

사업실명제 대상 사업내역서

사업실명제 등록번호	2024-007	담당부서 작성자	(지속가능기술연구소 산업전환기술부문) (김철호 수석연구원/041-589-9313/ cheolho@kitech.re.kr)
사업명	미래 산업환경 대응 홀로닉 생산시스템 개발		
사업개요 및 추진경과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 추진배경 <ul style="list-style-type: none"> - 제품의 생산경쟁력(생산성, 안전성, 경제성) 확보를 위한 홀로닉 생산시스템 기반 제조혁신 생산기술 개발 ○ 추진기간 : 2020.01 ~ 2025.12 ○ 총사업비 : 11,335 백만원 (6년, 국비) ○ 주요내용 <ul style="list-style-type: none"> - 고생산성을 위한 홀로닉 생산시스템 대응 핵심 기술 개발 · 로봇 기반 자유곡면 가공 공정기술 개발 및 로봇가공 모듈 성능평가 · 센서 융합 기반 가공공정 로봇 위치 측정 제어 정밀도 알고리즘 확보 및 로봇 제어 융합 최적화 · 자율주행을 위한 플랫폼 설계 및 제어 알고리즘 개발 · 홀로닉 생산시스템 적용을 위한 3D프린팅 후처리 공정최적화 기술 개발 · 경량 부품 절삭 가공용 로봇기반 생산시스템의 디지털트윈 모델 제작 기술 개발 · 홀로닉 기반 작업 모니터링 및 이상치 탐지 기술 개발 · 홀로닉 협업 통합 제어 시스템 구조 상세 설계 · 대면적 공간 작업 환경 실증평가를 위한 복합열원 시스템 기술 및 에너지 절감 경제성 분석 기술 개발 - 홀로닉 생산시스템 협업을 위한 스마트 안전 시스템 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 생산현장 작업자 누적 작업자세 부하 평가 체계 개발 · 정신적 작업부하 기반 최적작업환경 가이드라인 개발 · 강화학습 작업자 행동(Activity) 데이터 연동 플랫폼 설계 ○ 추진경과 <ul style="list-style-type: none"> - 2020.01~2023.12 1~4차년도 협약 및 과제 수행 - 2024.01~현재 5차년도 협약 및 과제 진행 중 		
사업수행자	○ 최초 입안자 및 최종 결재자		

(관련자 및
업무분담 내용)

- 최초 입안자 : 김철호 수석연구원
- 최종 결재자 : 이낙규 원장
- 사업 관련자 (주요 참여연구원)

구분	성명	직급	수행기간	담당업무 (업무분담 내용)
총괄책임자	김철호	수석	'20.01~현재	총괄
참여연구원	김태곤	수석	'20.01~현재	가공 및 로봇제어
참여연구원	김성현	선임	'20.01~현재	로봇 가공
참여연구원	고광은	선임	'20.01~현재	종합관제
참여연구원	유영준	수석	'20.01~현재	로봇 제어
참여연구원	김동민	선임	'20.01~'24.08	트지털 트윈
참여연구원	김형균	수석	'23.01~현재	적층 제조
참여연구원	문인용	선임	'23.01~현재	물성 해석
참여연구원	태현철	수석	'23.01~현재	작업 부하
참여연구원	차동안	수석	'20.01~현재	공조 제어
참여연구원	주찬영	선임	'24.01~현재	모빌리티

※ 이외 80명

다른기관 또는
민간인 관련자

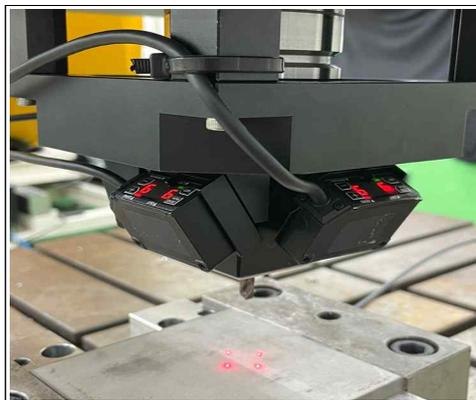
- 없음

추진실적

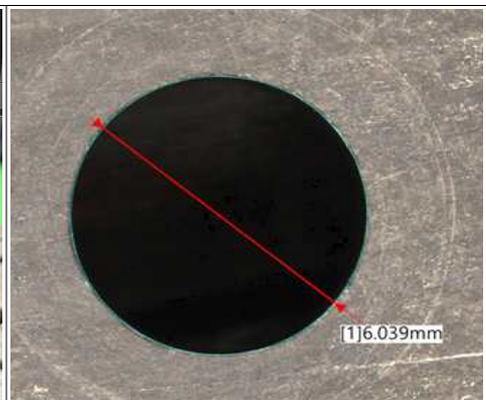
- 2023년 성과

【정성적 성과】

- 고생산성을 위한 홀로닉 생산시스템 대응 핵심 기술 개발
 - 센싱 모듈을 이용한 자유 곡면 수직 가공 시 홀 가공치수 정밀도 39 μm 달성



<센싱 모듈 HW>



<티타늄 홀 가공 치수 정밀도>

- 센서 융합 기반 가공공정 로봇 위치 측정 제어 정밀도 알고

리즘 확보를 통한 341.95 μm 의 로봇 제어 정밀도 확보

<p>① 위치 인식 모션캡처 카메라</p> <p>② 유연생산 제어 컨트롤러</p> <p>③ 가공로봇</p>	<p>Flexible Manufacturing System</p> <p>Environment Setting - Display</p> <p>Main Process</p> <p>Progress Statement</p> <p>Robot Position</p> <p>Move To The Goal</p>
<p><하드웨어구성도></p>	<p><로봇 제어 GUI></p>

· 자율주행을 위한 플랫폼 설계 및 제어 알고리즘 확보

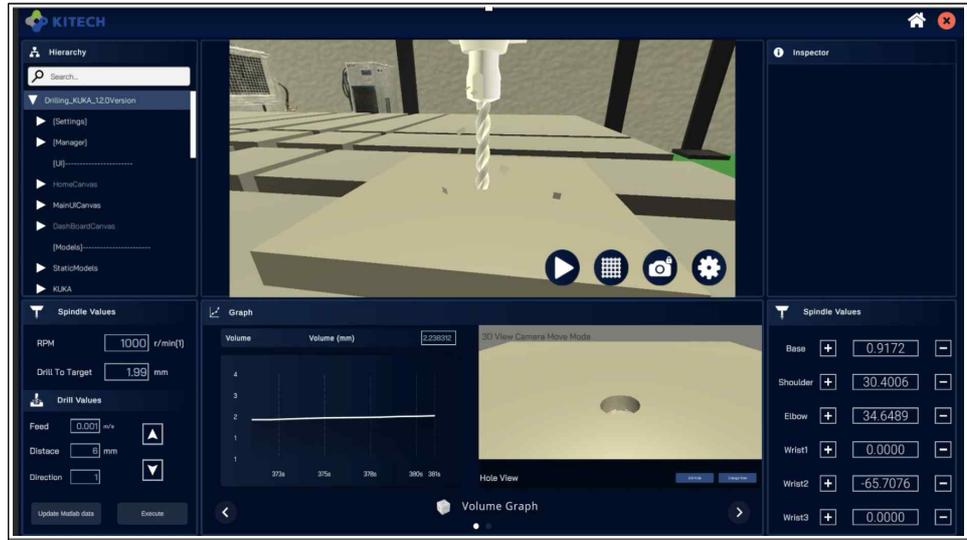
	<p>Input parameters (N, D, boundaries for K_p, K_i, K_d)</p> <p>Process information (M_p, t_r, t_s)</p> <p>Error</p> <p>EBFO algorithm</p> <p>K_p, K_i, K_d</p> <p>PID controller $G_c(s)$</p> <p>Nonlinear system $G(s)$</p> <p>$R(s)$</p> <p>$e(t)$</p> <p>$U_c(s)$</p> <p>$Y(s)$</p>
<p><자율주행 플랫폼 설계도></p>	<p><자율주행 플랫폼 제어 알고리즘></p>

· 3D프린팅 후처리 공정최적화를 통하여 1,342 MPa의 강화된 강성을 갖는 부품 제작 가능

<p>AB SR350 SR450 SR550 SR650</p> <p>Strength (MPa)</p> <p>Temperature : 25 °C</p> <p>Temperature : 500 °C</p>	<p>100°C, 200°C, 300°C, 400°C, 500°C</p> <p>Calibration</p>
<p><L-PBF(SLM)기반 Ti6Al4V합금 적층품 후처리 공정 최적화를 위한 DB 구축></p>	<p><홀로닉 생산시스템용 Ti6Al4V 부품 해석용 DB 구축 및 설계 최적화></p>

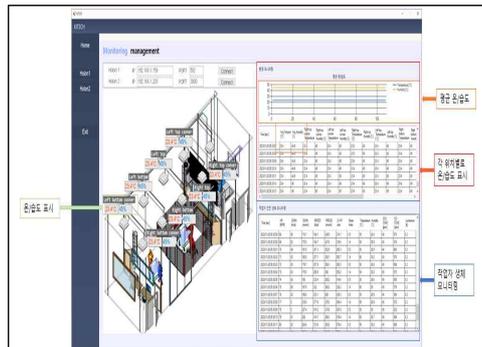
· 기구학적 물리 모델 및 드릴 공정에서의 물리모델을 13%

의 오차로 한 플랫폼 결합으로 공정 별 절삭력 및 드릴홀의 품질 예측이 가능

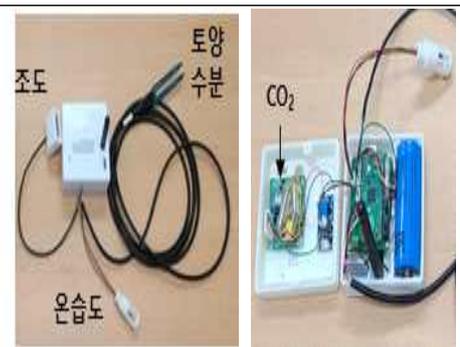


<드릴 공정과 디지털 트윈 결합 프로그램>

- 최적의 모니터링 기술을 통한 정확도 98.08%의 이상치 탐지 기능 향상

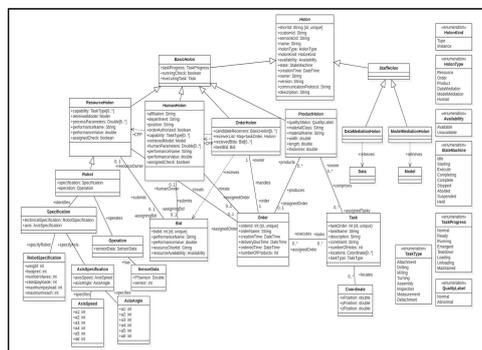


<작업환경정보(온/습도) 및 작업자안전 관련 데이터 송수신 서버 인터페이스>

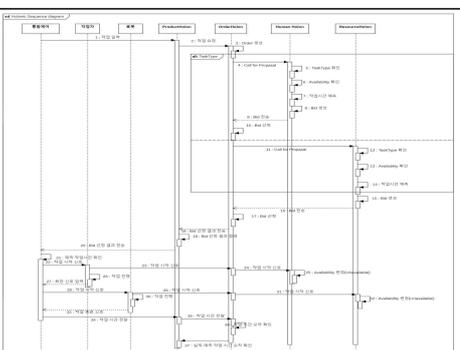


<작업환경정보 취득용 센서모듈>

- 자산관리셀 플랫폼을 이용하여 홀론들의 상태관리가 가능하며 이를 이용하여 자동화된 협업 공정계획 설계가 가능



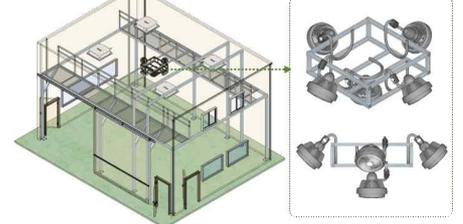
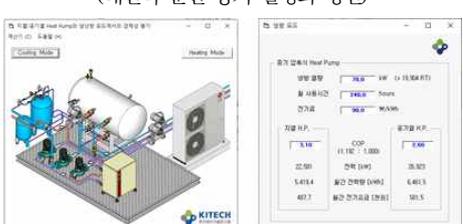
<홀론 정보 모델 클래스 다이어그램>



<공정계획 시퀀스 다이어그램>

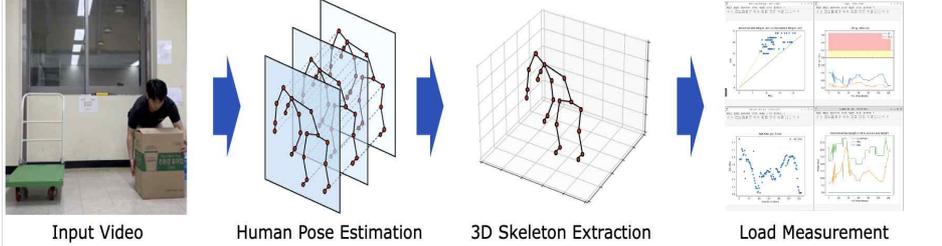
- 복합 열원 시스템 기술을 통한 대면적 공간 작업에서 냉방

$\pm 0.54^{\circ}\text{C}$, 난방 $\pm 2.14^{\circ}\text{C}$ 의 온도 균일도가 가능하며
17.64% 에너지 절감율 확보

	
<p>(대면적 습도 제어용 가습장치)</p>	<p>(대면적 순환 공기 활성화 방안)</p>
	
<p>(기화식 가습기 및 제어기)</p>	<p>(에너지 절감 경제성 분석 프로그램)</p>
<p><습도제어용 기화식 가습기 설치></p>	<p><공조 활성화 및 경제성 분석></p>

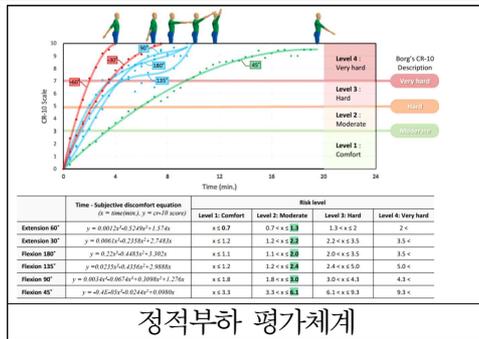
- 홀로닉 생산시스템 협업을 위한 스마트 안전 시스템 기술 개발
 - 생산현장 작업자 누적 작업 자세 부하 평가 체계 개발을 통하여 93.2%의 정확도 확보
 - 비전 기반 작업자 자세 측정 인공지능 알고리즘 개발
 - 누적 작업자세부하 평가 (Cumulative posture evaluation) 체계 개발

<Framework>

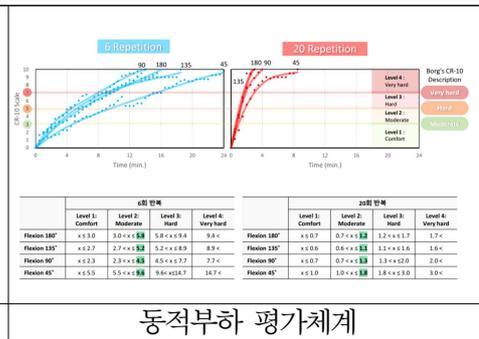


<비전 기반 작업자 중량물 작업 부하 평가>

- 생산현장 작업자 누적 작업자세 부하 평가 체계 개발로 84.7%의 정확도로 평가 알고리즘 확보
 - 어깨 작업자세 및 누적 노출시간에 따른 정적부하 평가체계 개발
 - 어깨 작업자세 및 Drill task 누적 반복에 따른 동적부하 평가체계 개발

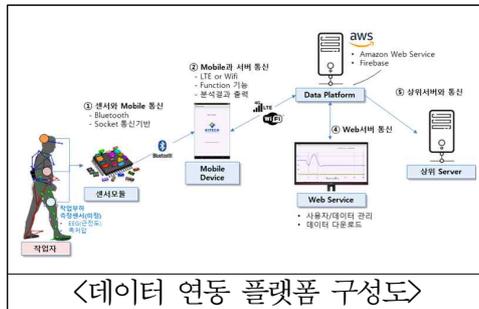


정적부하 평가체계

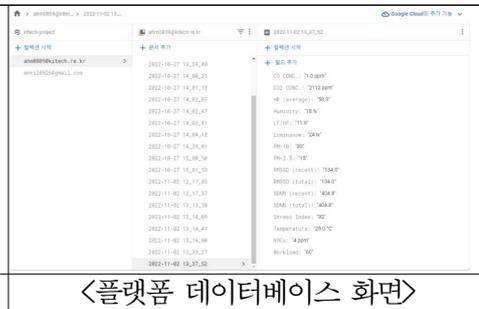


동적부하 평가체계

- 강화학습 작업자 행동(Activity) 데이터 연동 플랫폼 설계
- 행동인식 기술, AI 학습모델, 작업부하 등의 데이터 연동 플랫폼 설계



<데이터 연동 플랫폼 구성도>



<플랫폼 데이터베이스 화면>

【정량적 성과】

핵심 지표	'23년 실적
1. 우수논문 게재 (IF 상위20% 이내)	-
2. SCI(E) 게재 (IF 상위20% 초과)	2
3. 일반 논문 게재(비SCI(E))	4
4. 특허 출원	4
5. 특허 등록	4
6. 기술료(백만원)	89
7. 학회 발표	25
8. 기타 성과	