과제번호 : S2644946

중소기업 기술개발사업 최종보고서

2018년 창업성장기술개발사업

최적의 전류전압을 찾고 세팅하는
머신러닝기반 용접품질관리 IoT 플랫폼

2020년 01월 03일

주 관 기 관 주식회사 비자림

[별지 제3-②호]

중소기업 기술개발사업 최종보고서

사 업 명	2018년도 창업성장기술개발사업 ‘혁신 R&D+창업도약패키지과제’		
과 제 명	최적의 전류전압을 찾고 세팅하는 머신러닝기반 용접품질관리 IoT 플랫폼		
주 관 기 관 (구매기관)	주식회사 비자림	대 표 자	김 숙 희
		과제 책임자	강 정 훈
주 소	서울 강동구 천호대로 182길 41, 202호	전 화 번 호	02-470-5398
총 개 발 기 간	2018 . 10 . 08 . ~ 2019 . 11 . 08 . (13 개월)		

개발사업비 (천원)	정 부 출연금	160,000	투자 기업 부담금		기 업 부담금	현금	20,000	계	200,000
						현물	20,000		
공동개발기관/ 참여기업									
위탁연구기관									

기술개발 목표 달성도 (%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

개발완료시기	2019 년 11 월
보고서 공개유무	공개( ), 비공개(5 년) *비공개는 최장 5년임.

중소기업기술개발 지원사업 운영요령 제22조 규정에 의하여 최종보고서를 제출합니다.

<별첨> 1. 중소기업 기술개발사업 최종보고서(종합관리시스템 제출)
2. 사업비 사용내역 장부 및 관리통장(사본 1부)
3. 사업비 집행 영수증 사본 1부

2020 년 01 월 03 일

과제 책임자 : 강 정 훈 (인)

주 관 기 관 : 주식회사 비자림

대 표 자 : 김 숙 희 (인)

중소벤처기업부장관 귀하

※ 최종보고서 및 증빙서류 출력물은 전문기관에 제출

[별지 제3-②호]

중소기업 기술개발사업 최종보고서

사 업 명	2018년도 창업성장기술개발사업 '혁신 R&D+창업도약패키지과제'		
과 제 명	최적의 전류전압을 찾고 세팅하는 머신러닝기반 용접품질관리 IoT 플랫폼		
주 관 기 관 (구매기관)	주식회사 비자림	대 표 자	김 숙 희
		과제 책임자	강 정 훈
주 소	서울 강동구 천호대로 182길 41, 202호	전 화 번 호	02-470-5398
총 개 발 기 간	2018 . 10 . 08 . ~ 2019 . 11 . 08 . (13 개월)		

개발사업비 (천원)	정 부 출연금	160,000	투자 기업 부담금		기 업 부담금	현금	20,000	계	200,000
						현물	20,000		
공동개발기관/ 참여기업									
위탁연구기관									

기술개발 목표 달성도 (%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

개발완료시기	2019 년 11 월
보고서 공개유무	공개( ), 비공개(5 년) *비공개는 최장 5년임.

중소기업기술개발 지원사업 운영요령 제22조 규정에 의하여 최종보고서를 제출합니다.

<별첨> 1. 중소기업 기술개발사업 최종보고서(종합관리시스템 제출)
2. 사업비 사용내역 장부 및 관리통장(사본 1부)
3. 사업비 집행 영수증 사본 1부

2020 년 01 월 03 일

과제 책임자 : 강 정 훈 (인)

주 관 기 관 : 주식회사 비자림

대 표 자 : 김 숙 희 (인)

중소벤처기업부장관 귀하

※ 최종보고서 및 증빙서류 출력물은 전문기관에 제출

<별첨>

중소기업 기술개발사업 최종보고서

[편집순서 1 - 표지]

표지 뒷면		표지 앞면
이 보고서는 중소벤처기업부에서 시행한 중소기업 기술개발사업의 최종보고서입니다. 이 기술내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 중소벤처기업부에서 시행한 중소기업기술개발 지원사업의 기술개발 결과임을 밝혀야 합니다.	2018 최적의 전류전압을 찾고 세팅하는 머신러닝기반 용접 품질관리 IoT 플랫폼 ㈜ 비자림	중소기업 기술개발사업 최종보고서 (창업성장기술개발사업) 최적의 전류전압을 찾고 세팅하는 머신러닝기반 용접품질관리 IoT 플랫폼 2020 년 01 월 03 일 주 관 기 관 주식회사 비자림 중 소 벤 처 기 업 부

※ 표지는 A4 크기로, 백색바탕에 흑색활자로 작성함

[편집순서 2 - 제출문]

제 출 문

중소벤처기업부장관 귀하

본 보고서를 중소기업 기술개발사업 수행과제의 최종보고서로 제출합니다.
(최종보고서 공개( ), 비공개(5 년) *비공개는 최장 5년임.)

□ 사 업 명 : 창업 성장 기술 개발 사업

□ 과 제 명 : 최적의 전류전압을 찾고 세팅하는 머신러닝기반 용접품질관리 IoT 플랫폼

□ 개발기간 : 2018년 10월 08일 ~ 2019년 11월 08일

2020 . 01 . 03 .

주 관 기 관 : 주식회사 비자림 (대표자) 김 숙 희 (인)

과제책임자 : 강 정 훈 상무

연 구 원 : 이 종 훈 수석연구원
〃 : 장 화 평 선임연구원
〃 : 라 준 호 연구원
〃 : 이 한 호 연구원
〃 : 김 진 호 연구원
〃 : 신 득 수 연구원

[편집순서 3 - 요약서(초록)]

요 약 서 (초 록)

과 제 명	최적의 전류전압을 찾고 세팅하는 머신러닝기반 용접품질관리 IoT 플랫폼
키 워 드	플랫폼, 머신러닝, 사물인터넷, 데이터수집장치, 제조실행시스템 Platform, Machine Learning, IoT, DAQ, MES

개발목표 및 내용

항 목	계 획		실 적	달성도(%)
개발목표	머신러닝기반 용접품질 관리 IoT 플랫폼 개발		머신러닝기반 용접품질 관리 IoT 플랫폼 개발	100%
정량적 목표항목 및 달성도	1.학습 알고리즘 응답 속도	3초	3초	100%
	2.학습 정확도	95%	95%	100%
	3.Notification 응답속도	500ms	500ms	100%
	4.데이터 수집 속도	500ms	500ms	100%
	5.반응 정확도	99%	100%	100%
	6.기능 구현 완전성	99%	100%	100%
	7.기능 구현 정확성	99%	100%	100%

기타성과	○ 지적재산권 : 건수 (특허등록 건, 특허출원 1 건) ○ 논문 발표 : ○ 기 타 : 프로그램 등록 1건, 매출 1건, GS인증 1건, TTA인증 1건
기대효과	○ 중소 제조업에 최적화 된 IoT 플랫폼 적용으로 중소 제조업 경쟁력 강화 ○ 용접에서의 전류,전압,Co2 량을 머신러닝에 의한 학습으로 용접조건 기술적 데이터 축적
적용분야	○ 용접 업종의 중소, 중견 제조업 MES 구축 ○ 센서 및 DAQ를 이용한 IoT 적용 중소 제조업의 MES 구축
변경사항	○ 없음

[편집순서 4 - 목차 및 본문]

목 차

제 1 장 개발기술의 개요

※ 사업계획서를 참고하여, 개발기술의 중요성 및 관련기술 현황을 간략히 기술

제 2 장 개발목표 및 개발내용

제 1 절 기술개발 목표

※ 기술개발 목표를 구체적으로 기술

※ 사업계획서 대비 변경사항이 있을시, 변경 내용 및 사유를 필히 기재

제 2 절 세부 개발내용 및 방법

※ 구체적인 개발방법·내용 및 계획대비 실적 등 기술

※ 공인시험인증서, 실험데이터, 도면, 실물사진(구입기자재, 연구시작품, 개발제품 등) 포함

제 3 장 성과요약 및 사업화 계획

제 1 절 기술개발 성과 및 기대효과

※ 연구성과(지식재산권, 논문, 인증 등) 및 핵심기술, 기대효과 제시

※ 사업계획서 대비 변경사항이 있을시, 변경 내용 및 사유를 필히 기재

제 2 절 사업화 계획 및 매출실적

※ 개발기술을 적용한 제품화, 양산·마케팅 전략 및 매출실적(해당시) 등을 구체적으로 기술 (당초 기술개발 시작 시점의 조사와 변화된 내용 중심으로 작성)

본 문

※ 규격은 A4를 기준으로 작성한다. (데이터 및 도면 포함)

1. 본문의 순서는 장, 절, 1, 가, (1), (가), ①, ㉮ 등으로 하고,
2. 장은 원칙적으로 페이지를 바꾸어 시작한다.
3. 본문은 횡으로 작성한다.
4. 각주는 해당 페이지 하단에 표기하며, 본문과 구분토록 한다.
5. 페이지 수는 편집순서 2의 제출문부터 시작하여 양면으로 작성한다.
6. 한글, 한자, 영문을 혼용한다.
7. 표지 뒷면에는 주의문을 넣는다.

※ 보고서 내용에 따라 필요한 경우에는 여타 적정한 방식에 의하여 편집 또는 인쇄할 수 있다.

목 차

제 1 장 개발기술의 개요

제 1 절 개요 및 개발기술의 필요성 ····· 06
1. 개발 기술의 개요 ····· 06
2. 개발 기술의 필요성 및 중요성 ····· 07

제 2 절 관련 기술의 현황 ····· 09
1. 국내외 기술 현황 ····· 09
2. 국내외 시장 현황 ····· 11

제 2 장 개발목표 및 개발내용

제 1 절 기술개발 목표 ····· 13
1. 기술 개발 목표 및 달성도 평가 ····· 13
2. 주요 기술 개발 내용 ····· 17

제 2 절 세부 개발 내용 및 방법 ····· 19
1. 스마트 공장용 센서 IoT 플랫폼 개발 ····· 19
가. 오픈소스 모비우스 연구 ····· 19
나. 아키텍처 정의 및 프로토콜 설계 ····· 21
다. 센서 IoT 플랫폼 개발 ····· 25
(1) MQTT 프로토콜 관리 프로그램 개발 ····· 25
(2) 학습한 센서에 대해서 실시간 반응하는 알고리즘 개발 ····· 26
(3) 센서/DAQ 설정 관리 프로그램 개발 ····· 27

2. MES 서버 Q-Factory 서비스 프로그램 개발 ····· 28
가. 학습 알고리즘 및 용접 연구 ····· 28
(1) 용접의 원리 이해 ····· 28
(2) 용접의 분류 및 특징에 대한 이해 ····· 28
(3) 용접 품질 기준을 위한 실험 ····· 30
(4) 용접 품질 학습용 현장(양품/불량품) 데이터 확보 ····· 38
나. 머신러닝 학습 알고리즘 개발 ····· 40
다. 서비스 프로그램 개발 ····· 48
(1) 학습한 SET을 센서 IoT 플랫폼으로 송신 프로그램 개발 ····· 48
(2) 센서 IoT 플랫폼과 MES 서버 Interface Batch 프로그램 개발 ····· 50
(3) 용접 포인트 관리 프로그램 개발 ····· 51
(4) 사용자에게 Notification 하는 프로그램 개발 ····· 52

(5) 실시간 데이터에 대한 로봇 모니터링 프로그램 개발 ····· 52
(6) 현장용 로봇 용접 결과 Display 프로그램 개발 ····· 53
(7) 로봇 용접 결과 비전 검사 프로그램 개발 ····· 54

제 3 장 성과요약 및 사업화 계획

제 1 절 기술개발 성과 및 기대효과 ····· 64
1. 개발 추진 일정 및 실적 ····· 64
2. 사업비 실적 ····· 65
3. 기술 개발 성과 ····· 65
4. 개발 결과의 기대 효과 ····· 69

제 2 절 사업화 계획 및 매출실적 ····· 70
1. 사업화 계획 ····· 70
가. 스마트공장 시장 분석 ····· 70
나. 스마트공장 산업 구조 ····· 71
다. 사업화 전망 ····· 73
2. 제품화 방안 및 양산·판로 계획 ····· 74
가. 개발기술을 적용한 제품화 방안 ····· 74
나. 양산·판로 계획 ····· 74
다. 마케팅 전략 ····· 75
3. 매출 실적 ····· 78

제 1장 개발 기술의 개요

제 1절 개요 및 개발 기술의 필요성

1. 개발 기술의 개요

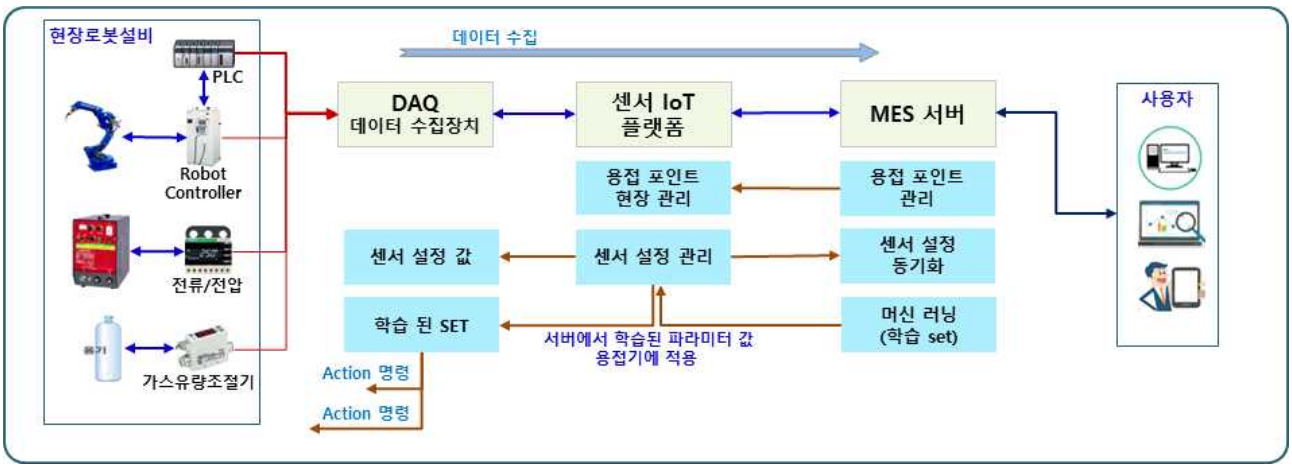
▣ 기술 개요

- 스마트공장용 용접분야 현장에서 로봇을 활용한 용접과정 중 데이터 수집 및 분석 후 제어하는 머신러닝 기반 용접 품질관리 IoT 플랫폼임

- 제조 현장의 센서/액츄에이터 ↔ 인디케이터(옵션) ↔ DAQ[1] ↔ 센서 IoT플랫폼 ↔ MES 서버에서 데이타의 전달(송신)과 수신을 담당할 센서 IoT 플랫폼에 역할의 중요성이 확대됨에 따라 데이터 전달에 효과적인 방안 모색함

- 용접 품질을 결정하는 다양한 요소들(모재, 두께, 용접순간의 모재 온도, 전류/전압, Co^2 등 데이터를 수집하고 수집된 데인터를 분석하는 과정에서 머신 러닝 기술을 접목하여 개발함

- 학습된 최적의 전류/전압 데이터 값을 MES[2] 서버에서 센서 IoT[3] 플랫폼 서버로 IoT서버에서 DAQ까지 학습 Set을 전달하는 기술임



< 머신러닝 기반의 용접 품질 IoT 플랫폼 개념도 >

- 스마트 공장에 필수로 대두되고 있는 로봇, 전류/전압/Co2 센서로 부터 데이터 수집 및 세팅, 4차 산업 혁명의 기술인 IoT, 머신러닝 기술을 융합하여, 로봇 용접에 대한 머신러닝 기반의 용접품질 IoT플랫폼을 개발함

---

1) DAQ : Data Acquisition (데이터 수집)

2) MES : Manufacturing Execution System (제조 생산 관리 시스템)

3) IoT : Internet of Things (사물인터넷)

- 데이터 수집 및 분석에 프레임워크는 아래 그림과 같음

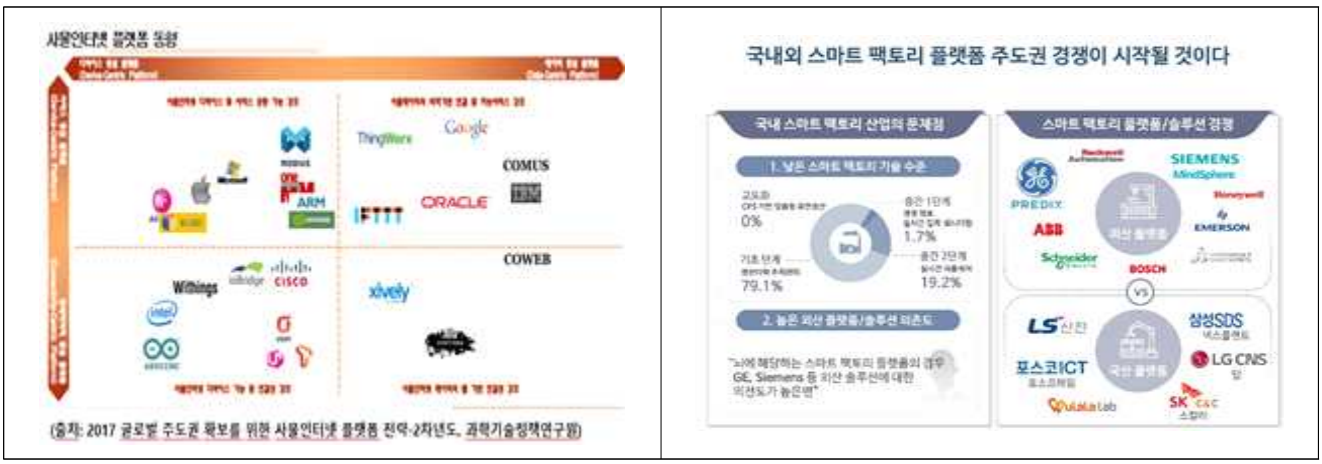
< 데이터 수집 및 분석 프레임 워크 >

2. 개발 기술의 필요성 및 중요성

▣ 기술 필요성

- 로봇이 용접하는 중간에 모재, 두께에 따라 전류/전압의 값을 일일이 전류/전압공급 장치에 설정해서 용접을 실행할 수 없으므로 모재의 두께, 철판내 위치, 실내 온도, 다중 용접지점에 따라 주어진 조건들을 반영하여 환경에 맞게 학습된 정보(인공지능이 적용된 플랫폼)에 의한 세팅 할 수 있는 센서 IOT 플랫폼 기술 개발이 필요합니다.

- 현재 외산 플랫폼과 대기업에서 개발한 플랫폼으로 중소기업에 적용하기에는 실제 현실에 맞지 않고 사용하기에 적절하지도 않으면서도, 여러 범용 기능만 많아 고가이거나, 아니면 월별로 부과하는 방식이라 중소기업에게는 부담이 큽니다. 이에 중소기업에 맞춤한 소형이면서도 적절한 성능을 갖추고 업체에 최적화된 플랫폼이 필요합니다.



< 사물인터넷 플랫폼 동향>

- 스마트 공장에서 사물인터넷은 “하드웨어(기기, 센서, 액츄에이터, 인디케이터, 데이터수집장치, 서버 등), 네트워크(인터넷, 개별망 등), 소프트웨어(IOT플랫폼, MES서버, 클라우드, 데이터분석, 인공지능, DBMS, WAS, 개발 TOOL 등) 등 ICT 기술을 활용해 4M (MAN,

MACHINE, MATERIAL, METHOD) 과 공간을 서로 연결하고 데이터를 생성, 공유, 활용하여 부가가치를 창출하게 됩니다.

- 스마트 공장에서 수많은 센서로부터 생겨나는 다양한 데이터를 안정적인 것(안전성), 즉각 반응할 수 있는 것(즉시성), 저렴하면서 가치적인 것(효율성)이 되도록 지원되는 센서 IoT 플랫폼이 필요합니다.

- 다양한 산업에서 다수 플랫폼에 공통적으로 활용되는 플랫폼(인공지능 등)이나 플랫폼의 수와 종류가 늘어남에 따라 이들을 엮는 메타플랫폼[4]도 다양하게 등장할 것입니다. 즉, 사물인터넷 분야에서 플랫폼 상위 계층에 플랫폼, 플랫폼 하위 계층에 플랫폼이 존재하는 중층적 구조가 일반화될 전망이므로 현장의 센서 IoT플랫폼의 필요성이 대두되고 있습니다.

▣ 개발 기술의 경쟁력

- 용접 품질에 대한 연구는 많았지만, 머신러닝을 통해서 작업장의 환경(온도/습도/co2등)과 모재(강종)의 종류, 두께, 용접지점과 이전위치와의 관계, 전류, 전압, Co2량, 품질결과 값을 조건으로 최적의 전류/전압을 찾고, 이것을 로봇이 용접을 진행할 때 전류/전원 장치에 적정한 값을 변경해서 최적의 용접을 진행할 수 있도록 하는 독창성과 차별성을 확보하는 것입니다
  - 센서↔DAQ↔IoT플랫폼↔MES서버 코드 표준화 하도록 센서 및 DAQ 설정관리 가능
  - 회사/공장/제품에 맞는 용접 관리 시스템을 통한 도면과 용접 부위를 관리하게 되어 기업의 제품 품질 경쟁력을 높일 수 있는 차별화된 시스템
  - 각 포인트마다 필요한 모재, 두께에 따른 전류/전압을 변경 설정
  - 데이터를 생성, 공유, 활용하기 위해서 필연적으로 이들을 연결하고 부가가치를 만드는 플랫폼의 역할
  - 스마트공장 제조현장의 대응은 초 단위가 아니라 밀리세컨드 단위의 응답을 요구할 수 있는데 이를 충족할 수 있는 시스템
  - 현재의 조건과 품질검사 결과들의 조합에 기반한 최적의 전압과 전류값을 찾는 머신러닝 학습 데이터 Set의 일정한 주기에 맞춰 새로운 환경에 맞게 재설정 가능

- 기존 기술의 미비점에 대한 보완
  - 로봇이 여러 포인트를 용접하면서 각 포인트마다 모재, 두께에 따라 전류, 전압을 수작업으로 일일이 변경하면서 용접을 진행할 수가 없습니다.
  - 여러 요소 기술(센서, 데이터 수집장치, 로봇 컨트롤, PLC, 전류/전압 조절, IOT, MES, 인공지능 등)들은 기술적인 요소가 각기 상이해서 모든 기술을 융합하여 적용하기 어렵습니다.

4) 메타플랫폼 (Meta Platform) : 작은 의미에서는 가상화와 메타 플랫폼은 같은 의미라고 보실 수 있지만, 메타 플랫폼이 더 큰 의미를 가진 것으로, 가상화 기술 전반과 관리 포지션까지를 모두 제공하는 플랫폼의 플랫폼을 칭하는 의미

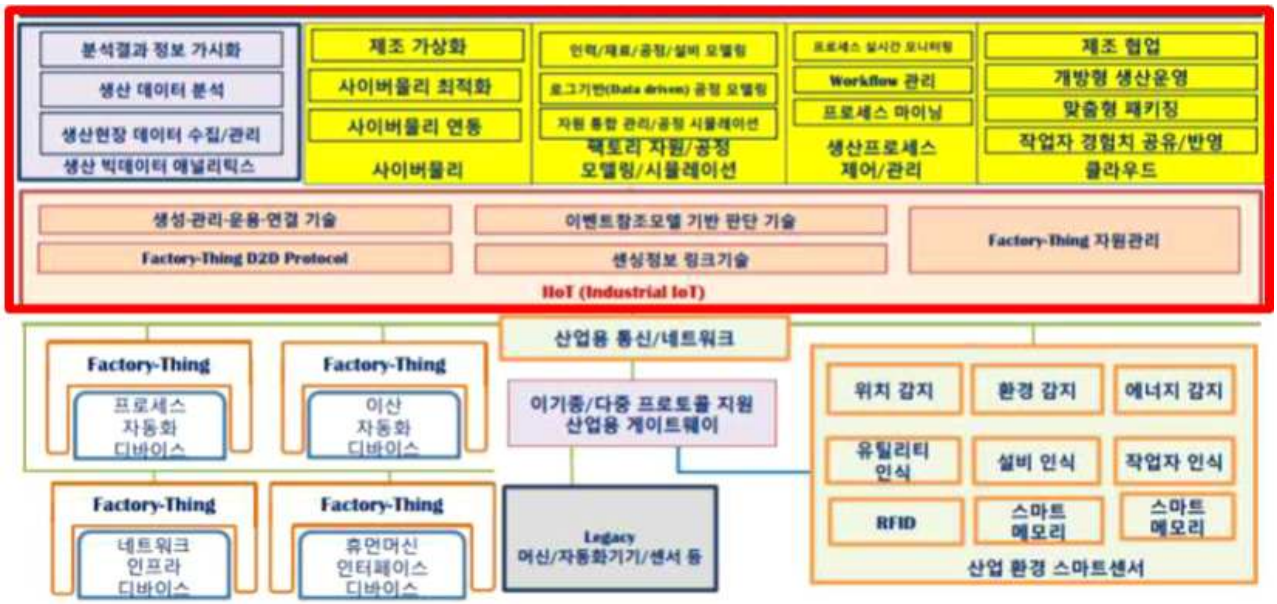
▣ 개발 기술의 파급효과

- 중소 제조업에 최적화 된 IoT 플랫폼 적용으로 중소 제조업의 스마트공장 진행 속도 증가되어 국내 제조업의 경쟁력 강화 기대됨

- 중소 제조업의 ICT 기술을 활용한 4M(Man, Machine, Material, Method)과 공간을 연결하여 데이터를 활용한 부가가치 창출 기대됨

- 스마트 공장의 수많은 센서로부터 생겨나는 다양한 데이터를 안정성, 즉시성, 효율성을 지원하는 IoT플랫폼으로 중소 제조업의 생산성 향상이 기대됨

- 머신러닝 기반 용접 품질관리 IoT 플랫폼은 스마트공장 제조 Application 컴포넌트 연동 프레임워크 SW 고도화에 기여 (사이버물리시스템[5], 팩토리 자원/공정, 모델링/시뮬레이션 시스템, 생산프로세스 제어/관리 시스템등의 관련 S/W 어플리케이션 컴포넌트 연동 프레임워크 SW 고도화에 기여함



< 스마트공장 제조 Application 연동 프레임워크 >

제 2절 관련 기술의 현황

1. 국내외 기술 현황

국내 제조 시장에서 센서에서 정보를 수집해서 전달하는 기능을 수행하는 제품의 비중이 커지고 있으며 특히 스마트공장에 적용할 경우 스마트공장용 IoT 플랫폼의 필요성이 증대되고 있음

5) 사이버 물리 시스템(CPS : Cyber physical systems) : 우리가 살아가는 물리적 세계와 컴퓨팅, 통신, 센서와 같은 사이버 세계의 융합을 추구하는 시스템으로, 서로 다른 분야의 융합연구의 발전으로 새롭게 이목을 끌고 있으며 일반적으로는 다양한 컴퓨터 기능과 물리적 세계의 일반적인 사물들과 융합된 형태인 시스템을 의미한다

현재 외산 플랫폼과 대기업에서 개발한 플랫폼으로 중소기업에 적용하기에는 실제 현실에 맞지 않고 사용하기에 적절하지도 않으면서도, 여러 범용 기능만 많아 고가이거나, 아니면 월별로 부과하는 방식이라 중소기업에게는 부담이 큽니다. 이에 중소기업에 맞춤한 소형이면서도 적절한 성능을 갖추고 업체에 최적화된 플랫폼이 필요함

2017년 주요 기관들이 발표한 ICT 기술 및 이슈 전망에서도 사물인터넷은 4차 산업혁명의 다수의 근간이 되는 기술들과 함께 다수 선정되며 중요성이 부각되고 있음

이슈 / 기술	국내						해외						
	IITP	KT-KISA	NIA	SPRi	TTA	ROA	Gartner	IDC	IHS	Forrester	Juniper	Ericsson	Deloitte
자율주행차 / 커넥티드카	●	●		●	●	●					●	●	●
가상현실 / 증강현실	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	
사물인터넷	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	
인공지능	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

자료 : 각 기관, IITP(2017.1)일부 인용

< 주요 기관들이 발표한 2017년 ICT 시술 이슈 전망 >

- 스마트공장 (산업인터넷) 분야의 주요 해외 경쟁사 플랫폼 현황

경쟁사명	제품명	비 고
GE	Predix 2015.9 cloud	SAP HANA Platform 사용
지멘스	MindSphere 2016.7 on-premise(teamcenter), cloud	SAP HANA Platform 사용
보쉬	IoT Suite, 2016.3 (클라우드) on-premise, Cloud	Bosch IoT Cloud 사용
PTC	Thingworx 2013 on-premise, Cloud	2013년 Thingworx 인수
다쏘(Dassult)	experience 2012 on-premise, Cloud	SAP의 ERP 사용
슈나이더	Ecostruxure 2016.11 on-premise, Cloud	
화낙	Field ,2017.9, on-premise	Cisco cloud 사용
SAP	Leonardo 2017.1 on-premise, Cloud	SAP HANA Platform 사용
히타치	Lumada 2016.5 on-premise, Cloud	

- 스마트공장 (산업인터넷) 분야의 주용 국내 경쟁사 플랫폼 현황

경쟁사명	제품명	비 고
LG CNS	IOT Gateway 솔루션	
삼성 SDS	Brightics IoT	
SK TELECOM	ThingPlug	
나무아이앤씨	CoreCode	
시너젠	EnerMONS v1.0	
퀀텟시스템즈	iCIGNAL IoT Cloud	
메타빌드	MESIM IoT Platform v1.5	
트리포스	싱크이지	
모니텍	통합 용접 모니터링 시스템	
휴비스	용접모니터링 시스템	

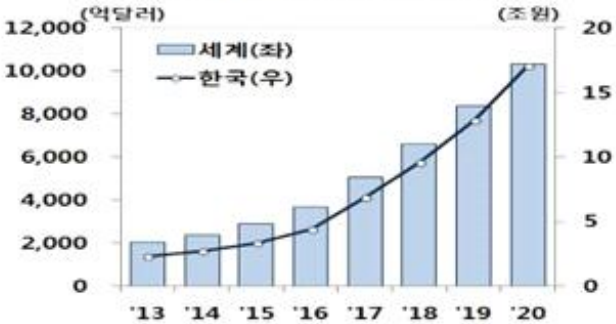
2. 국내외 시장 현황

▣ 국내외 시장 규모 및 수출입 현황

년도	(2018년) 현재년도	(2019년) 개발 종료	(2020년) 개발 종료후 1년
세계 시장 규모 (억달러)	5,500	7,500	10,000
한국 시장 규모 (억원)	90,000	130,000	180,000

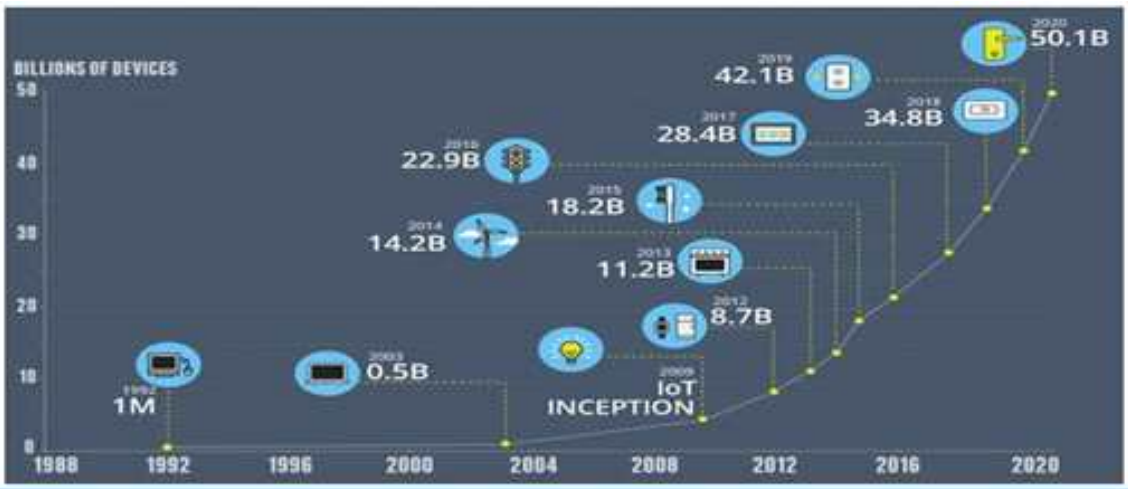
- 사물인터넷은 모든 사물을 인터넷에 연결하여 실시간으로 데이터를 주고받는 4차 산업혁명의 핵심 기반기술로 주목받고 있음. 특히 세계 사물인터넷 시장은 급격히 성장하여 2022년 1조 달러 이상의 시장이 형성될 것으로 전망되며 경제적 파급효과는 2025년까지 최소 3.9조 달러에 이를 전망임

< 국내외 IoT 시장 전망 >



자료 : Machina Research, STRACORP.

- 사물인터넷 시장이 본격적인 성장기에 접어들면서 2020년 전 세계 디바이스 간 연결 은 50 Billion이 넘을 것으로 예상됨



< 사물인터넷의 연도별 성장 및 디바이스 확장 전망 >

- 사물인터넷은 시장 중 스마트 공장 관련 분야는 약 2.3조 ~ 3.7조에 이를 것으로 전망됨
- Mckinesy는 공장, 도시 및 건강 등 9개 분야의 사물인터넷 경제적 파급효과가 2025년까지 최소 3.9조 달러에서 최대 11.1조 달러에 이를 것으로 전망

< 9대분야 사물인터넷의 경제적 파급효과 > 자료: Mckinesy

- 리포츠앤리포츠(2017)는 스마트 가전, 스마트폰, 수송기기 등의 증가로 데이터 수집을 위한 통신 인프라의 수요가 높아져 2016년 160억 달러 시장 규모로 성장하였으며, 2023년이 되면 이보다 10배 이상 늘어난 1천950억 달러(약 224조원)에 달할 것으로 예측

※ Grand View Research, Inc : 2014년 6,056.9억 달러에서 2022년 1.88조 달러로 확대 (GAGR 15.2%)
※ IDC : 2015년 6,986억 달러에서 2019년 1.3조 달러로 시장 확대(CAGR 17%)
※ Cisco : 2022년 14.4조 달러로 시장 확대

제 2장 개발 목표 및 개발 내용

제 1절 기술 개발 목표

1. 기술 개발 목표 및 달성도 평가

가. 기술개발 최종 목표

▣ 최적의 전류전압을 찾고 세팅하는 머신러닝 기반 용저 품질관리 IoT 플랫폼 개발

- 센서에서 데이터 수집을 위한 값을 설정(센서↔DAQ↔센서IoT플랫폼↔MES서버 코드 통일)하는 기능
- 각 설정된 값은 수집장치를 통해서 센서IoT 플랫폼에 저장 하는 기능 및 MES 서버와 송수신 기능
- 저장된 데이터를 토대로 머신러닝 기능을 활용하여 최적의 전류/전압을 학습하고 현장 설비에 데이터를 제공하는 기능
- 용접에서 전류/전압이 허용오차 범위를 벗어난 것에 대해서 현장 화면에 DISPLAY하여 작업자가 확인해서 다시 한번 품질을 확인할 수 있는 시스템

나. 정량적 목표 항목

▣ 정량적 목표 항목

주요 성능지표	단위	최종 개발목표	세계최고수준 (보유기업/보유국)	가중치 (%)	측정기관
1.머신러닝 학습 정확도 (최적 전류/전압 도출 정확도)	%	95%	95%	20	한국정보통신협회-시험인증서
2. 머신러닝 학습알고리즘 응답속도	초	3초	3초	20	한국정보통신협회-시험인증서
3. IoT 서버 응답 속도	ms	500ms	500 ms	20	한국정보통신협회-시험인증서
4. IoT 서버 응답 정확성	%	99%	99%	20	한국정보통신협회-시험인증서
5. 데이터 수집 정확도	%	99%	99%	20	한국정보통신협회-시험인증서
6. 기능구현 완전성	%	99%	99%	5	한국정보통신협회-GS 인증
7. 기능구현 정확성	%	99%	99%	5	한국정보통신협회-GS 인증

▣ 정량적 목표 항목 평가방법

주요 성능지표	시료정의	측정시료수 (n≥5개)	측정방법 (규격, 환경, 결과치 계산 등)
1. 머신러닝 학습 정확도 (최적 전류/전압 도출 정확도)	데이터 갯수	10	학습한 세트를 가지고 학습이 잘되었는지 정확성 - 학습데이터 와 결과 테이터 비교
2. 머신러닝 학습알고리즘 응답속도	데이터 갯수	10	학습한 세트를 가지고 서버에서 반응하는 응답 속도
3. IOT 서버 응답 속도	데이터 갯수	10	1개의 데이터를 IOT센서서버에서 PLC까지 전달 하는 시간
4. IOT 서버 응답 정확성	데이터 갯수	10	1개의 데이터를 IOT센서서버에서 PLC까지 전달 하는 데이터의 정확성
5. 데이터 수집 정확도	데이터 갯수	10	센서로부터 que에 들어온 데이터의 실제데이터 의 정확성. 전류/전압 실험장비에 의한 센싱 데 이터 와 비교.
6.기능구현 완전성	데이터 갯수	-	기능 구현한 알고리즘이 프로세스에 합당 하게 처리 되는지 확인. 개관적 품질평가를 위해 국 제 품질 표준 ISO/IEC 25023,25041,25051의 체계에 성능인증항목에 의한 GS인증
7.기능구현 정확성	데이터 갯수	-	작성된 알고리즘이 error 없이 정의한 데이터가 정상적으로 display 되는지 확인 객관적 품질평가를 위해 국제 품질 표준 ISO/IEC 25023,25041,25051의 체계에 성능인증항목에 의한 GS인증
※ 시료수 5개 미만(n<5개) 지표 사유 6,7번은 GS인증 기준에 의한 시료수.			

▣ TTA를 통한 공인 시험

- 시험 대상 구성 환경

소프트웨어 정보			시험 환경 구성도
운영체제	서버	Microsoft Windows 10 (64bit)	
	클라이언트	debian	
제품구동 요구사항	서버	해당 없음	
	클라이언트	해당 없음	
하드웨어 정보			
하드웨어 사양	서버	CPU: intel(R) Core(TM) i7-4710HQ 2.5GHz, 메모리: 8GB, HDD: 218GB	
	클라이언트	CPU: AM335x 1GHz ARM Cortex-A8, 메모리: 512MB, eMMC: 4GB	
네트워크	TCP/IP 환경		
기타 환경	해당 사항 없음.		

- 시험 합의서 및 규격서

최적의 전류전압을 찾고 세팅하는 머신러닝기반 용접 품질관리 IoT플랫폼 v1.0

TBT-A-19-0738-AG

시험합의서

1. 시험신청일반사항

시험신청번호	BT-A-19-0738		
회사(기관)명	㈜비자림	설 립 일	2012. 12
사업자등록번호	206-86-72289	대 표 자	김숙희
대표 전화번호	02-470-5398	대표자 E-Mail	ms@bizarim.com
홈페이지	http://www.bizarim.com		
주 소	서울 강동구 천호대로 풍성로 245 4층		
업무 담당자	성명	이 한 호	전화번호	010-2391-2365
	Mobile	010-2391-2365	E- Mail	hhlee@bizarim.com
	FAX번호	070-8668-9948	부서/직급	연구소/주임

2. 수행과제

2.1 수행과제명
- 최적의 전류전압을 찾고 세팅하는 머신러닝기반 용접 품질관리 IoT플랫폼

2.2. 과제전달기관
- 중소기업청

2.3. 해당과제 시험수행여부
- 해당 없음

3. 시험기간 : 시험 시작일로부터 X일(Working Day 기준)

(* Working Day란 토요일과 휴일 및 기타 관사적인 업무로 시험업무를 수행할 수 없는 기간을 제외한 나머지 기간을 말하며, 시험일정은 업무관련 사정에 의해 다소 연기될 수 있습니다.)

※ 출장시험 유무 : X

(* 출장시험: 시험수행을 위해 TTA 내부가 아닌 외부의 별도 장소에 방문하여 시험을 수행하는 것)

※ 사유: 해당 없음

4. 시험대상

4.1 시험 대상
- 국문명 : 최적의 전류전압을 찾고 세팅하는 머신러닝기반 용접 품질관리 IoT플랫폼 v1.0
- 영문명 : Welding quality management IoT platform based on machine-learning to find and set optimum current and voltage v1.0

TFS-0042 1/9 시험합의서
소프트웨어시험인증연구소

최적의 전류전압을 찾고 세팅하는 머신러닝기반 용접 품질관리 IoT플랫폼 v1.0

TBT-A-19-0738-AG

(첨부 1) 시험규격서

시험규격서

<시험 항목 및 정의>

ID	시험 항목	시험 목표	목표치
TC1	머신러닝 학습 정확도(최적의 전류 도출 정확도)	시험대상제품의 학습 머신러닝 모델을 통한 최적 용접 전류 도출 기능 실행 시, 각 공정별로 정의된 표준 전류값과 실제 관측된 전류값을 비교하여 이상 유무 판정 ※ 시험의뢰기업에서 제공한 정답지를 기준으로 오차범위 5% 이내는 정상, 이외는 불량으로 판정	95% 이상
TC2	머신러닝 학습 알고리즘 응답속도	시험대상제품의 학습 머신러닝 모델을 통한 최적 용접 전류 도출 기능 실행 시, 학습된 모델에 테스트 데이터 입력 후 판정 결과에 대한 응답 소요시간이 3초 이하인지 확인 ※ 소요시간 = 테스트 결과 출력시간-테스트 시작시간 ※ 소요시간 로그는 시험의뢰기업에서 제공	3초 이하
TC3	서버 응답 속도	시험대상제품의 데이터 수집장치(DAQ)로 데이터 전송 시, 응답 소요시간이 0.5초 이하인지 확인 ※ 소요시간 = 서버 발행 시간-수집장치(DAQ) 구독 시간 ※ 소요시간 로그는 시험의뢰기업에서 제공	0.5초 이하
TC4	서버 응답 정확성	시험대상제품의 서버에서 데이터 수집장치(DAQ)로 데이터 전송 기능 실행 시, 기능동작 성공률이 99% 이상인지 확인 o 기능 동작 성공률: A / B × 100 - A: 서버에서 전송한 데이터와 수집장치에 수집된 데이터가 일치하는 횟수 - B: 전체 수행횟수	99% 이상
TC5	데이터 수집 정확도	시험대상제품의 데이터 수집장치(DAQ)에서 서버로 데이터 전송 기능 실행 시, 기능동작 성공률이 99% 이상인지 확인 o 기능 동작 성공률: A / B × 100 - A: 수집장치의 데이터 값과 서버의 수신 데이터 값이 일치하는 횟수 - B: 전체 수행횟수	99% 이상

TFS-0042 4/9 시험합의서
소프트웨어시험인증연구소

▣ 참고자료 GS 인증

- ISO/IEC 25023, 25041, 25051 국제표준을 기반으로 기능적합성, 성능효율성, 사용성, 신뢰성, 보안성 등에 대한 시험 수행

  ※국제표준 ISO/IEC 9126-2가 25023으로 개정됨에 따라 2018년 6월 22일부터 개정된 표준을 적용하여 품질 시험 수행

- SW 유형별 테스트케이스를 개발·적용하고, 결함 발견 시 결함 리포트 및 보완 기회 제공 후 회귀시험 수행

- 제품의 품질을 종합적으로 평가한 후 인증심의위원회를 통해 인증여부 결정. 인증 통과 시 시험성적서 및 품질인증서 제공

다. 달성도 평가

▣ TTA 시험 인증 평가 결과

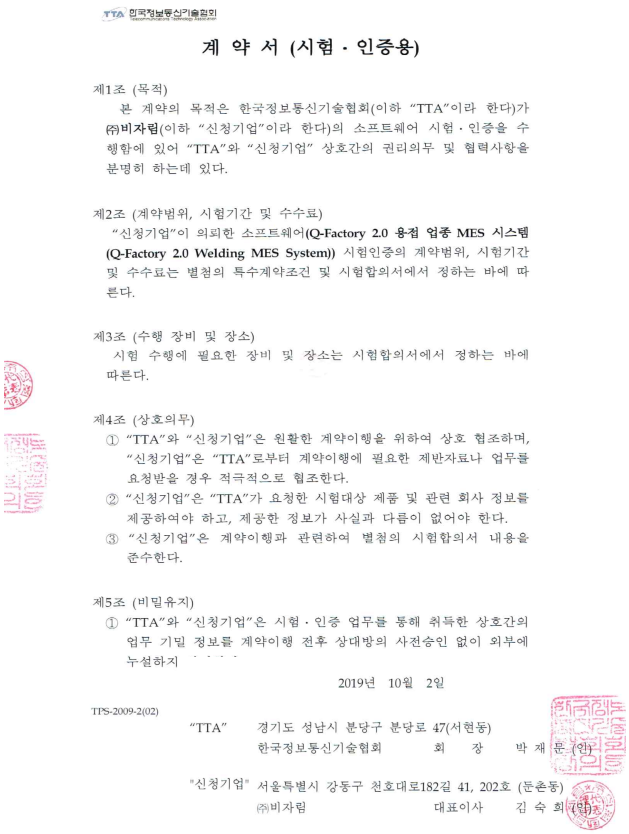
ID	시험항목	시험목표	목표치	측정치	달성도
TC1	머신러닝 학습 정확도 (최적 전류/전압 도출 정확도)	학습 머신러닝 모델을 통한 최적 용접 전류 도출 기능 실행 시 , 정의된 표준 전류 값과 실제 관측된 전류 값을 비교하여 정확도가 95% 이상인지 확인	95% 이상	98.69%	100%
TC2	머신러닝 학습알고리즘 응답속도	학습된 모델에 테스트 데이터 입력 후 판정 결과에 대한 응답 소요 시간이 3초 이하인지 확인 *소요시간 = 테스트결과출력시간 - 테스트 시작 시간	3초 이하	0.000783 초	100%
TC3	IoT 서버 응답 속도	서버에서 데이터 수집장치(DAQ)로 데이터 전송 시, 응답 소요시간이 0.5초 이하 인지 확인 *소요시간 = 서버발신시간 - DAQ 수신시간	0.5초 이하	0.201807 초	100%
TC4	IoT 서버 응답 정확성	서버에서 데이터 수집장치(DAQ)로 데이터 전송 기능 실행 시, 기능 동작 성공률이 99% 이상인지 확인 *기능동작 성공률 = (A / B) x 100 - A: 서버에서 전송한 데이터와 DAQ에 수집된 데이터가 일치하는 횟수 - B: 전체 수행 횟수	99% 이상	99.63%	100%
TC5	데이터 수집 정확도	데이터 수집장치(DAQ)에서 서버로 데이터 전송 기능 실행 시, 기능 동작 성공률이 99% 이상인지 확인 *기능동작 성공률 = (A / B) x 100 - A: 데이터수집장치(DAQ)의 데이터 값과 서버의 수신 데이터 값이 일치하는 횟수 - B: 전체 수행 횟수	99% 이상	100%	100%

- TTA V&V 인증은 2019년 10월 2일에 계약을 하여 시험은 2019년 12월 27일부터 진행하여 시험 항목별 결과는 모두 달성도 100%의 결과가 나왔습니다

▣ GS 인증

주요 성능지표[1]	단위	최종 개발목표[2]	세계최고수준[3] (보유기업/보유국)	가중치[4] (%)	측정기관[5]	달성도 (예상)
6. 기능구현 완전성	%	99%	99%	5	한국정보통신협회-GS 인증	100%
7. 기능구현 정확성	%	99%	99%	5	한국정보통신협회-GS 인증	100%

- GS 인증은 2019년 10월 2일에 계약을 하여 시험 대기 중에 있습니다
- GS 인증은 25일간 평가를 진행하는데 TTA의 일정이 많이 밀려있어 현재 2020년 1월 말경에 시험 시작을 할 수 있을 것으로 예상합니다



TTA 한국정보통신기술협회

계 약 서 (시험 · 인증용)

제1조 (목적)
본 계약의 목적은 한국정보통신기술협회(이하 "TTA"이라 한다)가 ㈜비자림(이하 "신청기업"이라 한다)의 소프트웨어 시험 · 인증을 수행함에 있어 "TTA"와 "신청기업" 상호간의 권리의무 및 협력사항을 분명히 하는데 있다.

제2조 (계약범위, 시험기간 및 수수료)
"신청기업"이 의뢰한 소프트웨어(Q-Factory 2.0 용접 업종 MES 시스템 (Q-Factory 2.0 Welding MES System)) 시험인증의 계약범위, 시험기간 및 수수료는 별첨의 특수계약조건 및 시험합의서에서 정하는 바에 따른다.

제3조 (수행 장비 및 장소)
시험 수행에 필요한 장비 및 장소는 시험합의서에서 정하는 바에 따른다.

제4조 (상호의무)
① "TTA"와 "신청기업"은 원활한 계약이행을 위하여 상호 협조하며, "신청기업"은 "TTA"로부터 계약이행에 필요한 제반자료나 업무를 요청받을 경우 적극적으로 협조한다.
② "신청기업"은 "TTA"가 요청한 시험대상 제품 및 관련 회사 정보를 제공하여야 하고, 제공한 정보가 사실과 다름이 없어야 한다.
③ "신청기업"은 계약이행과 관련하여 별첨의 시험합의서 내용을 준수한다.

제5조 (비밀유지)
① "TTA"와 "신청기업"은 시험 · 인증 업무를 통해 취득한 상호간의 업무 기밀 정보를 계약이행 전후 상대방의 사전승인 없이 외부에 누설하지

2019년 10월 2일

TPS-2009-2(02)

"TTA" 경기도 성남시 분당구 분당로 47(서현동)
한국정보통신기술협회 회 장 박 재 문 (인)

"신청기업" 서울특별시 강동구 천호대로182길 41, 202호 (둔촌동)
㈜비자림 대표이사 김 숙 희 (인)

Q-Factory 2.0 용접 업종 MES 시스템
Q-Factory 2.0 Welding MES System

TTA

TGS-A-19-461-AG

시 험 합 의 서

1. 시험신청 일반사항

시험신청번호	GS-A-19-461	인증 등급	1등급
		성적서 구분	TTA 성적서
시험성적서 및 결과서 발급			
G4B 온라인 발급 (V) 인쇄본 발급 ()		조달청연계 (온라인 발급 시) : 예 (V) 아니오 ()	
신청기업(기관)명	국문명 ㈜비자림	영문명	Bizarim
사업자등록번호	206-86-72289	법인등록번호	110111-5016294
대표자	김숙희	대표자 E-Mail	shkim@bizarim.com
대표 전화번호	02-470-5398	홈페이지	www.bizarim.com
주 소	(05364) 서울특별시 강동구 천호대로182길 41, 202호 (둔촌동)		
업무 담당자	성 명 장화평	전화번호	02-470-5398
	Mobile 010-4104-7721	E- Mail	hpjang@bizarim.com
	FAX번호 070-8668-9948	부서/직급	연구소/대리

2. 시험대상 제품 및 시험환경

2.1 시험대상 제품

시험대상 제품		
제품명 및 버전	국문명: Q-Factory 2.0 용접 업종 MES 시스템	실행 소프트웨어, 제품설명서 및 사용자취급설명서
	영문명:Q-Factory 2.0 Welding MES System	

2.2 시험환경

소프트웨어 정보		
운영체제	서버	CentOS 7.0 (64bit) * 1EA
	클라이언트	Microsoft Windows 10 Pro (64bit) * 2EA
특이사항 (제품구동요구사항)	서버	-DBMS: PostgreSQL 9.0, MySQL 5.6 이상 -WAS : Apache Tomcat 7.0 이상 -JAVA : Open JDK 1.7.0_151 이상
	클라이언트	- 웹 브라우저: Chrome 최신 버전
하드웨어 정보		
하드웨어 사양	서버	CPU : Intel XEON 3.0GHz, MEM: 16GB, Storage: 600GB 이상
	클라이언트	CPU: Intel Core2 3.0GHz, MEM: 8GB, Storage: 100GB

TIS-2003-1(09) 1/7 시험합의서
소프트웨어시험인증연구소

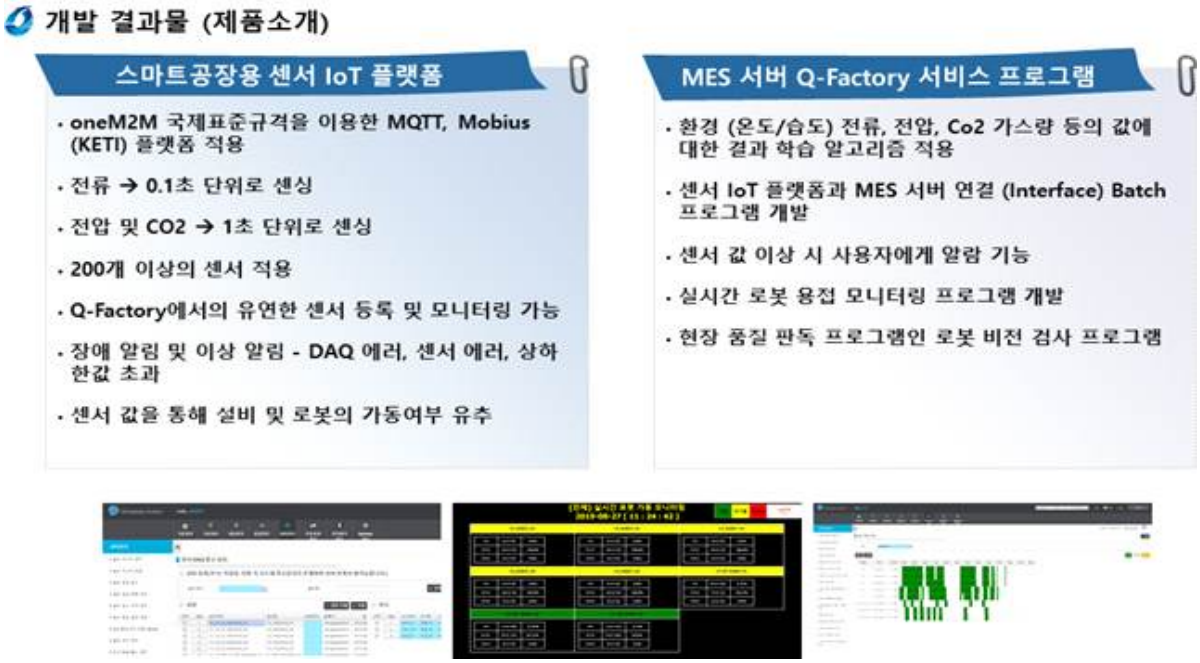
2. 주요 기술 개발 내용

▣ 스마트공장용 센서 IoT 플랫폼

- oneM2M 국제표준규격을 이용한 MQTT, Mobius (KETI) 플랫폼 적용
- 전류 → 0.1초 단위로 센싱
- 전압 및 Co^2 → 1초 단위로 센싱
- 200개 이상의 센서 적용
- Q-Factory에서의 유연한 센서 등록 및 모니터링 가능
- 장애 알림 및 이상 알림 - DAQ 에러, 센서 에러, 상하한값 초과
- 센서 값을 통해 설비 및 로봇의 가동여부 유추

▣ MES 서버 Q-Factory 서비스 프로그램

- 환경 (온도/습도) 전류, 전압, Co2 가스량 등의 값에 대한 결과 학습 알고리즘 적용
- 센서 IoT 플랫폼과 MES 서버 연결 (Interface) Batch 프로그램 개발
- 센서 값 이상 시 사용자에게 알람 기능
- 실시간 로봇 용접 모니터링 프로그램 개발
- 현장 품질 판독 프로그램인 로봇 비전 검사 프로그램



▣ 추진 계획 대비 실적

항 목	계 획	실 적	달성도 (%)
스마트공장용 센서 IoT 플랫폼 개발	• MQTT 프로토콜 관리 프로그램 개발 • 머신 러닝을 통해서 학습한 센서에 대해서 실시간 반응하는 알고리즘 개발 • 센서 DAQ 설정 관리 프로그램 개발	• oneM2M 국제표준규격을 이용한 MQTT, Mobius (KETI) 플랫폼 적용 • 지도학습 및 강화학습으로 이루어진 알고리즘 적용 • 센서 설정 관리 프로그램 적용	100%
MES 서버 Q_Factory 서비스 프로그램 개발	• 환경(온도/습도 등), 모재, 두께, 전류, 전압, Co2량 및 결과 값에 대한 학습 알고리즘 개발 • 주기적으로 머신 러닝을 통해서 학습한 SET을 센서IoT플랫폼으로 보내는 모듈 • 센서 IoT 플랫폼과 MES 서버 연결 (interface) BATCH 프로그램 개발 • 용접 포인트 관리 프로그램 개발 • 사용자에게 Notification하는 프로그램 개발 • 실시간 데이터에 대한 로봇 모니터링 프로그램 개발 • 현장 용 로봇 용접 결과 DISPLAY 프로그램 개발	• 환경 (온도/습도) 전류, 전압, Co2 가스량 등의 값에 대한 결과 학습 알고리즘 적용 • 전류 → 0.1초 단위로 센싱, 전압 및 Co2 가스량 → 1초 단위로 센싱 • 센서 IoT 플랫폼과 MES 서버 연결 (Interface) Batch 프로그램 개발 • 스마트공장 용접 관리 단위 모듈 개발 • 장애 알림 및 이상 알림 Program 개발 - DAQ 에러, 센서 에러, 상하한값 초과 등 • 용접 도면 및 품질관리 검사 Program 개발 • 센서 및 로봇 관련 모니터링 Program 개발 • 현장 용 품질 판독 Program 개발	100%

제 2절 세부 개발 내용 및 방법

1. 스마트공장용 센서 IoT 플랫폼 개발

가. 오픈소스 모비우스 연구

사물인터넷 표준 플랫폼인 Open Mobius는 국내 KETI에서 개발한 oneM2M 기반의 사물인터넷 플랫폼으로 본 과제의 사물인터넷 통신의 기본 프로토콜로 사용하고 있음

▣ Mobius 정의

Open Mobius는 개방형 사물인터넷 플랫폼으로 Iot(Internet of Things) 서비스 제공을 위해 다양한 Iot Device 정보를 관리하고 이들 IoT Device 서비스를 위한 Device의 접근 제어, 인증, 사용자 관리, 복수의 IoT 서비스를 조합한 서비스를 제공하여 Application을 통해 서비스 할 수 있는 운영체제임

▣ Mobius 구조

모비우스의 구조는 아래 그림과 같으며 4가지 플랫폼으로 구성되어 있으며

- 플래닛 플랫폼 : 디바이스를 등록 및 검색
- 디바이스 플랫폼 : 다양한 사물과 연결되어 데이터를 발생 및 수집
- 매시업 플랫폼 : 디바이스에서 데이터를 수집하고 데이터를 기반으로 매시업 서비스를 제공
- 스토어 플랫폼 : 다양한 앱/웹 애플리케이션 제공

▣ Mobius 적용

① 플래닛 플랫폼

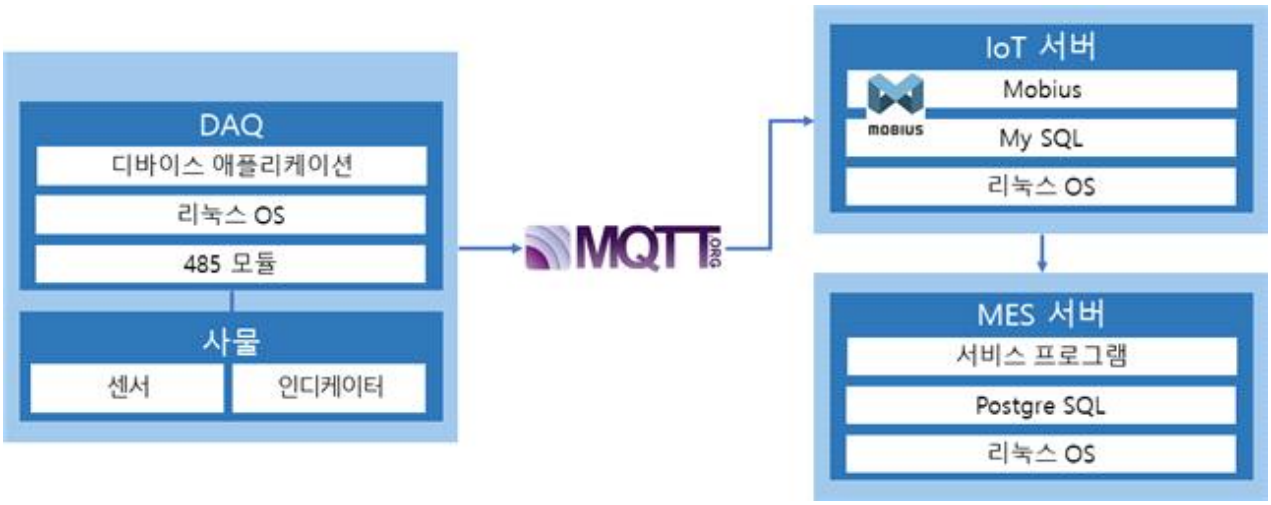
- Q-Factory의 설비 센서 관리를 통해 DAQ의 정보(일련번호, 설비, 센서 정보)를 PostgreSQL에 저장 및 확인할 수 있습니다

② 디바이스 플랫폼

- DAQ는 비글본 블랙을 사용하고 있으며 센서와 485 통신을 지원한다.
- DAQ에서 수신한 센싱 데이터를 프로토콜 변환 (당사 플랫폼에 맞게 변환)하여 MQTT를 Format에 맞추어 데이터를 송수신 한다

③ 매시업 플랫폼

- MQTT를 적용한 데이터를 IoT 서버에 전달한다
- IoT 서버는 일일 데이터를 저장하고 있고, 24:00에 하루치의 데이터를 MES 서버에 전달
- MES 서버에는 수집된 데이터를 DB에 저장하고, 서비스하기 위한 변환 DATA DB를 가지고 있다



▣ MQTT란

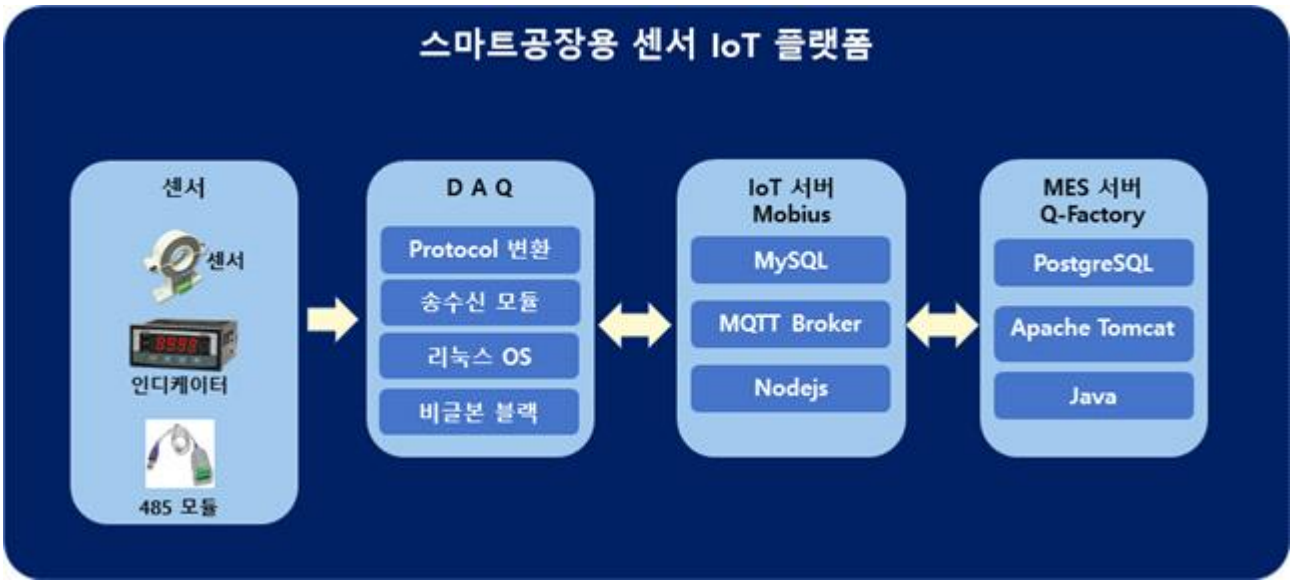
- MQTT란 Message Queuing Telemetry Transport의 약자로서 많은 IoT 기기들에 최적화된 가벼운 메세징 프로토콜이다. 기존에 웹에서 통신하던 HTTP[6]등의 프로토콜보다 제한적이고 특수한 상황에서 사용할 수 있는 임베디드 장치들을 위해 설계된 프로토콜이다.

6) HTTP(HyperText Transfer Protocol) : 하이퍼 본문 전송 규약은 인터넷 상에서 정보를 주고받을 수 있는 프로토콜이다

- MQTT(메시지 큐잉 텔레메트리 트랜스포트, Message Queuing Telemetry Transport)는 ISO 표준(ISO/IEC PRF 20922) 구독 기반의 메시징 프로토콜로서, TCP/IP 프로토콜 위에서 동작한다, “작은 코드 공간“(small code footprint)이 필요하거나 네트워크 대역폭이 제한되는 원격 위치와의 연결을 위해 설계되어 있다.
- IBM의 앤디 스탠퍼드 클락과 시러스 링크의 알렌 니퍼(Arlen Nipper)가 1999년 이 프로토콜의 최초 버전을 만들었다.
- 2013년, IBM은 MQTT v3.1을 OASIS 표준화 단체에 제출하였다. MQTT-SN은 직비와 같은 비 TCP/IP 네트워크의 임베디드 장치에 초점을 둔 메인 프로토콜의 일종이다.

나. 아키텍처 정의 및 프로토콜 설계

스마트공장용 센서 IoT 플랫폼은 사물인터넷 표준 플랫폼인 Open Mobius와 MQTT를 적용하여 아래 그림과 같이 데이터를 수집하고, MES 서버에서 정의된 최적의 전류전압 값의 세팅을 하는 플랫폼이다



▣ 센서-DAQ 프로토콜

- ModBus[7] RTU 프로토콜을 사용하며 CRC16[8]를 활용하여 메시지의 Error 여부 확인한다
- 아래의 이미지는 센서에서 데이터를 얻는데 사용하는 프로토콜이다.

7) ModBus는 자동화 디바이스간 통신을 위해 1979년에 개발된 산업용 프로토콜입니다. Modbus는 원래 시리얼 통신을 위해 고안된 어플리케이션 계층 프로토콜이었으나, 점차 시리얼, TCP/IP 및 UDP에서도 구현하도록 사용이 확대되었습니다. 현재 Modbus는 다양한 현대의 네트워크에서 간단하고 안정적이며 효율적인 통신을 구현하기 위해 일반적으로 사용되는 프로토콜입니다.

8) CRC(Cyclic Redundancy Check)는 시리얼 전송에서 데이타의 신뢰성을 검증하기 위한 에러 검출 방법의 일종으로 높은 신뢰도를 확보하며 에러 검출을 위한 오버헤드가 적고, 랜덤 에러나 버스트 에러를 포함한 에러 검출에 매우 좋은 성능을 갖는 것을 특징으로 한다.

(1) Query(Master 측)

Slave Address (국번)	Function (명령)	Starting Address(시작번지)		No. of Points(데이터개수)		Error Check(CRC16)	
		Hi(상위)	Lo(하위)	Hi(상위)	Lo(하위)	Lo(하위)	Hi(상위)
1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte

CRC16

(2) Response(Slave 측)

Slave Address (국번)	Function (명령)	Byte Count (데이터 Byte 수)	Data	Data	Data	Error Check(CRC16)	
						Lo(하위)	Hi(상위)
1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte

CRC16

- Starting Address

측정 값을 얻기 위해서 Starting Address에 0000을 넣어야 한다는 것을 확인할 수 있다.

No.(Address)	Func	R/W	항목	내용
300001(0000)	04	R	측정값 StRd: -5% ~ 110% 까지 표시 SCRL: -1999 ~ 9999 까지 표시	10 진수 표시 방식. 신호입력(DV/DA/AV/AA) 은 단자 별 설정 · Standard "HHHH"출력 시 "30000" 표시 "LLLL"출력 시 "-30000" 표시 · Scale H-SC, L-SC 에서 설정된 값을 표시 "d-HH"표시 시 "30001"출력 "d-LL"표시 시"-30001"출력 · Frequency "F-HH" 출력 시 "30002" 표시
300002(0001)	04	R	소수점 설정 StRd 0.000→0003H, 0.00→0002H 0.0→0001H, 0→0000H SCRL 0.000→0103H, 0.00→0102H 0.0→0101H, 0→0100H	StRd / SCRL 모드의 소수점 위치 정보 출력
300003(0002)	04	R	HI Peak Value	10 진수 표시 방식. 신호입력(DV/DA/AV/AA)의 최대값을 출력
300004(0003)	04	R	LO Peak Value	10 진수 표시 방식. 신호입력(DV/DA/AV/AA)의 최소값을 출력
300005(0004)	04	R	OUT Status	HI, GO, LO (0: OFF / 1: ON)
300101(0064)	04	R	제품번호 H	0671H
300102(0065)	04	R	제품번호 L	DV : F31CH/F326H, DA : F704H/F70EH AV : FAECH/FAF6H, AA : FED4H/FEDEH
300103(0066)	04	R	하드웨어 버전	20
300104(0067)	04	R	소프트웨어 버전	20
300105(0068)	04	R	모델명 1	"MT "
300106(0069)	04	R	모델명 2	"4W "
300107(006A)	04	R	모델명 3	"DV/DA/AA/AV "
300108(006B)	04	R	모델명 4	"-8/-9 "
300109(006C)	04	R	모델명 5	"85H "
300110(006D)	04	R	모델명 6	
300111(006E)	04	R	모델명 7	
300112(006F)	04	R	모델명 8	
300113(0070)	04	R	모델명 9	
300114(0071)	04	R	모델명 10	
300118(0075)	04	R	Coil Status Start Address	0
300119(0076)	04	R	Coil Status Quantity	3
300120(0077)	04	R	Input Status Start Address	0
300121(0078)	04	R	Input Status Quantity	0

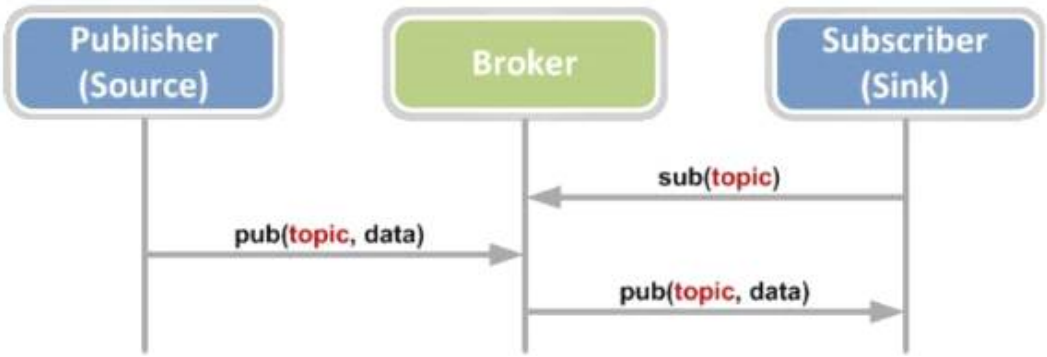
- 아래의 코드는 ModBus 코드의 일부를 발췌한 것이다.

```c
int RS_485(unsigned char* buf){
    int FdPort1;
    unsigned char *sendBuf = buf;
    FdPort1 = OpenSerial(PORT1);
    if(FdPort1 == -1){
        CloseSerial(FdPort1);
        return 0;
    }

    if(write(FdPort1, sendBuf, SEND_SIZE) == -1){
        CloseSerial(FdPort1);
        return 0;
    }

    while(ReadMsgSize != n){
        success = read(FdPort1, &receiveBuf[n], 1);
        n++;
    }
    if(success && !compareCRC(receiveBuf, n-CRC_SIZE)){
        return 0;
    }

    char isNgtv = (receiveBuf[3]&0x80)>>7;
    if(isNgtv){
        dataInt = -(receiveBuf[4]^0xFF);
        dataInt -= (((receiveBuf[3]^0xFF)<<8) +1);
    } else {
        dataInt += (receiveBuf[3]<<8);
        dataInt += receiveBuf[4];
    }

    sprintf(data, "%d", dataInt);
    CloseSerial(FdPort1);
    return 1;
}
```

- sendBuf는 통신하기 위한 명령어이고 write, read 함수를 통해 통신을 수행한다.
- compareCRC를 활용하여 통신에 오류를 점검, 이상이 없을 경우 측정값을 return 한다.

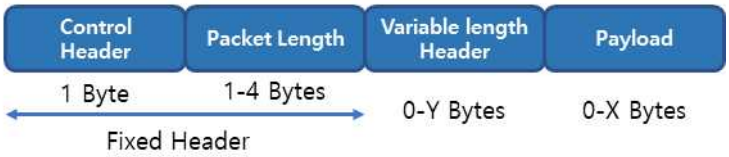
▣ DAQ-Mobius 프로토콜

- MQTT를 사용하며 IoT 서버에 MQTT Broker를 두고 있다.
- DAQ는 publish를 수행하며 Mobius는 Broker로부터 데이터를 subcribe하여 데이터를 Mysql에 저장한다.
- 메시지를 publish/subscribe 의 단위이며 '/' 로 구분된 계층구조를 갖는다.



- MQTT 패킷 구조는 다음과 같다

- MQTT 패킷 구조



- Control Header

- Control Header - Flags

- Packet Type

Type	Enumeration	Description
Reserved	0	Reserved
CONNECT	1	Client request to connect to Server
CONNACK	2	Connect Acknowledgment
PUBLISH	3	Publish message
PUBACK	4	Publish Acknowledgment
PUBREC	5	Publish Received (assured delivery part 1)
PUBREL	6	Publish Received (assured delivery part 2)
PUBCOMP	7	Publish Complete (assured delivery part 3)
SUBSCRIBE	8	Client Subscribe request
SUBACK	9	Subscribe Acknowledgment
UNSUBSCRIBE	10	Unsubscribe Acknowledgment
UNSUBACK	11	Unsubscribe Acknowledgment
PINGREQ	12	PING Request
PINGRESP	13	PING Response
DISCONNECT	14	Client is Disconnecting
Reserved	15	Reserved

- DUP Flag

Bit position	Name	Description
3	DUP	Duplicate delivery
2-1	QoS	Quality of Service
0	RETAIN	RETAIN flag

- QoS level

QoS value	Bit 2	Bit 1	Description
0	0	0	Fire and Forget (최대 한번)
1	0	1	Acknowledged delivery (적어도 한번)
2	1	0	Fire and Forget (정확히 한번)
3	1	1	Fire and Forget (최대 한번)
4	1	1	Reserved

- Packet Length

Remaining Length Field Values

1	0 (0x00)	127 (0x7F)
2	128 (0x80, 0x01)	16 383 (0xFF, 0x7F)
3	16 384 (0x80, 0x80, 0x01)	2 097 151 (0xFF, 0xFF, 0x7F)
4	2 097 152 (0x80, 0x80, 0x80, 0x01)	268 435 455 (0xFF, 0xFF, 0xFF, 0x7F)

- Connect Flags

Flag	bit
User name flag	7
Password flag	6
will retain	5
will qos	4
will qos	3
will flag	2
clean session	1
reserved	0

- MQTT packet = control+length+protocol name + protocol level + connect flags+ keep alive + Payload
- Payload = client ID = Client ID length + client ID

- eclipse에서 만든 paho mqtt 라이브러리를 사용하고 있으며 아래의 코드는 mqtt 의 일부를 발췌한 것이다.

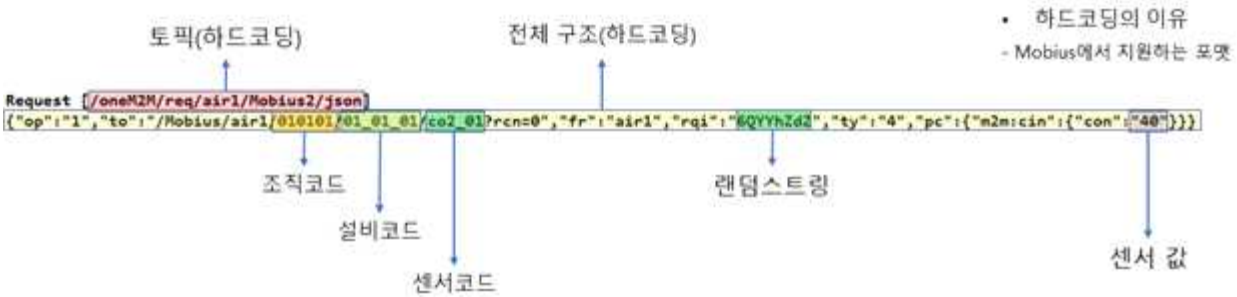
```python
import paho.mqtt.client as mqtt

time.sleep(1)
def on_connect(client, userdata, flags, rc):
    global loop_flag
    print("In on_connect callback")
    if rc != 0:
        print("connection fail")
    loop_flag = 0

broker_address = "XXX.XXX.XXX.XXX"
broker_port = 1883
client = mqtt.Client()
client.on_connect = on_connect
client.connect(broker_address, broker_port)
client.loop_start()

loop_flag = 1
counter = 0
while loop_flag==1:
    print("waiting for callback to occur", counter)
    time.sleep(.01)
    counter +=1

    pub_topic = "/oneM2M/req/air1/Mobius2/json"
    pub_msg =  '{"op":"1","to":"/Mobius/air1/'
    pub_msg = pub_msg + dataList[i][org] + "/" + dataList[i][machine] + "/" + dataList[i][sensor]
            + '?rcn=0","fr":"air1","rqi":"' + rand_str(8) + '","ty":"4","pc":{"m2m:cin":{"con":"' + str(value) + '"}}}'
    print(pub_msg)
    client.publish(pub_topic, pub_msg)
```

- broker_address, broker_port는 mqtt broker의 ip주소와 포트 번호이며 client.connect() 함수를 통해 broke에 연결, loop_start()로 연결을 유지시키고 client.pulish()함수를 사용하여 지정한 topic(pub_topic)에 data(pub_msg)를 전송하였다.

다. 센서 IoT 플랫폼 개발

(1) MQTT 프로토콜 관리 프로그램 개발

- DAQ가 갖고 있는 일련번호 통해 mqtt 구조를 확인하는 프로그램
- 설비에 DAQ 코드가 DAQ의 일련번호를 의미하고 조직코드, 설비코드, 센서코드 정보를 받아온다.
- DAQ는 MES 서버에서 코드를 조회하여 mqtt 메시지 구조를 만들 수 있다.



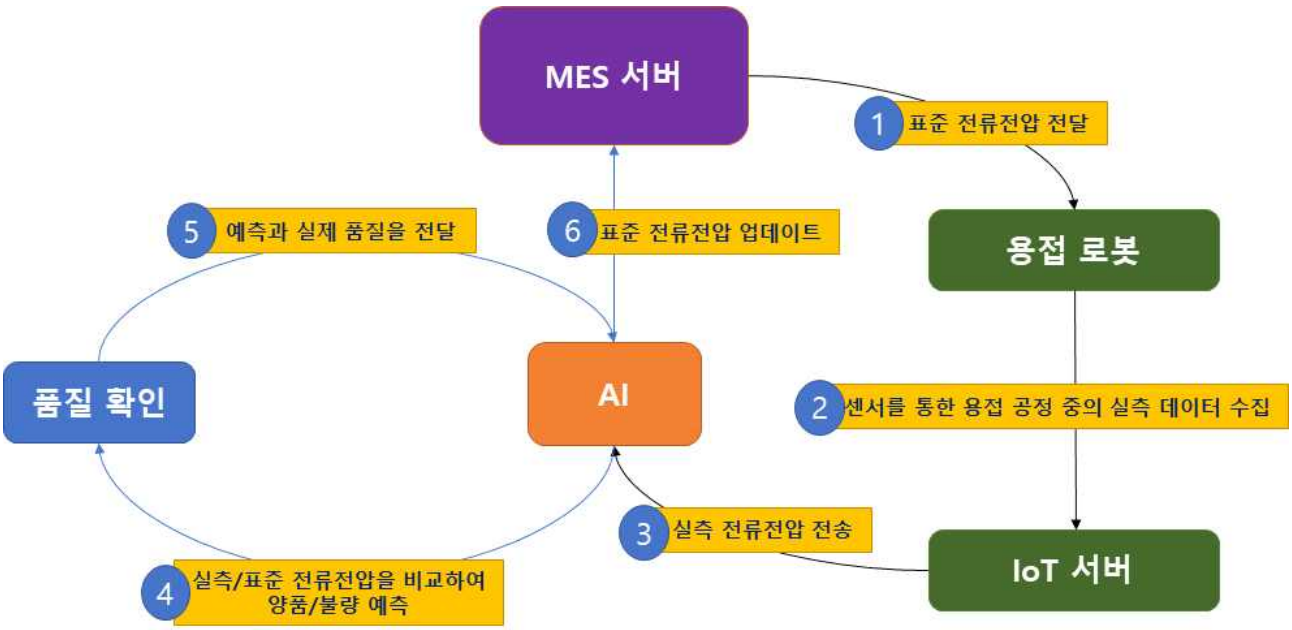
(2) 학습한 센서에 대해서 실시간 반응하는 알고리즘 개발

▣ 공정에 따른 용접 정상/불량 판단 알고리즘

- MES 서버에서 공정에 따른 표준 전류 전압 값을 공정 작업에 전달하여 용접 작업을 시작
- 용접 과정에서 실측된 전류 전압 값을 IoT 서버로 전송
- 수집된 실측 전류 전압 값을 인공지능 모델로 전송
- 인공지능 모델은 학습된 전류 전압 값과 실측된 전류 전압 값을 비교하여 용접 작업의 정상/불량 가능성 예측

▣ 센서 데이터값의 최적 전류/전압 값에 대한 전송 및 세팅

- 정상/불량 가능성 예측값을 품질 확인과정으로 전달
- 숙련자는 인공지능 모델의 예측값이 실제 품질과 일치하는지 확인하여 제대로 용접의 정상/불량을 판단했는지 인공지능 모델에게 피드백
- 인공지능 모델은 피드백 내용에 따라 표준 전류 전압값을 업데이트



(3) 센서/DAQ 설정 관리 프로그램 개발

- DAQ가 갖고 있는 일련번호 통해 통신 명령어를 확인하는 프로그램
- 설비에 DAQ 코드가 DAQ의 일련번호를 의미하고 설비는 센서의 인디케이터 모델을 통하여 통신 명령어를 받아온다.
- DAQ는 MES 서버에서 자신의 통신 명령어를 조회하여 인디케이터와 485 통신을 시도할 수 있다.

2. MES 서버 Q-Factory 서비스 프로그램 개발

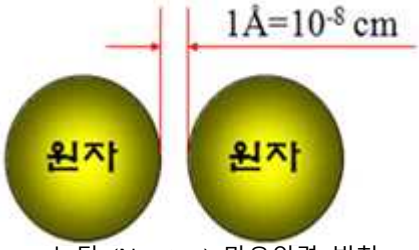
가. 학습 알고리즘 및 용접 연구

(1) 용접의 원리 이해

- 용접은 접합하고자 하는 두 개 이상의 금속 재료를 용융[9] 또는 반용융 상태에서 용가제(용접봉)를 첨가하여 접합하거나, 접합하고자 하는 부분을 적당한 온도로 가열한 후 압력을 가하여 서로 접합시키는 기술을 말함

- 금속과 금속 간의 원자간 거리를 충분히 접근시키면 금속 원자 간에 인력이 작용하여 스스로 결합하게 됨

- 그러나 금속의 표면에는 얇은 산화 피막이 덮여 있고 울퉁불퉁한 요철이 있어 상온에서 스스로 결합할 수 없으므로 전기나 가스와 같은 열원을 이용하여 접합하고자 하는 부분의 산화 피막과 요철을 제거하므로 금속 원자 간에 영구 결합을 이루는 것을 용접이라고 함



< 뉴턴 (Newton) 만유인력 법칙>

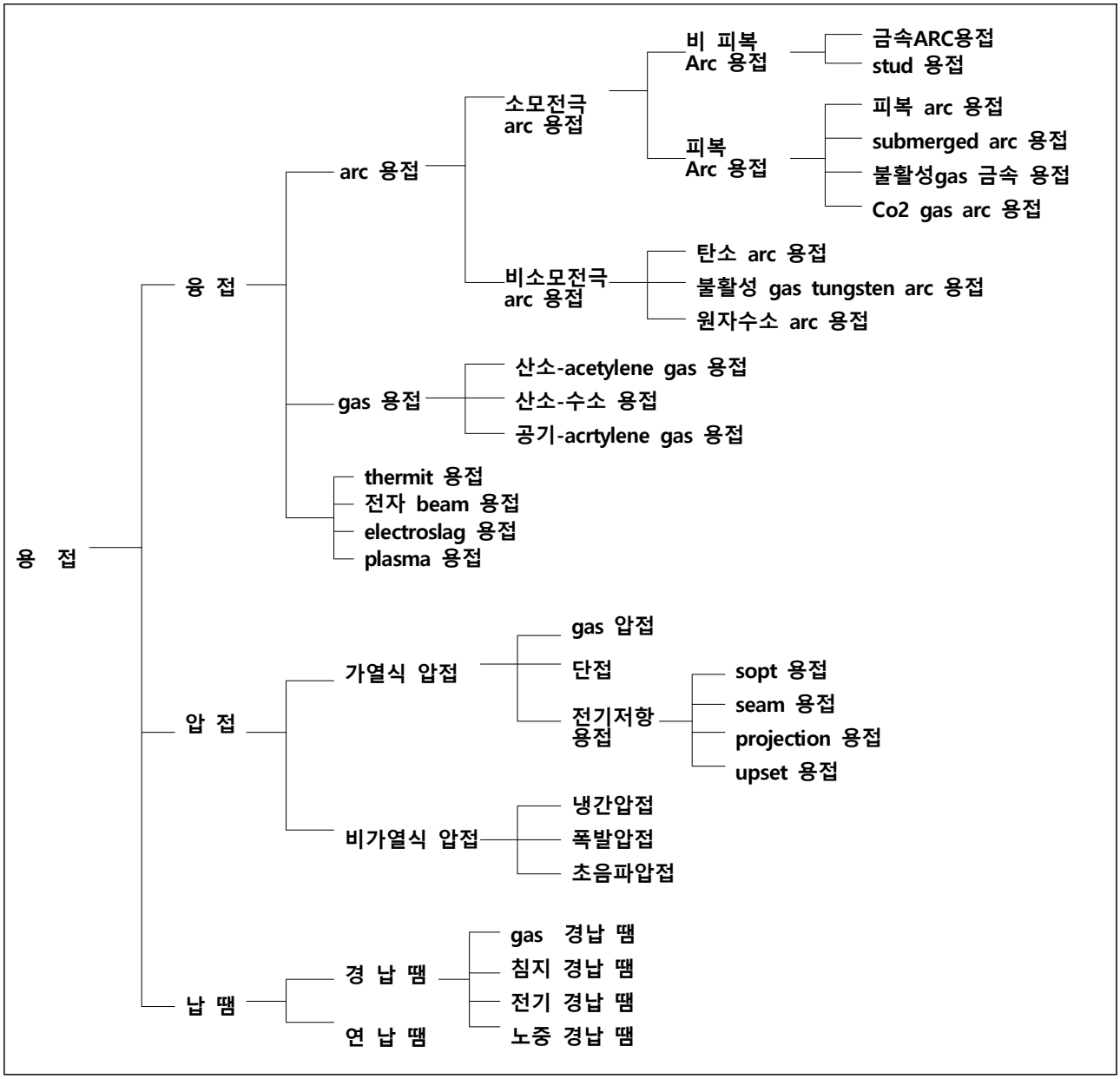
(2) 용접의 분류 및 특징에 대한 이해

▣ 용접 종류

- 용접 종류에는 가열하는 열원과 접합하는 방법에 따라서 융접(fusion welding), 압접(pressure welding), 납땜(brazing and soldering)의 3가지로 분류

용 접	용 접	arc 용접 gas 용접	소모전극 arc 용접, 비소모 전극 arc 용접 산소-아세틸렌 용접 , 산소-수소 용접
	압 접	가열식 비가열식	가스 압접, 단접, 전기저항 용접 냉간 압접, 폭발 압접, 초음파 압접
	납 땜	경납 땜 연납 땜	가스, 침지, 전기, 노중 경납땜 연납 땜

9) 용융 : 고체가 열을 흡수하여 액체로 상전이를 일으키는 물리적 과정 (융해라고도 함)



▣ 용접의 특징

장 점	단 점
• 재료가 절약되고 중량이 경감 • 작업 공정이 단축되며 경제적 • 재료의 두께에 제한이 없음 • 기밀, 수밀, 유밀성이 우수하며 이음 효율이 좋음 • 제품의 성능과 수명이 향상되며 이종재료도 접합 가능 • 용접준비 및 작업이 비교적 간단, 용접의 자동화 용이 • 소음이 적어 실내에서의 작업이 가능하며 복잡한 구조물 제작이 쉽다. • 보수와 수리가 용이	• 재질의 변형 및 잔류응력이 발생한다. • 저온취성이 생길 우려가 있다. • 품질검사가 곤란하고 변형과 수축이 생긴다. • 용접사의 기량에 따라 용접부의 품질이 좌우된다.

(3) 용접 품질 기준을 위한 실험

- 본 과제에서 중점적으로 사용하는 열간 압연 강재인 SAPH440[10]과 자동차 업계에서 많이 사용되고 있는 겹치기 용접 방법을 이용 하였으며, 용가재[11]로는 현재 사용하고 있는 SM-70의 용접 와이어를 사용하였다. 사용된 재료의 기계적 특성과 화학 조성표는 JIS 기준에 따라 Table 1과 Table 2에 각각 표시하였고, 용접 조건은 아래 표 Table 3에 기재

- 용접기는 PROTECH 사의 MIGWEL-353D 모델을 사용하여 자동 용접하였고, 토치각도 45°, 가스유량 15l/min으로 고정하였다. 각각의 실험조건으로 용접한 시험편을 접합 변수에 따라 인장시험을 수행하기 위하여 KS B ISO 9018에 따라 Fig. 3과 같이 시험편을 제작하였음

- 겹치기 용접된 시험편을 레이저 절단을 한 후 기계적 특성을 평가하기 위해 Photo 1과 같이 SHIMADZU사의 25t급 만능 인장 시험기를 사용하여 1mm/min의 시험속도로 인장시험을 시행하였다. 또한 용접성 평가를 위하여 비드 외관을 관찰하였으며, 용입 깊이 측정을 위하여 레이저 절단 후 #100, #300, #600, #1000, #1500 입도를 사용하여 연마를 실시하였고, 1㎛의 알루미나와 함께 거시 경면연마[12]를 수행함

- 화학 부식으로는 피클린 산(picric acid)을 이용해 에칭[13]을 실시하였으며, Photo 2과 같이 저배율 현미경(YJO-201)을 이용하여 용입 깊이를 측정함

Table 1. Mechanical characteristics of base metal and filler metal

	Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)
SAPH440 (Base)	275~305	≥440	29~35
SM-70 (Filler)	440	540	28

Table 2. Chemical compositions of base metal and filler metal [wt%]

	C	Si	Mn	P	S	Al
SAPH440 (Base)	-	-	-	0.040	0.040	-
SM-70 (Filler)	0.07	0.83	1.47	0.017	0.020	-

10) SAPH440 : 자동차 구조용 열간 압연 강판, 강대

11) 용가재 (filler metal or filler material) : 용접 시 용착금속이 되도록 용융시킨 금속 재료

12) 경면 연마 : 제품의 표면을 연마에 의해 균일하고 무지향적인 고경면 반사의 평활면으로 마무리하는 연마법

13) 에칭 (etching) : 화학약품의 부식작용을 응용한 소형(塑型)이나 표면가공의 방법

Table 3. Welding parameters

Parameters	Condition	Unit
Joint Method	Lap	-
Welding Current	150	A
	160	
	170	
	180	
	190	
	200	
Welding Voltage	17	V
	18	
	19	
	20	
	21	
	22	
	23	
Welding Speed	300	mm/min
	420	
	540	
Shielding gas	CO2	-

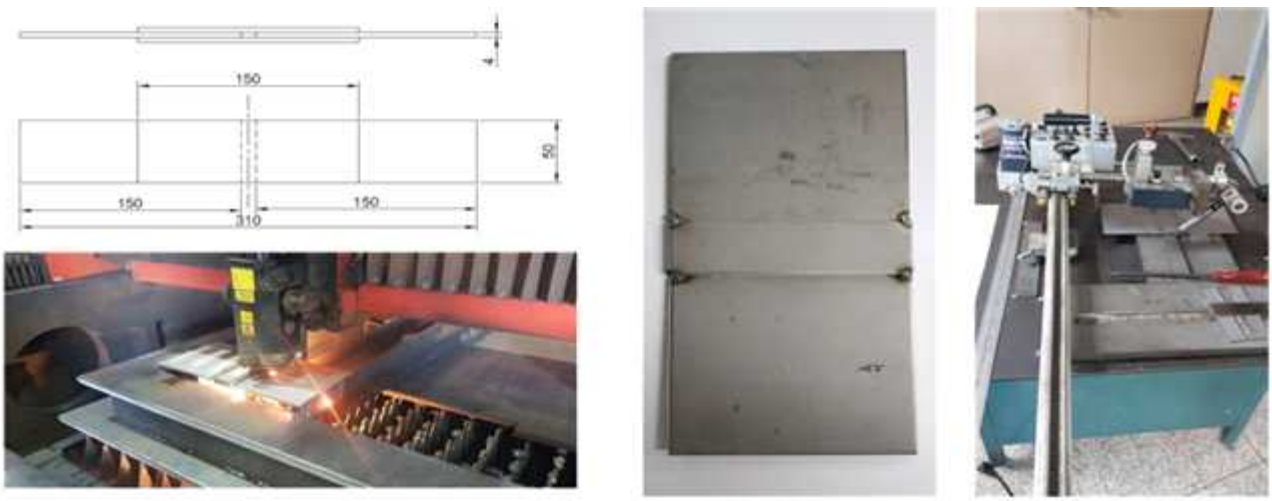


Fig. 3. Tensile Specimen

Universal testing machine

Photo 2 Low magnification microscope

▣ 인장 실험 결과

- 자동 이송 장치를 사용하여 이송속도 300, 420, 540 mm/min로 변화를 주며 각각 용접 전류, 용접 전압으로 용접을 한 결과 용접 전류가 높을수록 깊은 용입이 형성 되는 경향으로 나타나고 있음(Tables 4~6은 각 조건 별 인장강도)

- Table 4는 300mm/min의 이송 속도로 실험한 결과이며 인장강도는 대부분의 모재가 최소 인장강도인 440MPa을 넘는 것을 확인하였고, 150A 17V의 시험편은 용접이 제대로 되지 않아 용접부에서 파단이 일어나 인장값 측정이 불가능하였다. 150A-18V의 조건에서는 한쪽 용접부에서 파단이 일어난 후 다른쪽이 파단이 일어나 최대 인장값이 352.4MPa로 기준치에 도달하지 못했음

- Table 5는 420mm/min의 이송 속도로 실험한 결과이며 5mm/min의 이송 속도로 실험한 인장시험 결과와 비슷한 경향을 보였다. 그러나 150A-17V의 조건에서는 용접이 되지 않아 인장값 측정이 불가능하였고, 150A-18V의 조건에서는 용접은 되었으나 용접부 파단으로 인해 183.7MPa의 인장강도 값이 나온 것으로 확인함

- Table 6은 540mm/min의 이송 속도로 실험한 결과이며 150A-17V, 150A-18V는 용착이 충분히 되지 않아 용접부가 떨어져 인장시험을 할 수 없었고, 160A-17V, 160A-17V, 170A-18V, 180A-18V의 인장값이 현저히 떨어지는 것을 확인하였다. 이는 용입이 되긴 했으나 충분한 용입이 되지 않아 시험편이 용접부에서 파단 되어 낮은 인장강도가 나온 것으로 판단됨

- 대부분의 시험편은 모재부에서 파단이 일어났으나 전압에 비하여 높은 전류를 사용한 시험편은 용접부 파단이 일어났다. 또한 다량의 스패터가 발생하고 용접이 불안정하였다. 이는 전류는 와이어 송급 속도에 영향을 미치는데, 용접 입열량 부족으로 용입이 충분히 되지 않고 비드만 형성되어 용접부 파단이 일어나는 것으로 판단됨
- 인장시험 결과에 대한 그래프를 용접 이송속도에 따라 Figs. 4~6에 각각 표시

- Figs. 4~5과 같이 300mm/min와 400mm/min의 속도에서 용접한 시험편의 인장강도는 인장강도 면에서는 약간의 차이가 있었으나, 150A-18V의 조건을 제외하고는 대체로 최소인장강도를 만족하였음

- Fig. 6와 같이 540mm/min의 속도에서 용접한 시험편은 빠른 용접속도로 인하여 낮은 전류에서는 용입이 되지 않아 용접부 파단으로 인하여 최소인장강도를 만족하지 못하는 부분이 비교적 많이 발생하였으나 19V 이상의 조건에서는 최소인장강도를 만족하였음

- Figs. 7~9은 용접 전류에 대한 인장강도를 나타낸 그래프이며 용접이 정상적으로 되지 않은 데이터는 도시하지 않았다. 이론적 입열량 공식에 의하면 용접이 정상적으로 된 실험조건과 용접이 되지 않는 실험조건의 입열량은 큰 차이가 없었으나, 단순 입열량 계산으로는 용접 가능 조건을 판별하기에는 어려움이 있는 것으로 판단됨

- Fig. 7에서와 같이 300mm/min-150A-18V의 조건은 용접은 되었으나 충분한 용입이 되지 않아 용접부 파단으로 인하여 최소인장강도인 440MPa을 만족하지 않았으나 이를 제외한 용접이 된 모든 조건에서는 최소인장강도인 440MPa을 충족하는 것을 확인하였음

- Figs. 7~9은 용접 전류에 대한 인장강도를 나타낸 그래프이며 용접이 정상적으로 되지 않은 데이터는 도시하지 않았다. 이론적 입열량 공식에 의하면 용접이 정상적으로 된 실험조건과 용접이 되지않는 실험조건의 입열량은 큰 차이가 없었으나, 단순 입열량 계산으로는 용접 가능 조건을 판별하기에는 어려움이 있는 것으로 판단됨

- Fig. 7에서와 같이 300mm/min-150A-18V의 조건은 용접은 되었으나 충분한 용입이 되지 않아 용접부 파단으로 인하여 최소인장강도인 440MPa을 만족하지 않았으나 이를 제외한 용접이 된 모든 조건에서는 최소인장강도인 440MPa을 충족하는 것을 확인함

Table 4. Tensile strength in welding speed 300mm/min Unit:MPa

[A] \ [V]	17	18	19	20	21	22	23	24
150	-	352.4	440.5	477.9	469.5	-	-	-
160	480.1	473.0	479.4	473.5	470.5	-	-	-
170	-	480.9	482.5	477.9	473.6	476.5	-	-
180	-	445.4	475.7	469.8	473.3	480.1	-	-
190	-	-	479.9	472.1	469.3	478.1	477.0	-
200	-	-	479.4	471.7	467.5	473.9	470.3	483.9

Table 5. Tensile strength in welding speed 420mm/min Unit:MPa

[A] \ [V]	17	18	19	20	21	22	23	24
150	-	183.7	466.5	455.4	473.4	-	-	-
160	457.4	468.9	453.2	454.3	472.6	-	-	-
170	-	473.0	447.8	477.2	484.5	462.4	-	-
180	-	464.7	476.3	478.0	480.4	479.5	-	-
190	-	-	441.0	469.8	473.7	478.6	484.1	-
200	-	-	474.2	464.9	476.2	482.6	463.1	480.9

Table 6. Tensile strength in welding speed 540mm/min Unit:MPa

[A] \ [V]	17	18	19	20	21	22	23	24
150	-	-	468.7	467.9	463.5	-	-	-
160	321.4	459.4	474.0	479.6	463.3	-	-	-
170	-	195.3	462.5	452.6	463.2	480.5	-	-
180	-	182.6	457.8	473.9	483.8	476.7	-	-
190	-	-	459.6	468.9	465.6	456.2	475.9	-
200	-	-	464.0	457.4	451.1	477.2	463.8	476.9

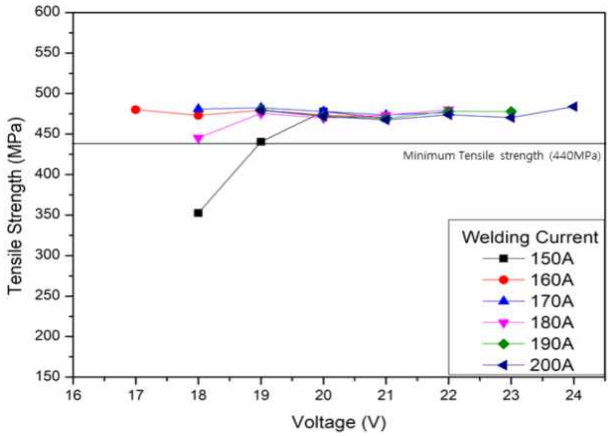


Fig. 4. Tensile shear strength with Voltage according to welding speed 300mm/min

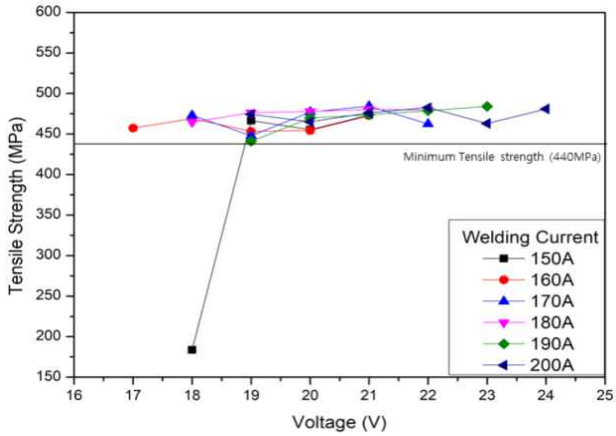


Fig. 5. Tensile shear strength with Voltage according to welding speed 420mm/min

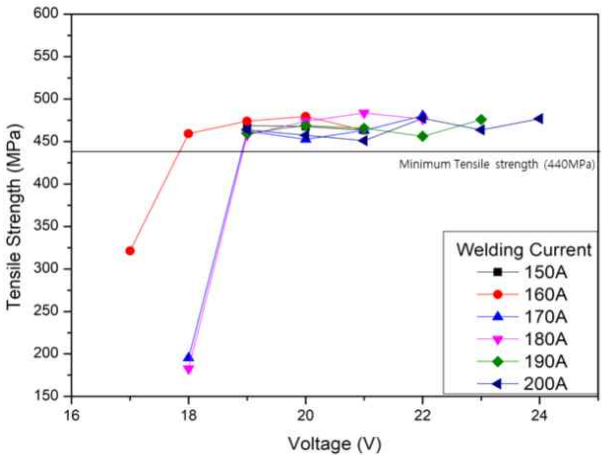


Fig. 6. Tensile shear strength with Voltage according to welding speed 540mm/min

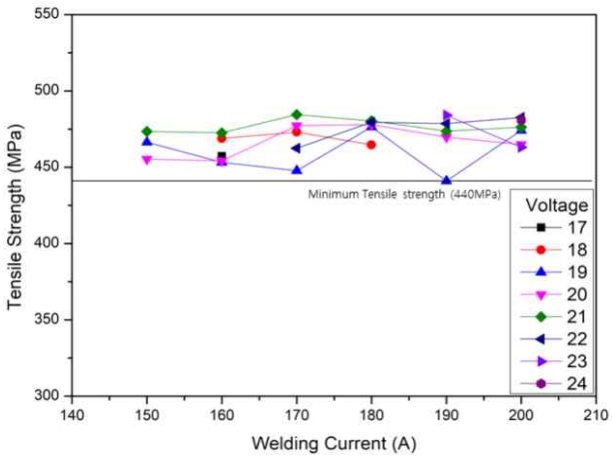


Fig. 8. Tensile shear strength with welding current according to welding speed 420mm/min

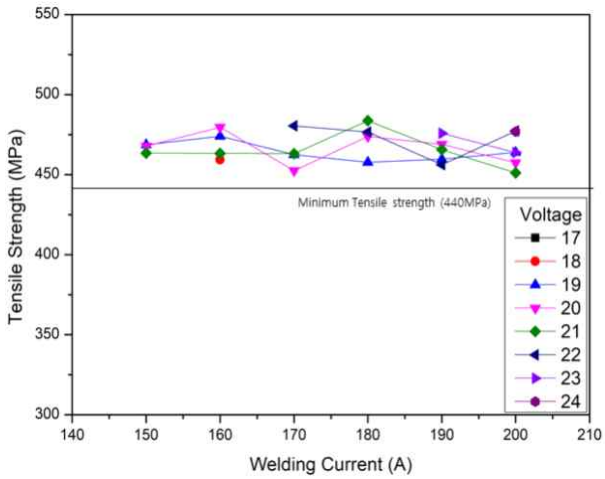


Fig. 9. Tensile shear strength with welding current according to welding speed 540mm/min

▣ 용입 검사 결과

- Table 7-9은 용접이 불가능한 실험조건을 제외한 용접 변수에 따른 용입 깊이를 나타내었

다. 실험결과 300mm/min의 용접 전류 150A, 용접 전압 17V와 420mm/min의 용접 전류 150A, 용접 전압 17V, 18V의 조건에서는 용접이 불가능 한 것을 볼 수 있었고, 540mm/min의 속도에서는 용접전류 150A의 조건에서는 용접이 가능한 것을 볼 수 있었음

- Table 7에서는 용접조건 300mm/min, 용접 전류 150A, 용접 전압 18V를 제외한 모든 용접 조건이 Fig. 10과 같이 기술표준 MS 191-81에 의거하여 각장을 만족하였다. 이는 용접 속도가 느림에도 불구하고 전류 및 전압이 낮아 모재에 충분한 열을 가하지 못하여 용입이 되지 않은 것으로 판단되며, 용접 전류 200A일 때의 용입깊이는 거의 모재 두께의 2배 가까이 용입이 된 것을 확인하였다. 이는 용접 전류, 전압이 높고 용접 속도가 느려 용입이 깊은 것으로 판단됨

- Table 8-9에서는 모든 용접 조건에서 충분한 용입이 되어 기술표준을 만족하였고, 용접 전류와 용접 전압이 높아짐에 따라 용입 깊이가 서서히 깊어지는 것을 확인함

- 모든 용접속도에서 낮은 전류 및 낮은 전압으로 용접 했을 시 얕은 용입 깊이를 나타내었고, 전체적으로 용접 전류와 용접 전압이 높아짐에 따라 용입 깊이가 깊어지는 것을 확인함

- 용접 속도별로 비교해봤을 때 용접 속도가 느릴수록 용입 깊이가 더욱 깊어지는 것을 확인할 수 있으며 이에 따른 그래프를 Fig. 11-13에 나타냄, 그래프와 같이 용입 깊이는 전류대비 전압은 비례 관계를 갖고 있는 것으로 보이며 용접 조건은 인장강도와 비슷한 경향이 보이는 것으로 확인, Fig 14는 전류 및 접압에 대표적인 용입 깊이 사진을 나타냄

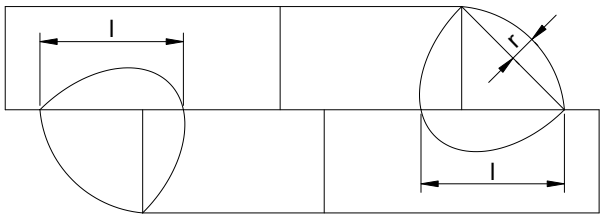


Fig 10 MS 191-81

Table 4. Depth of penetration in welding speed 300mm/min Unit:MPa

[A] \ [V]	17	18	19	20	21	22	23	24
150		3.95	4.61	5.55	5.8			
160	4.88	4.91	5.77	6.04	6.19			
170		4.91	5.73	6.07	6.68	7.2		
180		4.98	5.96	6.28	6.48	7		
190			6.36	6.43	6.79	7.16	7.91	
200			6.66	7.05	7.18	7.39	7.64	7.88

Table 5. Depth of penetration in welding speed 420mm/min Unit:MPa

[A] \ [V]	17	18	19	20	21	22	23	24
150			4.63	4.76	5.18			
160	4.29	4.65	5.02	5.28	5.39			
170		4.37	5.03	5.31	5.68	6.16		
180		4.45	5.25	5.67	5.81	5.99		
190			5.42	5.93	5.99	6.17	6.19	
200			5.22	6.15	6.17	6.34	6.62	6.85

Table 6. Depth of penetrationh in welding speed 540mm/min Unit:MPa

[A] \ [V]	17	18	19	20	21	22	23	24
150	17	18	19	20	21	22	23	24
160	3.55	3.65	4.15	4.19	4.35			
170	3.22	4.31	4.46	4.51	4.73			
180		3.68	4.5	4.72	4.89	5.19		
190		3.93	4.58	4.86	4.98	5.12		
200			4.94	5.02	5.25	5.51	5.61	

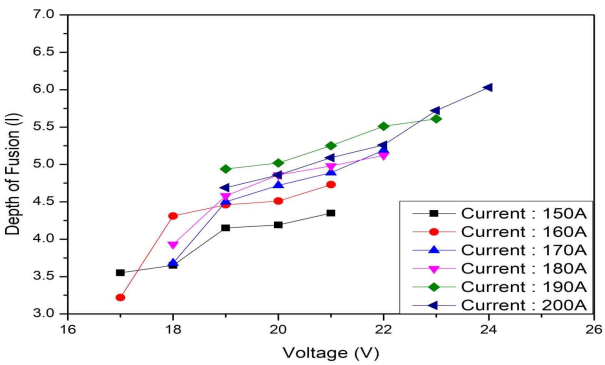


Fig. 11 Depth of penetrationh with welding current according to welding speed 300mm/min

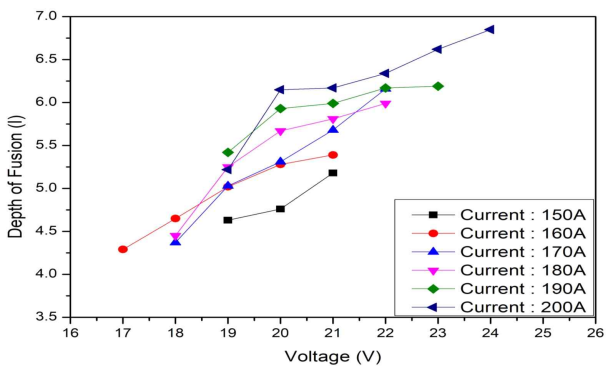


Fig. 12 Depth of penetrationh with welding current according to welding speed 420mm/min

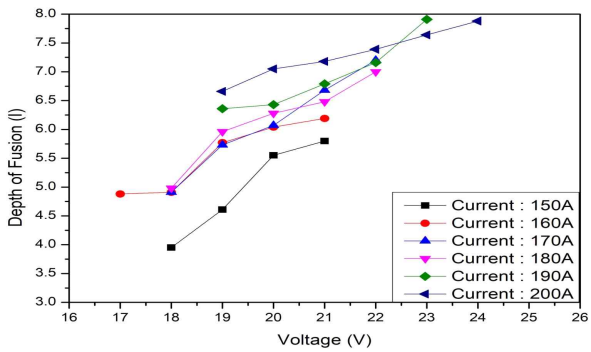


Fig. 13 Depth of penetrationh with welding current according to welding speed 540mm/min

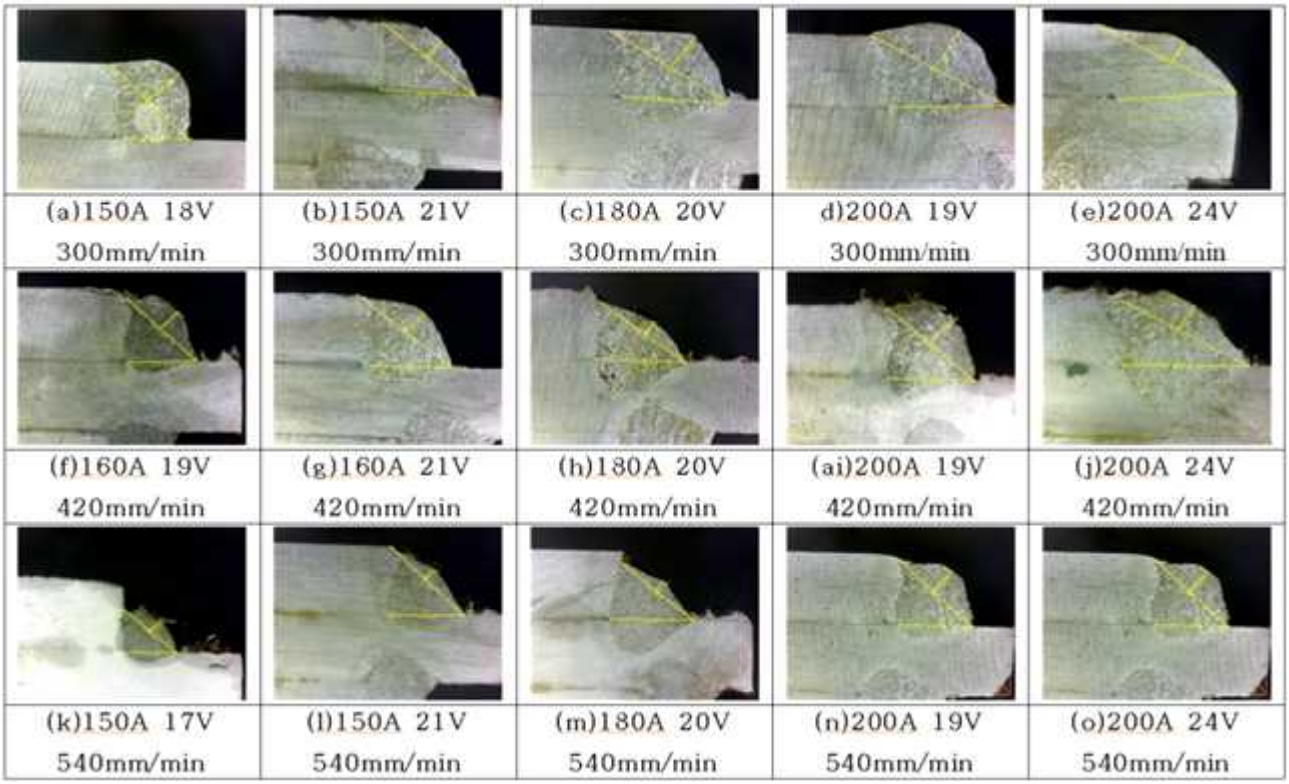


Fig. 14 Depth of penetration

▣ 로브 곡선 도출

- 인장 시험 및 용입 깊이 시험을 통하여 용접성을 평가하였으며 이로 인한 용접 가능 범위를 Fig 15~17와 같이 그래프로 표기하였음
- 그래프에서와 같이 용접 가능한 범위를 색으로 표기 하였으며 이를 통하여 용접 품질 학습용 데이터를 확보하였음

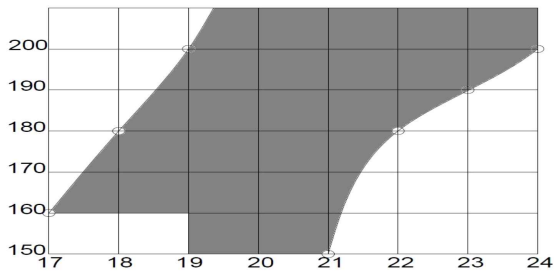


Fig. 15 Lobe curve at 300mm/min

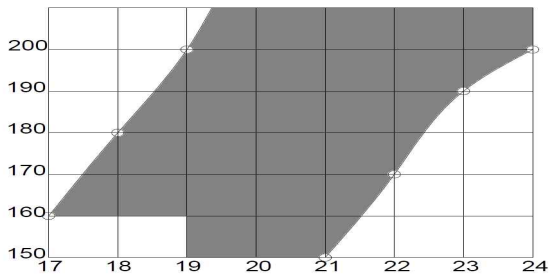


Fig. 16 Lobe curve at 420mm/min

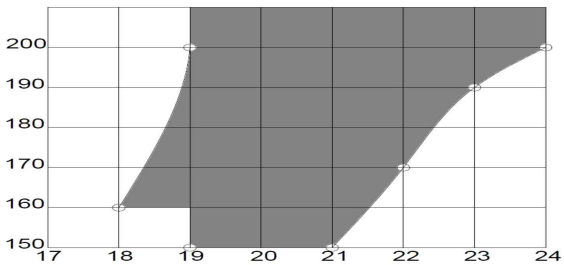


Fig. 17 Lobe curve at 540mm/min

(4) 용접 품질 학습용 현장(양품/불량품) 데이터 확보

- 육안으로 용접의 품질을 알기 위해서는 용접된 부위의 사진이 필요함
- 이를 위해 비자림에서는 용접 후 용접 부위에 대한 사진을 확보할 수 있도록 로봇, 카메라, 조명, 렌즈, PC를 인터페이스화 하여 자동화에 성공하였음
- 아래의 이미지는 자동화 흐름도임

<Q-Factory 비전 검사 프로그램 흐름도>

- QFactorySyetem.exe 프로그램은 비전 검사 자동화를 위해 비자림에서 별도로 개발한 C++ 프로그램으로, C++ 프로그램을 통해 로봇 컨트롤러와 UDP[14]로 통신하여, [로봇상태], [작업모델], [촬영순서], [실제 촬영한 시퀀스(최초 0)]와 같은 데이터를 주고 받으며 사진이 촬영될 수 있도록 인터페이스화 되어있음.

- 이를 위해 프로그램에서 따로 스레드를 분리하여 배치프로그램이 작동하고 있음.

- 구체적인 로직은 다음과 같음.
  - PLC에서 작업모델을 선택 후 시작 버튼을 누르면 로봇상태가 시작으로 변경되며 로봇이 작동하기 시작함.
  - 로봇이 첫 번째 촬영 위치에 도착.
  - 로봇상태, 작업모델, 촬영순서 읽기: PC → 로봇
  - 로봇상태가 시작이고, 작업모델이 설정이 되어 있을때 실제 촬영 시퀀스와 촬영순서 값을 비교하여 두 값이 서로 다르면 사진 촬영.
  - 실제촬영한 시퀀스 쓰기(0->1): PC → 로봇
  - 촬영순서와 실제 촬영 시퀀스가 일치하면 다음 위치로 이동하여 3 ~ 6을 반복함.

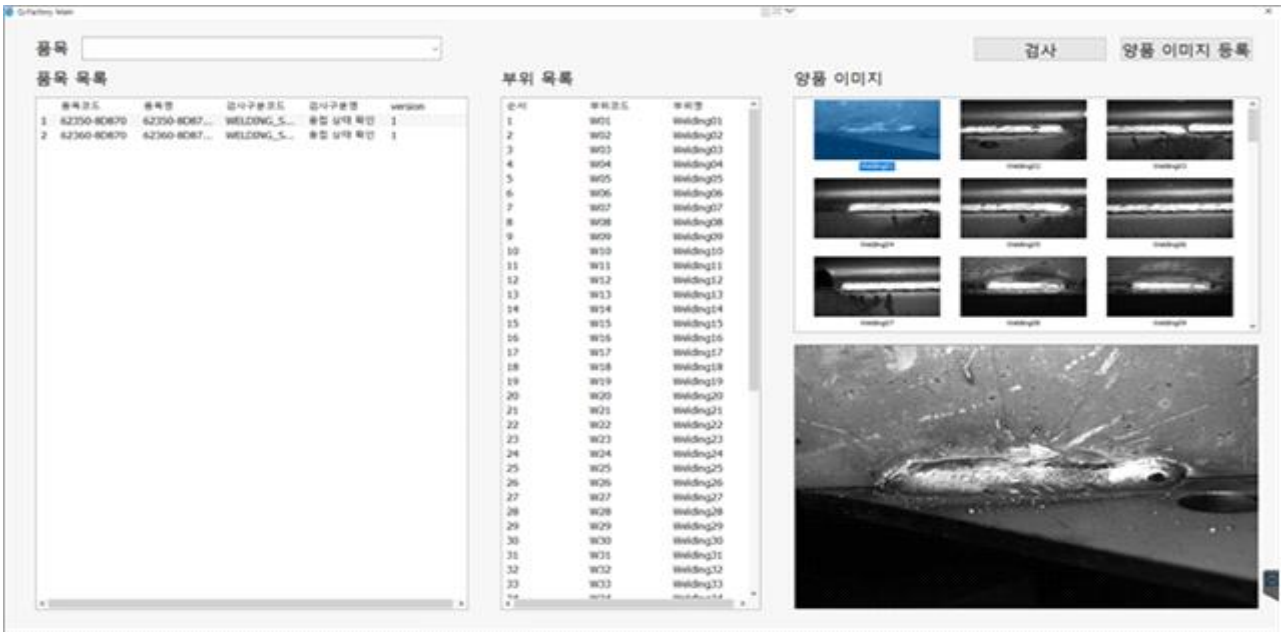
14) UDP (User Datagram Protocol) : 컴퓨터가 다른 컴퓨터와 데이터 통신을 하기 위한 규약(프로토콜)의 일종이다. UDP는 세계 통신표준으로 개발된 OSI 모형에서 4번째 계층인 전송 계층(Transport Layer)에서 사용하는 규약

- 구체적인 루틴은 다음과 같음(실제 업무 수행중 정리한 내용임. C++ 의사 코드 포함.)

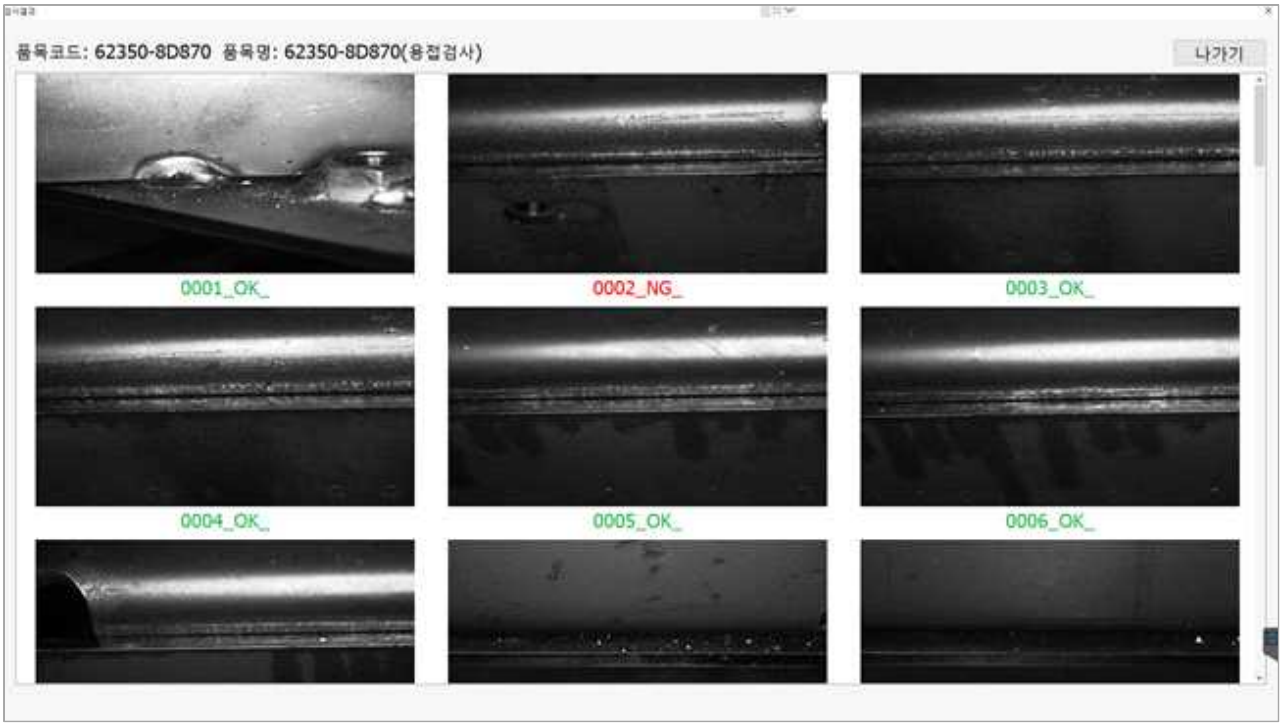
로봇 시작 아닌 상태 *모델 = 0* *상태 = 0* *촬영순서 = 0* *실제촬영시퀀스 = 0* *로봇 시작* *모델 = 1 ~ 999* *상태 = 1* *촬영순서 = 0* *CModel <- model* *CStatus <- status* *CStep <- step* *로봇 첫 번째 스텝 도착* *step = 1* *if(step != CStep) -> 1초 딜레이 후 카메라 촬영*	*cmplStep <- ++CStep(쓰기) -------->>>>>>>> 촬영완료 스텝 패킷 끝 물음표 부분에 헥사로 작성 ex)* *CStep = 1 -> 0100, CStep = 10 -> 0A00* *실제촬영시퀀스 = 1* *if(step == cmplStep)* *다음 스텝으로 이동하여 3 ~ 4 반복.* *.* *.* *.* *모든 스텝 완료* *모델 = 0* *상태 = 0* *촬영순서 = 0* *실제촬영시퀀스 = 0*

- 이렇게 확보된 이미지들은 1차적으로 로컬 PC에 저장되며 저장될 때에 할콘이라는 이미지 프로세싱 라이브러리(유료)를 사용하여 양품과의 이미지 비교를 통해 OK/NG를 판정함.
- 할콘이란 머신비전 라이브러리의 한 종류로서 머신비전의 거의 모든 기능이 포함되어 있으며 HDevelop이라는 자체 개발 툴을 운용하여 개발 환경을 제공한다.
- HDevelop으로 개발한 내용을 C++언어로 변환하여 사용이 가능하며 유연성 또한 높기때문에 머신비전의 많은 분야에서 활용되고 있다.
- 로컬 PC에 OK/NG로 분류되어 저장된 이미지들은 2차적으로 서버로 전송하여 데이터 분산화를 하였다.
- 이로 인해 Q-Factory 웹어플리케이션에서도 실시간으로 용접 현장의 용접 품질 결과를 확인할 수 있으며 관리자의 판단하에 용접의 결과를 변경할 수도 있다.
- OK/NG 판정이 이루어져 확보된 모든 이미지들은 Deeplearning알고리즘을 적용한 학습 모델을 분류 모델로 사용하여 할콘의 OK/NG 판정보다 더 높은 수준의 판정을 기대해볼 수 있다.

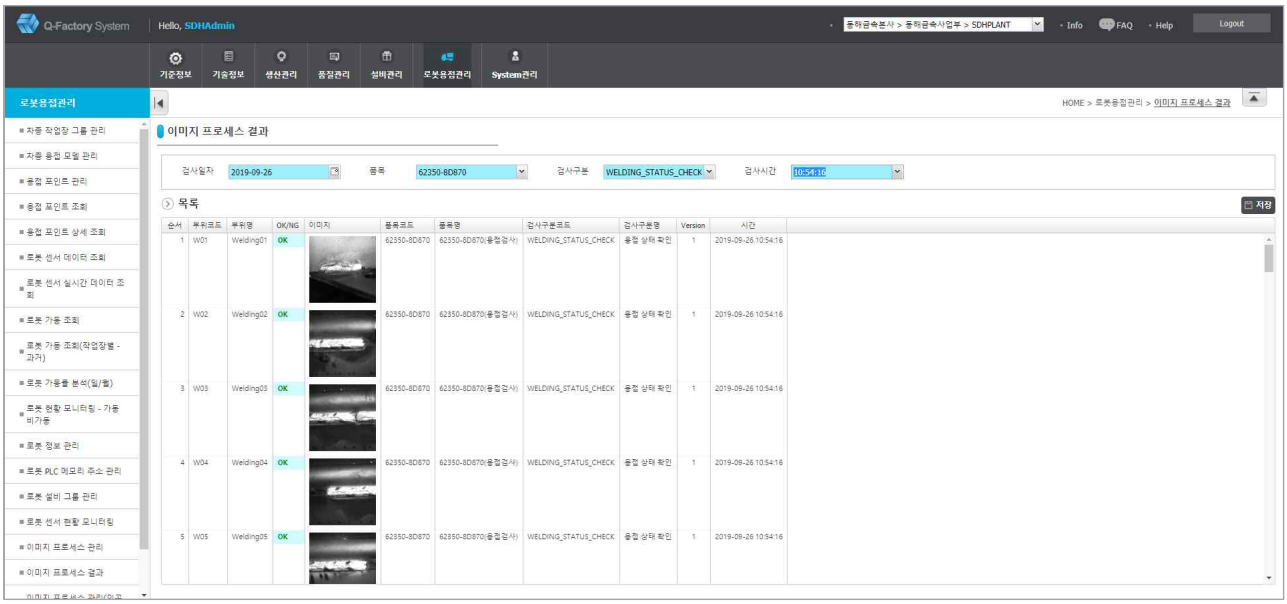
ㅇ QFactorySystem.exe 품목 용접 부위 양품 조회 화면



○ QFactorySystem.exe 용접 검사 결과 조회 화면



○ Q-Factory 웹어플리케이션 용접 검사 결과 조회 화면



나. 머신러닝 학습 알고리즘 연구 및 개발

머신러닝 학습 모델과 예측을 위해 사용한 언어 및 라이브러리는 아래와 같습니다

- Python[15] - pandas, Tensorflow, Keras
- Java - Deeplearning4j

15) 1991년에 발표된 인터프리터 방식의 프로그래밍 언어로 창시자는 귀도 반 로섬(Guido van Rossum)이며 2000년에는 Python 2, 2008년에는 Python 3가 나왔다

▣ 학습 데이터 수집

학습 DATA 수집(약 300여 개)에 대해서는 공주대학교에서 박사과정 중이신 이종훈 님의 도움을 받아 수집 및 축적하였습니다, 용접조건에는 수많은 Factor가 존재하지만, 1년이라는 연구기간에 할 수 있는 가능한 범위 내에서 Factor를 선정하였습니다

- Factors: 모재종류, 모재두께, CO2, 용접속도
- Output: 전류, 전압
- 데이터는 CSV확장자로 만들었으며 다음과 같은 형태임.
- 순서대로 모재종류, 모재두께, CO2, 용접속도, 전류, 전압

순번	모재종류	모재두께	Co2	용접속도	전류	전압
20	SPFC590	2	18	7	136	17
21	SPFC590	2	19	9	138	17
22	SPFC590	2	20	9	140	17
23	SPFC590	3.2	10	5	130	16
24	SPFC590	3.2	11	5	132	16
25	SPFC590	3.2	12	5	134	16
26	SPFC590	3.2	13	5	136	17

<표 30 학습 데이터 수집 예>

▣ 데이터 전처리 과정

- 머신러닝 학습 시에는 문자보다 숫자가 적절하므로 문자 데이터에 대해서는 Python의 Pandas와 Keras 이용하여 One-hot Encoding을 하였음
- One-hot Encoding이란 단 하나의 값만 1이고 나머지 모두는 0으로 하는 인코딩을 의미
- 예를 들어 모재 종류가 SPFC590, SGAFC440, SS400 세 가지가 있을 때 데이터가 SPFC590이라면 [1, 0, 0] 형태의 데이터가 된다

ㅇ 전처리 전, 후 데이터

	kindofmaterial	thickofmaterial	amountofco2	weldingspeed	amp
292	SS400	12.0	16	7	230
293	SS400	12.0	17	7	235
294	SS400	12.0	18	7	240
295	SS400	12.0	19	7	245
296	SS400	12.0	20	7	250

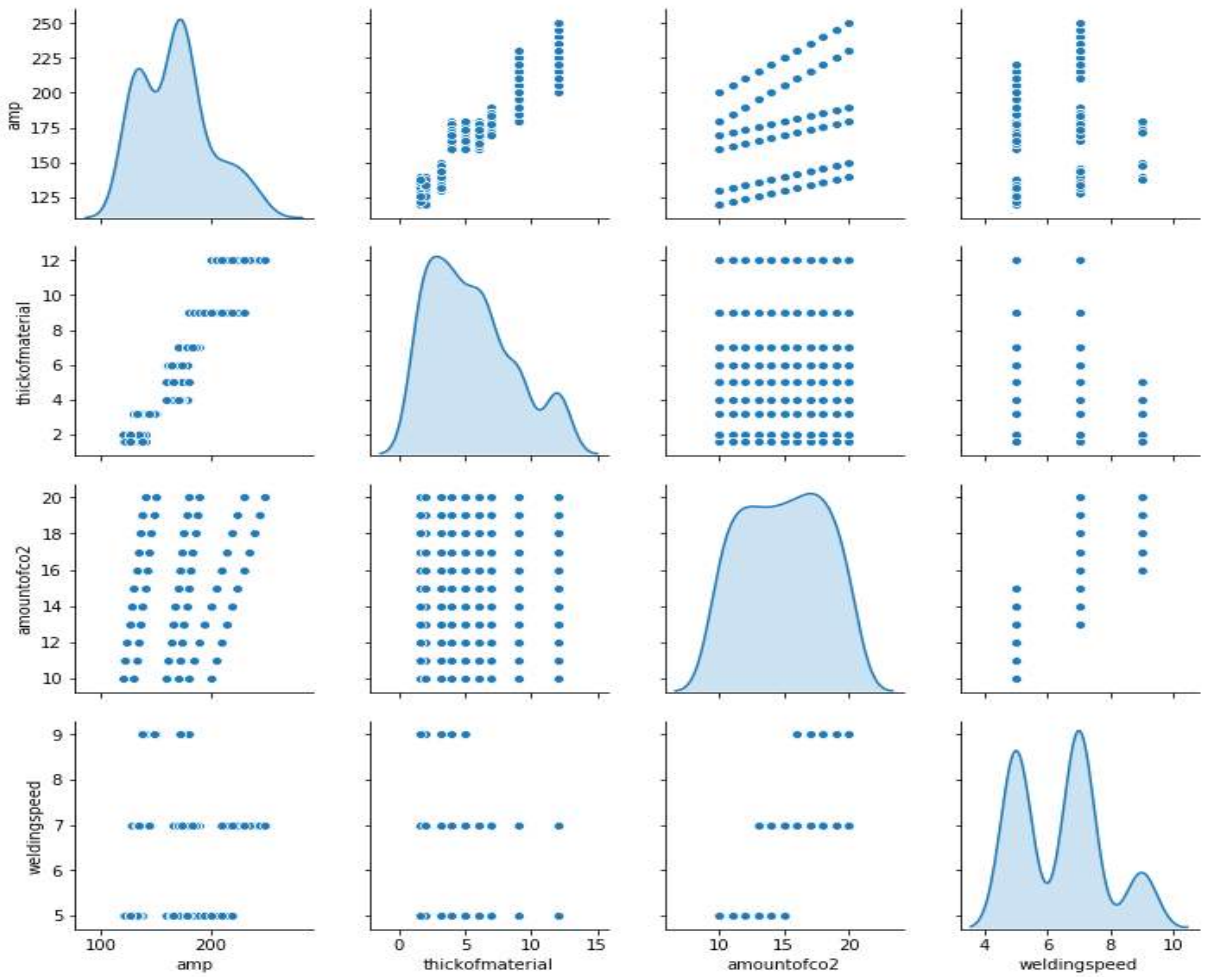
<그림 62 전처리 전 데이터>

	thickofmaterial	amountofco2	weldingspeed	amp	SPFC590	SGAFC440	SS400
0	1.6	10	5	120	1.0	0.0	0.0
1	1.6	11	5	122	1.0	0.0	0.0
2	1.6	12	5	124	1.0	0.0	0.0
3	1.6	13	5	126	1.0	0.0	0.0
4	1.6	14	5	128	1.0	0.0	0.0

<그림 63 전처리 후 데이터>

학습데이터가 많지 않으므로 학습과 테스트 데이터 비율을 8:2로 하였음.
또한 학습 시 데이터의 랜덤한 선정을 위해 Random State를 세팅하였음.
학습 데이터와 테스트 데이터를 랜덤하게 선정되게 하지 않으면 특정 데이터에 대해서는 학습이 잘 되지 않는 경향이 있음.

ㅇ 차트를 통해 산점도 행렬을 확인해 보았음.



<그림 64 산점도 행렬 차트>

○ 학습 데이터 통계

구분	Count	Mean	STD	min	25%	50%	75%	max
thick of material	238.0	5.473950	3.141863	1.6	3.2	5.0	7.0	12.0
amount of co2	238.0	14.978992	3.122597	10.0	12.0	15.0	18.0	20.0
welding speed	238.0	6.436975	1.363408	5.0	5.0	7.0	7.0	90.
SPFC590	238.0	0.336134	0.473381	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
SGAFC440	238.0	0.315126	0.465545	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
SS440	238.0	0.477576	0.477576	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0

<표 31 학습 데이터 통계>

학습 데이터 통계에서 mean(평균)과 std(표준편차)는 예측 시에 활용하게 될 데이터임, 이와 같이 데이터를 확인 후 Output 데이터인 전류를 학습 타겟 값과 테스트 타겟 값으로 분류함.

▣ 데이터 정규화

- 학습 데이터들의 통계를 보면 각 특성의 스케일과 범위가 많이 차이가 나기 때문에 특성을 정규화함.
- 정규화를 하지 않아도 모델이 학습될 수있지만 학습이 어렵고 입력에 의존적인 모델로 학습됨.

▣ 모델 생성

- keras[16]의 neural regression을 사용함.
- General regression neural network(GRNN)이라고 불리며 다중회귀, 예측 및 분류에 사용하는 알고리즘임
- GRNN은 단일 패스 학습으로 역 전파 알고리즘이 필요하지 않고, 가우스 함수의 사용과 입력 데이터의 노이즈를 처리할 수 있어서 추정의 정확도가 높지만, 계산 비용이 많이 듬
- 본 연구과제에서는 숫자 데이터를 사용하며 많은 데이터가 존재하는 것이 아니기 때문에 GRNN을 선정함
- 학습 데이터가 적은 경우 과대 적합을 피하고자 소규모 네트워크를 적용하는 것이 좋으므로 Layer는 Dense로 2개의 완전 연결 층을 쌓았으며 이때 activation은 ReLU[17]를 사용하였음
- 또한, 과대 적합을 피하기 위해서는 모델 성능 향상이 더 이상 일어 나지 않는 때에는 학습을 조기 종료해야 하지만, 전류/전압 예측 문제에서는 약한 정도 수준의 과대적합이 필요하므로 학습 반복 횟수를 비교적 크게 설정함

ㅇ 아래는 생성한 모델의 정보임.

```
_________________________________________________________________
Layer (type)                 Output Shape              Param #
=================================================================
dense_1 (Dense)              (None, 64)                448
_________________________________________________________________
dense_2 (Dense)              (None, 64)                4160
_________________________________________________________________
dense_3 (Dense)              (None, 1)                 65
=================================================================
Total params: 4,673
Trainable params: 4,673
Non-trainable params: 0
_________________________________________________________________
```

<그림 65 생성한 모델 정보>

▣ 모델 훈련

- 전류의 경우 10,000번을 학습, 전압의 경우 1,000번을 학습하여 결과를 도출하였고, 학습 결과는 Mean Absolute Error, Mean Squared Error의 평가 함수로 학습 결과를 검증하였음

16) keras : 텐서플로의 딥러닝 모델 설계와 훈련을 위한 고수준(high-level) API

17) ReLU (Rectified Linear Unit) : 정류한 선형 유닛, Nature지에 Hahnloser가 발표한 dynamical network에서 처음 소개되었으며, ReLu는 입력값이 0보다 작으면 0이고 0보다 크면 입력값 그대로를 내보낸다

```
In [19]: hist = pd.DataFrame(history.history)
         hist['epoch'] = history.epoch
         hist.tail()
```

Out[19]:

	val_loss	val_mean_absolute_error	val_mean_squared_error	loss	mean_absolute_error	mean_squared_error	epoch
9995	0.220080	0.299755	0.220080	0.012911	0.085373	0.012911	9995
9996	0.170429	0.293293	0.170429	0.011155	0.082086	0.011155	9996
9997	0.190857	0.282859	0.190857	0.009696	0.079517	0.009696	9997
9998	0.216257	0.286786	0.216257	0.009935	0.081535	0.009935	9998
9999	0.255960	0.349255	0.255960	0.010285	0.078955	0.010285	9999

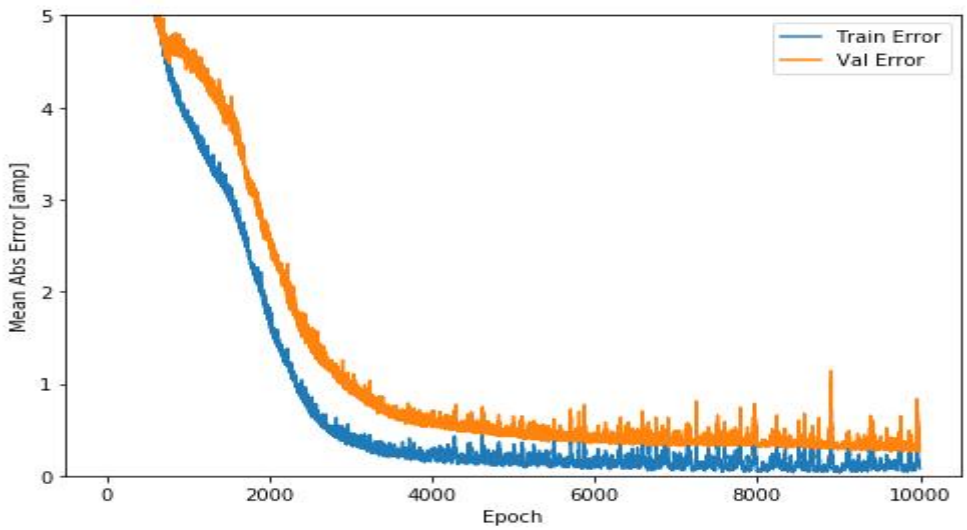
<학습 과정의 명령어 및 성적표>

- Mean Absolute Error : 결과 값과 예측 값이 얼마나 비슷한지를 평가하는 함수이다.
- Mean Squared Error : 오류 또는 편차의 제곱의 평균을 측정하여 추정한 값과 기대했던 값간의 차이를 평가하는 리스크 함수이다, 제곱된 에러 값 또는 이차 손실에 대응된다.

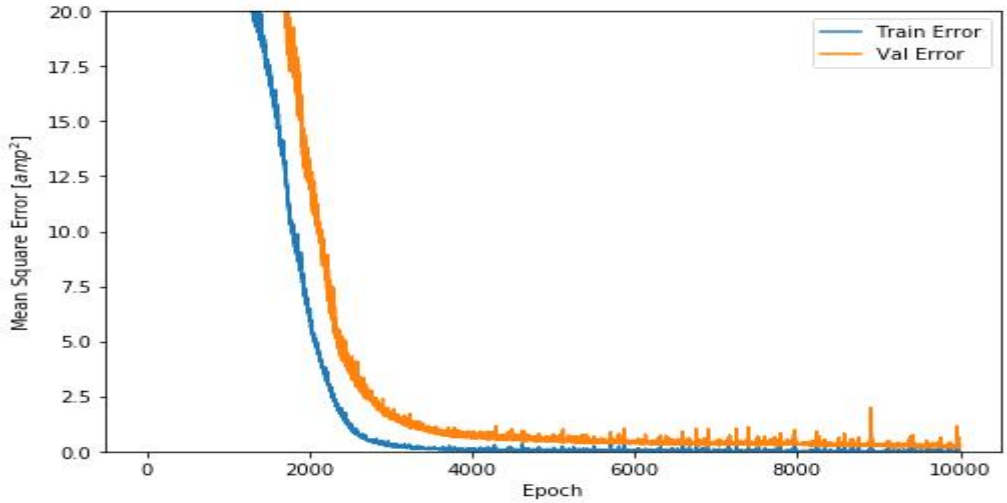
▣ 전류 학습 결과

	val_loss	val_mean_absolute_error	val_mean_squared_error	loss	mean_absolute_error	mean_squared_error	epoch
9995	0.220080	0.299755	0.220080	0.012911	0.085373	0.012911	9995
9996	0.170429	0.293293	0.170429	0.011155	0.082086	0.011155	9996
9997	0.190857	0.282859	0.190857	0.009696	0.079517	0.009696	9997
9998	0.216257	0.286786	0.216257	0.009935	0.081535	0.009935	9998
9999	0.255960	0.349255	0.255960	0.010285	0.078955	0.010285	9999

<그림 67 전류의 학습 History>



<그림 68 전류의 Mean ABS Error 훈련 및 실제값 변화 그래프>

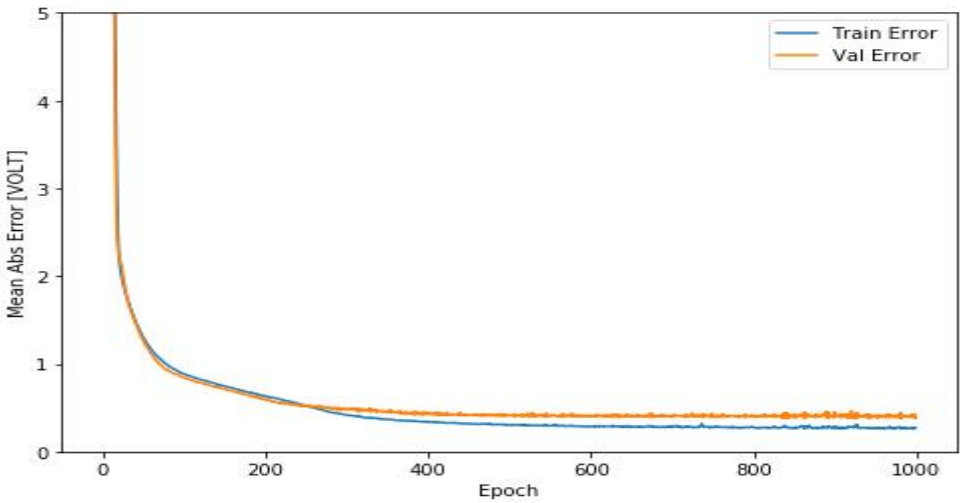


<그림 69 전류의 Mean Square Error 훈련 및 실제값 변화 그래프>

▣ 전압 학습 결과

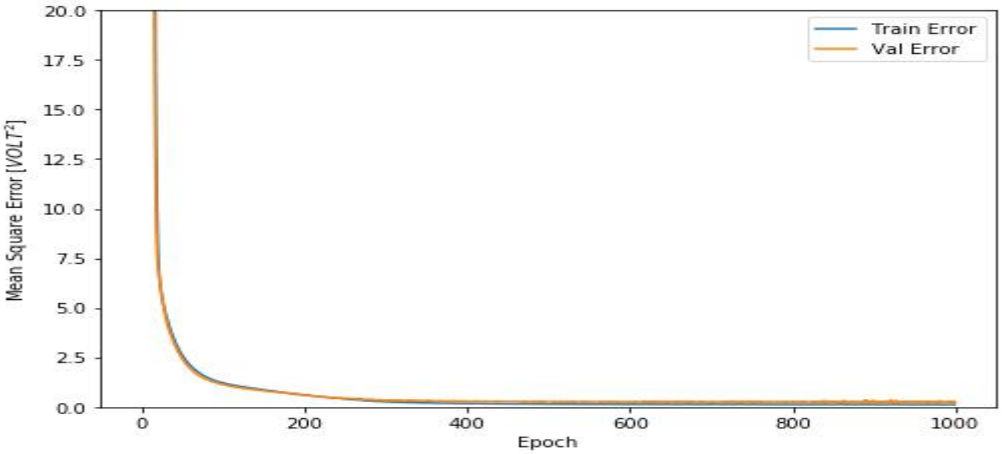
	val_loss	val_mean_absolute_error	val_mean_squared_error	loss	mean_absolute_error	mean_squared_error	epoch
995	0.224704	0.396741	0.224704	0.114864	0.273085	0.114864	995
996	0.286332	0.426467	0.286332	0.109006	0.258265	0.109006	996
997	0.220000	0.391526	0.220000	0.112321	0.274475	0.112321	997
998	0.289907	0.423033	0.289907	0.118492	0.271000	0.118492	998
999	0.218128	0.383748	0.218128	0.112884	0.273665	0.112884	999

<그림 70 전압의 학습 History>



<그림 71 전압의 Mean ABS Error 훈련 및 실제값 변화 그래프>

Mean Squared Error : 오류 또는 편차의 제곱의 평균을 측정하여 추정한 값과 기대했던 값간의 차이를 평가하는 리스크 함수이다, 제곱된 에러 값 또는 이차 손실에 대응된다.



<그림 72 전압의 Mean Square Error 훈련 및 실제값 변화 그래프>

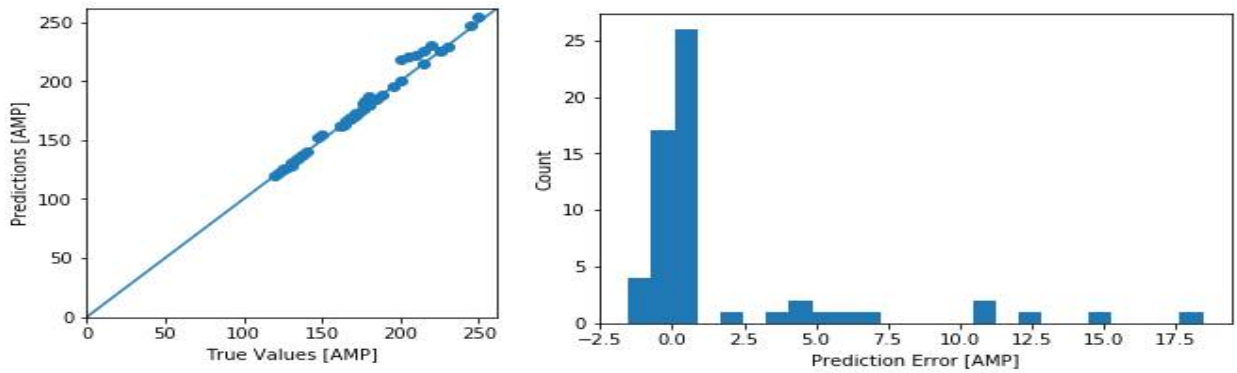
▣ 모델 검증

전압의 경우 전류보다 경사 하강이 더 이른 때에 된 것으로 보아 학습이 더 잘 되지만 어느 이상 수준에서는 더이상 모델의 향상이 이뤄지지 않음, 모델의 실전 성능을 짐작하기 위해 테스트 데이터로 테스트를 했을 때

- 전류의 평균 절대 오차: 1.98
- 전압의 평균 절대 오차: 0.44

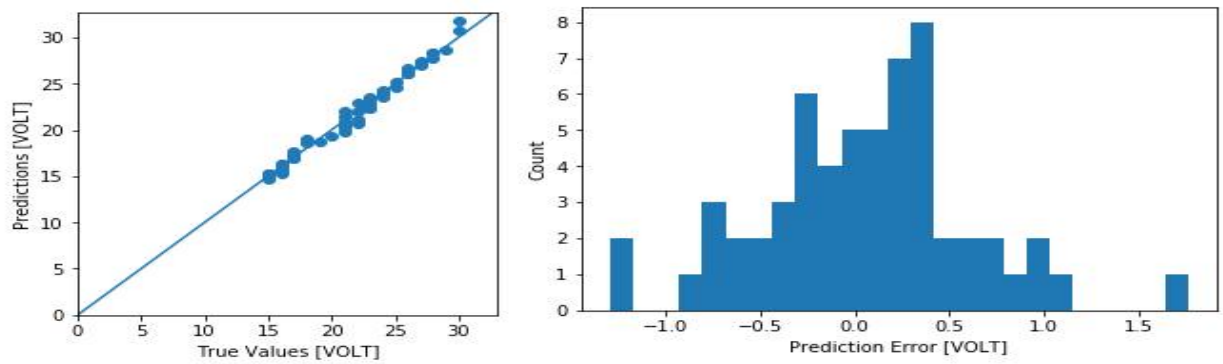
의 결과가 나왔음.

ㅇ 전류 모델 검증



<그림 73 전류 모델 검증 Prediction, Prediction Error 차트>

ㅇ 전압 모델 검증



<그림 74 전압 모델 검증 Prediction, Prediction Error 차트>

좌측의 그래프를 살펴보면 모델이 꽤 예측을 잘한 것으로 보임, 그러나 오차 분포를 보면 가우시안 분포가 나오지 않음. 학습 데이터가 많지 않기 때문으로 앞으로 학습데이터를 계속 확보하여 상용화(사업화) 과정에서 더 나은 학습 모델로 개선할 예정임

▣ 모델 저장 및 활용

ㅇ 모델 저장 : 학습된 모델의 설정 파일과 가중치 설정 파일을 서버에 임의 지정한 폴더에 저장하여 모델 활용에 사용함

ㅇ 모델 활용

- 비자림에서는 Q-Factory라는 이름으로 개발된 MES 웹어플리케이션이 있으며 현재도 버전 업그레이드 개발 진행 중임
- Q-Factory는 Java 기반의 Web Application이므로 Python으로 학습한 모델을 Q-Factory에 적용해서 예측에 활용하기 위해 Deeplearning4j라는 Java 기반 Deeplearning 라이브러리를 사용함
- Deeplearning4j는 자바와 자바 가상 머신용으로 제작된 딥러닝 라이브러리이며 딥러닝 알고리즘을 광범위하게 지원하는 프레임워크임
- Q-Factory에서 Python으로 학습된 모델을 로드하여 특정 상황에 대하여 용접 전류/전압을 예측하고 용접기에 세팅함

▣ 개발된 알고리즘

ㅇ 데이터 전처리 과정

```
material = dataset.pop('kindofmaterial')

dataset['SPFC590'] = (material == 'SPFC590')*1.0
dataset['SGAFC440'] = (material == 'SGAFC440')*1.0
dataset['SS400'] = (material == 'SS400')*1.0

dataset.tail()
dataset.head()
```

ㅇ 정규화

```
def norm(x):
  return (x - train_stats['mean']) / train_stats['std']
normed_train_data = norm(train_dataset)
normed_test_data = norm(test_dataset)
```

ㅇ 모델생성

```
from keras.layers import Dense

def build_model():

  model = keras.Sequential()
  model.add(Dense(64, input_shape=[6], activation='relu'))
  model.add(Dense(64, activation='relu'))
  model.add(Dense(1))

  model.compile(loss='mean_squared_error', optimizer='adam', metrics=['mean_absolute_error', 'mean_squared_error'])
  return model
```

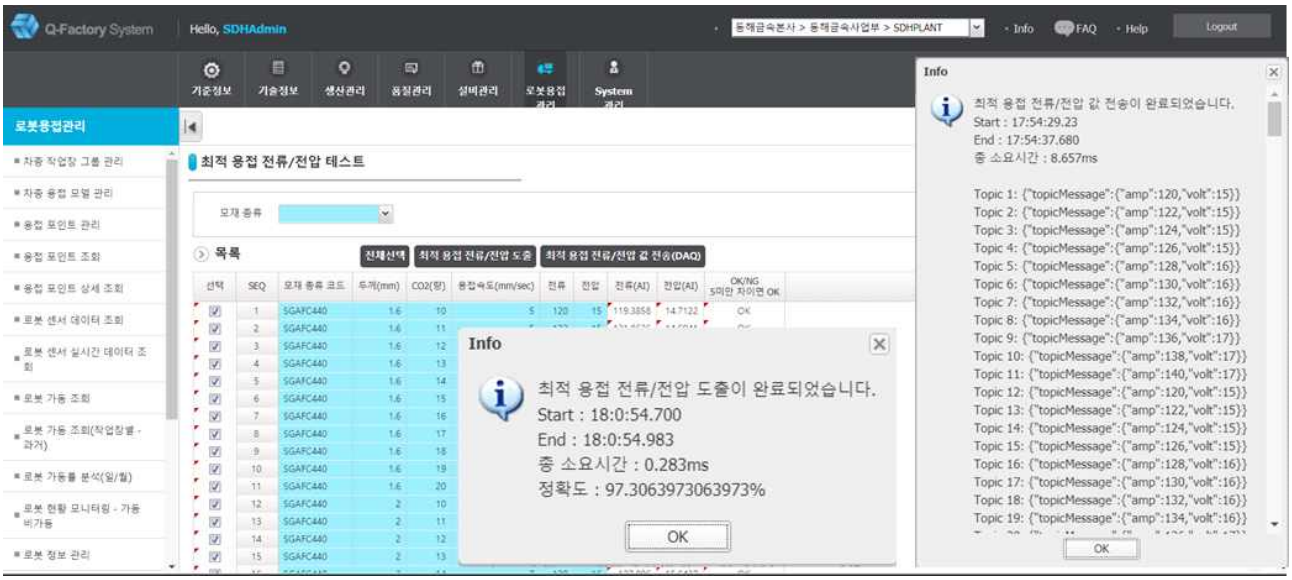
ㅇ 모델 훈련

```
# 에포크가 끝날 때마다 점(.)을 출력해 훈련 진행 과정을 표시합니다
class PrintDot(keras.callbacks.Callback):
  def on_epoch_end(self, epoch, logs):
    if epoch % 1000 == 0: print('')
    print('.', end='')

EPOCHS = 10000

history = model.fit(
  normed_train_data, train_labels,
  epochs=EPOCHS, validation_split = 0.2, verbose=0,
  callbacks=[PrintDot()])
```

○ 모델 저장

```
#saved_model_path = tf.contrib.saved_model.save_keras_model(model, "./saved_models")
#model.save('my_model.h5')

model_json = model.to_json()
with open("amp_model.json", "w") as json_file :
    json_file.write(model_json)

model.save_weights('amp_model.h5')
```

○ 최적의 용접 전류/전압을 찾고 Setting 하는 서비스 프로그램



다. 서비스 프로그램 개발

(1) 학습한 Set을 센서 IoT 플랫폼으로 송신 프로그램 개발

- 특정 용접 상황에 대해 목차 가에서 다룬 학습된 머신러닝 모델이 예측한 전류/전압 값을 IoT 플랫폼으로 송신하는 프로그램으로 Mosquitto라는 TCP/IP 통신 라이브러리를 사용함

- Mosquitto란 사물인터넷에서 각광 받고 있는 메시지 전송 프로토콜로서 MQTT로 부르며 국제 표준으로 제정된 프로토콜임

- MQTT에는 Broker, Publish, Subscribe 세 가지가 존재하는데 Broker는 메시지들의 게이트웨이 역할을 하고, Publish는 메시지 발행자, Subscribe는 메시지 수신자를 의미

- 비자림의 Q-Factory IoT 플랫폼은 IoT 서버를 Broker로 사용하며 MES 서버는 Subscribe와

Publish, 센서 값 수집 장치인 DAQ는 Subscribe와 Publish로 사용

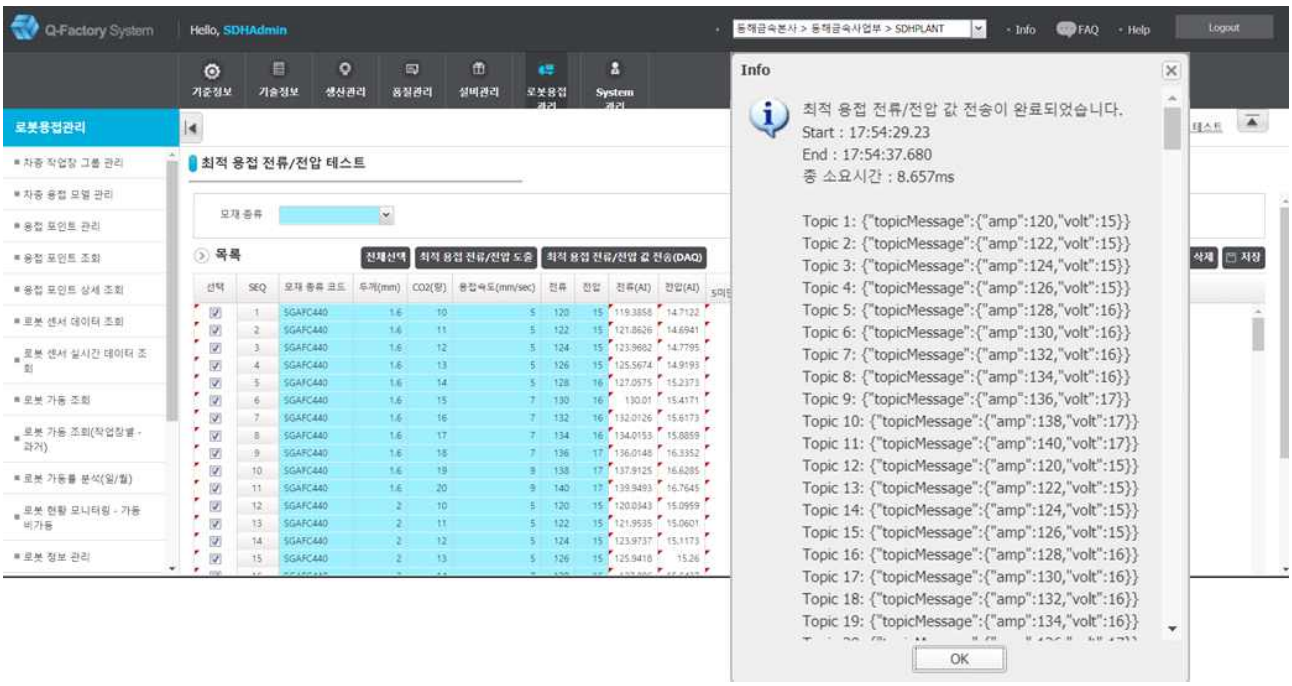
- 비자림에서 개발한 학습 모델 예측 값 송신 프로그램은 센서 IoT 플랫폼(Broker)으로 메시지를 송신하여 특정 DAQ가 메시지를 수신하고 용접 전류/전압 값을 세팅할 수 있도록 개발함

- 아래 이미지는 실제 MQTT 메시지를 발행하는 소스 코드임.

```
public Boolean sendMqttMessage(String mqttServer, String topic, String msg, Long mqttTimeOut) {
    MqttDeliveryToken mqttDeliveryToken;
    try {
        MqttClient mqttClient = new MqttClient(mqttServer, getRandomId());
        MqttTopic mqttTopic = mqttClient.getTopic(topic);
        MqttMessage mqttMessage = new MqttMessage(msg.getBytes());
        mqttClient.connect();
        System.out.println("Waiting for up to " + mqttTimeOut / 1000
                + " seconds for publication of \"" + mqttMessage.toString()
                + "\" with QoS = " + mqttMessage.getQos());
        System.out.println("On topic \"" + mqttTopic.getName()
        + "\" for client instance: \"" + mqttClient.getClientId()
        + "\" on address " + mqttClient.getServerURI() + "\"");
        mqttDeliveryToken = mqttTopic.publish(mqttMessage);
        mqttDeliveryToken.waitForCompletion(mqttTimeOut);
        System.out.println("Delivery token \"" + mqttDeliveryToken.hashCode()
        + "\" has been received: " + mqttDeliveryToken.isComplete());
        mqttClient.disconnect();
    } catch (Exception e) {
        System.out.println(e);
        return false;
    }

    return mqttDeliveryToken.isComplete();
}
```

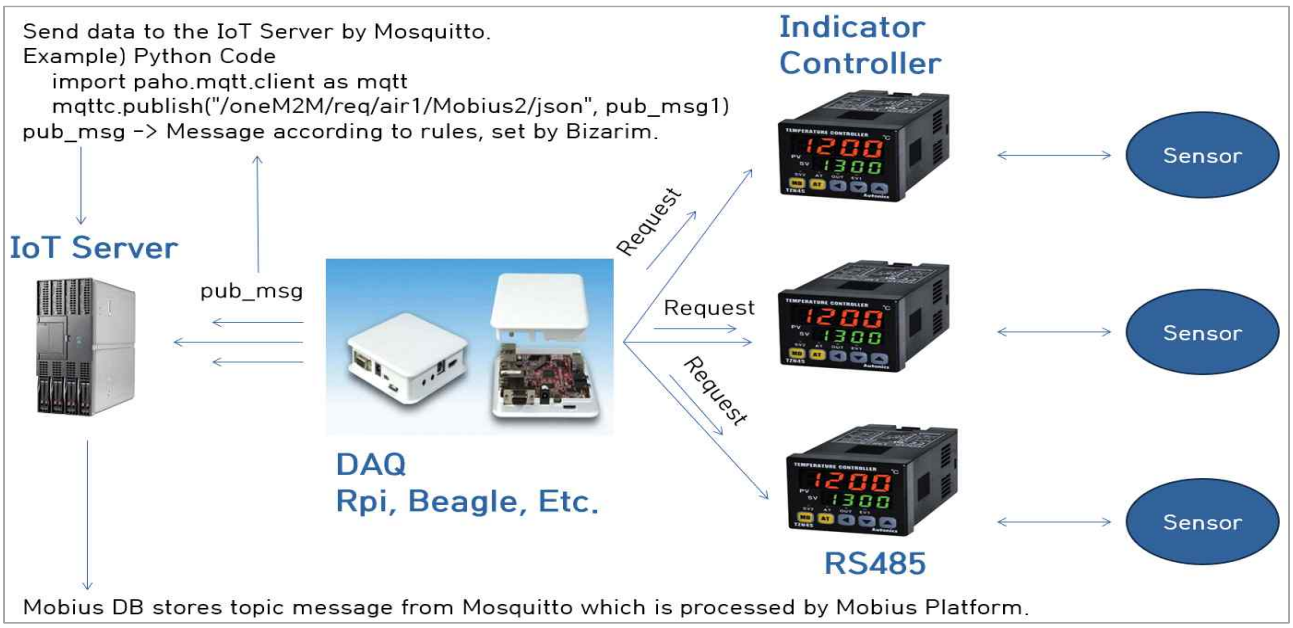
- 위 변수에서 mqttServer는 MQTT Broker의 IP와 Port번호이고, topic은 Key, msg는 발행할 메시지로서, 발행 메시지의 형태는 여러 방식이 있음
- 비자림에서는 JSON Object 형태의 메시지를 전송하고 수신자측에서 JSON Object 형태를 풀어 해석하게 되어있음

ㅇ 최적의 용접 전류/전압을 찾고 Setting 하는 서비스 프로그램



(2) 센서 IoT 플랫폼과 MES 서버 Interface Batch 프로그램 개발

- 제조 현장의 데이터는 센서/액츄에이터 ↔ 인디케이터 ↔ DAQ ↔ 센서 IoT플랫폼 ↔ MES 서버에서 데이터 전달을 위한 백그라운드 프로그램이 필요함
- Q-Factory 웹어플리케이션 IoT 플랫폼의 구성도는 다음 이미지와 같다.



- 위 이미지와 같이 DAQ가 센서와 인디케이터로부터 값을 수집하고 수집한 내용을 MQTT 메시지로 IoT 서버로 발행하면 IoT 서버에서는 전자부품연구원(Keti)에서 개발한 Mobius 플랫폼이 MQTT 메시지를 수신하여, MySql DB로 센서 값을 Insert하게 된다

- Mobius 플랫폼이란 개방형 사물인터넷 플랫폼으로서 사물 간에 통신을 지원하며 구조화된 MySql DB를 제공하고 물적 기반의 통신 네트워크가 원활하게 작동하도록 도와주는 플랫폼이다

- 구조화되어 있는 Mobius DB(MySql)는 컨테이너 형태로 장치들을 관리하도록 되어 있으며 시간별로 랜덤키를 통해 고유 식별 레코드를 가진다

- Mobius DB에 차곡차곡 쌓인 데이터들을 MES 서버에서 활용하기 위해 비자림에서는 센서 데이터를 MES DB(PostgreSql)로 이관 및 가공하는 Batch 프로그램을 개발함

- 주요 Batch 단위 프로그램은 다음과 같다.
  - 실시간 업데이트 : 현장의 실시간 데이터를 어느 곳에서든 확인하기 위한 용도로서 매초마다 작동하는 Batch 프로그램이다

  - 전체 이관 : 보다 안전하고 체계적인 데이터 관리를 위해 하루에 1번 매일 작동하는 Batch 프로그램으로 전체 데이터를 MES DB로 이관하는 Batch 프로그램이다

- 요약 정보 : 일, 주, 월, 년 단위로 종합적인 데이터 조회를 위해 요약 정보를 가공해 MES DB로 Insert 하는 Batch 프로그램이다.

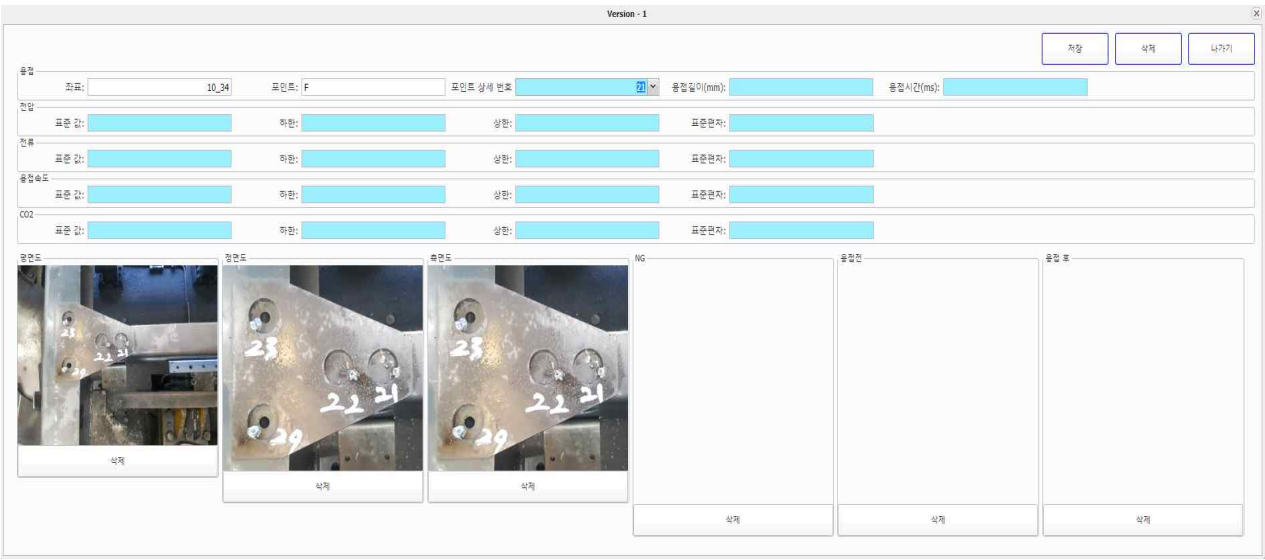
(3) 용접 포인트 관리 프로그램 개발

- 용접 대상체를 프로그램에서 실물처럼 관리하고 용접 포인트에 대한 상세 정보 등록과 조회를 하기 위한 프로그램임

- 용접 대상체의 도면을 업로드하여 그위에 용접 대상 포인트 접점을 마킹하여 실제 용접 로봇 또는 수작업 용접을 할 때 용접 부위를 참조한다

ㅇ 용접 포인트 설정

ㅇ 용접 포인트 상세 설정

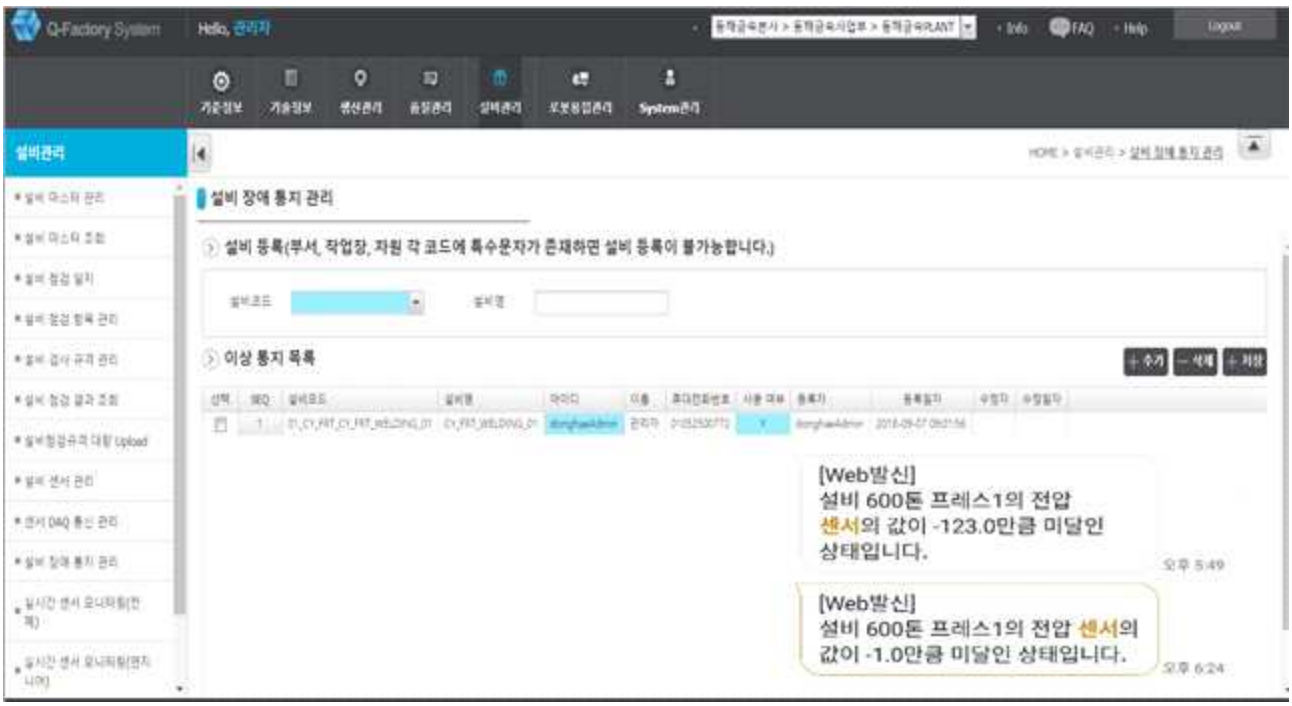


- 위 이미지처럼 프로그램을 사용하는 관리자는 간편하게 CAD의 도면을 캡쳐하여 프로그램에 붙여넣기를 할 수 있고, 포인트 설정, 포인트에 대한 세부 설정을 할 수 있다.
- 필요에 따라서 용접 포인트를 버전별로 관리 할 수 있다.

(4) 사용자에게 Notification하는 프로그램 개발

- 공장 자동화를 위해서 공장 사용자는 언제 어디서든 공장의 상황을 볼 수 있어야 하고, 위급한 상황에 대응해야 함
- 이를 위해 Q-Factory 웹어플리케이션에 Notification 프로그램을 적용함
- Notification 프로그램은 현장의 센서 값을 실시간으로 수집해 위급한 상황에 대해 문자로 알림을 발송하는 프로그램으로 관리자 모드에서는 설비 장애 통지 관리를 통해 담당자의 휴대전화번호를 등록하여 해당 담당자에게 Notification 할 수 있도록 하고 있음.

ㅇ 설비 장애 통지 관리자 모드 화면



- 추 후에는 스마트폰 앱 알림으로 개발할 예정에 있으며, 위급한 상황에 대응하기 위해 컨트롤러 제어 관련한 개발도 예정에 있음.

(5) 실시간 데이터에 대한 로봇 모니터링 프로그램 개발

- 용접기와 로봇 정보를 매칭하여 로봇 기준으로 센서와 가동여부에 대한 실시간 정보를 모니터링하는 프로그램임.

- 가동여부의 기준은 관리자의 가동 기준 데이터 값 세팅에 의해 가동여부를 판단함.

- 이때 로봇이 이동하고 있는 중에는 로봇이 가동 중이기는 하지만 용접 중이지는 않기에 비가동으로 판정이 될 수 있는 오류를 범할 수 있으므로 이 역시 관리자가 비가동 기준 시간 데이터 세팅을 통해 관리할 수 있음.

○ 실시간 로봇 센서 모니터링 화면

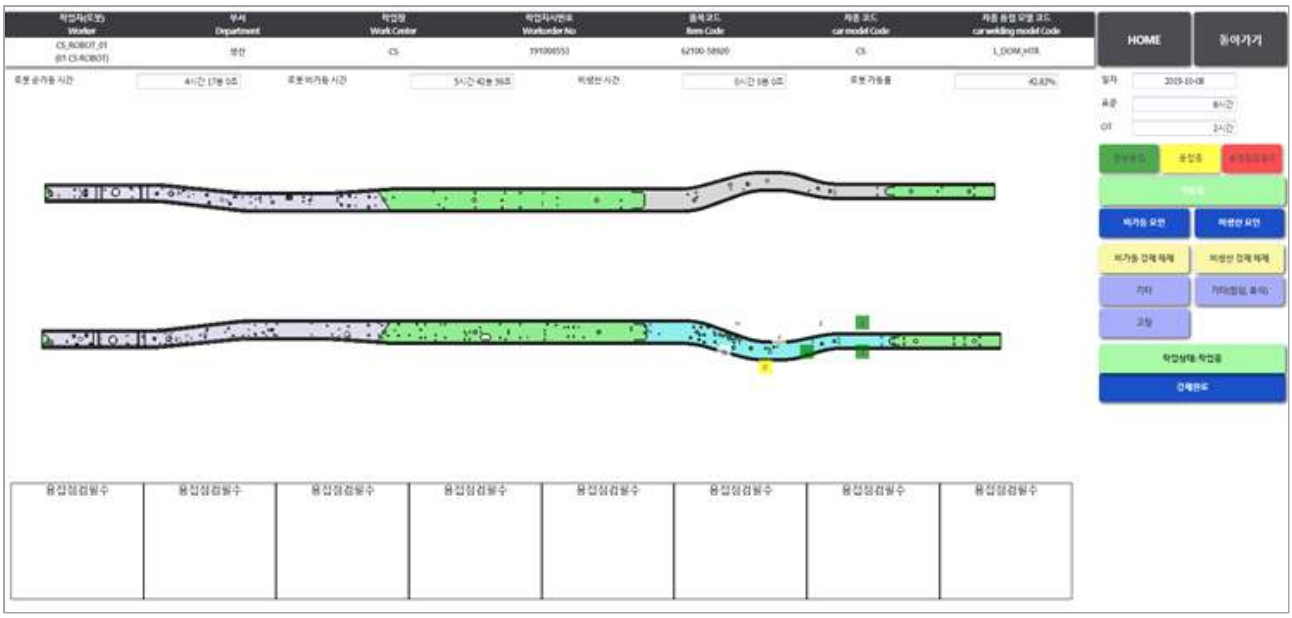
(6) 현장용 로봇 용접 결과 Display 프로그램 개발

- 관리자와 현장의 작업자가 용접 대상체를 확인하지 않아도 현장에 설치된 터치 PC 또는 사무실 PC를 통해 로봇 용접의 진행 상황과 용접 불량에 대해 볼 수 있는 프로그램임

- 아래 이미지의 용접 부위에서 초록색으로 채워진 네모 칸은 용접이 정상적으로 완료되었다는 것을 의미하고, 노란색으로 채워진 네모칸은 용접중이라는 것을 의미함

- 빨간색으로 채워진 네모칸이 나타나게 될 수도 있는데 이것은 용접하는 과정중에 센서 값이 급 상승하거나 급 하강하는 것을 불량일 확률이 높다고 판단하는 것임

○ 현장 작업자의 로봇 용접 결과 등록 화면



- 향 후 상용화(사업화) 과정에서 머신러닝의 Anomaly Detection(이상 감지) 모델을 학습해 해당 프로그램에 모델을 적용할 예정임

(7) 로봇 용접 결과 비전 검사 프로그램 개발

- 목차 가의 (4) 항목 용접 품질 학습용(양품/불량품) 데이터 확보에서 수집된 이미지를 할콘 라이브러리를 통해 양품과의 이미지 비교로 OK/NG 판정을 함

- 이후 Q-Factory 웹어플리케이션에서 OK/NG 판정을 다시 확인, 수정하여 용접 결과 이미지를 계속 축적함

- 축적된 이미지를 통해 비전 검사 프로그램 개발을 위한 DeepLearning 연구는 다음과 같이 진행하였음
  - 프로그래밍 언어 - Java
  - 라이브러리 - Deeplearing4j

- DeepLearning 모델 학습을 위해 적절한 모델로 Convolutional Neural Network(CNN)[18]를 사용하였음, CNN은 전통적인 Neural Network 앞에 여러개의 Convolutional Layer를 붙이게 되는데, CNN은 앞단의 Convolutional Layer를 통해서 입력받은 이미지에 대한 Feature를 추출하게 되고, 이렇게 추출된 Feature를 기반으로 기존의 Neural Network를 이용하여 Classification을 해내게 됨

18) CNN은 합성곱(Convolution) 연산을 사용하는 ANN의 한 종류로서 Convolution을 사용하면 3차원 데이터의 공간적 정보를 유지한 채 다음 레이어로 보낼 수 있다

- 즉, Convolutional Layer는 입력 데이터로부터 Feature를 추출하는 역할을 함

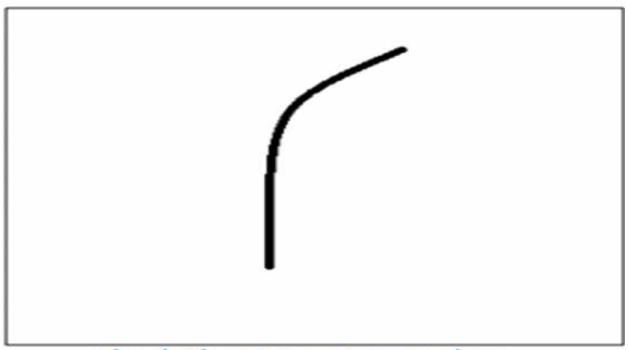
- Feature를 추출하는 기능을 하는 Filter와 Filter의 값을 비선형 데이터로 바꿔주는 Activation함수로 이루어짐

- Filter는 특징이 데이터에 있는지 없는지를 찾아내 주는 함수임

아래는 Filter의 예시임.

0	0	0	0	0	30	0
0	0	0	0	30	0	0
0	0	0	30	0	0	0
0	0	0	30	0	0	0
0	0	0	30	0	0	0
0	0	0	30	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Pixel representation of filter



Visualization of a curve detector filter

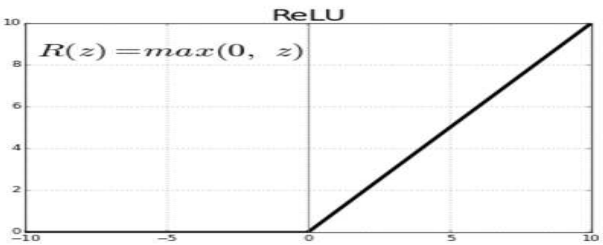
- 필터들을 통해 Feature Map이 추출되는데, 이 Feature Map에 Activation Function을 적용함
- Activation Function은 특징이 있는지 없는지에 대해 비선형 데이터로 바꿔주는 과정이다

- 예를 들어 Activation Function의 결과값이 0.5 ~ 1사이라면 특징이 존재함, 0~ 0.5사이라면 특징이 존재하지 않음이다

- 이 CNN 모델에서는 Activation Function으로 ReLU Function을 사용하였음

- ReLU Function을 이용한 이유는 Neural Network에서 신경망이 깊어질수록 Learning이 어렵기 때문에 Layer를 전체 계산한 다음 그 계산 값을 재활용하여 다시 계산하는 Back Propagation을 사용하게 되는데

- Sigmoid Function[19]을 Activation Function으로 사용하게 될 경우 Layer가 깊어질때 Back Propagation이 제대로 동작하지 않아 값이 희석되는 Gradient Vanishing이 나타나기 때문에 ReLU Function을 사용함.
  - 다음 이미지는 ReLU Function이다.



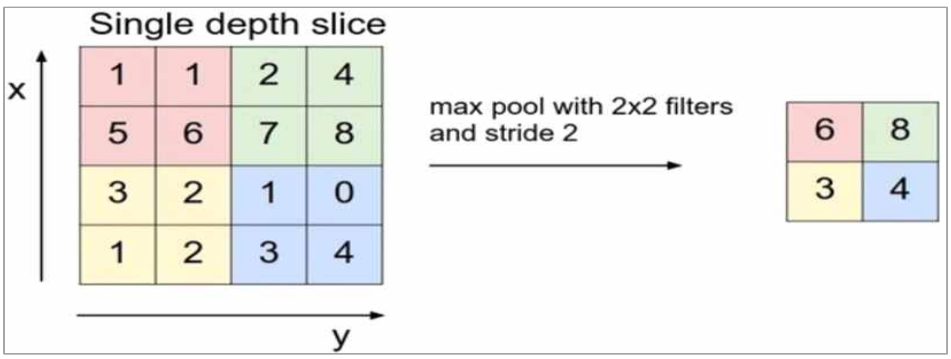
19) 시그모이드 함수 : 로지스틱 회귀 분석 또는 Neural network의 Binary classification 마지막 레이어의 활성 함수로 사용

- 이후 SubSampling 또는 Pooling이라는 과정을 거치는데 이 CNN 모델에서는 Max Pooling을 적용함.
- SubSampling과 Max Pooling이란 Convolutional Layer를 거쳐 추출된 Feature들은 필요에 따라 SubSampling을 시행하는데 모든 Feature들을 가지고 참, 거짓을 판단할 필요가 없으므로 작은 부분만으로도 판단할 수 있도록 Layer에서 추출된 Activation Map을 인위적으로 줄이는 작업임

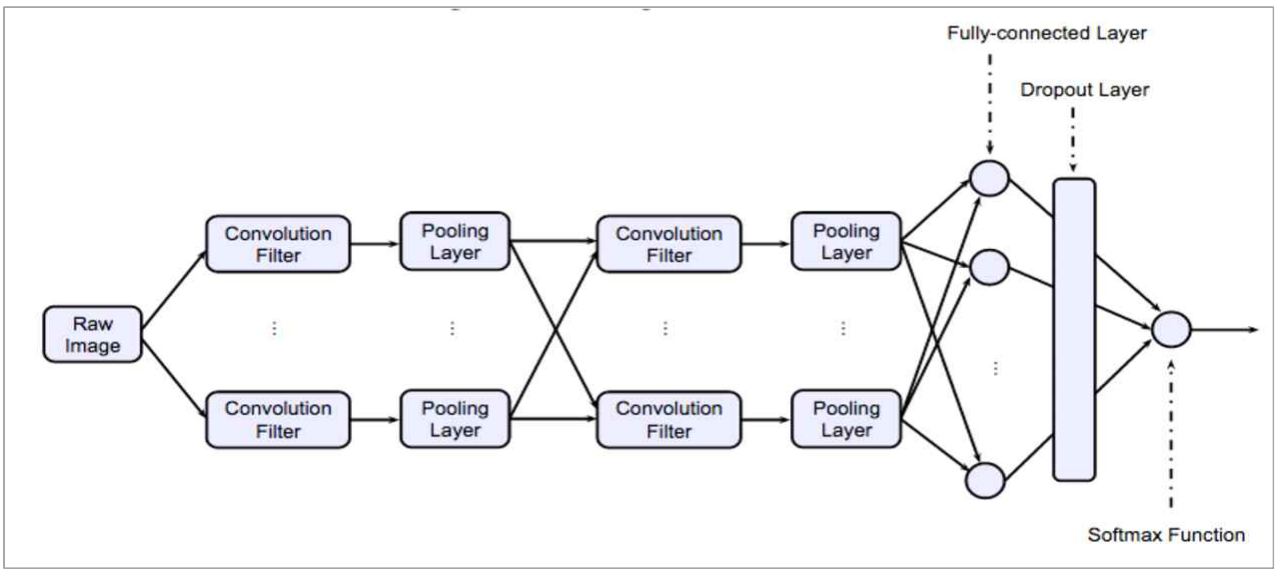
- Max Pooling은 Activation Map을 M*n크기로 잘라낸 후, 그 안에서 가장 큰 값을 출력하는 방법임. 즉, Max Pooling은 Feature 값이 큰 값이 다른 Feature 값 들을 대표하는 개념임

- 이러한 Sampling을 활용하면 데이터의 사이즈가 줄어들기에 연산에 사용되는 Computing Resource가 줄어들고, 데이터의 사이즈가 줄어들면서 손실이 발생하여 과대적합을 방지할 수 있음

- 아래 이미지는 Max Pooling 예시 이미지임.



- 마지막으로 Fully Connected Layer를 사용하여 분류를 함.
- 최종적인 CNN 네트워크 모델 모양은 다음 이미지와 같은 형태임.



- SoftMax Function은 ReLU와 같은 Activation function의 일종으로 여러개의 분류를 가질 수 있는 Function이다

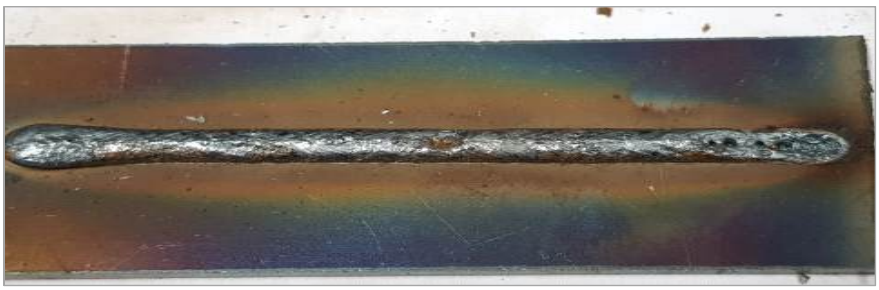
- 다음 이미지는 Java에서 DeepLearning4j 라이브러리를 이용해 구현한 CNN 모델임

```
MultiLayerConfiguration conf = new NeuralNetConfiguration.Builder()
        .seed(seed)
          .updater(new AdaDelta())
        .updater(new Nadam(1e-4))
          .updater(new Nesterovs(new MapSchedule(ScheduleType.ITERATION, learningRateSchedule)))
        .optimizationAlgo(OptimizationAlgorithm.STOCHASTIC_GRADIENT_DESCENT)
        .weightInit(WeightInit.XAVIER)
        .list()
        .layer(new ConvolutionLayer.Builder().kernelSize(3,3).stride(1,1).padding(1,1).activation(Activation.LEAKYRELU)
            .nIn(channels).nOut(32).build())
        .layer(new BatchNormalization())
        .layer(new SubsamplingLayer.Builder().kernelSize(2,2).stride(2,2).poolingType(SubsamplingLayer.PoolingType.MAX).build())

        .layer(new ConvolutionLayer.Builder().kernelSize(1,1).stride(1,1).padding(1,1).activation(Activation.LEAKYRELU)
            .nOut(16).build())
        .layer(new BatchNormalization())
        .layer(new ConvolutionLayer.Builder().kernelSize(3,3).stride(1,1).padding(1,1).activation(Activation.LEAKYRELU)
            .nOut(64).build())
        .layer(new BatchNormalization())
        .layer(new SubsamplingLayer.Builder().kernelSize(2,2).stride(2,2).poolingType(SubsamplingLayer.PoolingType.MAX).build())

        .layer(new ConvolutionLayer.Builder().kernelSize(1,1).stride(1,1).padding(1,1).activation(Activation.LEAKYRELU)
            .nOut(32).build())
        .layer(new BatchNormalization())
        .layer(new ConvolutionLayer.Builder().kernelSize(3,3).stride(1,1).padding(1,1).activation(Activation.LEAKYRELU)
            .nOut(128).build())
        .layer(new BatchNormalization())
        .layer(new ConvolutionLayer.Builder().kernelSize(1,1).stride(1,1).padding(1,1).activation(Activation.LEAKYRELU)
            .nOut(64).build())
        .layer(new BatchNormalization())
        .layer(new ConvolutionLayer.Builder().kernelSize(1,1).stride(1,1).padding(1,1).activation(Activation.LEAKYRELU)
            .nOut(numLabels).build())
        .layer(new BatchNormalization())

        .layer(new SubsamplingLayer.Builder().kernelSize(2,2).stride(2,2).poolingType(SubsamplingLayer.PoolingType.AVG).build())

        .layer(new OutputLayer.Builder(LossFunctions.LossFunction.NEGATIVELOGLIKELIHOOD)
            .name("output")
            .nOut(numLabels)
            .dropOut(0.8)
            .activation(Activation.SOFTMAX)
            .build())
        .setInputType(InputType.convolutional(height, width, channels))
        .build();

return new MultiLayerNetwork(conf);
```

- CNN 모델 학습에 사용한 이미지들은 다음과 같은 이미지를 활용함(공주대학교 이종훈님 제공 및 비전 로봇으로부터 들어온 이미지)

- OK 데이터 예시

- NG 데이터 예시



- 첫 번째 시도 : Convolution Neural Network(CNN)에 One Channel(0과 1로 이루어진 흑백컬

러)을 적용하여 시도해보았으나 학습이 정상적으로 되지 않았음

- 두 번째 시도 : 3 Channel을 적용하여 시도하였으나 큰 이미지(4096*2160) 용량으로 인해 시스템 down되는 현상 발생하였음. → Sub Sampling 기법을 사용하여 컴퓨팅 리소스 사용 완화시킴

- 세 번째 시도 : 이미지 리사이징과 Batch Size를 낮게 수정하여 CNN LeNet 모델을 적용함. → 학습되지 않음

<세 번째 시도 학습 결과 화면 표시 그림>

- Accuracy: 정확도
- Precision: 정밀도 - 예측한 값들이 제대로 예측됐는지에 대한 척도.
- Recall: 재현율, 민감도 - Input된 Class에 대해서 모델이 어떤 Class로 예측을 하는지에 대한 척도.
- F1 Score: 조화평균 - Precision과 Recall의 밸런스를 고려한 정확도.

```
Confusion matrix format: Actual (rowClass) predicted as (columnClass) N times
==========================================================================
Score at iteration 1194 is 0.6868865525791427
Score at iteration 1195 is 0.7019610435696961
Score at iteration 1196 is 0.6872775122525135
Score at iteration 1197 is 0.7014194089235992
Score at iteration 1198 is 0.6876502166150088
Score at iteration 1199 is 0.6937984188911986
Starting evaluation nr. 200
Reporting evaluation results:
Evaluation:


========================Evaluation Metrics========================
 # of classes:    2
 Accuracy:        0.4286
 Precision:       0.4286
 Recall:          0.5000
 F1 Score:        0.0000
Precision, recall & F1: reported for positive class (class 1 - "1") only

Warning: 1 class was never predicted by the model and was excluded from average precision
Classes excluded from average precision: [1]

========================Confusion Matrix========================
 0 1
----
 3 0 | 0 = 0
 4 0 | 1 = 1

Confusion matrix format: Actual (rowClass) predicted as (columnClass) N times
==========================================================================

For a single example that is labeled NG the model predicted NG

****************Example finished********************
```

- 네 번째 시도 : 세 번째와 같은 방식으로 하되 CNN AlexNet 모델로 적용함. → 학습되지 않음

```
Confusion matrix format: Actual (rowClass) predicted as (columnClass) N times
==========================================================================
Score at iteration 398 is 0.9152249687348302
Score at iteration 399 is 0.9331147145037211
Starting evaluation nr. 200
Reporting evaluation results:
Evaluation:


========================Evaluation Metrics========================
 # of classes:    2
 Accuracy:        0.4286
 Precision:       0.4286
 Recall:          0.5000
 F1 Score:        0.0000
Precision, recall & F1: reported for positive class (class 1 - "1") only

Warning: 1 class was never predicted by the model and was excluded from average precision
Classes excluded from average precision: [1]

========================Confusion Matrix========================
 0 1
----
 3 0 | 0 = 0
 4 0 | 1 = 1

Confusion matrix format: Actual (rowClass) predicted as (columnClass) N times
==========================================================================

For a single example that is labeled NG the model predicted NG

****************Example finished********************
```

- 열다섯 번째 시도 : 이미지를 정사각형으로 리사이징(100*100), Batch Size 4로 수정. → 학습되지 않음

<열다섯 번째 시도 학습 결과 화면 표시 그림>

- Accuracy: 정확도
- Precision: 정밀도 - 예측한 값들이 제대로 예측됐는지에 대한 척도.
- Recall: 재현율, 민감도 - Input된 Class에 대해서 모델이 어떤 Class로 예측을 하는지에 대한 척도.
- F1 Score: 조화평균 - Precision과 Recall의 밸런스를 고려한 정확도.

```
=================================================================
Score at iteration 1592 is 0.6939730130744921
Score at iteration 1593 is 0.6939740840925197
Score at iteration 1594 is 0.6939749167105046
Score at iteration 1595 is 0.6939757493468608
Score at iteration 1596 is 0.693976403187462
Score at iteration 1597 is 0.6939768782321656
Score at iteration 1598 is 0.6939772936900385
Score at iteration 1599 is 0.6532208279285817
Starting evaluation nr. 200
Reporting evaluation results:
Evaluation:


========================Evaluation Metrics========================
 # of classes:    2
 Accuracy:        0.4286
 Precision:       0.4286
 Recall:          0.5000
 F1 Score:        0.0000
Precision, recall & F1: reported for positive class (class 1 - "1") only

Warning: 1 class was never predicted by the model and was excluded from average precision
Classes excluded from average precision: [1]

=========================Confusion Matrix=========================
 0 1
-----
 3 0 | 0 = 0
 4 0 | 1 = 1

Confusion matrix format: Actual (rowClass) predicted as (columnClass) N times
=================================================================

For a single example that is labeled NG the model predicted NG

****************Example finished********************
```

- 스물한 번째 시도 : CNN Custom 모델을 적용하여 Kernel Size를 Layer 순서대로 15, 6, 6으로 변경함

- 스물한 번째 결과 : 학습 초기에는 Score를 찾지 못하다 급격하게 찾음. → Parameter들을 수정하여 재시도 필요

```
Confusion matrix format: Actual (rowClass) predicted as (columnClass) N times
==========================================================================
Score at iteration 1592 is 0.033216501381501826
Score at iteration 1593 is 0.027372988045022514
Score at iteration 1594 is 0.033504609088426784
Score at iteration 1595 is 0.033824159897127185
Score at iteration 1596 is 0.07093276042045411
Score at iteration 1597 is 0.03630040230016159
Score at iteration 1598 is 0.13318600214558088
Score at iteration 1599 is 0.013961204086550058
Starting evaluation nr. 200
Reporting evaluation results:
Evaluation:


========================Evaluation Metrics========================
 # of classes:    2
 Accuracy:        1.0000
 Precision:       1.0000
 Recall:          1.0000
 F1 Score:        1.0000
Precision, recall & F1: reported for positive class (class 1 - "1") only


=========================Confusion Matrix=========================
 0 1
-----
 4 0 | 0 = 0
 0 3 | 1 = 1

Confusion matrix format: Actual (rowClass) predicted as (columnClass) N times
==========================================================================

For a single example that is labeled OK the model predicted OK

****************Example finished********************
```

- 스물둘 번째 시도 : 스물한 번째와 같게 하되 Kernel Size를 순서대로 5, 2, 2로 변경하고, OK/NG 데이터 개수의 비율을 맞춰주기 위해 개수가 부족한 NG 데이터를 보강하였음

- 스물둘 번째 결과 : 스물한 번째 시도보다 조금 더 안정적인 것처럼 보였음, Score가 꾸준하고 완만하게 낮아지는 것이 보이나 경사탈출 가능성이 보임

```
Confusion matrix format: Actual (rowClass) predicted as (columnClass) N times
==========================================================================
Score at iteration 792 is 0.08756736775195395
Score at iteration 793 is 0.07480008632092301
Score at iteration 794 is 0.10755490082899527
Score at iteration 795 is 0.0632588303723624
Score at iteration 796 is 0.05679133161839292
Score at iteration 797 is 0.088542970647189
Score at iteration 798 is 0.05136337563750847
Score at iteration 799 is 0.10672068183687312
Starting evaluation nr. 100
Reporting evaluation results:
Evaluation:


========================Evaluation Metrics========================
 # of classes:    2
 Accuracy:        1.0000
 Precision:       1.0000
 Recall:          1.0000
 F1 Score:        1.0000
Precision, recall & F1: reported for positive class (class 1 - "1") only


=========================Confusion Matrix=========================
 0 1
-----
 4 0 | 0 = 0
 0 3 | 1 = 1

Confusion matrix format: Actual (rowClass) predicted as (columnClass) N times
==========================================================================

For a single example that is labeled OK the model predicted OK

****************Example finished********************
```

- 서른여덟 번째 시도 - 이미지 리사이징 width: 504, height: 245, BatchSize 10, epochs 70, Learning Rate 0.0003, Custom(Cifar 10) 모델 적용

- 서른여덟 번째 결과 - 굉장히 낮은 Score에서 시작했지만 경사탈출의 기미가 보이지 않았음. 과대적합이 의심되긴 하지만 많은 데이터를 확보해서 한다면 잘 학습 될 것으로 보임

- 7개의 테스트 데이터에서 4개의 양품을 양품으로 분류하고, 3개의 불량품을 불량품으로 정확히 분류하였음

<서른여덟 번째 시도 학습 결과 화면 표시 그림>

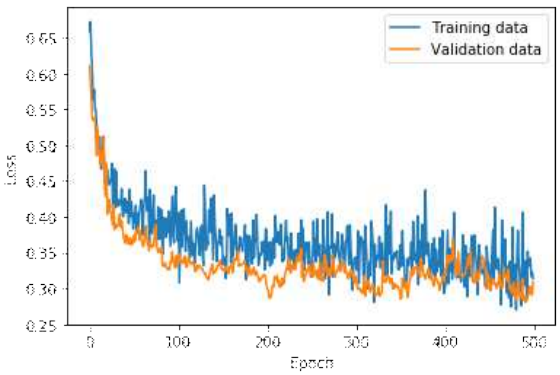
- Accuracy: 정확도
- Precision: 정밀도 - 예측한 값들이 제대로 예측됐는지에 대한 척도.
- Recall: 재현율, 민감도 - Input된 Class에 대해서 모델이 어떤 Class로 예측을 하는지에 대한 척도.
- F1 Score: 조화평균 - Precision과 Recall의 밸런스를 고려한 정확도.

```
Confusion matrix format: Actual (rowClass) predicted as (columnClass) N times
====================================================================
Score at iteration 417 is 0.011205212771892547
Score at iteration 418 is 0.002432667091488838
Score at iteration 419 is 0.003016130584809515
Starting evaluation nr. 140
Reporting evaluation results:
Evaluation:


========================Evaluation Metrics========================
 # of classes:    2
 Accuracy:        1.0000
 Precision:       1.0000
 Recall:          1.0000
 F1 Score:        1.0000
Precision, recall & F1: reported for positive class (class 1 - "1") only


========================Confusion Matrix========================
 0 1
-----
 4 0 | 0 = 0
 0 3 | 1 = 1

Confusion matrix format: Actual (rowClass) predicted as (columnClass) N times
====================================================================

For a single example that is labeled OK the model predicted NG

****************Example finished********************
```

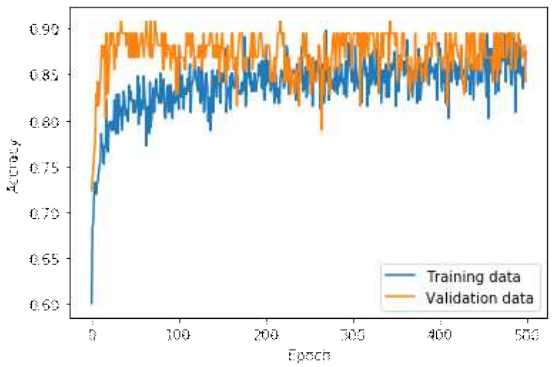
결과적으로 마지막에 시도한 서른여덟 번째 시도가 가장 우수한 학습 능력을 보였으므로 이 모델과 추가로 축적되는 데이터들을 토대로 모델 상용화(사업화) 과정에서 추가 학습을 할 예정임.

- 서른 아홉 번째 결과 - 379건의 정상/불량 데이터를 수집하여 적용PreTrained 모델인 VGG-19를 접목시키고 500번 반복학습 수행

Loss

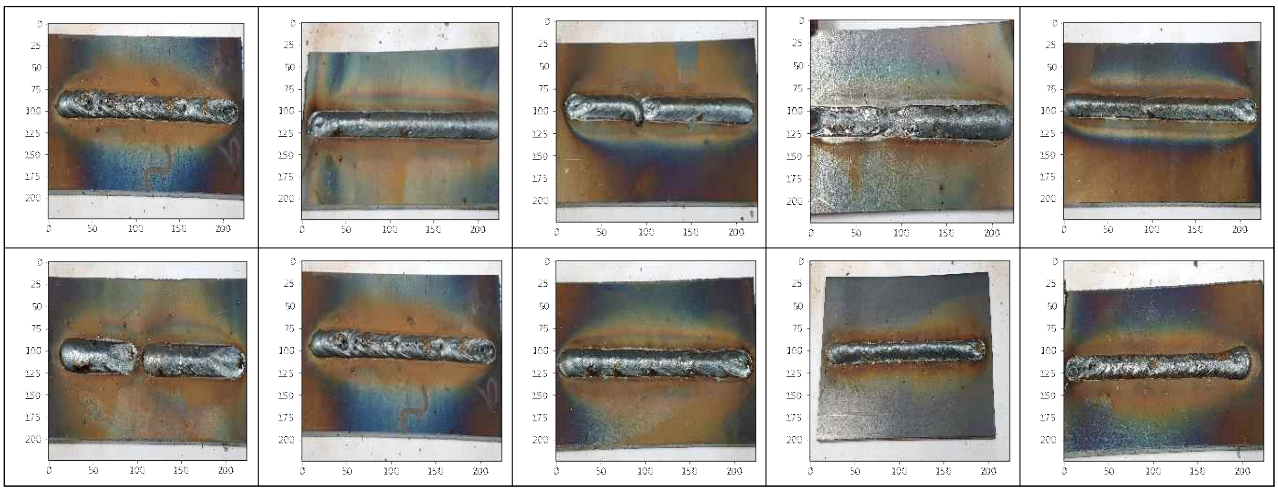


Accuracy



```
76/76 [==============================] - 0s 3ms/step
최종결과 Loss:0.31 Accuracy:84.21%
```

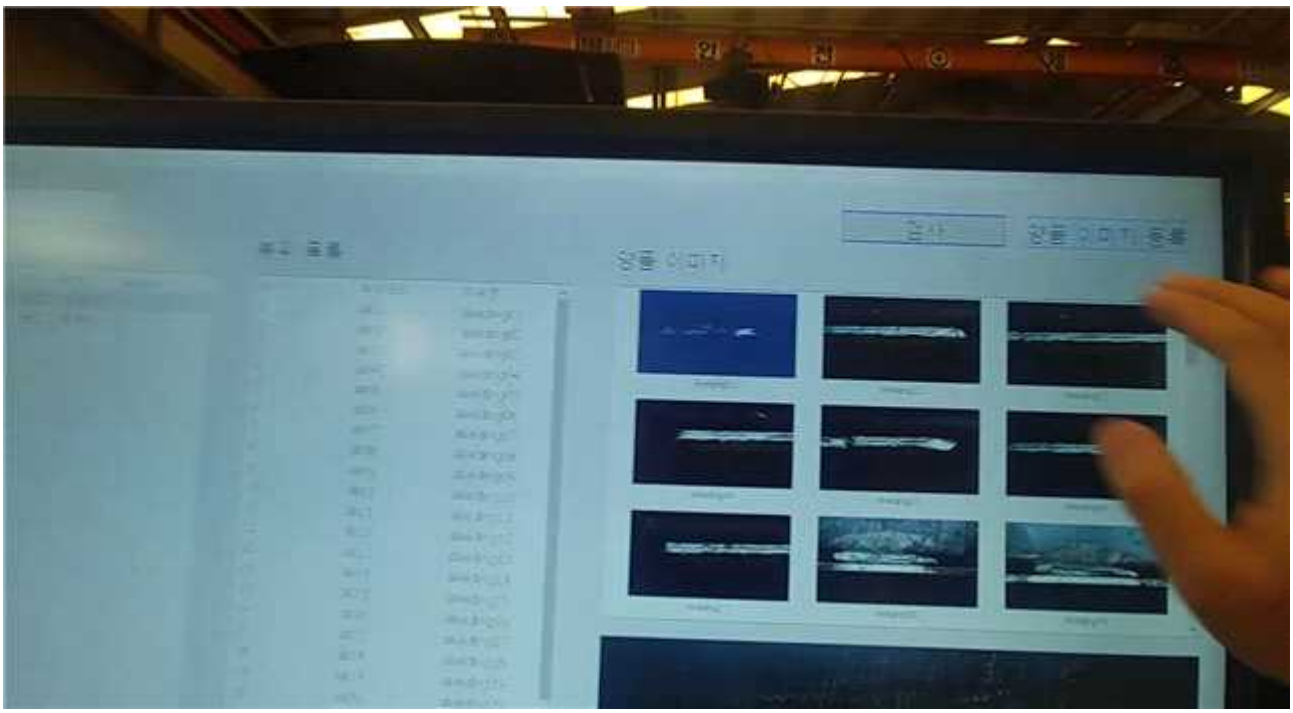
현재 84.21%로 이미지 분석을 통한 용접 품질 확인의 정확도가 상승중
아래 이미지는 인공지능이 잘못된 품질 판단을 한 예



Loss 그래프와 Accuracy 그래프를 통하여 학습이 정상적으로 이루어 지고 있는 것으로 판단할 수 있으나 아직은 정상과 불량을 판단하기에 데이터 셋의 양이 부족하여 용접면의 절단이나 표면 불량을 잡아내는데는 부족함이 있음. 샘플 데이터의 양을 늘리고 촬영방식의 변화, Object Detecting 기술 접목을 통하여 정확도를 향상해 나갈 계획임

ㅇ 로봇 용접 결과 비전 검사 프로그램 화면

ㅇ 로봇 용접 결과 비전 검사 프로그램 (현장 품질 판독 로봇 사진)



제 3장 성과요약 및 사업화 계획

제 1절 기술개발 성과 및 기대효과

1. 개발 추진 일정 및 실적

구분	세부 개발 내용	수행 주체	세부 추진 일정 (개월)													비고
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
분석	계획수립 및 자료조사	비자림														
	오픈소스 모비우스 연구	비자림														
	요구사항 정의	비자림														
	프로세스 분석	비자림														
	아키텍처 정의	비자림														
개발	컴포넌트 설계	비자림														
	DB 설계	비자림														
	UI 설계	비자림														
	프로그램 개발	비자림														
테스트	단위 테스트 수행	비자림														
	통합 테스트 수행	비자림														
제품 준비	문서화	비자림														
	특허 준비 및 출원	비자림														
	시험 인증	비자림														
종료	프로젝트 종료 및 정리	비자림														

범례 : 계획 실행

○ 2018년 10월 8일부터 2019년 10월 7일까지 12개월간 세부 추진 일정 계획에서 1개월을 연장하여 11월 7일까지 총 13개월 동안 진행

○ 본 과제의 주요 테스트베드인 당사 고객(동해금속)의 현장 요구사항 분석에 따라 과제 계획에 있는 현장용 로봇용접결과 Display 프로그램의 내용에서 추가적으로 현장용 품질 판독 프로그램인 로봇 비전 검사 프로그램을 개발하였음

2. 사업비 실적

▣ 사업비 총괄

(단위 : 천원)

구 분		계 획			실 적			잔 액
		현금	현물	계	현금	현물	계	
직접비	내부인건비	155,600	20,000	175,600	155,600	20,000	175,600	
	외부인건비							
	연구장비재료비	7,000		7,000	7,000		7,000	
	연구활동비	16,750		16,750	16,750		16,750	
	소 계	179,350	20,000	199,350	179,350	20,000	199,350	0
간접비	인력지원비							
	연구지원비							
	성과활용지원비	650		650	600		600	50
	소 계	650		650	600		600	50
합 계		180,000	20,000	200,000	179,950	20,000	199,950	50

3. 기술 개발 성과

▣ 개발 결과물

항 목	개발 결과물
스마트공장용 센서 IoT 플랫폼	• oneM2M 국제표준규격을 이용한 MQTT, Mobius (KETI) 플랫폼 적용 • 전류 → 0.1초 단위로 센싱 • 전압 및 Co2 가스량 → 1초 단위로 센싱 • 200개 이상의 센서 적용 • Q-Factory에서의 유연한 센서 등록 및 모니터링 기능 적용 • 장애 알림 및 이상 알림 Program 개발 - DAQ 에러, 센서 에러, 상하한값 초과 등
MES 서버 Q_Factory 서비스 프로그램	• 환경 (온도/습도) 전류, 전압, Co2 가스량 등의 값에 대한 결과 학습 알고리즘 적용 • 센서 IoT 플랫폼과 MES 서버 연결 (Interface) Batch 프로그램 개발 • 스마트공장 용접 관리 단위 모듈 개발 • 센서값 이상 시 사용자에게 알람 기능 • 실시간 로봇 용접 모니터링 프로그램 개발 • 용접 도면 및 품질관리 검사 결과 Program 개발 • 현장 용 품질 판독 Program인 로봇 비전 완성품 검사 프로그램 추가 개발

▣ 개발 결과를 활용한 용접 업종 스마트공장용 MES 솔루션

ㅇ 개발 결과를 활용한 용접 업종의 스마트 공장용 MES 솔루션을 개발하여 테스트베드인 동해금속에 적용하여 사업화를 진행 하고 있음

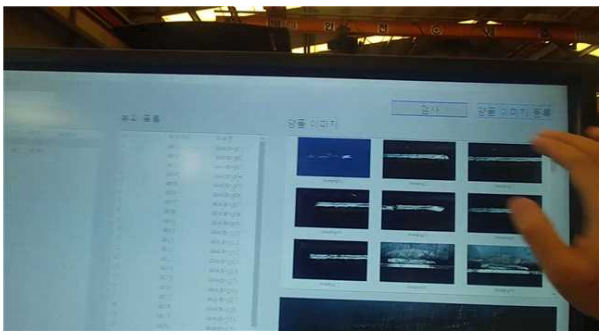
ㅇ 현장처리-현장로봇검사 (현장 로봇 비전 완성품 검사) 프로그램은 단독 Module화 하여 타 MES 시스템와 연동이 가능하도록 하여 사업화를 진행할 예정임

▣ 생산 현장용 로봇 비전 완성품 검사 프로그램

ㅇ 용접로봇에 고품질 카메라을 장착하여 딥러닝 학습 모델을 이용한 용접 품질 검사 프로그램으로 각 기능은 다음과 같다

- 품목검색 및 품목목록 조회
- 부위 목록 조회 및 품목 선택 기능
- 양품 이미지 등록 기능 (로봇으로부터 이미지가 특정 폴더로 저장됨)
- 부위 목목 및 양품 이미지 조회
- 비전 검사 및 결과 도출, 결과 저장

< 로봇 비전 검사 작동 사진 >



< 로봇 비전 검사에서 저장된 검사 결과 >

▣ 특허 출원

발명의 명 칭	국 문	최적 전류 전압을 찾아 세팅하는 머신 러닝 기반의 용접 품질 관리 시스템 및 용접 품질 관리 방법		
	영 문	Machine learning based welding quality management system to find and set the optimum current voltage and welding quality management method		
발 명 자		김 숙 희	출 원 인	주식회사 비자림
기술 분야		본 발명은 최적 전류 전압을 찾아 세팅하는 머신 러닝 기반의 용접 품질 관리 시스템 및 용접 품질 관리 방법에 관한 것으로, 특히 용접 로봇에 대해 전류, 전압, 용접속도와 CO2 양을 자동으로 제어하여 최적의 용접을 실행할 수 있는 용접 품질 관리 시스템 및 용접 품질관리 방법에 관한 것임		
해결 과제		로봇이 여러 포인트를 용접하면서 각 포인트 마다 모재, 두께에 따라 전류, 전압을 수작업으로 일일이 변경하면서 용접을 진행할 수가 없으므로, 여러 요소 기술(센서, 데이터 수집장치, 로봇 컨트롤, PLC, 전류/전압 조절, IoT, MES, 인공지능 등)들은 기술적인 요소가 각기 상이해서 모든 기술을 융합하여 적용하기 어렵다는 문제가 있었음		
해결 방법		본 발명에 따른 용접 품질관리 방법은 용접 로봇에 인가되는 최적의 전류 및 전압을 찾아 세팅하는 머신 러닝 기반의 용접품질 관리 방법으로서, (a) 다수의 센서로 용접 로봇이 작동하는 현장의 온도, 습도, PLC 상태, 용접 로봇에 인가되는 전압 및 전류, CO2 가스량, 용접속도를 감지하는 단계, (b) 상기 단계 (a)에서 감지된 데이터를 수집하는 단계, (c) 상기 단계 (b)에서 수집된 데이터에 대해 데이터의 의미 파악, 데이터 선택, 데이터 범위 설정을 위해 분석하는 단계, (d) 상기 단계 (c)에서 분석된 데이터에 따라 용접 조건을 학습하는 머신 러닝 단계, (e) 상기 단계 (d)에서 학습된 용접조건에 대응하여 상기 용접 로봇에 인가되는 전류, 전압, CO2 가스량, 용접속도를 변경해서 용접을 실행하도록 관리하는 단계를 포함한다		
발명의 효과		본 발명에 따른 용접 품질관리 시스템 및 용접품질 관리 방법에 의하면, 데이터 수집부에서 수집된 용접 관련 데이터를 머신 러닝용 데이터로 가공하는 데이터 가공부와 학습된 파라미터 값으로 용접 로봇을 관리하는 센서 관리부를 마련하여 용접 로봇의 용접 포인트를 관리하고, 제어부로부터 전송된 가공 데이터로 머신 러닝을 실행하는 생산관리부에 의해 로봇 용접의 작업 현장의 환경 및 인가되는 전류, 전압, 용접속도와 CO2 양을 머신 러닝에 의한 학습으로 최적의 용접 조건을 마련할 수 있다는 효과가 얻어진다 본 발명에 따른 용접 품질관리 시스템 및 용접 품질관리 방법에 의하면, 로봇 용접의 작업 현장의 환경 및 인가되는 전류, 전압, 용접속도와 CO2양을 실시간으로 자동 제어하여 최적의 용접 품질을 확보할 수 있다는 효과도 얻어진다		

▣ 프로그램 등록 (기술자료 임치)

임치물 명칭	최적의 전류 전압을 찾고 세팅하는 머신러닝 기반 용접 품질관리 IoT 플랫폼	
계약 번호	2019-02-32-6187	
발급 번호	20191224105100015	
발급 일자	2019년 12월 24일	
발급 기관	대・중소기업・농어업 협력 재단	

발급번호 : 20191224105100015

추가 0 회
편입 0 회

기술자료임치증

계약번호	2019-02-32-6187
임치물 명칭	최적 전류 전압을 찾고 세팅하는 머신러닝 기반 용접품질관리 IOT플랫폼
임치기간	2019-12-24 ~ 2020-12-23
개발인	(주)비자림
법인(사업자)등록번호	110111-5016294
개발인(공동)	
법인(사업자)등록번호	
사용인	
법인(사업자)등록번호	

「대・중소기업 상생협력 촉진에 관한 법률」 제24조의 2 및 동법시행령 제15조 2에 의거하여 상기 기술자료가 임치되었음을 증명합니다.

2019년 12월 24일

대・중소기업・농어업협력재단 사무총장

* 위 증명서의 유효기간이 만료되는 경우, 그 만료시에 효력을 상실하는 것으로 본다.

▣ 기술 개발의 유무형 성과

ㅇ 해외 전시회 참가

Mobile World Congress(MWC) 2019 (2019.02.24~28 Barcelona, Spain)

- 스마트공장 모니터링 기술(Data Collecting & Monitoring System) 해외 전시
  - (개요) GSMA(세계 이동통신사업자연합회) 주관의 모바일 산업 전시행사
  - ETRI (한국전자통신연구원)과 공통으로 진행한 스마트 DAQ 개발 결과물과 당사의 MES 시스템을 연동하여 전시 행사에 참여
  - 스마트공장 모니터링 기술 전시 및 무선통신을 이용한 데이터 수집관련 시스템 홍보 및 질의응답 및 연구결과물 시연

ㅇ 국내 전시회 참가

2019 ICT 기술사업화 페스티벌 (2019.04.24.~27. 서울COEX)

- 스마트공장 MES 시스템 및 DAQ 센서 연동 기술 전시
  - (개요) 과학기술정보통신부 주최, IT/모바일 융복합 산업 전시회 행사
  - 당사의 스마트공장 MES 시스템 및 DAQ 센서 및 PLC 연동 기술을 전시
  - 국내 최대 ICT 전시회인 WIS (World IT Show)와 공동 개최하여 많은 관람자 들이 당사의 전시물을 보고 감

4. 개발 결과의 기대효과

▣ 기술적 파급효과

- 본 과제의 기술 개발에 따른 전류, 전압, 용접속도와 CO2 양을 머신 러닝에 의한 학습으로 각 업종별 용접 공정별 최적의 용접 조건을 마련할 수 있는 기술적 데이터가 축적됨

- 머신러닝 기반 용접 품질관리 IoT 플랫폼은 스마트공장 제조 Application 컴포넌트 연동 프레임워크 SW 고도화에 기여 (사이버물리시스템, 팩토리 자원/공정, 모델링/시뮬레이션 시스템, 생산프로세스 제어/관리 시스템등의 관련 S/W 어플리케이션 컴포넌트 연동 프레임워크 SW 고도화에 기여함

- 용접 업종의 스마트공장 현장 자동화에 기여 (여러 포인트의 용접으로 이루어진 공정에서는 작업 후 공정 검사에서 육안 검사위주로 진행하여 검사 품질 및 자동화에 어려움이 있음, 이에 본 과제에서 개발된 기술을 이용한 로봇 비전 용접 완성품 검사를 이용하면 대형, 다포인트 용접의 검사가 용이하고, 현장 자동화에 기여함)

- 센서 제품의 IT융합과 관련하여 뿌리업종의 자동화 센싱에 대한 신뢰성이 강화되고, 관련 모니터링 기술이 증대되어 전체적인 센서 산업 인프라 강화에 기여함

▣ 경제적 파급효과

- 본 과제의 기술 개발로 국산 MES/ERP/POP 공급기업의 선진국 대비 낮은 기술력, 호환성,신뢰도를 생산 설비 연동 등의 자동화 장치와 자사 어플리케이션 연동에서 원가 경쟁력을 높이는데 기여함

- 중소 제조업에 최적화 된 IoT 플랫폼 적용으로 중소 제조업의 스마트공장 진행 속도 증가되어 국내 제조업의 경쟁력 강화 기대됨

- 중소 제조업의 ICT 기술을 활용한 4M(Man, Machine, Material, Method)과 공간을 연결하여 데이터를 활용한 부가가치 창출 기대됨

- 스마트 공장의 수많은 센서로부터 생겨나는 다양한 데이터를 안정성, 즉시성, 효율성을 지원하는 IoT플랫폼으로 중소 제조업의 생산성 향상이 기대됨

제 2절 사업화 계획 및 매출 실적

1. 사업화 계획

가. 스마트공장 시장 분석

○ 스마트공장 세계 시장은 연평균 9.3% 성장하여 2016년 1,210억 달러에서 2022년 2.54억 달러 규모에 도달할 전망임

(단위 : 억 달러, %)

구분	'17	'18	'19	'20	'21	'22	CAGR
세계시장	1,323	1,446	1,580	1,727	1,887	2,063	9.3

* 출처 : Market and Markets (2017)

< 스마트공장 분야의 세계 시장규모 및 전망 >

○ 스마트공장의 핵심 기반기술의 시장규모는 향후 5년내 지금보다 2배 ~ 6배 늘어날 전망임

○ 세계 센서 시장은 '16년 130조원에서 ' 21년 220조원으로 성장할 전망 (출처: 대한상의 브리프)

○ 2016년 투자은행 골드만삭스는 스마트공장의 핵심 기술로 PLM, IIoT, 협동로봇, 3D프린팅, 무인운반차, RFID 등을 정의하고, 이들로부터 창출되는 시장 규모가 2020년 2,500억 달러 이상이 될 것으로 전망됨

○ 국내 스마트공장 시장 규모는 2016년 2조 8천억 원에서 2021년 6조 3천억 원에 이를 전망임

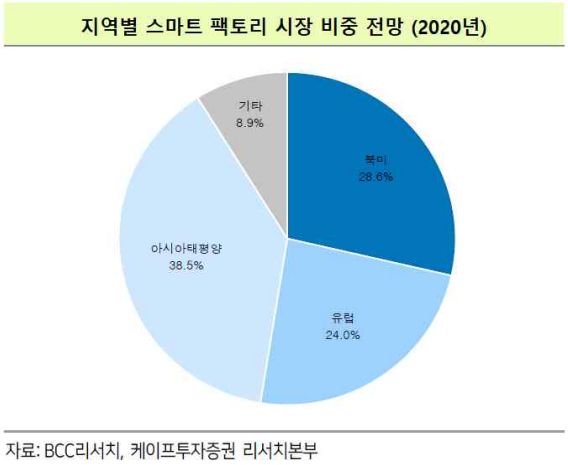
(단위 : 억 원, %)

구분	'17	'18	'19	'20	'21	'22	CAGR
합계	42,349	46,838	51,803	57,294	63,367	70,084	10.6

* 출처 : 삼정KPMG 경제연구원, 삼정 Insight 제55호 (2017.12.19.) 재가공, '16년~'21년 성장률을 기준으로 '22년 추정

< 스마트공장 분야의 국내 시장 규모 및 전망 >

○ ICT 공급시장과 디바이스 공급시장이 각각 연평균 11.6%와 8.9% 씩 성장해 스마트공장 보급 속도가 빨라진 전망임



< 스마트공장 시장 규모 및 비중 >

ㅇ 국내 스마트 팩토리 시장의 본격적인 개화 시기는 2019년부터일 것으로 판단, 자체 스마트 팩토리 플랫폼을 보유한 주요 대기업들의 움직임이 본격화되고, 정부 주도의 정책 추진이 맞물리는 시기임

ㅇ 올해 국내 스마트 팩토리 시장은 전년대비 약 43% 성장한 5조원 규모 (대기업 시장 3조원, 중소기업 시장 2조원)를 형성할 것으로 판단, 시장조사기관 Markets and Markets의 추정치 ('19년 기준 3.8조원)보다 더 빠르게 성장할 전망임

ㅇ 스마트공장 적용기술 관점 핵심기술 R&D 지원 정부 투자를 추적,분석한 결과, 과제 기준으로 2,568억 원 규모('10~' 15년)가 투자되어 왔으며, 그 규모는 지속적이 증가 추세임

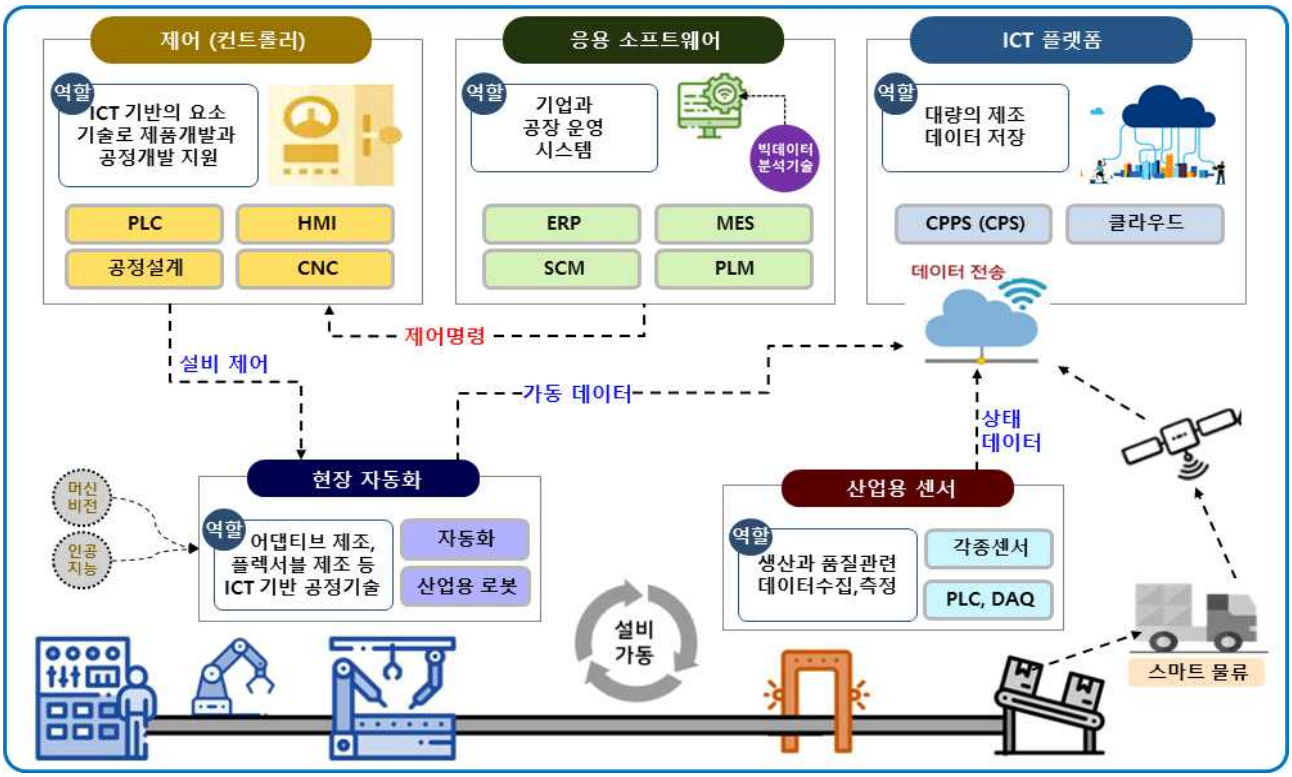
ㅇ 문재인 정부는 대통령 직속의 '4차산업혁명위원회' 를 설치하여 향후 컨트롤 타워로서의 미래 산업 변화에 대응하겠다는 뜻을 보임

ㅇ 스마트공장 사업은 산업부 발표 기준, 2020년 2만개 구축 목표가 2025년 3만개 구축으로 확대 됨 ('17,04)

나. 스마트공장 산업구조

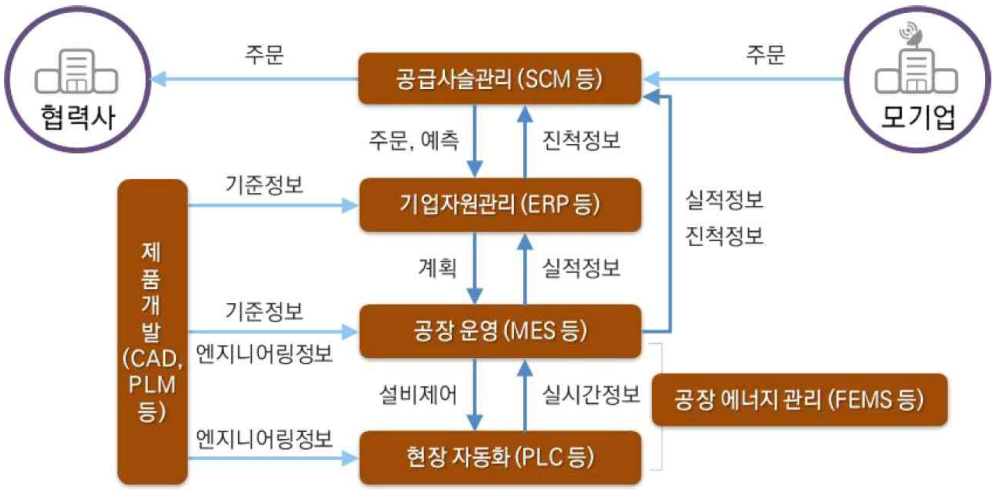
ㅇ 제조현장의 데이터를 수집 및 분석 제어하기 위한 다양한 기기, 시스템, 설비 등의 시스템 요구 증대와 다양한 데이터를 의미 있게 수집 할 수 있는 시스템 요구가 증가함

ㅇ 전방산업은 기존의 센서 산업, 임베디드 디바이스 산업, 휴대폰 디지털 TV, 가전, 자동차, 첨단 무기 등으로 구성되며 공정 요구에 따라 기존 기계장치, 디바이스 등의 IoT 결합을 위한 CPS 등 기술 수요가 중요함



< 스마트공장 적용 기술 - 2019 중소기업 기술로드맵 참조 >

○ 후방산업은 공정설계 플랫폼, 제조실행 분석 플랫폼, 품질분석 플랫폼, 설비보전 플랫폼, 안전/증감 작업 플랫폼, 조달/고객 대응 플랫폼 등으로 구성됨



< 스마트공장의 범위 – 출처: 민관합동 스마트공장 추진단 >

○ 스마트공장 추진단에서 분석한 스마트공장의 응용 소프트웨어의 범위는 MES, ERP, PLC, SCM 등의 기존분류에서 CAD, PLM, FEMS 등의 협업 업무의 SW까지 다양한 범위의 스마트 공장 솔루션이 존재함

다. 사업화 전망

ㅇ 스마트공장 분야는 응용SW, ICT플랫폼, 제어(컨트롤러), 산업용 센서, 현장 자동화 5개 세부 분야로 구성되어 있으며, 현장 자동화 및 제어(컨트롤러) 분야에 상대적으로 다수의 중소기업들이 영위하고 있음

ㅇ 아래 표를 기반으로 당사의 개발기술에 대한 사업화 전망은 아래와 같음
ㅇ 기술적 열위를 극복할 다윗 형 틈새 전략 및 업종 분야 특성에 맞는 맞춤형 전략 필요함
ㅇ 가격 경쟁력을 통한 외산 및 대기업 제품과 시장 경쟁 전략 필요함

ㅇ 국내 중소 제조업의 경우 경영 여건상 스마트공장 전환에 관심은 많으나 비용 문제에 민감하여 외국산 플랫폼이나 대기업 플랫폼을 사용하여 설비 센서 연결에 어려움을 겪고 있는 바 본 과제에서 개발된 머신러닝 기반 용접 품질관리 IoT 플랫폼을 이용한 용접 업종의 자동화, 지능화에 기여 할 것 으로 예상됨

< 스마트공장 분야 생태계 현황 >

구 분		기 업 수		종업원 수		매출액		수출액	
		개수	비중(%)	합계	평균	합계	평균	합계	평균
스마트공장 분야 전체	합 계	1,633	100.0	39,515	-	126,192	-	3,594	-
	중 소 기 업	1,619	99.1	28,003	19	68,421	55	3,594	62
	대·중견기업	15	0.9	11,512	1,914	57,772	9,691	-	-
응용 SW	합 계	322	19.7	6,435	-	6,616	-	6,617	-
	중 소 기 업	320	19.6	320	19.6	5,996	69	5,995	117
	대·중견기업	2	0.2	2	0.2	439	439	622	622
제어 (컨트롤러)	합 계	402	24.6	10,675	-	43,700	-	2,977	-
	중 소 기 업	399	24.4	6,154	84	17,986	282	2,977	503
	대·중견기업	3	0.2	4,521	3,881	25,715	21,724	-	-
현장자동화	합 계	839	51.4	20,814	-	73,165	-	615	-
	중 소 기 업	831	50.9	15,071	42	42,789	130	615	38
	대·중견기업	8	0.5	5,743	2,261	30,376	11,996	-	-
ICT 플랫폼	합 계	25	1.5	567	23	912	40	-	-
	중 소 기 업	25	1.5	567	23	912	40	-	-
	대·중견기업	-	-	-	-	-	-	-	-
산업용 센서	합 계	45	2.8	1,024	-	1,799	-	1	-
	중 소 기 업	44	2.7	215	10	740	39	1	-
	대·중견기업	1	0.1	809	809	1,059	1,059	-	-

(단위:개, 명, 억원) 출처: 2018 중소기업 기술로드맵(스마트공장)

2. 제품화 방안 및 양산·판로 계획

가. 개발기술을 적용한 제품화 방안

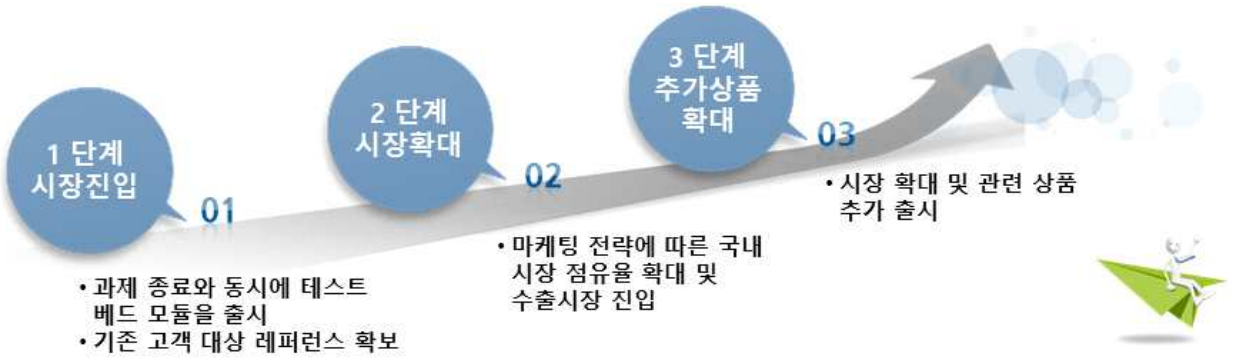
구 분 (솔루션 명)	형 태	예상 수요처	용도 및 기능
Q-Factory 용접 업종 MES 시스템	S/W Soution	용접 업종 제조업	• 용접 공정을 갖고 있는 제조업에 특화된 솔루션 으로 로봇 용접관리 모듈이 추가된 제조업 MES 시스템 • GS 인증을 받아 신뢰성 확보 • 로봇 용접의 용접 상태를 품질 검사할 수 있는 로봇 비전 검사 프로그램 지원
Q-Factory IoT 적용 MES 시스템	S/W Soution	중소, 중견 제조업	• 센서 및 DAQ 수집에 관련된 IoT 플랫폼이 적용된 MES 시스템 • 센서관리 및 DAQ 관리를 MQTT를 이용한 정보 전달 관리 • MES 및 ERP 시스템의 단위 솔루션으로 중소, 중견 제조 업체에 구축
생산 현장용 로봇 비전 검사 솔루션	S/W Soution	중소, 중견 제조업 MES / ERP IT 업체	• 로봇 용접의 용접 상태를 품질 검사할 수 있는 로봇 비전 검사 프로그램 • 기 구축되어 있는 MES 시스템에 연동 가능한 모듈로 구성되어 기 구축 제조업 및 MES, ERP IT업체에 납품 가능

▣ 제품화에 따른 Action Plan

ㅇ 단계별 사업화 전략에 따른 액션 플랜을 작성하여 진행, 1단계로 과제 종료와 동시에 기존 고객 대상 레퍼런스를 확보함

ㅇ 2단계 시장 확대 전략은 국내시장 점유율 확대 및 수출 시장 진입을 목표로 진행함

ㅇ 3단계 추가 상품 확대

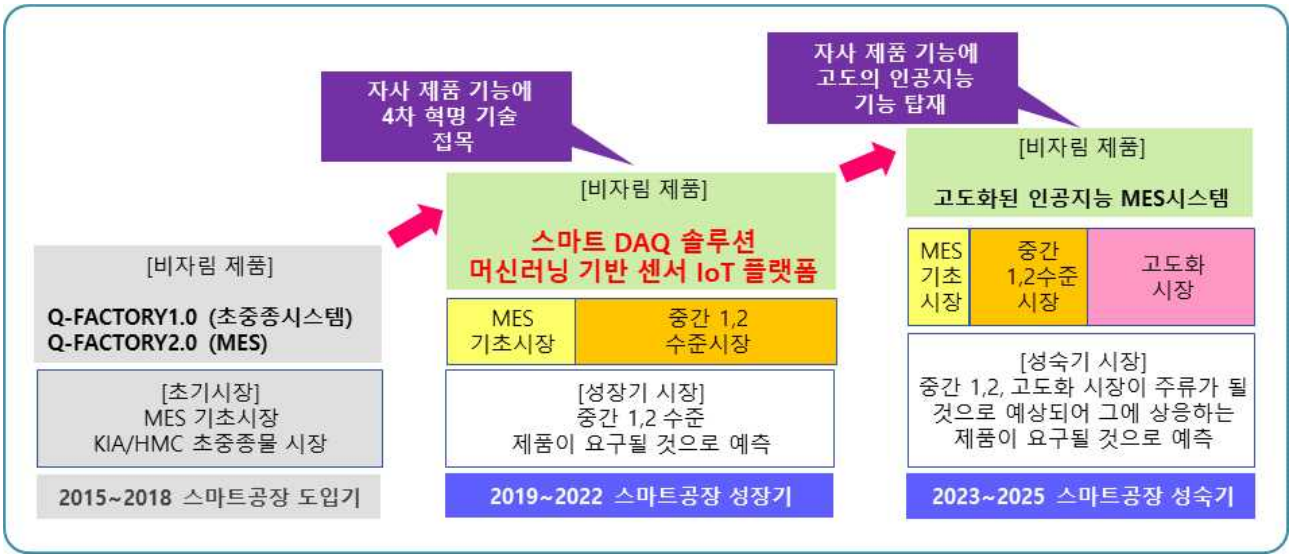


나. 양산·판로 계획

▣ 스마트공장 Q-Factory IoT MES 솔루션 양산·판로 계획

ㅇ MES 초기 시장에서 센서 IoT가 주류가 되는 시장 이후에는 인공지능에 의한 시장으로 성숙할 것으로 예상

ㅇ Q-Factory 전략 또한 시기에 맞춰서 제품 출시하고, 더 빠른 4차 혁명 기술을 접목하여 시장 판로 확보 예정



▣ 스마트공장 Q-Factory 솔루션 해외 시장 진출 계획

ㅇ 해외 마케팅은 당사의 기존 고객 중 수출 및 해외 공장을 갖고 있는 고객에게 Q-Factory 솔루션을 시범 설치하여 주변 해외 시장을 공략 할 예정임

구 분	시 기	계 획
1 단계	2020 ~ 2021년	• 당사의 기존 고객 중 해외(베트남) 공장에 실비 또는 국가 수출 과제로 Q-Factory MES 및 IoT 플랫폼 지능형 로봇 품질검사 등을 설치하여 주변의 공장에게 견학 및 기술 세미나 진행 • 베트남 대표 제조 회사를 대상으로 실비 구축 및 레퍼런스 확보
2 단계	2022 ~ 2023년	• 베트남 및 중국을 기반으로 한 수출 전략 진행 • 해외 시장 전문 업체와 공조 • 해외 전시회 참가하여 당사 제품 홍보 • 국가별 매뉴얼 및 요구사항 반영
3 단계	2024 ~ 2025년	• 해외 지역 마케팅 극대화 • 동남아 / 북미 시장 및 세계 시장 확대

다. 마케팅 전략

▣ 사업화 요소 Summary 및 마케팅 전략 수립

ㅇ 사업화 요소 Summary 및 마케팅 전략에 따른 Action Plan을 세워 사업화 현장 실태 조사를 통해 수요기업과 애로사항을 정확하게 파악하여 전문가 자문, 각종 서비스 지원, 대정부 정책 반영 등을 종합적으로 판단하여 추진함

사업화 요소 Summary

KEY PARTNERS

[판매 파트너]
<국내>
- 지역별 거점파트너
- 업종별 파트너
- 컨설팅 파트너
- 회계법인 파트너
- 구축 파트너

<해외>
- 국가별 파트너

[개발파트너]
- ETRI

[생산파트너]

[협업파트너]
- ETRI
- KETI
- 국내통신사
- IoT협회

KEY ACTIVITIES

- 영업 및 채널
- 마케팅 & 경쟁제품 분석
- 연구개발
- 고객 Needs와 해법 찾기
- IoT관련 신기술 R&D
- 제품 개발 Action
  - 딥러닝(인공지능)연구
  - 비전 기술 연구
  - 빅데이터 기술 연구

KEY RESOURCES

[비자림]
- IoT플랫폼: 이종훈,임종한
- MES 서버: 윤홍구,라준호

[컨설턴트]
- 강정훈, 장명수, 채수길

VALUE PROPOSITIONS

1. 언제, 어디서든지 정보를 자동으로 한눈에 파악하고 관리한다.
2. 고객 설치 상품 모니터링 하여 문제를 파악하여 서비스 한다.

CUSTOMER RELATIONSHIPS

[ON-LINE]
- 고객 직통라인 고객 서비스
- 커뮤니티 형성(카페,블로그)

[OFF-LINE]
- 사용자 모임
- 대외 세미나 참여
- 지역 커뮤니티 참여
- 조직 네트워크 라인 형성

CHANNELS

[ON-LINE]
- Shopping Mall (자사/국내외 파트너 사)

[OFF-LINE]
- 국내 지역별 파트너 판매 체계 구축
- 해외 지역별 파트너 판매 체계 구축

CUSTOMER SEGMENTS

[Q-Factory]
- 스마트공장 구축 사업자
- 중소,중견 제조업
- 용접 업종 제조업

[로봇 용접 비전 검사]
- 용접 업종 제조업
- 센서장비 판매업체
- MES, ERP 구축 IT업체

원가구조

[고정비]
- Q-Factory 개발 인건비
- 스마트공장 구축 인건비
- 운영비
- 마케팅비

[변동비]
- 자동화기기+센서등
- 판매 유통비
- 외주 인건비 (구축)

수익원

1. Q-Factory 용접 업종 MES 시스템
2. Q-Factory IoT MES 시스템
3. 현장 로봇 용접 비전 검사 솔루션

○ 사업화 요소
- Key Activities : 머신러닝 및 인공지능 연구, 비전 기술 연구, 빅데이터 연구
- Customer Segments : 스마트공장 구축 사업자, 중소/중견 제조업, 용접 업종 제조업 등
- 원가구조 및 수익원에 대한 분석 및 방향 설정

○ 마케팅 전략 수립

전 략	구 분	Action Plan	비 고
마케팅 계획 수립	온라인, 오프라인	• 시장 조사 및 마케팅 계획 수립 • 브로슈어 및 온라인 광고 진행	
레퍼런스 확보	산업별 / 지역별	• 과제 종료후 기존 고객 대상 테스트베드 구축 • 지역별 시범 업체 선정하여 레퍼런스 구축 • 산업군별 중점 업종 선정 매출 집중	
전시회 참여	국내외 전시회	• 해외전시회 (MWC 2019 등) 참가 • 각종 국내 전시회 (2019 ICT 기술사업화 페스티벌 등) 참가	
기술 세미나	업종별, 지역별	• 지역별 대표업체 선정하여 로드쇼 및 정기 세미나 실시	
파트너사 육성	영업, 기술 Partner	• 지역별 IT 업체 위주 파트너사 조사 • IT 영업 유통 전문업체와 제휴 • 지역별 제조 현장 컨설팅 위주의 업체와 제휴	
연계 마케팅 실시	협회 및 정부	• 스마트공장 구축 및 확산 사업 공급기업 파트너로 활동 • 충남 테크노파크내 지사 설립하여 충남 지역 제조업체 매출 집중	

마케팅 전략

전 략	대 상	1 단계 (시장진입) 2020~2021	2 단계 (시장 확대) 2022 ~ 2023	3 단계 (추가상품확산) 2024 ~ 2025
마케팅 계획 수립	On-Line : 베너 광고 OffLine: 규모별 수립	시장조사 및 마케팅 계획수립	온라인 / 오프라인 광고 실시	
레퍼런스 확보	산업별/지역별	과제 종료 후 기존 고객 테스트베드 구축	산업별/지역별 시범사업 및 레퍼런스 확보	산업군별 중점 업종 선정하여 매출 집중
각종 전시회 참여	국내 전시회 국외 전시회	스마트공장 엑스포 참가 스마트 DAQ 소개	국외 박람회 참가 국내 각종 전시회 참가	
기술세미나 워크샵	산업별 대표 업종 지역별 대표 업체	스마트공장 사업단을 통한 세미나 실시	산업별 / 지역별 대표 업체 선정하여 로드쇼 및 정기 세미나 실시	
Partner社 선정 육성	영업전문 파트너 기술지원 파트너	IT 업체 위주 파트너 조사	영업전문 파트너 : IT 유통 전문업체와 제휴 기술전문 파트너 : 지역별 현장 컨설턴트 위주의 업체와 제휴	
협회, 정부와 연계한 마케팅 실시	테크노파크, 대중소기업협력재단	스마트공장 구축 및 확산 사업 공급기업 파트너로 활동 산업혁신운동 3.0에 전문 파트너로 활동		
	제조업 산업별 협회	협회 가입을 통한 회원사 영업		

▣ 사업화에 따른 예상 매출처

○ 사업화의 테스트베드 (동해금속)의 현장 실질 데스트에 이어 스마트공장 사업의 에스디에이치(용접전문제조사)에 매출 실적을 올렸음, 향 후 예상 매출처는 다음과 같음

예상 판매처	관련 제품	예상시기	예상금액(원)	비 고
㈜에스디에이치	Q-Factory 용접업종 MES 시스템 로봇 비전 검사 솔루션	2019	63,000,000	확정(실적)
동해 금속	Q-Factory 용접업종 MES 시스템 로봇 비전 검사 솔루션	2020	50,000,000	확정
㈜디에이치	Q-Factory 용접업종 MES 시스템 로봇 비전 검사 솔루션	2020	100,000,000	확정
태화정공(주)	Q-Factory IoT 적용 MES 시스템	2020	40,000,000	
영성산업	Q-Factory IoT 적용 MES 시스템	2020	40,000,000	
이엔에스코리아	Q-Factory IoT 적용 MES 시스템	2020	40,000,000	
태영기공	Q-Factory IoT 적용 MES 시스템	2020	40,000,000	
경보ENG	Q-Factory IoT 적용 MES 시스템	2020	40,000,000	
BNK	Q-Factory IoT 적용 MES 시스템	2020	40,000,000	

3. 매출 실적

▣ ㈜에스디에이치 매출

○ 본 과제의 결과물인 머신 러닝 기반 용접품질관리 IoT 플랫폼이 적용된 Q-Factory 용접업종 MES 솔루션 및 본 과제 결과물 중 하나인 로봇 비전 검사 솔루션을 ㈜에스디에이치의 스마트공장 고도화 사업에 적용 판매 하였음

사업	판매처	판매 제품	구축기간	총사업비(원)	관련매출(원)
생산현장 디지털화 사업	㈜에스디에이치	• Q-Factory 용접업종 MES 시스템 • 로봇 비전 검사 솔루션	2018.12 ~ 2019.09 (3개월연장)	264,419,000	63,129,000

○ ㈜에스디에이치의 스마트공장 총사업비 264백만 원에서 과제 결과물 관련 S/W솔루션의 가격은 63백만 원으로 계약함

○ ㈜에스디에이치의 계약서 사본 및 세금계산서 사본

<서식 14호> ※협약은 전자협약으로 이루어 짐

2018 생산현장디지털화사업(추경) 고도화 과제 협약서

□ 협 약 번 호 : 18-전북-02-33211

□ 과 제 명 : 현장 로봇 작업 실적 및 품질 정보 수집을 위한 MES 시스템 개선

□ 협 약 자 : (전담기관) 중소기업기술정보진흥원장
(도입기업) 주식회사 에스디에이치 대표
(공급기업) 비자림 대표

"생산현장디지털화(추경)사업"(이하 "사업"이라 한다)에 참여하는 "전담기관"과 "도입기업" 및 "공급기업"은 다음과 같이 협약을 체결한다.

제1조 (협약목적) 본 협약은 "사업"에 있어서 협약 당사자 간의 권리와 의무 등 제반 사항을 정함을 목적으로 한다.

제2조 (협약기간) 본 협약기간은 2018년 12월 14일 ~ 2019년 06월 13일로 한다.
(※협약기간은 착수계에 기재된 일정(제출일, 완료예정일)과 동일하여야 한다)

제3조 (사업비 및 사업내용)
① 총 사업비는 일금 이억 육천 사백 사십 일만 구천 원 (₩ 264,419,000)으로 한다.

(부가가치세 별도, 원)

항 목	"도입기업"부담금			정부지원금	합 계
	현 금	현 물	소 계	현 금	
S/W개발비(개발용역비)	204,000	0	204,000	34,925,000	35,129,000
H/W 구입비	129,830,000	0	129,830,000	64,400,000	194,230,000
S/W 구입비	28,000,000	0	28,000,000	0	28,000,000
N/W 구축비	7,060,000	0	7,060,000	0	7,060,000
기타비용	0	0	0	0	0
합 계	165,094,000	0	165,094,000	99,325,000	264,419,000

② "사업"의 범위와 내용은 붙임의 사업계획서와 같다.

<계약금:99,325,000>

<중도금:82,547,000>

<잔금:82,547,000>

[편집순서 5 - 공인인증기관의 시험성적서 등 기술개발결과물의 객관적 증빙자료]

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자	2019.12.04
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(P190141)
출 원 번 호	10-2019-0159703 (접수번호 1-1-2019-1252815-75)
출원인 명칭	주식회사 비자림(1-2014-016717-0)
대리인 성명	특허법인 명(9-2017-100301-1)
발명자 성명	김숙희
발명의 명칭	최적 전류 전압을 찾아 세팅하는 머신 러닝 기반의 용접 품질 관리 시스템 및 용접 품질 관리 방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.

2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호

3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식

4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.

5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000

7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.

8.기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

발급번호 : 20191224105100015

추가 0 회
편입 0 회

기술자료임치증

계약번호	2019-02-32-6187
임치물 명칭	최적 전류 전압을 찾고 세팅하는 머신 러닝 기반 용접품질관리 IOT플랫폼
임치기간	2019-12-24 ~ 2020-12-23
개발인	(주)비자림
법인(사업자)등록번호	110111-5016294
개발인(공동)	
법인(사업자)등록번호	
사용인	
법인(사업자)등록번호	

「대·중소기업 상생협력 촉진에 관한 법률」 제24조의 2 및 동법시행령 제15조 2에 의거하여 상기 기술자료가 임치되었음을 증명합니다.

2019년 12월 24일

대·중소기업·농어업협력재단 사무총장

* 위 증명서의 유효기간이 만료되는 경우, 그 만료시에 효력을 상실하는 것으로 본다.

시험결과서

한국정보통신기술협회 소프트웨어시험인증연구소 주소: 경기도 성남시 분당구 분당로 47 전화: 031-780-9278, Fax: 031-724-0189	결과서번호: BT-A-19-0739	TTA

1. 의 뢰 자

· 회사(기관)명 : ㈜비자림

· 주　　소 : (05372) 서울특별시 강동구 천호대로 풍성로 245 4층

· 계약일자 : 2019. 10. 1.

2. 제 품 명 : 최적의 전류전압을 찾고 세팅하는 머신러닝기반 용접 품질관리 IoT플랫폼 v1.0

3. 시험기간 : 2019. 12. 27. ~ 2020. 1. 3.

확　인	작성자 성 명 : 이 상 봉 (서명)	승인자 직 위 : 센터장 성 명 : 김 진 영 (서명)

2020. 1. 3.

한국정보통신기술협회 회장

TTA-SE1-20-A(R)

5. 시험결과

시험 항목별 시험결과는 아래와 같다. (상세 시험 결과는 <붙임 1> 참고)

ID	시험 항목	시험 목표	목표치	측정치
TC1	머신러닝 학습 정확도 (최적의 전류 도출 정확도)	학습 머신러닝 모델을 통한 최적 용접 전류 도출 기능 실행 시, 정의된 표준 전류 값과 실제 관측된 전류 값을 비교하여 정확도가 95%이상인지 확인	95% 이상	98.69%
TC2	머신러닝 학습 알고리즘 응답속도	학습된 모델에 테스트 데이터 입력 후 판정 결과에 대한 응답 소요시간이 3초 이하인지 확인 • 소요시간 = 테스트 결과 출력시간 - 테스트 시작시간	3초 이하	0.000783초
TC3	서버 응답 속도	서버에서 데이터수집장치(DAQ)로 데이터 전송 시, 응답 소요시간이 0.5초 이하인지 확인 • 소요시간 = 서버 발신 시간 - 데이터 수집 장치(DAQ) 수신 시간	0.5초 이하	0.201807초
TC4	서버 응답 정확성	서버에서 데이터수집장치(DAQ)로 데이터 전송 기능 실행 시, 기능동작 성공률이 99% 이상인지 확인 • 기능동작 성공률 = (A / B) × 100 - A: 서버에서 전송한 데이터와 데이터수집장치(DAQ)에 수집된 데이터가 일치하는 횟수 - B: 전체 수행횟수	99% 이상	99.63%
TC5	데이터 수집 정확도	데이터수집장치(DAQ)에서 서버로 데이터 전송 기능 실행 시, 기능동작 성공률이 99% 이상인지 확인 • 기능동작 성공률 = (A / B) × 100 - A: 데이터 수집 장치(DAQ)의 데이터 값과 서버의 수신 데이터 값이 일치하는 횟수 - B: 전체 수행횟수	99% 이상	100%

Copyright 2020 TTA

공인인증기관의 시험성적서 등 기술개발결과물의 객관적 증빙자료

[편집순서 6 - NTIS 장비등록현황]

구분	장비명		장비등록번호	등록일자	취득일자	취득금액(원)
	한글명	영문명				
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						

※ 부가세포함 3천만원 이상의 구축(구입) 연구기자재 및 연구시설에 대해서는 종합관리시스템(SMTECH) 및 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)에 해당 연구기자재 및 연구시설을 등록현황 정리

※ 국가연구시설장비정보등록증 스캔 후 첨부

[편집순서 7 - 수행기관 현물출자 확인서]

수행기관 현물출자 확인서

□ 과제현황

(단위 : 천원)

사 업 명	창업성장기술개발		
과 제 명	최적의 전류전압을 찾고 세팅하는 머신러닝기반 용접공정판리 IOT플랫폼		
주관기관	(주)비자림	과제책임자	강 정 훈
공동개발기관		공동책임자	
참여기업		위탁연구기관	
총 개발기간	2018. 10 . 08. ~ 2019 . 11 . 08. (13 개월)		
해당단계개발기간	20 . . . ~ 20 . . . (개월) (해당시 작성)		

□ 현물 부담금 총괄표

(단위 : 천원)

구 분		1차년도		2차년도		3차년도		계	
		계획	집행	계획	집행	계획	집행	계획	집행
인건비	출자금액	20,000	20,000					20,000	20,000
	주요 출자내용	참여연구원 인건비	참여연구원 인건비						
연구시설·장비비	출자금액								
	주요 출자내용								
재료비 및 전산처리 판리비	출자금액								
	주요 출자내용								
시작품 제작비	출자금액								
	주요 출자내용								
합 계		20,000	20,000					20,000	20,000

중소기업 기술개발사업 수행을 위하여 수행기관 민간부담금 현물을 성실히 납부하였음을 확인합니다.

20 19. 11. 09

주관기관 (주) 비자림 (인)

공동개발기관 (인) (해당시 작성)

참여기업 (인) (해당시 작성)

수요처 (인) (해당시 작성)

중소벤처기업부장관 귀하

[편집순서 8 - 표지 뒷면 주의문]

주 의

1. 이 보고서는 중소벤처기업부에서 시행한 중소기업 기술개발사업의 기술개발 보고서입니다.

2. 상기 기술개발 내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 중소벤처기업부에서 시행한 중소기업 기술개발사업의 기술개발 결과임을 밝혀야 합니다.