 동안 섭취하는 농후사료량으로 1일 필요량을 충족시키기 곤란하므로 추가적인 사료공급을 위하여 우방에 사료자동급이기 추가 설치
 - 로봇착유기에서 나온 소는 정상적인 착유가 완료된 후에는 우방이나 운동장으로 복귀하게 되나 유두를 찾지 못하여 불완전착유가 된 소나 유방염발생, 체온증가, 발정우 등을 선별하여 환우칸으로 유도하기 위하여 환우방 설치

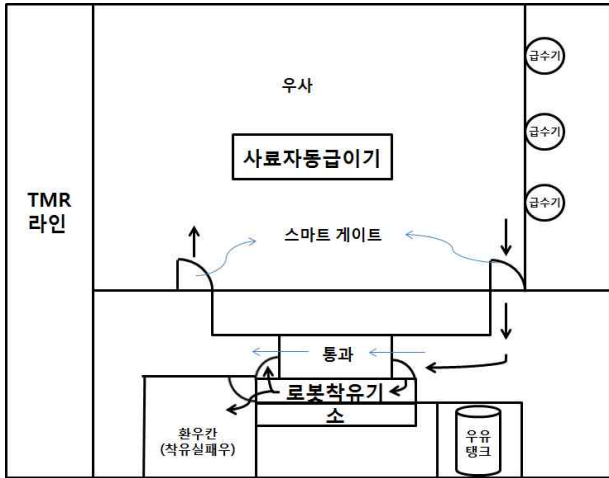


그림 351 우사에 스마트게이트 설치

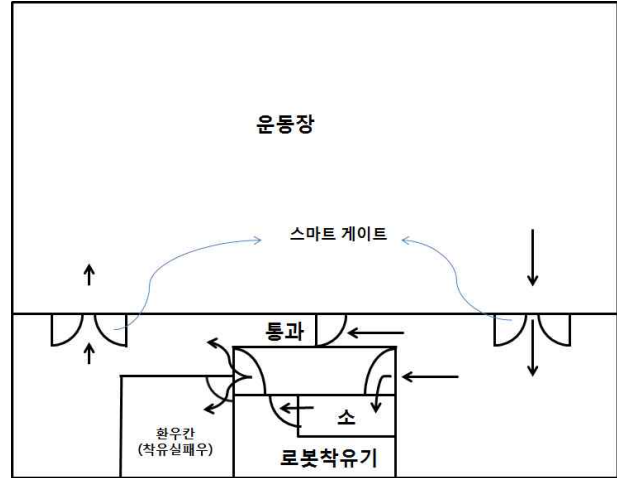


그림 352 운동장에 스마트게이트 설치

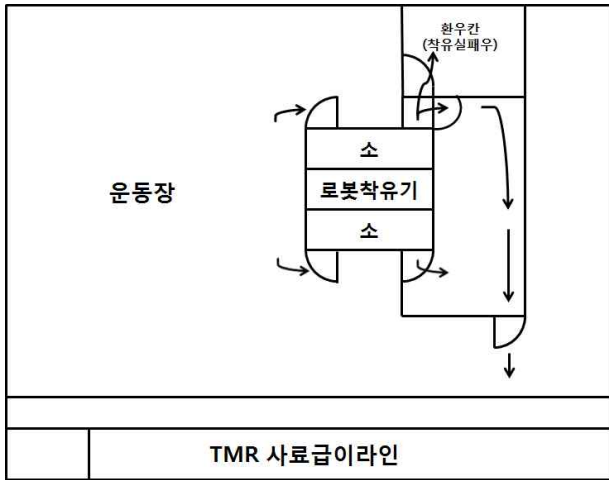


그림 353 운동장 가운데에 로봇착유기설치

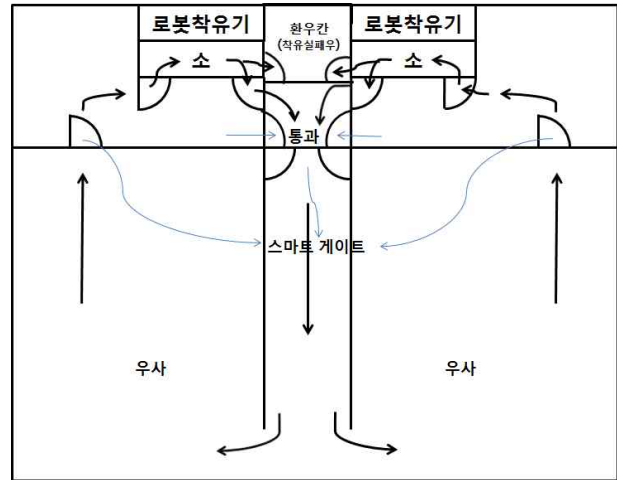


그림 354 스마트게이트 설치(2대 로봇착유)

- 프리스틀 우사의 장단점

- 장점 : 우상을 제외한 소의 활동통로가 틈바닥으로 되어 있거나 스크레퍼를 이용하여 분뇨수거 노동력이 절감된다. 소의 휴식공간과 분뇨 공간이 분리되어 친환경 사육이 가능하다. 톱밥우사의 깔짚을 부적절하게 관리시 축체나 유방에 분뇨가 심하게 오염되어 유방염의 원인이 될 수 있으나 프리스틀우사는 청결하게 축체 관리가 가능하다. 깔짚우사는 분뇨에서 소가 활동하고 휴식하여 혐오감을 줄 수 있으나 프리스틀우사는 친환경적으로 일반인에게 혐오감을 주지 않는다.
- 단점 : 우분의 상태가 계절별로 차이가 있어 액비 처리시 주의가 필요하다. 톱밥우사에 비하여 분뇨 처리 노동력이 많이 소요된다.

마. 로봇착유기 착유 작동 시연

로봇착유기 시작기의 농장설치 및 착유시험 후 연구성과를 알리기 위하여 작동시연행사를 개최하였다.

○ 일시 및 장소 : 2019. 7. 24(수), 대*목장(양평)

○ 로봇착유기 시작기 작동시연 행사 주요내용

- 로봇착유기 개발 개요 및 내용 설명 : 화관 이용(농업연구원 최희철)
- 실증시험용 로봇착유기 시작기 작동시연 및 요소 기술별 특징 설명
 - * 로봇착유기 시작기 부착 부품별 규격, 기능, 특성 등 설명
- 젖소 모형을 활용하여 작동 시연 : 사료급여, 유두인식, 착유컵 장착 및 탈착, 유성분분석 센서 작동상태 등



그림 355 단체사진



그림 356 로봇착유기 시작기 개발 개요 설명



그림 357 로봇착유기 시작기



그림 358 작동시연 참관

3장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1절 목표

1. 최종 성과목표

- 가. 완전자동화 무인 착유가 가능한 착유로봇 시작기 개발로 낙농의 첨단기술화
- 나. 보급형 착유로봇 시작기 농가 실증시험으로 국산화 및 수출산업화 기반 구축

2. 세부목표

- 가. 착유로봇 시작기 제작 및 성능개선 및 고도화 연구
 - 국내개발 착유로봇 시제품의 착유 및 적용성과 분석
 - 농가 현장실증시험 시작기의 문제점 도출 및 보완
- 나. 착유로봇 시스템 원격진단 및 서비스 프로그램 개발
 - 보급형 로봇착유시스템의 원거리 이상유무 진단 및 서비스 프로그램 개발
- 다. 보급형 착유로봇 시스템 현장실증 시험(착유우 50두 내외 낙농농가, 2호)
 - 보급형 로봇착유시스템 시작기 시험가동 및 착유 현장적용 시험
 - 농가보급을 위한 로봇착유시스템 활용 매뉴얼 작성
- 라. 착유로봇 핵심부품 및 데이터 통신 등 표준화 방안 연구

3. 당해연도 개발 목표 및 내용

- 가. 연구개발 목표
 - 주관연구기관(주식회사 다운) : 국산 착유로봇 시작기 제작 및 현장 실증제품 개발
 - 협동연구기관(국립축산과학원) : 국산 착유로봇 개발 시제품 낙농농가 현장실증
- 나. 개발 내용 및 범위
 - 주관연구기관(주,다운) : 개체인식, 사료자동급여, 유두인식, 유두자동세척, 착유컵 자동 탈부착, 착유, 유두 소독액 자동분무, 착유컵 세척, 유량감지, 유방염 감지 및 유성분 분석, 밀크라인 및 우유 냉각기 자동세척장치 등 완전 무인 착유를 위한 착유로봇 시작기 제작
 - 협동연구기관(국립축산과학원) : 착유 전 과정 무인화가 가능한 로봇착유기 시작기에 대한 실 규모(착유우 50두 내외) 젖소 사육농가현장에서 실증시험을 수행하고 로봇착유시스템의 원거리 이상유무 진단 및 서비스를 할 수 있는 프로그램을 개발하고 국산화 착유로봇 시스템의 개발성과분석

2절 목표 달성여부

1. 연구개발 평가의 착안점 및 기준

평가의 착안점 및 기준	가중치	연구결과
1) 일일 50두 내외의 착유우를 착유할 수 있게 설계되었는가?	20%	완료
2) 각 유두별 인식속도는 로봇의 이동을 제외하고 3초 이내에 인식되는가?	20%	완료
3) 일일 착유횟수가 평균 2회 이상 착유하고 있는가?	20%	완료
4) 착유량의 증가는 10% 이상의 효과가 있었는가?	20%	완료
5) 기기설계상 소모품을 제외한 부분에 대해 10년 이상의 내구성이 있도록 설계 되었는가?	20%	완료

2. 정량적 성과 달성 여부

가. 정량적 성과 목표

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용-홍보		기 타 (영 농 활 용)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SC I	비 SC I						
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건	건	
가중치	20			20		30											10		20
최종목표	1			1		1											1		2
1 차 연 도	목 표	1		1		1											1		2
	실 적	3		1	6.3	1	5						1				2	13	1
합 계	목 표	1		1		1											1		2
	실 적	3		1	6.3	1	5						1				2	13	1

나. 정량적 성과 달성 내용

(1) 기술거래(이전) 등

No	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술실시권 유형	유무상 여부	기술 유형
1	다운2019 착유 제어기	(주)다운	2019-12-30	직접실시	유상	프로그램

(2) 사업화 현황

연도	제품명	업체명	사업화 형태	당해연도 매출액(원)
2019	국산 착유로봇	주식회사 다운	기존업체-상품화	5,000,000

*별도 자료: 당해연도 사업화 실적 보고서

표 55 별도 자료: 당해연도 사업화 실적 보고

구분	제품명	제품사진	제품 출시일	매출액 (백만원)		해당기술의 매출액 기여율 (%)	원산지	품질 인증 여부
				국내	해외			
1	착유기		20.01.02.	국내	5	5	대한민국	-
				해외				

(3) 정책활용

No	정책 활용상태	시책명	주관부처	일자	기대효과
1	정책 건의	축산분야 ICT 융복합 확산 사업	농림축산식품부 축산경영과	2020-01-10	○ 한국실정에 맞는 프리스틀 표준설계도 제작으로 친환경 생력화된 낙농 가능 ○ 로봇착유기 등 스마트 사양관리장치 적정 활용 가능
2	정책 건의	유두 자동세척장치 부가세 영세율 적용	기획재정부 부가가치세제과	2020-01-09	○ 유두 자동세척을 통한 착유 노동력 절감, 환경오염 방지 ○ 전동 맞사지 기능을 통한 젖내림 개선 및 동물복지적 착유

(4) 타연구에 활용 및 2단계연구에 활용

No	연구사업명	연구제목	연구자	종료년도	활용년도
1	1세대 스마트 애니멀팜 고도화	국산 착유로봇의 빅데이터 활용체계 확립 및 낙농 농장 실증	이현정	2021	2020
2	1세대 스마트 애니멀팜 고도화	완전 무인착유를 위한 착유로봇 주요기술 기능개선 및 고도화 연구	최영경	2021	2020

(5) 기타 활용(영농기술 활용)

No	활용 명칭	활용내역	일자
1	로봇착유기 도입 및 설치 이용 시 고려사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ 로봇착유기 도입시 젖소 훈련방법 제시 ○ 주요 부품의 교체주기 및 관리방법 제시 ○ 로봇착유기 로봇암 작동시 안전관리 방법 제시 ○ 로봇착유기 작동시 에레뎃세지별 적정 대처방법 제시 ○ 로봇착유기 전기안전 관리방법 제시 	2020-01-09

(6) 저작권(소프트웨어)

No	등록번호	저작권명(소프트웨어 명)	등록기관	등록일
1	C-2019-033440	DW2019 milking controller	한국저작권위원회	2019-11-11
2	C-2020-003249	로봇착유기 통합운영 및 원격관리 모바일 어플리케이션	한국저작권위원회	2019-11-19
3	C-2020-003250	로봇착유기 통합운영 및 원격관리 웹 프로그램	한국저작권위원회	2019-11-19

(7) 국내 및 국제학술회의 발표

No	학술회의명	발표제목	발표자	발표일시	장소	국명
1	2019 춘계공동학술대회	ICT 기반 축산자동화 솔루션 개발 기업	최영경	2019-05-10	경상대학교 GNU컨벤션 센터	대한민국

(8) 홍보실적

No	유형	매체명	제목	일시
1	지방일간지	대전일보	세종시 농기센터 '젓소유두세척기 시범 사업' 노동력 절감 확인	2019-09-02
2	지방일간지	매일일보	세종시농업기술센터, 올해 시범사업 결과...내년 확대 추진키로	2019-09-22
3	중앙전문지	브릿지경제	젓소유두세척기, 시간·노동력 절감 효과 확인	2019-09-22
4	지방일간지	세종의소리	세종시, '젓소농가 유두세척기' 내년 확대 보급	2019-09-22
5	지방일간지	충청투데이	'젓소 유두세척기' 청결 높이고·노동력 줄인다	2019-09-22
6	Internet/PC통신	디트news24	세종시, 젓소유두세척기 노동력 절감 효과 커	2019-09-22
7	지방일간지	충청리뷰	세종시, '젓소 유두 세척기 활용 시범사업' 낙농농가 노동력 절감효과	2019-09-22
8	Internet/PC통신	특급뉴스	젓소유두세척기, 시간·노동력 절감 효과 확인	2019-09-22
9	지방일간지	충북일보	세종시내 젓소 우유 생산 더욱 편리해진다	2019-09-22
10	지방일간지	세종충청뉴스	세종시농업기술센터, 젓소 유두 세척기 활용 시범사업 추진	2020-09-22
11	중앙전문지	아주경제	[로컬 소식] 젓소 유두세척기로 시간·노동력 절감... 내년부터 확대 추진	2019-09-23
12	지방일간지	월드투데이	세종시, 젓소유두세척기 시간·노동력 절감 효과 확인	2019-09-23

(9) 전시회 참가(전시회, 박람회, 제품설명회 등)

No	유형	행사명	전시 품목	장소	활용 년도
1	국제박람회	2017 Fieldays	착유로봇용 유두세척기	Mystery Creek, Hamilton, New Zealand	2019

4장 연구결과의 활용 계획 등

1. 연구 성과의 활용분야 및 활용방안

가. 기술개발 활용 방안

- 완전 자동화 착유로봇 국산화로 농림축산식품분야 ICT 융합기술의 자립도 및 기술경쟁력 확보
- 센서기술, 로봇공학 등 ICT 기술을 종합적으로 자동 착유시스템으로 접목하여 낙농 생산 시스템의 획기적인 개선 가능
- 낙농산업에 기존에 개발·보급중인 포유로봇, TMR 급이로봇을 포함하여 로봇착유기를 상용화하여 로봇 무인 젖소농장 실현
- 로봇착유기 국산화 보급 및 고도화로 ICT 축산기자재 산업의 고도화, 수입대체 및 수출산업화 가능

나. 경제적 산업적 활용 방안

- 우유 생산비 절감과 효율성 향상으로 농가소득 증대와 경쟁력 향상
- 낙농농장의 ICT를 접목한 착유로봇 이용으로 산유량 10% 증가, 유방염 감소 및 노동력 절감 가능
- 한국형 착유로봇 실용화시 국내보급은 물론 수출산업화 가능
- 보급 10년 후 국내 로봇착유기 이용율 30% 달성(현재는 0.01%)
- 2021년 국외 박람회 전시 참여 및 2022년부터 중국, 일본, 동남아 수출 실현

다. 사회적 활용 방안

- 착유노동으로 부터의 해방으로 낙농인의 삶의 질 개선 및 낙농후계자 육성의 장애요인 해결

2. 기업화 추진 방안

가. 생산 계획

구분		(2021년) 개발 종료 후 1년	(2022년) 개발 종료 후 2년	(2023년) 개발 종료 후 3년
국 내	시장점유율(%)	20%	40%	60%
	판매량(단위: 대)	10	20	30
	판매단가(원)	1억 5천만	1억 5천만	1억 5천만
	국내매출액(백만원)	1,500	3,000	4,500
해 외	시장점유율(%)	1%	3%	5%
	판매량(단위: 대)	1	5	10
	판매단가(\$)	14만	14만	14만
	해외매출액(백만\$)	0.14	0.4	1.4
당사 생산 능력		100%	100%	100%

나. 투자 계획

- 2020년: 생산량을 증가 위한 시설 확충, 제2공장을 로봇관련 전문공장으로 운영
- 2021년: 대규모의 생산시설 및 설비 확충, 영업인력 2명 충원으로 영업력 보강
- 2022년: 생산 및 관리 효율화, 협력업체 발굴, 총매출액의 10~15%정도를 로봇 생산성 및 마케팅 비용으로 투자

(단위: 백만 원)

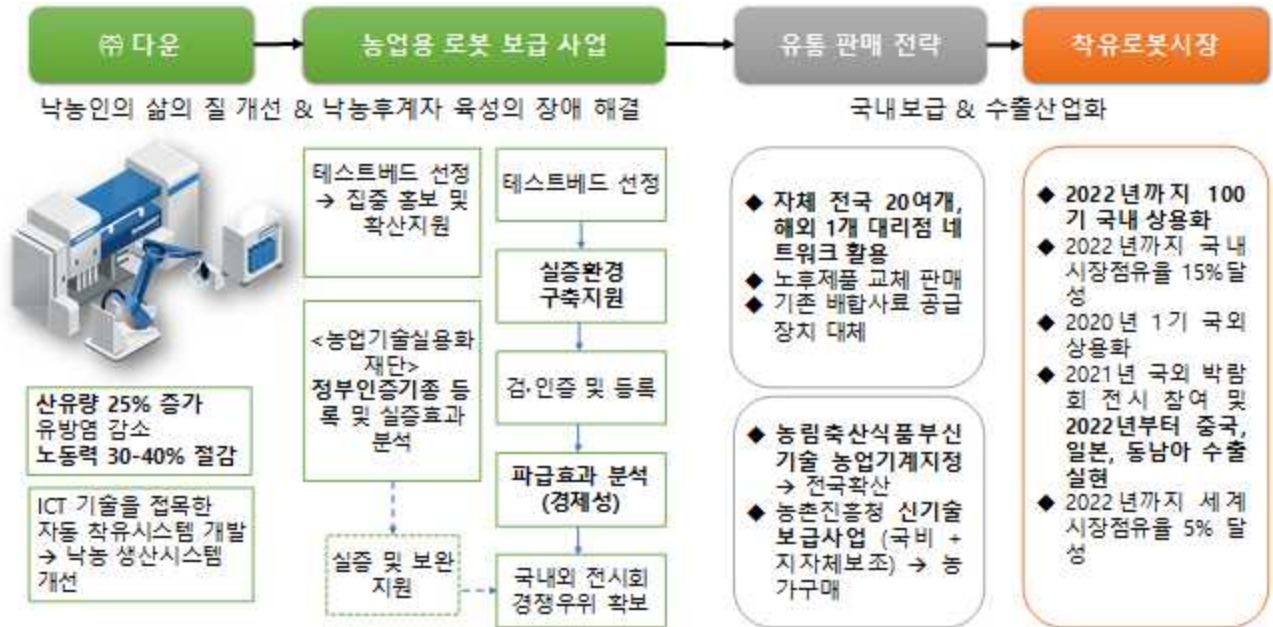
항목		(2021년) 개발 종료 후 1년	(2022년) 개발 종료 후 2년	(2023년) 개발 종료 후 3년
매출원가		1,500	3,000	4,500
판매관리비		165	825	1,650
자본적 지출	토지	57	288	577
	건물/건축물	72	360	721
	기계 장치 등	144	721	1,443
자본적 지출 합계		924	1,155	2,310

다. 사업화 전략

구분	구체적인 내용
형태/규모	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 대리점을 통한 제품 영업 및 판매, 전국적인 사후지원 경험, 해외 착유로봇 대비 50% 가량 저렴한 예상 단가 → 시장창출형 시제품 생산 ○ 국내외 전시회 등 참가지원 및 기타홍보활동 ○ 전국 지자체 및 수요대상자, 관련 연구자 초청 테스트 베드 홍보 시연 ○ 현장(작목별) 맞춤형 농업용 로봇 매뉴얼 개발 및 배포 ○ 국내 지역별 농식품인력 교육프로그램 연계 설명회 ○ 국제 농업박람회(INTERNATIONAL AGRICULTURAL EXHIBITION), 터키 농업박람회(GROWTECH EURASIA) 등 홍보 ○ 2022년 150억 규모의 시장 확대를 위해 점유율 80%에 달하는 기존 판매루트 및 정부기관 지원 활용
상용화 능력 및 자원 보유	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전국에 분포한 당사 대리점, 자체 연구실, 20년간 다품종을 생산한 자체 공장 활용 및 점진적 확장 ○ 2020년 기존 제2공장을 로봇관련 전문공장으로 운영 ○ 2021년 전문 로봇개발인력 2명 충원으로 로봇 생산성 보강
상용화 계획 및 일정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2021년 10기 국내 상용화, 2023년까지 국내 시장점유율 60%달성 ○ 2021년 1기 국외 상용화, 2023년까지 세계 시장점유율 5% 달성

3. 사업화를 위한 비즈니스 모델

가. 사업화 모형 수립(BM) 배경



- 해당 제품은 주식회사 다운(주관연구기관), 농촌진흥청 축산자원개발부(협동연구기관)에서 공동 개발 중임. 농촌진흥청에서는 개발된 기술의 시범사업을 3년간 수행하여 농가 보급을 지원, 신제품 사용 시 발생하는 문제점을 모니터링 및 성능을 업그레이드하여 상용성을 높이는데 기여할 예정임

나. 사업화 모형의 목표 및 핵심 경쟁 요인

- 해외 수출 판로를 여는 데 있어서 기존 해외의 고성능 착유기 대비 높은 가격경쟁력과 확고한 판매 루트를 갖는 것이 핵심 경쟁 요인으로 작용

다. 목표 시장 구조

(1) 경쟁 기업 현황

- 국내에 상용화된 경쟁 기업은 없으며, 네덜란드의 Lely사는 로봇 착유기 애스트로너트(Astronaut)를 세계 60여 개국에 29,000대 이상 판매하였으며 DeLaval사는 20,000대 정도 판매하였으며 기타 업체는 2,000대 정도 판매
- 한국의 로봇착유기 설치는 총 103대로 Lely 58, De Laval 40, Insentec 5대임(2018.7월)
- 국내 도입되었던 해외 착유 로봇은 높은 가격과 국내 낙농 농장실정에 맞지 않아 보급이 둔화되고 있음

(2) 시장 진입 장벽

- 1999~2003년까지 착유관리자동화시스템 연구과제를 통하여 착유스톨, 매니플레이터, 착유컵 착탈시스템 등을 개발하였으나 구동속도가 느려 실용화하지 못하였음
- 최근 센싱기술, 로봇공학기술과 영상처리기술 등의 발달로 시장창출을 위한 기술 장벽이 낮아졌고 이에 따라 제품개발을 통한 시장 형성이 시급한 상황임

라. 수익 확보 전략

(1) 주요 고객군

- 해외의 비싼 착유 로봇(3-4.5억/대)을 도입하기 어려운 대부분의 농가
- 농장운영, 축사 및 가축관리에 있어 인력 의존방식으로 운영되고 있는 약 8천여 곳의 국내 농가
- 당사의 제품이 보급된 1만여 가량의 국내 판로

(2) 사업화 모형(BM)을 통한 수익 창출 방안

- 해외 제품군의 경우 여러 회사 제품을 조합하여 로봇시스템을 구축하므로 제품의 생산 단가가 3억 원대로 높게 형성됨. 그에 비하여 본 국산화 개발 제품은 1억 원 후반대의 비용에 출시 예정으로 약 40% 저렴한 가격에 공급하므로 가격 경쟁력이 우수함
- 보급 능력과 전문 사후서비스 인력 투입을 통해 국내시장 수익 창출 및 당사의 해외 판로 1곳을 비롯한 중국, 일본, 동남아 등의 해외 시장 진입

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 국산 착유로봇 기술 현장 적용 평가 및 산업화				
	(영문) On farm evaluation and commercialization of Korean milking robot				
주관연구기관	주식회사 다운		주 관 연 구 책 임 자	(소속) 주식회사 다운	
참 여 기 업	주식회사 다운			(성명) 최영경	
총연구개발비 (667,000천원)	계	667,000,000	총 연 구 기 간	2019.01. - 2020.01. (1년)	
	정부출연 연구개발비	500,000,00	총 참 여 연구 원 수	총 인 원	20
	기업부담금	167,000,000		내부인원	20
	연구기관부담금	-		외부인원	-

본 연구는 완전 자동화 착유로봇의 시작기 개발 및 젖소농장 실증을 통한 착유로봇 국산화를 목표로 한다. 해당 연구개발 목표를 수행하기 위하여 완전자동화 무인 착유가 가능한 착유로봇 보급형 시작기를 개발하였고, 보급형 시작기의 농가 실증시험을 통하여 착유로봇의 국산화 및 낙농의 첨단기술화, 수출산업화 기반을 구축하고자 하였다.

현장 실증을 위한 국산 착유로봇 상용화 시작기를 제작하기 위하여 보급가능 프로토 타입 모델 착유스틀을 제작하였다. 연구를 통하여 로봇 매니플레이터의 운영 능력 개선, 유두인식 알고리즘, 유두세척 안정성 강화하였고 로봇착유시스템과 자동급여시스템, 유량측정시스템을 연계하여 통합시스템을 구축하였다. 시작기 1호기 제작을 완료하여 검증에 착수하였다.

제작된 국산 착유로봇 시제품의 낙농농가 현장 실증시험을 수행하였고 이를 통하여 착유기 도입 성과 분석, 문제점 분석 및 개선사항 확보하였다. 개선사항에 따라 도면 수정 및 하드웨어 수정하여 시스템 개선하였다.

착유로봇 시스템 원격진단 및 서비스 프로그램을 개발하였다. 통합프로그램은 표준 통신규격을 준수하여 중앙데이터 서버에 연동하였고, 원격지원 가능한 서비스 프로그램 제작, 웹사이트 페이지 및 사용자 모바일 어플리케이션 제작하였다. 착유로봇에 ICT 접목하여, 이종기간 연계 가능한 오픈소스 기반으로 표준인터페이스 제작하였고, 표준제어시스템을 개발하였다.

본 연구의 개발성과인 국산 로봇착유기 보급을 통하여 고된 착유 노동에서의 해방, 축산 근로자의 삶의 질 개선, 우유 생산비 절감과 효율성 향상으로 농가소득 증대와 경쟁력 향상이 기대된다. 외산 로봇착유기 수입을 국산으로 대체함으로써 농림축산식품분야 ICT 융합기술의 자립도 및 기술경쟁력 확보하고, 누적된 착유 및 급이 데이터는 낙농 스마트팜 빅데이터 구축에 활용 가능하다. 본 연구의 개발 기술인 센서기술, 로봇공학 등 ICT 기술을 종합적으로 낙농 생산시스템에 접목하여 획기적인 환경 개선이 가능하며, 기존 낙농산업에 보급 중인 포유로봇, TMR 급이로봇 등과 로봇착유기를 연계함으로써 로봇 무인 젖소농장 실현이 가능하다.

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호	319031-1		
사업구분	1세대 스마트 애니멀팜 산업화				
연구분야	축산업 시설·환경 기계·시스템		과제구분	단위	
사업명	1세대 스마트 애니멀팜 산업화			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	국산 착유로봇 기술 현장 적용 평가 및 산업화		과제유형	개발	
연구기관	주식회사 다운, 국립축산과학원 축산자원개발부		연구책임자	최영경	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2019.01.-2020.01.	500,000	167,000	667,000
	계		500,000	167,000	667,000
참여기업	주식회사 다운				
상대국	비해당	상대국연구기관		비해당	

2. 평가일 : 2020.03.06.

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
주식회사 다운	대표이사	최영경

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

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

확약	최영경
----	-----

1. 연구개발실적

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 아주우수

획득된 카메라 영상을 기반으로 다양한 개체형상에 대응되는 유두 인식 알고리즘 향상, 젯소 체형에 적합한 착유스톨 제작을 통하여 연구개발 성과물의 국내 농가 활용성을 높였고, 확보된 기술력을 적극 도입하여 개체 인식률 개선, 사료 섭취안정성 개선을 통한 착유적응성 개선하였음. 출고 전 검사를 거쳐 한국형 로봇착유시스템 시제품을 농가에 설치하였고, 전문 엔지니어 및 착유 전문가의 검증을 통하여 연구개발 성과물의 우수성을 높였음

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 아주우수

유두인식 기술 및 로봇 ARM을 적용한 무인화로 고된 착유 노동 해방, 착유 데이터 관리에 따른 농장 운영의 편의성 증대, 농가 수익 증대가 기대됨. ICT 기술과 접목하여 웹/모바일 기반 원격 제어를 가능케 하여 축산 농가의 노동량을 대폭 감소 및 사용자 편의성을 높였음. 로봇 무인 젯소농장 실현 및 수입 대체 국산화 개발 도입, 향후 수출산업화 가능하여 아주 우수한 파급효과가 기대됨

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 아주우수

외산 제품을 대체한 한국형 착유로봇 시스템 시작품의 농가 보급용, 소프트웨어 등록 및 기술이전을 통하여 산업화 추진 중임. 무인로봇 착유에 따른 인력 노동량 감소, 개체별 착유정보 및 섭취정보 관리로 젯소 농가에 우유 생산 품질 안정성, 경영 안전성을 도모함. 개체인식 기술 기반한 젯소의 무인 착유, 데이터 누적으로 축산 스마트팜 무인화·자동화 시스템 정착 및 빅데이터 구축에 활용하여 활용가능성이 아주 우수하다 판단됨

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 아주우수

1차년도(2020) 상반기 중 프로토타입의 착유스톨 제작, 유두인식 알고리즘 및 유두세척 기능 강화하여 기술 고도화 추진함. 하반기 중 로봇착유시스템 시작품 1호기 제작, 실증 농가 선정하여 시작품 1호기 설치 및 운영 돌입하였음. 1호기 운영 중 문제 사항 도출하여 개선 및 2호기 실증 준비함. 전용 제어 소프트웨어 개발하여 프로그램 등록 및 기술이전 추진하였음. 연구개발이 아주 우수하고 성실하게 진행되었다 사료됨

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 아주우수

로봇착유시스템 관계 소프트웨어 저작권 획득 및 기술이전, 산업화 추진하여 로봇착유시스템 판매 매출 발생하였음. 축산 분야 “로봇착유기”를 포함하는 프리스틀 우사 표준 설계도 제작을 정책 건의하여 활용, 로봇착유기 고려사항에 관한 영농기술정보 게재 및 학술발표 수행하였음. 로봇착유기 및 요소기술의 해외 박람회 출품, 방송 및 언론 매체를 통하여 활발히 홍보중임

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
1) 일일 50두 내외의 착유우를 착유할 수 있게 설계되었는가?	20	20	일일 50두 내외의 착유우 착유 가능하도록 설계 개발 완료하였음
2) 각 유두별 인식속도는 로봇의 이동을 제외하고 3초 이내에 인식되는가?	20	20	각 유두별 인식속도는 로봇의 이동을 제외하고 3초 이내로 개발 완료하였음
3) 일일 착유횟수가 평균 2회 이상 착유하고 있는가?	20	20	농가 실증 중 일일 착유횟수는 평균 2회 이상 기록하고 있음
4) 착유량의 증가는 10% 이상의 효과가 있었는가?	20	20	농가 실증 결과, 착유량의 증가 효과가 10% 이상 나타남
5) 기기설계상 소모품을 제외한 부분에 대해 10년 이상의 내구성이 있도록 설계 되었는가?	20	20	소모품을 제외한 부분에 대해 10년 이상의 내구성 확보하도록 설계 개발하였음
합계	100	100	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

카메라 영상을 기반으로 유두 인식 알고리즘 향상하여 연구개발 성과물을 고도화였고, ICT 기술과 접목하여 웹/모바일 기반 원격 제어를 가능케 하여 축산 농가의 노동량을 대폭 감소하였음. 한국형 착유로봇 시스템 시작품의 외산 제품 대체 효과, 고된 착유 노동 해방, 개체별 착유정보 및 섭취정보 관리로 젖소 농가에 우유 생산 품질 안정, 경영 안전 효과 도모함. 착유 데이터 누적으로 관련 연구 분야에 적용 및 후속 연구를 추진 중이며, 축산 무인화 및 빅데이터 구축에 기여 가능함

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

성실한 개발업무를 수행하였고, 축산 농가에 시작품 운영 및 모니터링 하여 현장에서 도출되는 다양한 문제 제기를 참조하여 연구성과물 개선하였음. ICT와 연구성과물의 접목, 착유 데이터의 저장 및 누적이 가능케 하여 빅데이터 구축의 기반 기술을 마련함. 후속 연구를 통하여 유두캡 탈착 속도 향상, 우유 샘플 채취 기능 향상, 로봇 구동 개선 및 경량화를 통하여 제품 고도화를 추진할 계획임

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

본 연구에서 제안한 정책 건의 “로봇차유기를 포함하는 프리스톨 우사 표준 설계도 제작” 안
에 관하여 정부에서 적극적으로 실행 및 배포, 향후 연구성과물의 고도화 연구에 적극적인 지
원이 요구됨. 본 연구개발기관에서는 연구성과물의 개선 및 홍보에 박차를 가하여 성과 보급
에 힘 쓸 예정임. 이에 따른 정부 지원사업 및 농가 보급 정책을 통하여 연구개발 성과물 보
급 활성화에 지원 요청하는 바임

IV. 보안성 검토

「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의4에 따른 분류(보안과제 및 일반과제)
에 해당하지 않음

1. 연구책임자의 의견

해당 없음

2. 연구기관 자체의 검토결과

해당 없음

[별첨 3]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input checked="" type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	축산업 시설·환경 기계·시스템	
연구과제명	국산 착유로봇 기술 현장 적용 평가 및 산업화			
주관연구기관	주식회사 다운		주관연구책임자	최영경
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	500,000,000	167,000,000	-	667,000,000
연구개발기간	2019. 01. 22. - 2020. 01. 21.			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input checked="" type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input checked="" type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
①카메라 영상 기반 유두인식 기술	카메라 영상 기반 유두인식 기술 강화, 로봇 이동 시간 제외 후 3초 내에 유두위치 인식 성공, 당초 연구목표였던 유두인식 속도 만족하도록 개발하였음
②국산 착유로봇 상용화 시작기 제작 및 낙농농가 현장실증	한국형 착유 스톨 제작, 유두인식 기술, 유량·유질 분석 및 자동 세척 기능, 착유 안정을 위한 개체별 자동 급이 기능을 탑재한 착유로봇 시작기 제작 및 농가 실증시험 수행하였음
③착유로봇 ICT 연계 표준제어시스템 기술개발	ICT 연계하여 착유 데이터 및 급이 데이터를 개체 인식 기반으로 관리 가능한 표준제어시스템 개발 및 소프트웨어 등록 완료, 원격 제어 가능하도록 개발함

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용-홍보		기 타 (영 농 활 용)
	특 허 출 원	특 허 등 록	프 로 그 램 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		논 문 평 균 IF	학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SC I	비 SC I							
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치			20	20		30										10	20			
최종목표			1	1		1										1	2			
연구기간내 달성실적			1	1		1										1	1			
달성율(%)			100	100		100										100	100			

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	카메라 영상 기반 유두인식 기술
②	로봇 매니플레이터에 의한 무인 착유기
③	개체 기반 착유 데이터 및 급이 데이터 ICT 통합 제어기

5. 연구결과별 기술적 수준

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

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	로봇 착유기에 탑재하여 유두 위치의 탐지 및 착유컵, 세척컵의 부착에 활용, 관련 연구 분야 활성화
②의 기술	착유 노동력 부족을 겪고 있거나, 착유 관리의 어려움을 겪고 있는 젖소 사육 농가에서 인력노동 대체하여 자동화·무인화 착유기 활용, 외산 제품 대체, 국내 착유 농가 생산성 및 경제소득 향상
③의 기술	착유 데이터 및 급이의 정밀 사양 관리 가능, 원격 제어 기능 적용함으로써 농가 근로자의 편이성 증대, ICT를 활용한 스마트팜 빅데이터 기반 시스템 구축

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용-홍보		기타 (영농활용)
	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	20			20		30											10	20	
최종목표	1			1		1											1	2	
연구기간내 달성실적	3			1	6.3	1	5							1			2	13	1
연구종료후 성과창출 계획																			1

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명	다운 2019 착유 제어기		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	6,300천원
이전방식	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input checked="" type="checkbox"/> 기타(직접실시)		
이전소요기간	2019. 12. - 2020. 12.	실용화예상시기 ³⁾	'20 ~ '21
기술이전시 선행조건	기술지도 및 장비 도입, 농가 설비 후 기술이전		

<뒷면지>

주 의

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