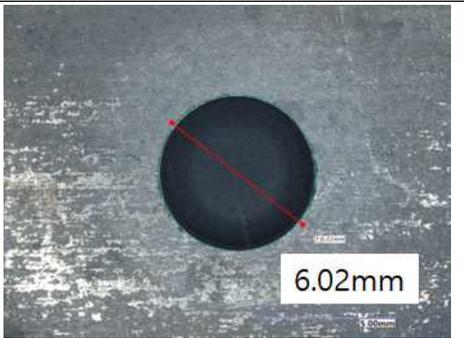


## 사업실명제 대상 사업내역서

사업실명제 등록번호	2025-007	담당부서 작성자	(지속가능기술연구소 산업전환기술부문) (김철호 수석연구원/041-589-9313/ cheolho@kitech.re.kr)
사업명	<b>미래 산업환경 대응 홀로닉 생산시스템 개발</b>		
사업개요 및 추진경과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 추진배경               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제품의 생산경쟁력(생산성, 안전성, 경제성) 확보를 위한 홀로닉 생산시스템 기반 제조혁신 생산기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 추진기간 : 2020.01 ~ 2025.12</li> <li>○ 총사업비 : 11,335 백만원 (6년, 국비)</li> <li>○ 주요내용               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고생산성을 위한 홀로닉 생산시스템 대응 핵심 기술 개발</li> <li>· 로봇 기반 자유곡면 가공 공정기술 개발 및 로봇가공 모듈 성능평가</li> <li>· 센서 융합 기반 가공공정 로봇 위치 측정 제어 정밀도 알고리즘 확보 및 로봇 제어 융합 최적화</li> <li>· 자율주행을 위한 플랫폼 설계</li> <li>· 경량 부품 절삭 가공용 로봇기반 생산시스템의 디지털트윈 모델 제작 기술 개발</li> <li>· 홀로닉 관제 및 통합 제어 시스템 구조 상세 설계</li> <li>· 대면적 공간 작업 환경 실증평가를 위한 복합열원 시스템 기술 및 에너지 절감 기술 개발</li> <li>- 홀로닉 생산시스템 협업을 위한 스마트 안전 시스템 기술 개발</li> <li>· 생산현장 작업자 누적 작업 자세 부하 평가 체계 개발</li> <li>· 작업자 행동(Activity) 데이터 연동 플랫폼 설계</li> </ul> </li> <li>○ 추진경과               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2020.01~2024.12 1~5차년도 협약 및 과제 수행</li> <li>- 2025.01~현재 6차년도 협약 및 과제 진행 중</li> </ul> </li> </ul>		

<p>사업수행자 (관련자 및 업무분담 내용)</p>	<p>○ 최초 입안자 및 최종 결재자          - 최초 입안자 : 김철호 수석연구원          - 최종 결재자 : 이낙규 원장</p> <p>○ 사업 관련자 (주요 참여연구원)</p> <table border="1" data-bbox="411 439 1417 1124"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>성명</th> <th>직급</th> <th>수행기간</th> <th>담당업무 (업무분담 내용)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>총괄책임자</td> <td>김철호</td> <td>수석</td> <td>'20.01~현재</td> <td>총괄</td> </tr> <tr> <td>참여연구원</td> <td>김태곤</td> <td>수석</td> <td>'20.01~현재</td> <td>가공 및 로봇제어</td> </tr> <tr> <td>참여연구원</td> <td>김성현</td> <td>선임</td> <td>'20.01~현재</td> <td>로봇 가공</td> </tr> <tr> <td>참여연구원</td> <td>고광은</td> <td>선임</td> <td>'20.01~현재</td> <td>종합관제</td> </tr> <tr> <td>참여연구원</td> <td>유영준</td> <td>수석</td> <td>'20.01~현재</td> <td>로봇 제어</td> </tr> <tr> <td>참여연구원</td> <td>김동민</td> <td>선임</td> <td>'20.01~'24.08</td> <td>트지털 트윈</td> </tr> <tr> <td>참여연구원</td> <td>김형균</td> <td>수석</td> <td>'23.01~현재</td> <td>적층 제조</td> </tr> <tr> <td>참여연구원</td> <td>문인용</td> <td>선임</td> <td>'23.01~현재</td> <td>물성 해석</td> </tr> <tr> <td>참여연구원</td> <td>태현철</td> <td>수석</td> <td>'23.01~현재</td> <td>작업 부하</td> </tr> <tr> <td>참여연구원</td> <td>차동안</td> <td>수석</td> <td>'20.01~현재</td> <td>공조 제어</td> </tr> <tr> <td>참여연구원</td> <td>주찬영</td> <td>선임</td> <td>'24.01~현재</td> <td>모빌리티</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ 이외 80명</p>	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
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																																																									
<p>다른기관 또는 민간인 관련자</p>	<p>○ 없음</p>																																																												
<p>추진실적</p>	<p>○ 2024년 성과</p> <p><b>【정성적 성과】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고생산성을 위한 홀로닉 생산시스템 대응 핵심 기술 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>· 센싱 모듈을 이용한 6 mm 공구를 이용한 자유 곡면 수직 가공 시 홀 가공치수 정밀도 20 <math>\mu</math>m 달성</li> </ul> </li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="491 1637 940 1975">  </div> <div data-bbox="970 1637 1434 1975">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div data-bbox="491 1975 940 2029"> <p>&lt;센싱 모듈 HW&gt;</p> </div> <div data-bbox="970 1975 1434 2029"> <p>&lt;티타늄 홀 가공 치수 정밀도&gt;</p> </div> </div>																																																												

- 센서 융합 기반 가공공정 로봇 위치 측정 제어 정밀도 알고리즘 확보를 통한 현장 적용 시 350  $\mu\text{m}$ 의 로봇 제어 정밀도 확보

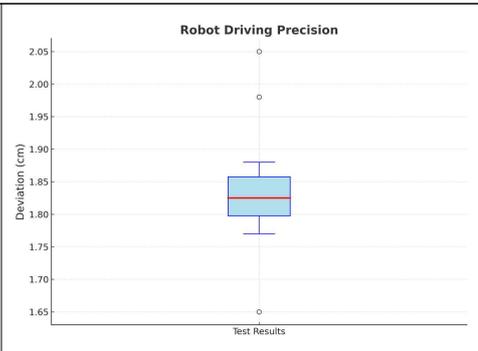


〈로봇 엔드 이펙터 위치 제어 사진〉

- 자율주행을 위한 플랫폼 설계 및 제어 알고리즘 확보를 통하여 평균 1.82 cm 위치 정밀도 달성

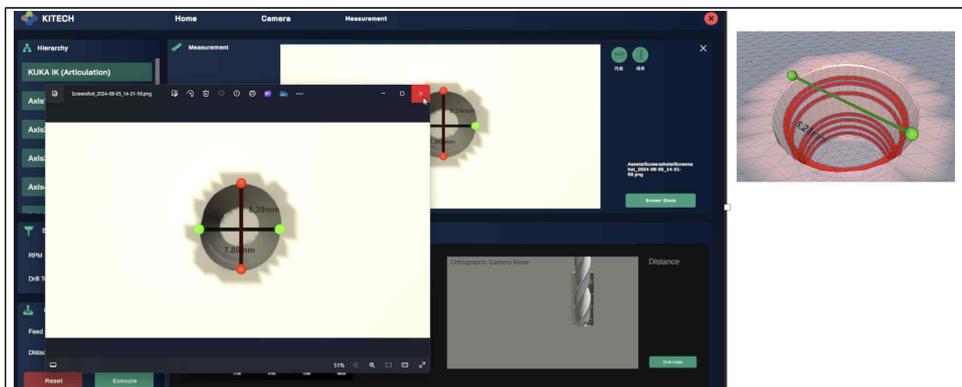


〈자율주행 플랫폼 설계도〉



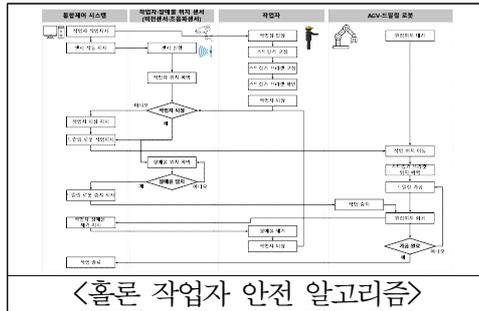
〈자율주행 플랫폼 주행 정밀도〉

- 기구학적 물리 모델 및 드릴 공정에서의 물리모델을 13%의 오차로 한 플랫폼 결합으로 공정 별 절삭력 및 드릴홀의 품질 예측 성능 향상

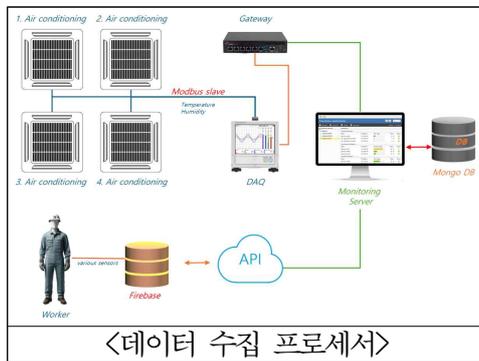


〈드릴 공정 선정에 따른 깊이 방향응로의 드릴 홀 품질 예측〉

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



- 다중 센서를 이용한 사이트 환경 및 작업자 상태 데이터 통합 모니터링 기술 고도화



- 복합 열원 시스템 기술을 통한 대면적 공간 작업에서 냉방  $\pm 0.14^{\circ}\text{C}$ , 난방  $\pm 0.36^{\circ}\text{C}$ 의 온도 균일도가 가능하며 냉방 에너지 절감율 6.94%, 난방 에너지 절감율 20.8% 확보



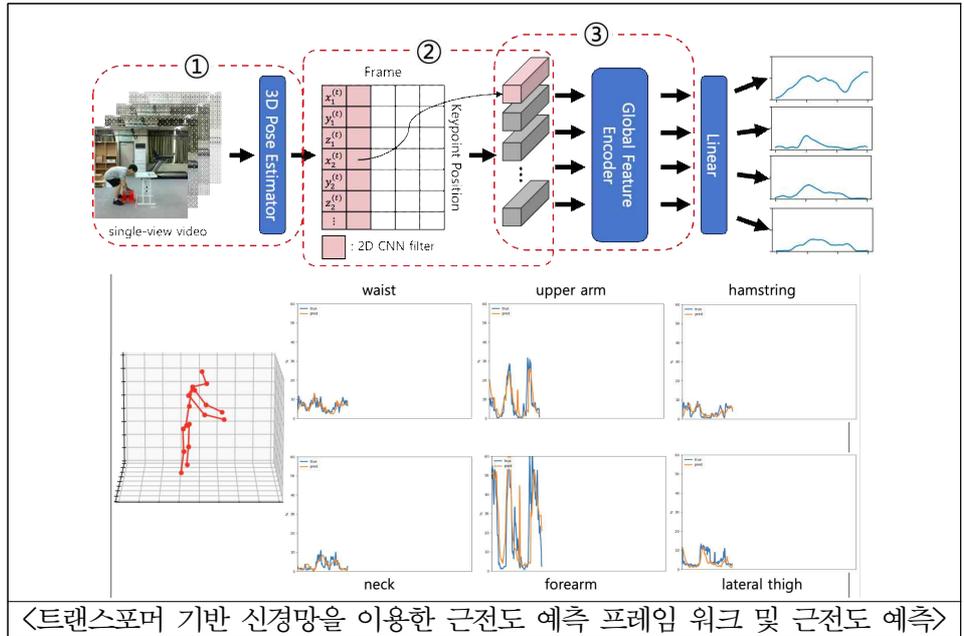
<습도제어용 기화식 가습기 및 복합 센서 설치>



<현장 복합 열원 시스템 성능 보완>

- 홀로닉 생산시스템 협업을 위한 스마트 안전 시스템 기술 개발
- 생산현장 작업자 작업 자세 측정 알고리즘 성능 향상을 통하여 86.95%의 작업자 행동 추정 정확도 확보
  - 비전 기반 작업자 자세 측정 인공지능 알고리즘 개발
  - 누적 작업자세부하 평가 (Cumulative posture evaluation)

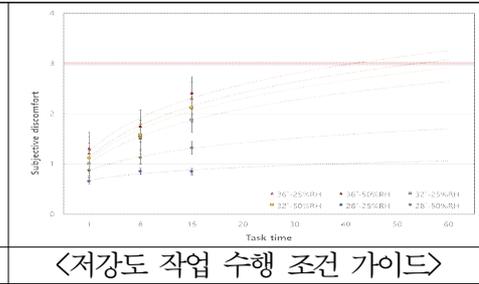
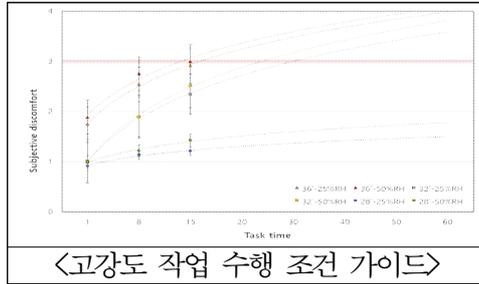
## 체계 개발



<트랜스포머 기반 신경망을 이용한 근전도 예측 프레임 워크 및 근전도 예측>

- 생산현장 작업자 누적 작업자세 부하 평가 체계를 이용한 작업자 부하 감소 효과 이용 시 약 14.53%의 감소 효과 측정
- 어깨 작업자세 및 누적 노출시간에 따른 정적부하 평가체계 개발
- 어깨 작업자세 및 Drill task 누적 반복에 따른 동적부하 평가체계 개발

작업강도 정의		
쉬움	중간	힘듦
		
작업높이: Shoulder height 75% 수평거리: Arm length 50%	작업높이: Shoulder height 125% 수평거리: Arm length 100%	작업높이: Shoulder height 25% 수평거리: Arm length 70%



**【정량적 성과】**

핵심 지표	'24년 실적
1. 우수논문 게재 (IF 상위20% 이내)	2
2. SCI(E) 게재 (IF 상위20% 초과)	1
3. 일반 논문 게재(비SCI(E))	1
4. 특허 출원	6
5. 특허 등록	1
6. 기술료(백만원)	33
7. 학회 발표	19
8. 기타 성과	