

관리번호	2026-피지컬AI-13	(지정공모형, 통합형 세부1)
기술분류	대분류(인공지능) - 중분류(신뢰-산업AI) - 소분류(활용-지원AI) - 세분류(산업 특화 문제 해결 기술)	
중점분야	AI(), AI반도체(), 차세대통신(), 양자(), 사이버보안(), AI·디지털융합(√)	
총괄과제명	제조 현장 융합데이터 수집 및 실증	
세부과제명	정밀 로봇 제어 공정 융합데이터 수집 및 실증 기술개발	

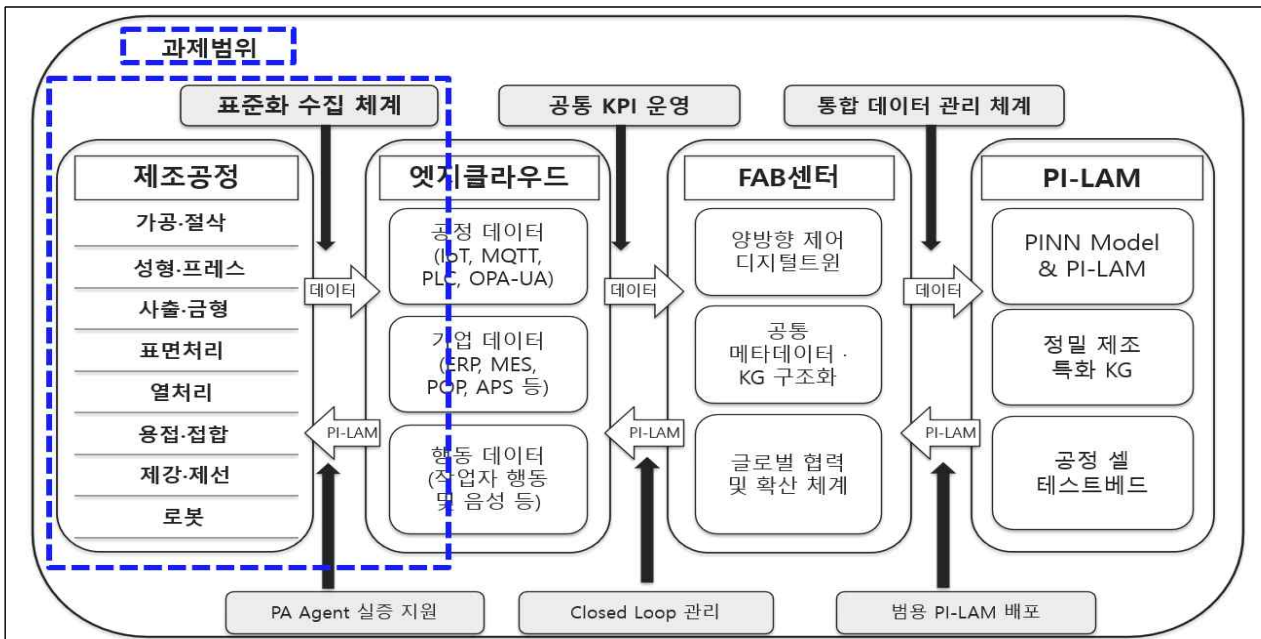
1. 개요

총괄과제

- (총괄개념) 정밀부품 절삭 가공을 비롯하여 정밀 로봇 제어 공정 등 주요 제조공정*에서 발생하는 융합데이터를 표준 포맷으로 수집·구조화하여 PINN 개발 및 LAM**, 월드모델에 활용할 수 있도록 외부 연동과 세부과제간 연동 방법론 조율

* 2026-피지컬AI-13 ~ 2026-피지컬AI-25 과제에서 제시된 공정

** LAM(Large-Action Model): 비전 기반의 행동(VLA: Vision-Language-Action Model)을 포함하여 물리현실에 영향을 미칠 수 있는 동작을 생성하는 AI 모델



<총괄 및 세부과제 간 연계도>

- (총괄목표) 13개 세부 과제에서 제시하는 특징을 보전하며 데이터 정의·태깅·품질 검증·평가산식·현장실증·성과관리 기준을 통일하여 특정 공정에 종속되지 않는 산업 횡단 확장 체계 구축
 - 13개 세부 과제의 데이터·모델·실증 마일스톤 총괄 관리 및 공통 KPI 운영
 - 2026-피지컬AI-28, 2026-피지컬AI-33 과제에 융합데이터 연동 규격 협의 및 실증 총괄
 - AAS·OPC-UA·MQTT기반 공통 수집 어댑터, 데이터 사전, KG 스키마, 시간동기화·품질 검증 규칙 정의
 - 공정군별 물리현상(절삭 동역학, 열-응력-변형, 소성·점탄성, 비뉴턴 유변학, 압입 F-D 거동, 전기화학, 이중곡률 열변형 등)을 추상화하여 공유 가능한 물리변수·경계 조건·특징량 체계로 정규화
 - 총괄-세부 과제간 협력체계와 통합 실증 방안 제시 필요
 - 세부과제와 유기적으로 협력하도록 세부과제의 공동기관으로 참여 가능

2. 현황 및 필요성

- (기존 기술현황) GPU 기반 로봇 제어가 기술 발전을 주도하였으나, 추론 성능에서 NPU가 GPU 대비 전력대 성능 비율을 나타내는 등 상용성 향상
 - GPU에 대한 의존도를 낮춤과 동시에 국산 NPU 기반의 로봇 공정은 단순 작업을 중심으로 광범위하게 확산되는 추세
 - 정부의 AI 육성과 산업의 DX·AX 확산으로 로봇 제어에 대한 수용성 향상됨에 따라 다양한 공정에서의 로봇 활용 시도가 점증됨
- (필요성) NPU는 연산 성능 외에 전력대 성능비에서 GPU를 능가하는 수준에 도달하였으나, 이를 실제 로봇 공정 현장에 안정적으로 이식하고 최적의 성능을 끌어낼 수 있는 전용 서버 솔루션과 검증 인프라가 미비함
 - NPU 서버의 고속 추론 결과와 로봇 제어기를 직접 연계하는 PI-LAM(물리 정보 학습 프레임워크) 구조를 구축함으로써, 변화하는 공정 상황에 유연하게 대응하는 지능형 로봇 공정 실증이 필요함

3. 수요분석 및 기대효과

- (수요분석) 자동차 부품(엔진·EWP·현가/조향·열관리·안전벨트), 고무·플라스틱·금속 가공, 스마트 액추에이터, 특수강, 조선 곡블럭, 중량물 용접·조립, 반도체 구조재료, 국산 제조 로봇 등 데이터 기반 공정 지능화와 PA Agent 실증 수요 점증
 - 제조업 밀집 지역인 경남 산업단지내 다양한 공정에 대한 PI-LAM 수요
 - AI 팩토리 전환을 위한 솔루션을 공급하는 AI 기업도 늘어나는 추세
- (기대효과) 공정별 데이터를 공통 표준으로 자산화하여 PINN·PI-LAM 현장 검증 비용을 절감하고, 불량·리드타임·에너지·소재 손실 저감 성과를 동일 지표로 비교 가능하게 하며, PA Agent·데이터 파이프라인·표준 적용 매뉴얼을 기술이전·SaaS·글로벌 PoC 패키지로 확산 가능
 - 표준 패키지(모델·스키마·가이드·검증리포트)를 통해 신규 공정·기업의 적용 비용과 기간을 줄이고, 국산 제조로봇·표준 기반 제조AI 생태계, 탄소저감·ESG, 글로벌 시장 진출 기반을 마련

4. 연구개발목표

- 최종목표
 - 13개 공정을 포괄할 수 있는 융합데이터 표준 수집·활용체계와 공정군별 메타-온톨로지, PINN·PI-LAM/PA Agent 구조 설계
 - 단일 공정 데이터가 타 공정·타 산업으로 재사용될 수 있도록 데이터 스키마, 물리 변수·경계조건, 시간동기화, 품질 검증, 모델 평가, Failsafe·XAI, Before/After 효과평가 방법 표준화
 - 공정의 데이터·모델·실증 결과를 동일 기준으로 조율하여 PINN·PI-LAM 기반 현장 검증
 - NPU 기반 엣지 서버를 활용한 로봇 공정 AI 추론·제어 기술개발 및 실증 환경 구축하고 AI 인프라→AI 개발환경→공정 AI 모델→로봇 제어→통합 실증 공정→실증 운영으로 이어지는 전주기 실증을 통해 기술 간 연계성과 실효성 검증

○ 정량적 연구개발목표

성능지표		단위	연구개발 목표치	연구개발 전 국내 수준	세계 최고수준 (보유국/보유기관)
1	공정 데이터 수집 규모	GB/TB	95%	N/A	N/A
2	수집 데이터 신뢰성	%	95%	N/A	N/A
3	물리지능행동모델 개발 반영률	%	20%	N/A	N/A
4	모델 적용 품질 개선률	%	10%	N/A	N/A
5	NPU 기반 제어 가능 제조 장비·로봇 수	대수	5대 이상	3~4대 동시 제어 (네이버랩스)	5대 이상 동시 제어 (Siemens)
6	로봇 가이드런스 정밀도	mm	±20 미만	±30 mm (두산로보틱스)	±20 mm (FANUC)

- 1) 대상 공정에서 수집 (센서)데이터로 해석할 수 있는 공정 특성이 설명되어야 하며, 데이터 특성에 따른 데이터 수집 주기를 제시하고 이에 따른 목표 데이터 규모가 제시되어야 함
- 2) 수집된 데이터의 신뢰성을 평가할 수 있는 공인된 측정 방법이 제시되어야 하며, 제시 방법을 기준으로 수집 데이터의 신뢰도 목표 수준이 제시되어야 함
- 3) 수집 데이터의 PINN 등 AI 모델 개발 활용 수준을 측정하는 지표로 미활용 데이터 수집 비율을 낮추고 AI 모델 개발 요구사항을 반영하여 수집되어야 함
- 4) 공여 데이터를 활용한 PINN 등 개발된 AI 모델의 실증 적용에 따른 공정 품질 개선률(품질 개선률 측정 방식 제시 필요)
- 5) 동일 조건 NPU 엣지 서버 조건으로 목표수준 달성 필요
- 6) 기준 태스크를 제시하여 정밀도 측정 필요

○ 공통 요구사항

- (무병타겟) 기술 진화가 빠르게 전개되는 분야임을 감안하여, 기술 환경 변화를 반영하기 위한 연구개발 추진 체계 제시
- (사업화·상용화) 연구개발 결과물의 산업 확산에 대한 사업화·상용화 방안 제시

5. 연구개발내용

- ① (융합데이터 수집) 로봇 제어 공정 대상 실시간 데이터 수집 체계 구축
 - 공정 데이터, 기업 데이터, 액션 데이터를 시계열 기반으로 수집·정합하고 AIoT, OPC-UA, MQTT, AAS, 엣지-클라우드 기반 데이터 수집·저장·관리 구조 구축
 - 데이터 표준화, 메타데이터 관리, 이력·버전 관리, 보안·접근제어 체계 구축
- ② (예측 모델 개발) 로봇 제어 공정 물리 법칙과 핵심 공정 변수 정의
 - 공정 조건 변화에 따른 이상 징후, 품질 편차, 장비 상태 예측 및 디지털 트윈 연계 검증
- ③ (PI-LAM 기반 PA Agent 서비스 개발) PINN 예측 결과와 LAM 판단 결과를 결합하여 공정 조건 추천, 이상 원인 분석, 자동 보정 기능 구현
 - 예측 결과, 실시간 센서값, 과거 이력, 품질 기준을 기반으로 설비 속도 조절, 공구 교체, 냉각 조건 변경 등 최적 액션 생성
 - 현장 운영자 대상 판단 결과 시각화, XAI 기반 원인 해석, 피드백 반영 기능 제공

- ④ (실증) 실공정과 디지털 트윈을 연계한 예측-판단-제어 페루프 운영체계 구축
- 로봇 제어 공정 Digital Twin을 구축하고 실시간 센서값·상태·제어 결과 동기화
 - 전공정 PA-Agent Platform 사업화, 클라우드 기반 통합 플랫폼, 자율제조 서비스 등 실증
- ⑤ (연동) 13개 세부과제의 융합데이터 연동 및 실증에 대한 총괄 기능
- PINN 연구개발 과제에 융합데이터 연동 방식 협의 및 제공
 - PINN 연구개발 과제 결과물의 13개 세부과제 공정에 대한 적용 및 실증 협의

6. 지원기간/예산/추진체계/특기사항

○ 연구개발기간 : 5년 이내('26.8월~'30.12월)

○ 정부지원연구개발비

구분	기간	개월수	정부지원연구개발비(억원)
1년차	26.08~26.12	5개월	15.56
2년차	27.01~27.12	12개월	18.48
3년차	28.01~28.12	12개월	16.90
4년차	29.01~29.12	12개월	17.24
5년차	30.01~30.12	12개월	6.82
합계	26.08~30.12	53개월	75.00

* 연차별 정부 지원 연구개발비는 당해연도 예산 심의 결과에 따라 변동될 수 있음

○ 주관기관 : 제한없음

- 융합데이터 수집과 실증 환경이 제시되어야 하며, 다수 참여기관과의 연계-협력을 주도할 수 있는 주관기관 역할 필요

○ 통합형 과제 유의사항

- 본 과제는 통합형 과제로, 총괄 및 세부 과제 컨소시엄을 구성하여 신청
- 선정평가 시, 총괄 및 세부 과제 통합 선정
 - * (2026-피지컬AI-13)총괄/세부1 ~ (2026-피지컬AI-25)총괄/세부13
- 과제 참여를 위해 제조공정의 연구목적 데이터 공개에 대한 확약 필수, 불가 시 과제 참여에 제한이 있을 수 있음

○ 수행체계 : 주관 및 참여기관의 역할 제시 필수

- 국가균형발전 연계 : 비수도권 제조 클러스터 소재 기관의 참여와 지역 제조 생태계와의 실증 방안 제시 권고
 - * 수요 기업은 경남 지역 내 제조관련 기업을 권고
- 국무회의 의결 근거, 경남 제조업 현장에 대해 피지컬AI 학습·실증을 위한 과제 수행체계와 지역에 대한 기대효과 제시 필요
- 사업 목적 달성을 위해 선정 이후 주관/참여기관으로 구성하는 협의체 운영 예정
- 2026-피지컬AI-33 과제로부터의 융합데이터 요구사항 반영 절차 제시

연구유형	기초연구 (), 응용연구 (), 개발연구 (√)	TRL (5)~(7)단계
과제특징	국무회의 의결 예비타당성조사 면제와 입지적정성(경남) 검토를 거쳐 추진	
구분		기술분야명/팀명
책임PM		피지컬AI/지역AX R&D센터
담당팀장		피지컬AI/지역AX거점팀
		성명
		이준우
		윤정섭

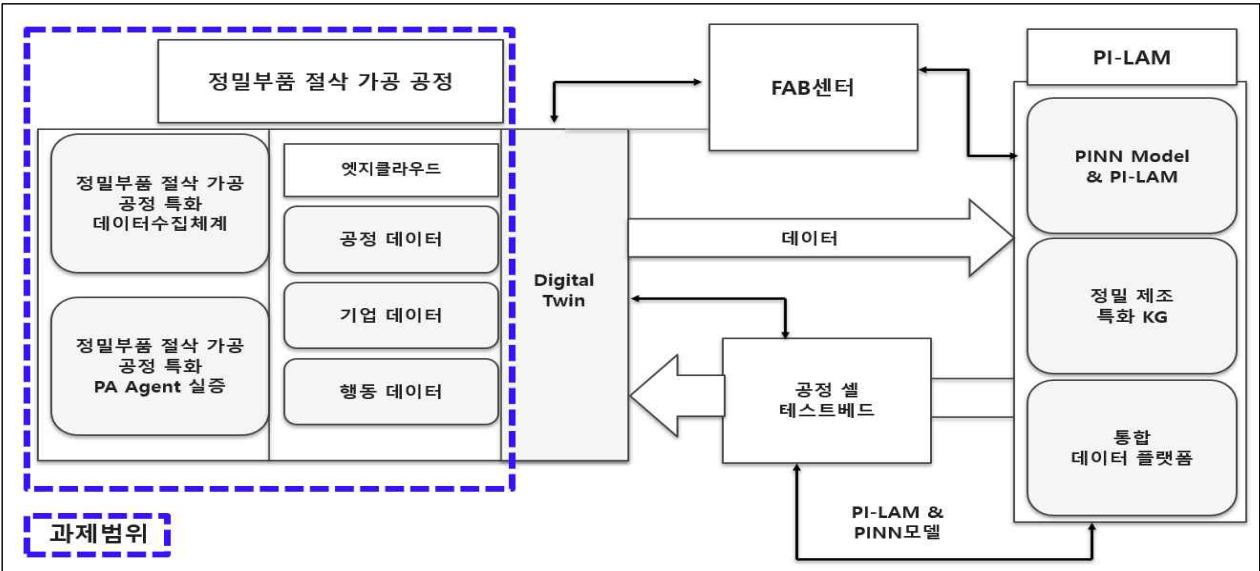
관리번호	2026-피지컬AI-14	(지정공모형, 통합형 세부2)
기술분류	대분류(인공지능) - 중분류(신뢰-산업AI) - 소분류(활용-지원AI) - 세분류(산업 특화 문제 해결 기술)	
중점분야	AI(), AI반도체(), 차세대통신(), 양자(), 사이버보안(), AI·디지털융합(√)	
총괄과제명	제조 현장 융합데이터 수집 및 실증	
세부과제명	정밀부품 절삭 가공 공정 융합데이터 수집 및 실증 기술개발	

1. 개요

- (개념) CNC 절삭·연삭·열처리 공정을 대상으로 설비·센서·검사·품질 데이터를 실시간 수집·정합하고, 물리법칙을 내재화한 PI-LAM* 기반 이상예측, 정밀 예측·판단·제어 및 불량·리드타임 저감 실증

* PI-LAM: Physical Informed Large-Action Model

- 엔진 등 부품 조립 공정에서 공정·기업·액션 융합데이터를 수집하고, 절삭가공 이상을 실시간 예측·검지하여 자율 제어까지 연계하는 예측·판단·제어 통합형 지능 운영체계 개발 및 실공정 실증
- AAS(자산관리셀)·OPC-UA 기반 표준화된 고속 대용량 데이터 수집 체계와 초정시성 동기화가 가능한 AI-Embodied Digital Twin을 구축하여, 장기·반복 실증을 통해 페루프(Closed-loop) 자율제조 기술의 확산 가능성 검증



< 과제 개요 >

2. 현황 및 필요성

○ (기존 기술현황)

- 기존 CNC 정밀 가공 공정은 센서 기반 모니터링과 사후 품질검사, 룰(Rule) 기반 제어 중심으로 운영되어 공정별 데이터가 이질적·단편적으로 활용되고, 불량률(평균6~8%)과 품질 편차가 지속 발생
- 일부AI 예측 기술이 활용 중이나 통계학습 중심으로 물리적 정합성이 낮아 데이터 부족 환경에서 신뢰도 한계가 있고, Digital Twin·LAM과 연계한 실시간 예측·판단·제어 체계는 미흡
- 디지털트윈 밀링 공정에 지식-데이터 융합 PINN 기반 공구 마모 모니터링을 적용하여 가공오차(윤곽오차)를 65% 이상 저감한 연구(MSSP, 2025) 등 물리정보AI의 효과가

입증되고 있으나, 해외 상용 플랫폼(Siemens Industrial Edge, GE Predix APM 등)은 물리 기반 AI 미적용 또는 외산SW 스택 종속 구조로 국내 현장 레퍼런스 부족

○ (필요성)

- 부품 가공·조립 공정에서 불규칙 이상, 공정 편차, 품질 변동성이 지속되어 데이터 기반 지능형 제어체계 구축 필요
- PINN 기반 물리 정합형 예측, LAM 기반 복합 공정 판단, Digital Twin 실공정 동기화를 유기적으로 연계한 예측-판단-제어 전주기 페루프 기술로 이상 사전 예측 및 선제 제어 체계 확보 필요
- OPC-UA FX(Field eXchange)/TSN 기반 필드레벨 통신, MQTT 5.0, IDTA AAS Release 25-01(v3.1) 등 최신 산업표준으로 이기종 설비 융합데이터(공정·기업·액션)를 표준화 수집하고, XAI 기반 설명 가능성을 확보하여 확산형 제조AI 레퍼런스 구축 필요

3. 수요분석 및 기대효과

○ (수요분석) 부품 가공라인 공정을 1차 실증 대상으로 하며, 항공·방산·의료·반도체 장비 등 고정밀 공차 관리가 중요한 정밀기계/금형/부품 가공 기업, 공정 엔지니어·품질관리 조직, 스마트공장 SI·디지털트윈 기업으로 수요 확산 가능

○ (기대효과)

- (산업) 불량률·리드타임 저감 및 설비 가동률 향상으로 제조 경쟁력을 제고할 수 있으며, 숙련자의 행동을 자산화 함으로써 생산성 향상에 기여 기대
- (기술·정책) 국산 제조장비·표준(AAS) 기반 제조AI 생태계 확보, 탄소저감·ESG 연계·반도체·정밀의료·항공우주 등 시간/정밀도 민감 공정군으로 기술 확산

4. 연구개발목표

○ 최종목표

- 부품 가공라인 전 공정 대상 예측-판단-제어 통합형 지능 운영시스템 및 디지털 트윈 기반 정밀 절삭가공 이상 예측/검지 자율제조 실증시스템 기술 개발
- 대규모 제조 융합데이터(시계열 물리량, 제어정보, 환경변화 등) 수집·정제
- 제조 현장 융합데이터 수집 인프라(센서, 네트워크, 데이터 연동·수집용 SW 및 HW)
- 물리지능행동모델기반의 자율제조 운영시스템 실증

○ 정량적 연구개발목표

성능지표		단위	연구개발 목표치	연구개발 전 국내 수준	세계 최고수준 (보유국/보유기관)
1	공정 데이터 수집 규모	GB/TB	95%	N/A	N/A
2	수집 데이터 신뢰성	%	95%	N/A	N/A
3	물리지능행동모델 개발 반영률	%	20%	N/A	N/A
4	모델 적용 품질 개선률	%	10%	N/A	N/A
5	불량율 감소율	%	≤ 30	20 (LG전자)	30 (스위스, ABB)

6	시뮬레이션-실공정 동기화 오차율	%	≥ 99.8	94% (KAIST)	97% (프랑스,다쏘)
1) 대상 공정에서 수집 (센서)데이터로 해석할 수 있는 공정 특성이 설명되어야 하며, 데이터 특성에 따른 데이터 수집 주기를 제시하고 이에 따른 목표 데이터 규모가 제시되어야 함 2) 수집된 데이터의 신뢰성을 평가할 수 있는 공인된 측정 방법이 제시되어야 하며, 제시 방법을 기준으로 수집 데이터의 신뢰도 목표 수준이 제시되어야 함 3) 수집 데이터의 PINN 등 AI 모델 개발 활용 수준을 측정하는 지표로 미활용 데이터 수집 비율을 낮추고 AI 모델 개발 요구사항을 반영하여 수집되어야 함 4) 공여 데이터를 활용한 PINN 등 개발된 AI 모델의 실증 적용에 따른 공정 품질 개선률(품질 개선률 측정 방식 제시 필요) 5) 불량률 감소율 = $\frac{B_{기준} - B_{개선}}{B_{기준}} \times 100$, 품질검사 결과 및 NG 발생 이력 분석. 동일 작업 조건에서의 불량률 비교 6) 오차율 = $\frac{ Twin값 - 실공정 값 }{실공정 값} \times 100$, Twin 시뮬레이션 결과 vs. 실센서값 비교 후에, 주요 항목별 오차율 평균 산출					

5. 연구개발내용

- ① (융합데이터 수집) CNC 정밀 가공·조립 공정과 크랭크샤프트 주요 공정 대상 실시간 데이터 수집 체계 구축
 - 공정 데이터, 기업 데이터, 액션 데이터를 시계열 기반으로 수집·정합하고 AIoT, OPC-UA, MQTT, AAS, 엣지-클라우드 기반 데이터 수집·저장·관리 구조 구축
 - 데이터 표준화, 메타데이터 관리, 이력·버전 관리, 보안·접근제어 체계 구축
- ② (예측 모델 개발) 크랭크샤프트 가공 공정의 물리 법칙과 핵심 공정 변수 정의
 - 스핀들 속도, 피드 속도, 절삭 깊이, 진동, 토크, 절삭력, 온도, 위치 편차 등 공정 변수를 기반으로 PINN 모델 개발
 - 공정 조건 변화에 따른 이상 징후, 품질 편차, 장비 상태 예측 및 디지털 트윈 연계 검증
- ③ (이상 감지 기술 개발) CNC 장비·센서 데이터를 기반으로 이상 상태와 비정상 공정 흐름 분석
 - LSTM, Transformer 등 시계열 AI 모델을 활용하여 진동, 토크, 스핀들 속도 등 멀티채널 데이터를 분석
 - 이상 발생 가능 시점을 사전 탐지하고 LAM 기반 판단·제어 구조와 연계하여 자동 조치 수행
- ④ (PI-LAM 기반 PA Agent 서비스 개발) PINN 예측 결과와 LAM 판단 결과를 결합하여 공정 조건 추천, 이상 원인 분석, 자동 보정 기능 구현
 - 예측 결과, 실시간 센서값, 과거 이력, 품질 기준을 기반으로 설비 속도 조절, 공구 교체, 냉각 조건 변경 등 최적 액션 생성
 - 현장 운영자 대상 판단 결과 시각화, XAI 기반 원인 해석, 피드백 반영 기능 제공
- ⑤ (실증) 실공정과 디지털 트윈을 연계한 예측-판단-제어 폐루프 운영체제 구축
 - 크랭크샤프트 가공라인 전 공정의 Digital Twin을 구축하고 실시간 센서값·상태·제어 결과 동기화
 - 전공정 PA-Agent Platform 사업화, 클라우드 기반 통합 플랫폼, 자율제조 서비스 등 실증

6. 지원기간/예산/추진체계/특기사항																																																							
○ 연구개발기간 : 5년 이내('26.8월~'30.12월) ○ 정부지원연구개발비 <table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>기간</th> <th>개월수</th> <th>정부지원연구개발비(억원)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1년차</td> <td>26.08~26.12</td> <td>5개월</td> <td>16.28</td> </tr> <tr> <td>2년차</td> <td>27.01~27.12</td> <td>12개월</td> <td>17.51</td> </tr> <tr> <td>3년차</td> <td>28.01~28.12</td> <td>12개월</td> <td>15.90</td> </tr> <tr> <td>4년차</td> <td>29.01~29.12</td> <td>12개월</td> <td>5.20</td> </tr> <tr> <td>5년차</td> <td>30.01~30.12</td> <td>12개월</td> <td>2.91</td> </tr> <tr> <td>합계</td> <td>26.08~30.12</td> <td>53개월</td> <td>57.80</td> </tr> </tbody> </table> * 연차별 정부 지원 연구개발비는 당해연도 예산 심의 결과에 따라 변동될 수 있음 ○ 주관기관 : 제한없음 - 융합데이터 수집과 실증 환경이 제시되어야 하며, 다수 참여기관과의 연계-협력을 주도할 수 있는 주관기관 역할 필요 ○ 통합형 과제 유의사항 - 본 과제는 통합형 과제로, 총괄 및 세부 과제 컨소시엄을 구성하여 신청 - 선정평가 시, 총괄 및 세부 과제 통합 선정 * (2026-피지컬AI-13)총괄/세부1 ~ (2026-피지컬AI-25)총괄/세부13 - 과제 참여를 위해 제조공정의 연구목적 데이터 공개에 대한 확약 필수, 불가 시 과제 참여에 제한이 있을 수 있음 ○ 수행체계 : 주관 및 참여기관의 역할 제시 필수 - 국가균형발전 연계 : 비수도권 제조 클러스터 소재 기관의 참여와 지역 제조 생태계와의 실증 방안 제시 권고 * 수요 기업은 경남 지역 내 제조관련 기업을 권고 - 국무회의 의결 근거, 경남 제조업 현장에 대해 피지컬AI 학습·실증을 위한 과제 수행체계와 지역에 대한 기대효과 제시 필요 - 사업 목적 달성을 위해 선정 이후 주관/참여기관으로 구성하는 협의체 운영 예정 <table border="1"> <tr> <td>연구유형</td> <td>기초연구 (), 응용연구 (), 개발연구 (√)</td> <td>TRL (5)~(7)단계</td> </tr> <tr> <td>과제특징</td> <td colspan="2">국무회의 의결 예비타당성조사 면제와 입지적정성(경남) 검토를 거쳐 추진</td> </tr> <tr> <td></td> <td>구분</td> <td>기술분야명/팀명</td> </tr> <tr> <td></td> <td>책임PM</td> <td>피지컬AI/지역AX R&D센터</td> </tr> <tr> <td></td> <td>담당팀장</td> <td>피지컬AI/지역AX거점팀</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>성명</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>이준우</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>윤정섭</td> </tr> </table>				구분	기간	개월수	정부지원연구개발비(억원)	1년차	26.08~26.12	5개월	16.28	2년차	27.01~27.12	12개월	17.51	3년차	28.01~28.12	12개월	15.90	4년차	29.01~29.12	12개월	5.20	5년차	30.01~30.12	12개월	2.91	합계	26.08~30.12	53개월	57.80	연구유형	기초연구 (), 응용연구 (), 개발연구 (√)	TRL (5)~(7)단계	과제특징	국무회의 의결 예비타당성조사 면제와 입지적정성(경남) 검토를 거쳐 추진			구분	기술분야명/팀명		책임PM	피지컬AI/지역AX R&D센터		담당팀장	피지컬AI/지역AX거점팀			성명			이준우			윤정섭
구분	기간	개월수	정부지원연구개발비(억원)																																																				
1년차	26.08~26.12	5개월	16.28																																																				
2년차	27.01~27.12	12개월	17.51																																																				
3년차	28.01~28.12	12개월	15.90																																																				
4년차	29.01~29.12	12개월	5.20																																																				
5년차	30.01~30.12	12개월	2.91																																																				
합계	26.08~30.12	53개월	57.80																																																				
연구유형	기초연구 (), 응용연구 (), 개발연구 (√)	TRL (5)~(7)단계																																																					
과제특징	국무회의 의결 예비타당성조사 면제와 입지적정성(경남) 검토를 거쳐 추진																																																						
	구분	기술분야명/팀명																																																					
	책임PM	피지컬AI/지역AX R&D센터																																																					
	담당팀장	피지컬AI/지역AX거점팀																																																					
		성명																																																					
		이준우																																																					
		윤정섭																																																					

관리번호	2026-피지컬AI-15	(지정공모형, 통합형 세부3)
기술분류	대분류(인공지능) - 중분류(신뢰-산업AI) - 소분류(활용-지원AI) - 세분류(산업 특화 문제 해결 기술)	
중점분야	AI(), AI반도체(), 차세대통신(), 양자(), 사이버보안(), AI·디지털융합(√)	
총괄과제명	제조 현장 융합데이터 수집 및 실증	
세부과제명	전동식 워터펌프 프레스 성형 공정 융합데이터 수집 및 실증 기술개발	

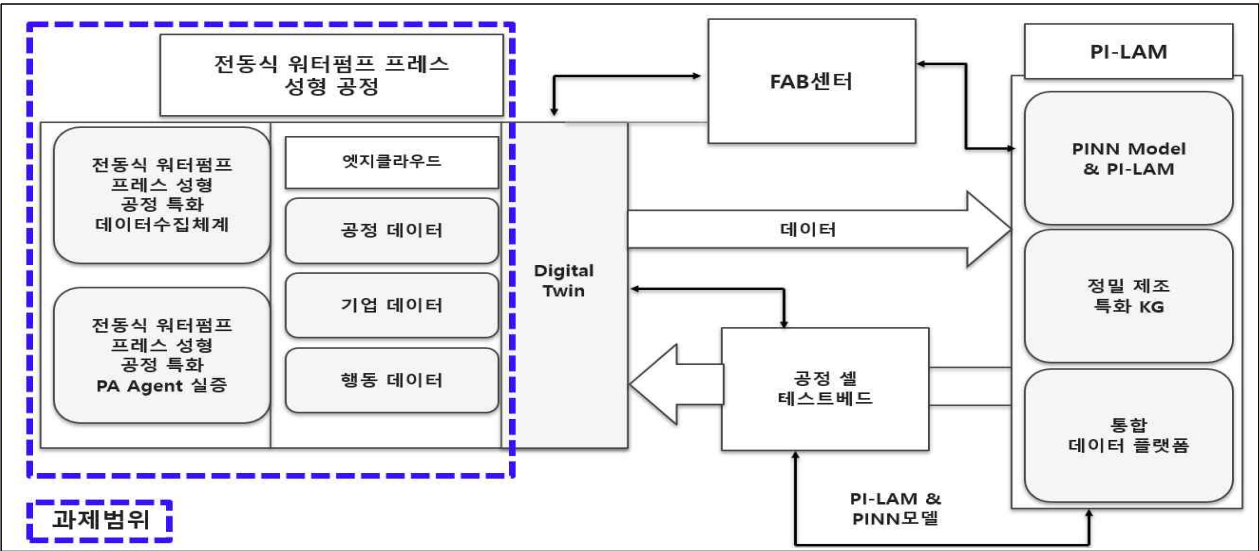
1. 개요

○ (개념) 전동식 워터펌프(EWP) 조립·용접·시험 공정과 모터 Stator 절삭·소성·용접 복합공정을 대상으로 설계 공정시간 감소, 생산 품질 안정화, 생산성 향상 조건 최적화를 구현

- 친환경차 열관리 핵심 부품인 EWP (Electric Water Pump) 조립·용접·시험 공정과 모터 Stator 프레스·용접 복합공정(절삭·소성·용접)을 대상으로 공정·행동·기업 융합 데이터를 실시간 시계열로 수집하는 엣지-클라우드 인프라를 구축하고, PI-LAM* 기반 PA Agent**를 통해 정밀 공정 연계 최적화와 설계 변경 영향을 사전 검증하는 자율 제조를 장기·반복 실증

* PI-LAM: Physical Informed Large-Action Model

** PA-Agent: Physical AI Agent



< 과제 개요 >

2. 현황 및 필요성

○ (기존 기술현황) EWP 조립·시험 및 모터 Stator 복합공정은 공정·행동·기업 데이터가 분절·이벤트성 중심으로 수집되어 공정 간 연계 분석과 실시간 예측·제어에 한계

- EWP 조립 생산 라인은 조립·검사·시험의 복합 공정시스템으로 자동화 기반 운영 중이나, 공정 복잡성·작업자 행동에 따른 품질 편차가 발생하고, 이벤트성 센서 데이터 중심 분절적 수집으로는 설비·작업자·로봇·AMR 등 이기종 요소 간 비정형 상호작용의 정량화와 실시간 고정밀 예측이 곤란
- 모터 Stator 제조의 절삭·용접·소성 공정은 하중·토크·전류·전압·열변형 등 물리 변수 간 상호작용이 크며, 단순 통계·블랙박스 AI만으로는 공정 조건 변경 시 예측 재현성과 설명 가능성이 부족

- 기업 (MES/ERP/QMS) 데이터와 OT/영상 데이터의 연동·표준·메타/이력 관리 체계가 미흡하여 AI 기반 공정 최적화·자율제어 및 설계-제조-시험 단계 간 연계에 한계
- 해외는 PINN의 제조공정 적용 연구(금속 적층제조 온도장·용융풀 실시간 예측, 열간압연 온도·압연력 예측 등)가 급증하고 추론·세계 시뮬레이션·행동 생성을 통합한 Physical AI 파운데이션 모델 경쟁이 본격화되었으나, 국내 제조 실데이터 기반 PINN 파운데이션 모델 및 행동모델(LAM) 현장 레퍼런스는 부재

- (필요성) 공정·행동·기업 융합데이터와 PINN·LAM 기반 PA Agent를 통해 품질 편차 원인 분석, 불량 예측, 공정 조건 최적화 및 Design-To-Manufacturing 연계 체계 구축 필요
 - 다단계 정밀 조립·시험과 프레스·용접 복합공정의 품질 편차에 선제 대응하기 위해 공정·행동·기업 융합 시계열 데이터 수집 체계, 공정 간 물리적 상호작용을 반영한 PINN 기반 예측, LAM 기반 동작·행동 분석을 결합한 PA Agent 구축 필요
 - EWP 복합 공정 데이터와 디지털 트윈 연계 시험 공정 데이터를 활용한 PINN 분석 기반 설계 데이터 검증으로 설계 공정 시간을 절감하고, 설계 변경 시 제조·시험 결과를 사전 검증하는 Design-To-Manufacturing 연계 의사결정 기반 확보 필요

3. 수요분석 및 기대효과

- (수요분석) 부품 가공 및 시험라인 공정을 실증 대상으로 하며, 펌프·모터·전장부품 제조기업과 항공·방산·의료기기·반도체 장비 등 고정밀 공정 산업이 주요 수요처이며, 공정·품질관리 조직과 스마트공장 SI·디지털트윈 기업으로 확산 가능
- (기대효과)
 - (산업) 불량률·리드타임 저감 및 설비가동률 향상으로 제조 경쟁력 제고, 숙련공 암묵지의 행동모델 자산화로 수동 개입률 획기적 감축
 - (기술·정책) 국산 제조장비·표준(AAS) 기반 제조AI 생태계 확보, 탄소저감·ESG 연계,반도체·정밀의료·항공우주 등 시간/정밀도 민감 공정군으로 기술 확산

4. 연구개발목표

- 최종목표 : 전동식 워터펌프 프레스 성형 공정 등을 대상으로 Design-To-Manufacturing을 위한 융합데이터 수집 및 PA Agent 서비스 실증
 - 대규모 제조 융합데이터(시계열 물리량, 제어정보, 환경변화 등) 수집·정제
 - 제조 융합데이터 수집(센서, 네트워크, 데이터 연동·수집용 SW 및 HW)
 - 물리지능행동모델 기반의 자율제조 운영시스템 실증

○ 정량적 연구개발목표

성능지표		단위	연구개발 목표치	연구개발 전 국내 수준	세계 최고수준 (보유국/보유기관)
1	공정 데이터 수집 규모	GB/TB	95%	N/A	N/A
2	수집 데이터 신뢰성	%	95%	N/A	N/A
3	물리지능행동모델 개발 반영률	%	20%	N/A	N/A

4	모델 적용 품질 개선률	%	10%	N/A	N/A
5	공정 이상 탐지 민감도 (F1 Score)	-	0.90	0.87 (현대자동차)	0.92 (독일, 지멘스)
6	판단 기반 자동제어 실행률 (예측 → 판단 → 제어 연동 성공률)	%	≤ 92	85 (한화시스템)	95 (독일, 지멘스)

- 1) 대상 공정에서 수집 (센서)데이터로 해석할 수 있는 공정 특성이 설명되어야 하며, 데이터 특성에 따른 데이터 수집 주기를 제시하고 이에 따른 목표 데이터 규모가 제시되어야 함
- 2) 수집된 데이터의 신뢰성을 평가할 수 있는 공인된 측정 방법이 제시되어야 하며, 제시 방법을 기준으로 수집 데이터의 신뢰도 목표 수준이 제시되어야 함
- 3) 수집 데이터의 PINN 등 AI 모델 개발 활용 수준을 측정하는 지표로 미활용 데이터 수집 비율을 낮추고 AI 모델 개발 요구사항을 반영하여 수집되어야 함
- 4) 공여 데이터를 활용한 PINN 등 개발된 AI 모델의 실증 적용에 따른 공정 품질 개선률(품질 개선률 측정 방식 제시 필요)
- 5) $Precision = \frac{TP}{TP + FP}$, $Recall = \frac{TP}{TP + FN}$, $F1\ Score = \frac{2 \cdot Precision \cdot Recall}{Precision + Recall}$, 실제 이상 이벤트를 라벨링한 데이터셋 기반으로 이상 탐지 모델 실행 결과와 비교 후, F1 점수 계산하여 평가
- 6) 자동 실행률 = $\frac{\text{성공적으로 수행된 제어 명령 수}}{\text{총 실행 시도 횟수}} \times 100$, 판단 ~ 제어 루틴의 명령 로그 분석 후에 실패 명령 제외 후 성공률 계산

5. 연구개발내용

- ① (융합데이터 수집) EWP 조립·용접·시험 공정과 모터 Stator 용접 복합공정 대상 실시간 데이터 수집 체계 구축
 - 공정 데이터, 기업 데이터, 행동·영상 데이터를 시계열 기반으로 수집·정합하고 WiFi6E, AIoT, OPC-UA, MQTT, AAS, 엣지-클라우드 기반 데이터 수집·저장·관리 구조 구축
 - 데이터 표준화, 메타데이터 관리, 이력·버전 관리, 보안·접근제어 체계 구축
- ② (예측 모델 개발) EWP 조립·시험·용접 공정 및 Stator 용접 복합공정의 물리 변수 정의
 - 체결 토크, 압입 거리, 단차, 용접 전류·전압, 프레스 하중, 시험 유량·압력·온도 등 공정 변수를 기반으로 PINN 모델 개발
 - 공정 조건 변화에 따른 품질 영향 예측 및 디지털 트윈 연계 검증
 - 물리 변수-공정 조건-품질 인자 간 인과관계를 구조화한 Knowledge Graph를 설계·구축·고도화하고, PINN 추론 결과와 LAM 행동 분석 정보를 연계하는 객체·관계 기반 통합 관리 체계 구현, 복합 공정 디지털 트윈에 PINN 분석 결과 연동으로 시뮬레이션 물리 정확도·재현성 확보
- ③ (LAM 기반 행동 인식·분석 기술 개발) 작업자, 로봇, AMR, 설비 동작을 영상·센서 기반으로 수집
 - 작업 절차 준수 여부, 비정상 동작, 작업자 개입, 공정 편차 발생 원인 분석
 - 행동 데이터와 공정·기업 데이터를 연계하여 품질 이상 원인 추적
- ④ (PI-LAM 기반 PA Agent 서비스 개발) PINN 예측 결과와 LAM 행동 분석 결과를 결합하여 공정 조건 추천, 이상 원인 분석, 자동 보정 기능 구현

- 공정 조건 변경이 품질·생산성·라인 안정성에 미치는 영향을 정량 분석
- 현장 운영자 대상 시각화, 피드백 반영, D2M 연계 의사결정 기능 제공

⑤ (실증) 설계 변경 시 제조·시험 결과를 사전에 검증할 수 있는 의사결정 기반 확보

- 시험공정 디지털 트윈과 PINN 분석 결과를 연계하여 설계-제조-시험 간 피드백 루프 구현
- 공정 모듈 단위 패키지화 및 SaaS/구독형 제조 AI 서비스 확산 기반 마련

6. 지원기간/예산/추진체계/특기사항

○ 연구개발기간 : 5년 이내('26.8월~'30.12월)

○ 정부지원연구개발비

구분	기간	개월수	정부지원연구개발비(억원)
1년차	26.08~26.12	5개월	16.14
2년차	27.01~27.12	12개월	17.53
3년차	28.01~28.12	12개월	15.83
4년차	29.01~29.12	12개월	5.21
5년차	30.01~30.12	12개월	2.99
합계	26.08~30.12	53개월	57.70

* 연차별 정부 지원 연구개발비는 당해연도 예산 심의 결과에 따라 변동될 수 있음

○ 주관기관 : 제한없음

- 융합데이터 수집과 실증 환경이 제시되어야 하며, 다수 참여기관과의 연계-협력을 주도할 수 있는 주관기관 역할 필요

○ 통합형 과제 유의사항

- 본 과제는 통합형 과제로, 총괄 및 세부 과제 컨소시엄을 구성하여 신청
- 선정평가 시, 총괄 및 세부 과제 통합 선정

* (2026-피지컬AI-13)총괄/세부1 ~ (2026-피지컬AI-25)총괄/세부13

- 과제 참여를 위해 제조공정의 연구목적 데이터 공개에 대한 확약 필수, 불가 시 과제 참여에 제한이 있을 수 있음

○ 수행체계 : 주관 및 참여기관의 역할 제시 필수

- 국가균형발전 연계 : 비수도권 제조 클러스터 소재 기관의 참여와 지역 제조 생태계와의 실증 방안 제시 권고

* 수요 기업은 경남 지역 내 제조관련 기업을 권고

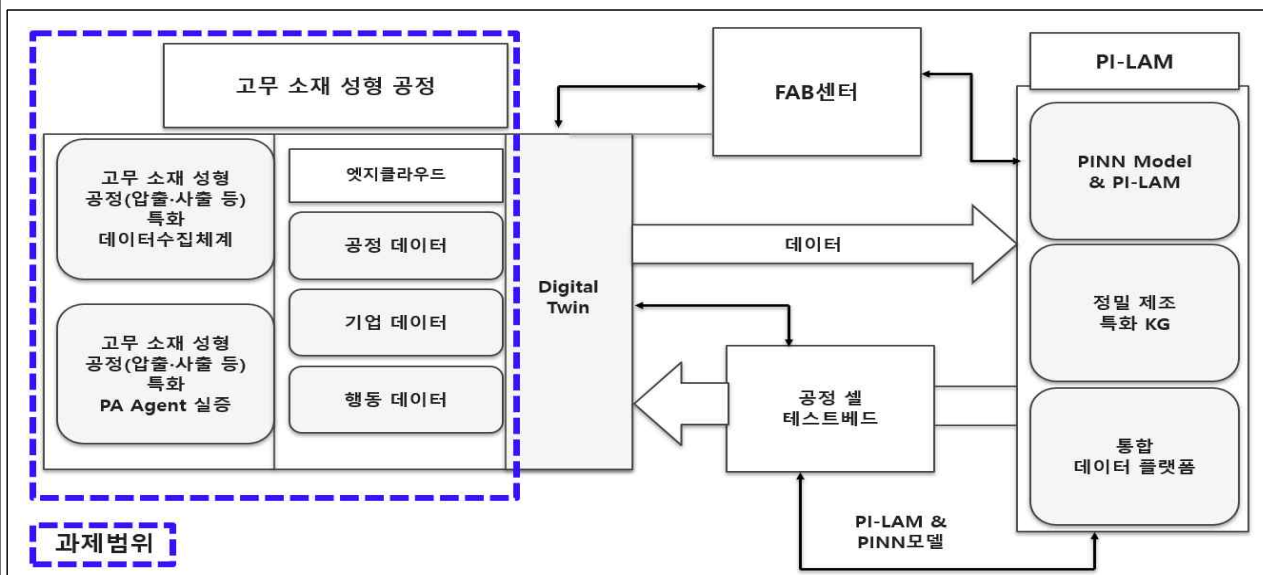
- 국무회의 의결 근거, 경남 제조업 현장에 대해 피지컬AI 학습·실증을 위한 과제 수행체계와 지역에 대한 기대효과 제시 필요
- 사업 목적 달성을 위해 선정 이후 주관/참여기관으로 구성하는 협의체 운영 예정

연구유형	기초연구 (), 응용연구 (), 개발연구 (√)	TRL (5)~(7)단계
과제특징	국무회의 의결 예비타당성조사 면제와 입지적정성(경남) 검토를 거쳐 추진	
구분	기술분야명/팀명	성명
책임PM	피지컬AI/지역AX R&D센터	이준우
담당팀장	피지컬AI/지역AX거점팀	윤정섭

관리번호	2026-피지컬AI-16	(지정공모형, 통합형 세부4)
기술분류	대분류(인공지능) - 중분류(신뢰-산업AI) - 소분류(활용-지원AI) - 세분류(산업 특화 문제 해결 기술)	
중점분야	AI(), AI반도체(), 차세대통신(), 양자(), 사이버보안(), AI·디지털융합(√)	
총괄과제명	제조 현장 융합데이터 수집 및 실증	
세부과제명	고무 소재 성형 공정 융합데이터 수집 및 실증 기술개발	

1. 개요

- (개념) 고무 압출·가류·인취·코팅·벤딩·절단 연속공정과 고무 사출성형·후가공 공정을 대상으로 실시간 공정·물리·품질 융합데이터 수집 체계를 구축하고, 품질 예측, 공정 자동화, 불량 저감, 에너지 절감 구현
 - 고무 압출연속 라인(압출·가류·인취·코팅·벤딩·절단)과 고무 사출성형 후가공 공정(단컷팅·사출 조인트·성형 코팅·조립)의 물리·제조공정 융합데이터를 실시간 수집·분석하고, PINN·PI-LAM 기반 PA(Physical AI) Agent와 AI-Embodied Digital Twin을 적용하여 정밀($\pm 0.1\text{mm}$ 이하)·고효율·친환경 공정 개선과 품질 최적화를 장기·반복 실증
 - OPC UA FX·MQTT Sparkplug·AAS(IEC 63278) 기반 표준 고속 대용량 데이터 수집 체계, Knowledge Graph(KG), 디지털 트윈, 에너지 절감·재료 재활용 시스템을 결합하여 공정 조건 자동 추론, 불량 선제 예측, 자율 제조 서비스를 실증



< 과제 개요 >

2. 현황 및 필요성

○ (기존 기술현황)

- 기존 고무압출·사출성형 공정은 온도·압력·시간 등 공정변수 제어 한계와 작업자 경험 의존 세팅으로 정밀도 저하, 재료 낭비, 초기 불량, BURR·미성형 등 품질 문제가 지속 발생(불량률12% 이상·공차 $\pm 0.3\text{mm}$ ·자동화율 40% 미만의 수작업 의존 구조)
- 압출기, 가류조, 인취기, 검사기, 사출기, 금형 등 설비가 PLC 기반 개별 제어 중심으로 운영되어 공정 간 데이터 연계와 AI·디지털 트윈 기반 통합 품질예측·제어 체계가 미흡하며, 열전달·가교/가류/경화·가황 반응·금형 유동이 연성되어 단순 통계·블랙박스 AI만으로는 조건 변경 시 예측 재현성·설명 가능성 확보가 곤란

- 해외는 PINN/PIML의 폴리머 공정(압출·사출성형·3D프린팅) 적용 연구가 급증하고 사출성형 웰드라인 예측에 PINN을 적용해 실험·해석 비용을 대폭 절감한 사례('25)가 보고되는 등 AI 적용이 확대되고 있으나, 국내 고무산업의 AI 현장 적용 사례는 부재

○ (필요성)

- 자동차·전자·의료 등 첨단산업에서 $\pm 0.1\text{mm}$ 이하 수준의 고정밀·고부가가치 고무부품 수요가 증가하고 있어, 융합데이터 기반의 실시간 공정 최적화 및 품질관리 기술 확보 필요
- AI 적용 불량률 저감, 공정 자동화, 에너지 절감 및 친환경 자율제조 체계 구축 필요
- ESG·에너지 규제, 재활용 소재 적용 확대에 대응하기 위해 공정 품질·정밀도·에너지·재료 활용률을 동시에 최적화하는 Material-Driven Manufacturing 기반 자율·협업 공정 전환 필요

3. 수요분석 및 기대효과

- (수요분석) 자동차·전자·의료기기·항공 등 고정밀 고무 부품 수요 산업과 고무 성형·가공 중소·중견기업이 수요처이며, 수요기업은 고무 압출연속 라인과 사출성형 후가공 공정으로 단계적 확산 가능

○ (기대효과)

- (산업) 불량률·리드타임 저감 및 설비 가동률 향상으로 제조 경쟁력을 제고할 수 있으며, 숙련자의 행동을 자산화 함으로써 생산성 향상에 기여 기대
- (기술·정책) 국산 제조장비·표준(AAS) 기반 제조AI 생태계 확보, 탄소저감·ESG 연계, 반도체·정밀의료·항공우주 등 시간/정밀도 민감 공정군으로 기술 확산

4. 연구개발목표

○ 최종목표

- 물리지능행동모델 기반 정밀 고무압출·사출성형 통합 공정 플랫폼 시스템 기술 개발
- 대규모 제조 융합데이터(시계열 물리량, 제어정보, 환경변화 등) 수집·정제
- 제조 현장 융합데이터 수집 인프라(센서, 네트워크, 데이터 연동·수집용 SW 및 HW)
- 물리지능행동모델기반의 자율제조 운영시스템 실증

○ 정량적 연구개발목표

성능지표		단위	연구개발 목표치	연구개발 전 국내 수준	세계 최고수준 (보유국/보유기관)
1	공정 데이터 수집 규모	GB/TB	95%	N/A	N/A
2	수집 데이터 신뢰성	%	95%	N/A	N/A
3	물리지능행동모델 개발 반영률	%	20%	N/A	N/A
4	모델 적용 품질 개선률	%	10%	N/A	N/A
5	제품 외형 공차($\pm\text{mm}$)	mm	± 0.1 이하	$\pm 0.3\text{mm}$	CooperStandard $\pm 0.15\text{mm}$
6	전체 생산 대비 불량률(%)	%	2 이하	12%	CooperStandard 5% 이하

- 1) 대상 공정에서 수집 (센서)데이터로 해석할 수 있는 공정 특성이 설명되어야 하며, 데이터 특성에 따른 데이터 수집 주기를 제시하고 이에 따른 목표 데이터 규모가 제시되어야 함
- 2) 수집된 데이터의 신뢰성을 평가할 수 있는 공인된 측정 방법이 제시되어야 하며, 제시 방법을 기준으로 수집 데이터의 신뢰도 목표 수준이 제시되어야 함
- 3) 수집 데이터의 PINN 등 AI 모델 개발 활용 수준을 측정하는 지표로 미활용 데이터 수집 비율을 낮추고 AI 모델 개발 요구사항을 반영하여 수집되어야 함
- 4) 공여 데이터를 활용한 PINN 등 개발된 AI 모델의 실증 적용에 따른 공정 품질 개선률(품질 개선률 측정 방식 제시 필요)
- 5) 동일 공정 또는 동일 제품을 대상으로 객관적 공차 측정 방법 제시 필요
- 6) 월간 또는 분기 등 기간내 불량률 산출 방법 제시 필요

5. 연구개발내용

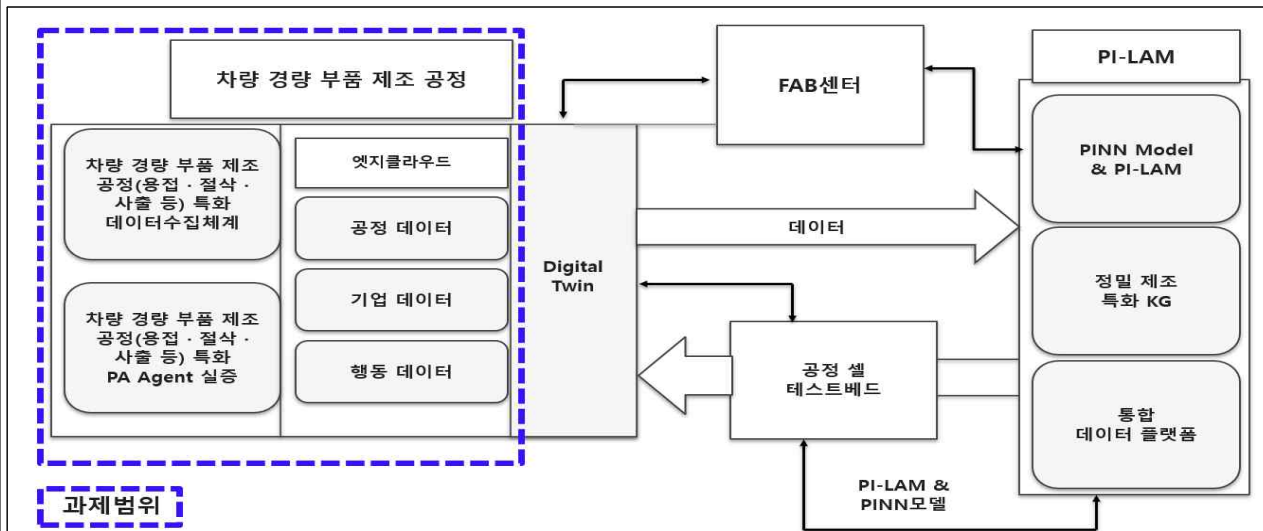
- ① **(융합데이터 수집)** 압출, 가류, 인취, 코팅, 벤딩, 절단 등 고무 압출연속라인의 설비·센서·품질 데이터 수집
 - 단컷팅, 사출 조인트, 성형 코팅, 조립 등 고무 사출성형 후가공 공정 데이터 수집
 - 온도, 압력, 진동, 모터 부하, 속도, 전력, 품질 검사 결과, 생산량, 에너지 사용량 등 물리·제조공정 데이터 통합
 - OPC-UA, MQTT 등 산업표준 프로토콜과 AAS 기반의 고속·대용량 데이터 수집 체계 구축
- ② **(예측 모델 개발)** 열전달, 유변학, 가황 반응, 점탄성, 금형 유동, Die Swell 등 핵심 물리 현상 반영
 - 압출기 토출 온도·압력, 다이스 출구 속도, 단면 형상 변형, Die Swell 발생량 예측
 - 가류 공정의 제품 표면·내부 온도, 가황도, 백화·미가류·과가류 위험도 예측
 - 사출성형 공정의 금형 내 충전 균일성, 사출 압력·속도, BURR, 미성형, 양부족 가능성 예측
 - 열전달-가황 반응-점탄성 거동 연성 PINN과 사출 금형 유동·열·가황 모델을 공정별 기초 모델 → 다중 공정 통합 모델 → 공동 PINN 파운데이션 모델로 단계 고도화하고, 공정변수-물성-품질-설비상태-작업조건 인과관계를 구조화한 KG를 설계·구축·고도화
- ③ **(PI-LAM 기반 PA Agent 서비스 개발)** PINN 예측 결과와 실시간 센서·비전·품질 데이터를 활용하여 공정 조건 자동 추천 및 보정
 - 압출기 RPM, 온조기 온도, UHF 출력, 가류조 온도, 풍량, 인취 텐션, 사출 압력 등 제어값 최적화
 - Golden Dataset 기반 품종별 최적 레시피 추천
 - 이상 징후 사전 감지, 원인 분석, 리스크 알림, 페루프 피드백 제어 기능 구현
- ④ **(실증)** PINN 탑재형 압출기, UHF/HAV 가류조, 인취기, 3D 단면검사 및 피드백 시스템, 사출성형기, Flashless 금형 개발
 - G/R 조인트 자동화 설비 및 B/SIDE 후가공 압출 일관화 설비 개발
 - 엣지-클라우드 연계 실시간 제어, PA-Agent 기반 자율 운전, Dark Factory 모델라인 실증

6. 지원기간/예산/추진체계/특기사항																																																	
○ 연구개발기간 : 5년 이내('26.8월~'30.12월) ○ 정부지원연구개발비 <table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>기간</th> <th>개월수</th> <th>정부지원연구개발비(억원)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1년차</td> <td>26.08~26.12</td> <td>5개월</td> <td>15.96</td> </tr> <tr> <td>2년차</td> <td>27.01~27.12</td> <td>12개월</td> <td>17.59</td> </tr> <tr> <td>3년차</td> <td>28.01~28.12</td> <td>12개월</td> <td>15.84</td> </tr> <tr> <td>4년차</td> <td>29.01~29.12</td> <td>12개월</td> <td>5.22</td> </tr> <tr> <td>5년차</td> <td>30.01~30.12</td> <td>12개월</td> <td>3.19</td> </tr> <tr> <td>합계</td> <td>26.08~30.12</td> <td>53개월</td> <td>57.80</td> </tr> </tbody> </table> * 연차별 정부 지원 연구개발비는 당해연도 예산 심의 결과에 따라 변동될 수 있음 ○ 주관기관 : 제한없음 - 융합데이터 수집과 실증 환경이 제시되어야 하며, 다수 참여기관과의 연계-협력을 주도할 수 있는 주관기관 역할 필요 ○ 통합형 과제 유의사항 - 본 과제는 통합형 과제로, 총괄 및 세부 과제 컨소시엄을 구성하여 신청 - 선정평가 시, 총괄 및 세부 과제 통합 선정 * (2026-피지컬AI-13)총괄/세부1 ~ (2026-피지컬AI-25)총괄/세부13 - 과제 참여를 위해 제조공정의 연구목적 데이터 공개에 대한 확약 필수, 불가 시 과제 참여에 제한이 있을 수 있음 ○ 수행체계 : 주관 및 참여기관의 역할 제시 필수 - 국가균형발전 연계 : 비수도권 제조 클러스터 소재 기관의 참여와 지역 제조 생태계와의 실증 방안 제시 권고 * 수요 기업은 경남 지역 내 제조관련 기업을 권고 - 국무회의 의결 근거, 경남 제조업 현장에 대해 피지컬AI 학습·실증을 위한 과제 수행체계와 지역에 대한 기대효과 제시 필요 - 사업 목적 달성을 위해 선정 이후 주관/참여기관으로 구성하는 협의체 운영 예정 <table border="1"> <tr> <td>연구유형</td> <td>기초연구 (), 응용연구 (), 개발연구 (√)</td> <td>TRL (5)~(7)단계</td> </tr> <tr> <td>과제특징</td> <td colspan="2">국무회의 의결 예비타당성조사 면제와 입지적정성(경남) 검토를 거쳐 추진</td> </tr> <tr> <td></td> <td>구분</td> <td>기술분야명/팀명</td> <td>성명</td> </tr> <tr> <td></td> <td>책임PM</td> <td>피지컬AI/지역AX R&D센터</td> <td>이준우</td> </tr> <tr> <td></td> <td>담당팀장</td> <td>피지컬AI/지역AX거점팀</td> <td>윤정섭</td> </tr> </table>				구분	기간	개월수	정부지원연구개발비(억원)	1년차	26.08~26.12	5개월	15.96	2년차	27.01~27.12	12개월	17.59	3년차	28.01~28.12	12개월	15.84	4년차	29.01~29.12	12개월	5.22	5년차	30.01~30.12	12개월	3.19	합계	26.08~30.12	53개월	57.80	연구유형	기초연구 (), 응용연구 (), 개발연구 (√)	TRL (5)~(7)단계	과제특징	국무회의 의결 예비타당성조사 면제와 입지적정성(경남) 검토를 거쳐 추진			구분	기술분야명/팀명	성명		책임PM	피지컬AI/지역AX R&D센터	이준우		담당팀장	피지컬AI/지역AX거점팀	윤정섭
구분	기간	개월수	정부지원연구개발비(억원)																																														
1년차	26.08~26.12	5개월	15.96																																														
2년차	27.01~27.12	12개월	17.59																																														
3년차	28.01~28.12	12개월	15.84																																														
4년차	29.01~29.12	12개월	5.22																																														
5년차	30.01~30.12	12개월	3.19																																														
합계	26.08~30.12	53개월	57.80																																														
연구유형	기초연구 (), 응용연구 (), 개발연구 (√)	TRL (5)~(7)단계																																															
과제특징	국무회의 의결 예비타당성조사 면제와 입지적정성(경남) 검토를 거쳐 추진																																																
	구분	기술분야명/팀명	성명																																														
	책임PM	피지컬AI/지역AX R&D센터	이준우																																														
	담당팀장	피지컬AI/지역AX거점팀	윤정섭																																														

관리번호	2026-피지컬AI-17	(지정공모형, 통합형 세부5)
기술분류	대분류(인공지능) - 중분류(신뢰-산업AI) - 소분류(활용-지원AI) - 세분류(산업 특화 문제 해결 기술)	
중점분야	AI(), AI반도체(), 차세대통신(), 양자(), 사이버보안(), AI·디지털융합(√)	
총괄과제명	제조 현장 융합데이터 수집 및 실증	
세부과제명	차량 경량 부품 제조 공정 융합데이터 수집 및 실증 기술개발	

1. 개요

- (개념) 자동차 현가·조향 부품의 정밀가공-압입 조립 공정을 대상으로 가공 품질 데이터와 조립 하중·변위 데이터를 부품 단위로 연계하고, 물리 기반 예측모델을 통해 가공-조립 변동성 전파 분석, 조립 하중 분산 저감, 공정 안정도 개선 구현
 - 경량 소재 적용이 확대되는 현가·조향 계열 부품의 정밀가공(절삭)-압입(Press-fit) 조립 공정에서 부품 단위 1:1 정합 융합데이터를 수집하고, 탄성-소성 전이 특성을 반영한 물리 내재형 PINN·PI-LAM 모델로 가공-조립 간 변동성 전파 구조를 정량 규명하여 조립 하중 분산 저감과 공정 안정도(Cpk) 향상을 실증하는 융접·절삭·사출 공정용 능동형 생산체계 구축
 - AAS (IEC 63278)·OPC-UA/OPC UA FX·MQTT 기반 표준 데이터 수집, Knowledge Graph(KG) 및 승인형 조건 제안 엔진(Human-in-the-loop)을 결합하여, 완전 자율 제어가 아닌 작업자·공정 관리자 승인 절차를 포함한 능동형 운영 구조로 공구 교체 권고, 절삭 조건 조정안, 생산 조건 시뮬레이션을 제시·적용



< 과제 개요 >

2. 현황 및 필요성

○ (기존 기술현황)

- 자동차 현가·조향 부품은 정밀가공과 압입 조립 공정이 개별 관리되고 있어, 홀 직경·진원도·표면조도 등 가공 품질 변동이 조립 하중 분산으로 전파되는 구조를 정량 분석하기 어려우며, 공정 안정도(Cpk)는 1.2~1.3 수준에 머물
- 압입 조립은 탄성 접촉 구간에서 항복 이후 소성 변형 구간으로 전이되는 비선형 거동을 보이나, 현장의 하중 관리가 경험적 기준·단순 통계에 의존하여 탄성-소성 전이 조건을 반영한 물리 기반 해석과 설명 가능한 예측 체계가 미흡하고, 공구 교체·

절삭 조건 관리도 주기·경험 의존적

- 해외는 탄성-소성 구성방정식(Prandtl-Reuss 등)을 손실함수에 내재화한 PINN으로 접촉 하중 하 잔류응력을 8% 미만 오차로 예측하고 마찰계수를 역추정하는 연구('25), 대변형 접촉 문제용 에너지 기반 PINN ('25) 등 물리 내재형 고체역학 AI가 빠르게 발전 중이나, 가공-조립 연계 실공정 기반의 변동성 전과 인과 모델 현장 레퍼런스는 부재

○ (필요성)

- 가공-조립 데이터를 부품 단위로 연계하고, 탄성-소성 전이 구간을 반영한 AI 기반 예측모델을 통해 조립 하중 분산 저감 및 공정 안정도 개선 필요
- 간접 기반 체결 구조에서는 미세 형상·표면 특성 차이가 하중 거동에 영향을 주므로, 부품 단위 추적(Traceability) 기반으로 가공 품질 지표와 조립 F-D 곡선 특징량을 연계하고 변동성 전과 메커니즘을 인과 구조로 규명하는 기술 개발 필요
- 탄성-소성 전이·접촉 마찰·항복 조건을 모델 구조에 제약으로 반영한 물리 내재형 예측과 승인 기반 의사결정 지원을 통해 사후 불량 대응 중심에서 사전 변동 관리 체계로 전환 필요

3. 수요분석 및 기대효과

- (수요분석) 현가·조향 계열 부품을 생산하는 1·2차 협력 제조기업, 정밀가공·압입 조립 공정을 운영하는 중견·중소 제조기업, 가공-조립 통합 품질 관리 및 Cpk 개선이 요구되는 양산 라인 운영 기업이 실증 수요를 보유하며, 정밀가공 라인과 조립라인 및 가공-조립 복합 라인으로 단계적 확산되는 등 통합 운영 수요 점증

○ (기대효과)

- (산업) 불량률·리드타임 저감 및 설비 가동률 향상으로 제조 경쟁력을 제고할 수 있으며, 숙련자의 행동을 자산화 함으로써 생산성 향상에 기여 기대
- (기술·정책) 국산 제조장비·표준(AAS) 기반 제조AI 생태계 확보, 탄소저감·ESG 연계, 반도체·정밀의료·항공우주 등 시간/정밀도 민감 공정군으로 기술 확산

4. 연구개발목표

○ 최종목표

- 물리 인과 기반 가공-조립 통합 제조운영 실증 시스템 기술 개발
- 대규모 제조 융합데이터(시계열 물리량, 제어정보, 환경변화 등) 수집·정제
- 제조 현장 융합데이터 수집 인프라(센서, 네트워크, 데이터 연동·수집용 SW 및 HW)
- 물리지능행동모델기반의 자율제조 운영시스템 실증

○ 정량적 연구개발목표

성능지표		단위	연구개발 목표치	연구개발 전 국내 수준	세계 최고수준 (보유국/보유기관)
1	공정 데이터 수집 규모	GB/TB	95%	N/A	N/A
2	수집 데이터 신뢰성	%	95%	N/A	N/A
3	물리지능행동모델 개발 반영률	%	20%	N/A	N/A

4	모델 적용 품질 개선률	%	10%	N/A	N/A
5	가공 핵심 특성 LOT 간 표준편차	%	20 이상 감소	$\pm 30\%$ 수준(현대모비스·한운)	$\pm 20\%$ 이내(Bosch·ZF)
6	가공-조립 데이터 정합률	%	98이상	95% 수준(현대위아MES)	98% 이상(Bosch Rexroth)

- 1) 대상 공정에서 수집 (센서)데이터로 해석할 수 있는 공정 특성이 설명되어야 하며, 데이터 특성에 따른 데이터 수집 주기를 제시하고 이에 따른 목표 데이터 규모가 제시되어야 함
- 2) 수집된 데이터의 신뢰성을 평가할 수 있는 공인된 측정 방법이 제시되어야 하며, 제시 방법을 기준으로 수집 데이터의 신뢰도 목표 수준이 제시되어야 함
- 3) 수집 데이터의 PINN 등 AI 모델 개발 활용 수준을 측정하는 지표로 미활용 데이터 수집 비율을 낮추고 AI 모델 개발 요구사항을 반영하여 수집되어야 함
- 4) 공여 데이터를 활용한 PINN 등 개발된 AI 모델의 실증 적용에 따른 공정 품질 개선률(품질 개선률 측정 방식 제시 필요)
- 5) 개발 전 3개월 이상 동일 공정 조건에서 생산된 데이터와 개발 후 파일럿 라인 적용 데이터를 비교하여, 홀 직경·진원도·표면조도 등 핵심 특성의 LOT 단위 표준편차를 산출. 표준편차는 LOT 단위 평균값이 아닌 개별 생산 데이터 기반으로 계산하며, 개발 전 대비 감소율을 산정. 통계적 유의성 확보를 위해 95% 신뢰수준에서 분산 비교(F-test)를 수행
- 6) 전체 생산 부품 중 가공 데이터와 조립 데이터가 정상적으로 매칭된 건수를 집계하고, 전체 생산 수 대비 정합 성공률을 산출. 데이터 누락, ID 불일치, 시간 불일치, 통신 오류 등을 모두 포함하여 정합 실패율을 계산. 최소 3개월 이상의 파일럿 운영 데이터를 기준으로 평가

5. 연구개발내용

- ① **(융합데이터 수집)** 정밀가공 및 압입 조립 공정의 설비·품질·하중 데이터를 부품 단위로 연계하는 데이터 수집 체계 구축
 - 홀 직경, 진원도, 동심도, 표면조도, 공구 마모, 압입 하중-변위 곡선 등 핵심 데이터를 수집·정합
 - AIoT 센서, OPC-UA, AAS 기반 표준화 데이터 수집 및 부품 단위 1:1 Traceability 체계 구축
- ② **(예측 모델 개발)** 압입 공정의 탄성-소성 전이 특성과 접촉·마찰 조건을 반영한 물리 내재형 예측모델 개발
 - 탄성 구간, 항복 전이 구간, 최대 하중, 하중 기울기, 에너지 적분값 등 조립 거동 지표 정의
 - 조립 하중 분산 및 전이 구간을 예측하여 공정 안정도 저하 가능성을 사전 분석하고, 용접·절삭·사출 연속공정용 공동 PINN 모델을 기초 설계(1차)-실증·공정 개선(2차)-고도화(3차)로 발전, 공정조건-품질-F-D 거동-Cpk 인과관계를 구조화한 KG를 설계·구축하여 PINN 추론과PI-LAM 행동 분석을 연계
- ③ **(분석 기술 개발)** 가공 품질 변동이 조립 하중 분산과 LOT 간 품질 편차에 미치는 영향을 정량 분석
 - 가공 조건, 공구 상태, 품질 피처와 조립 F-D 곡선 간 상관·인과 구조 분석
 - LOT 단위 변동성 전파 경로와 조립 하중 분산 원인 규명
- ④ **(PI-LAM 기반 PA Agent 서비스 개발)** PINN 예측 결과를 기반으로 공정 조건 개선안을 제안하는 Human-in-the-loop형 PA Agent 개발
 - 공구 교체 시점, 절삭 조건 조정, 공정 편차 관리 기준 재설정 등 조건 제안
 - 작업자 승인 기반의 현장 피드백 및 조건 적용 체계 구축

- ⑤ (실증) 파일럿 라인 실증을 통해 가공-조립 통합 공정 안정도 관리체계 검증
- 조립 하중 표준편차 저감, Cpk 개선, 데이터 정합률 향상 등 성능 검증
 - PA Agent Platform 사업화 및 유사 압입·체결 공정 확산 기반 마련

6. 지원기간/예산/추진체계/특기사항

○ 연구개발기간 : 5년 이내('26.8월~'30.12월)

○ 정부지원연구개발비

구분	기간	개월수	정부지원연구개발비(억원)
1년차	26.08~26.12	5개월	15.71
2년차	27.01~27.12	12개월	17.60
3년차	28.01~28.12	12개월	16.07
4년차	29.01~29.12	12개월	5.23
5년차	30.01~30.12	12개월	3.19
합계	26.08~30.12	53개월	57.80

* 연차별 정부 지원 연구개발비는 당해연도 예산 심의 결과에 따라 변동될 수 있음

○ 주관기관 : 제한없음

- 융합데이터 수집과 실증 환경이 제시되어야 하며, 다수 참여기관과의 연계-협력을 주도할 수 있는 주관기관 역할 필요

○ 통합형 과제 유의사항

- 본 과제는 통합형 과제로, 총괄 및 세부 과제 컨소시엄을 구성하여 신청
- 선정평가 시, 총괄 및 세부 과제 통합 선정

* (2026-피지컬AI-13)총괄/세부1 ~ (2026-피지컬AI-25)총괄/세부13

- 과제 참여를 위해 제조공정의 연구목적 데이터 공개에 대한 확약 필수, 불가 시 과제 참여에 제한이 있을 수 있음

○ 수행체계 : 주관 및 참여기관의 역할 제시 필수

- 국가균형발전 연계 : 비수도권 제조 클러스터 소재 기관의 참여와 지역 제조 생태계와의 실증 방안 제시 권고

* 수요 기업은 경남 지역 내 제조관련 기업을 권고

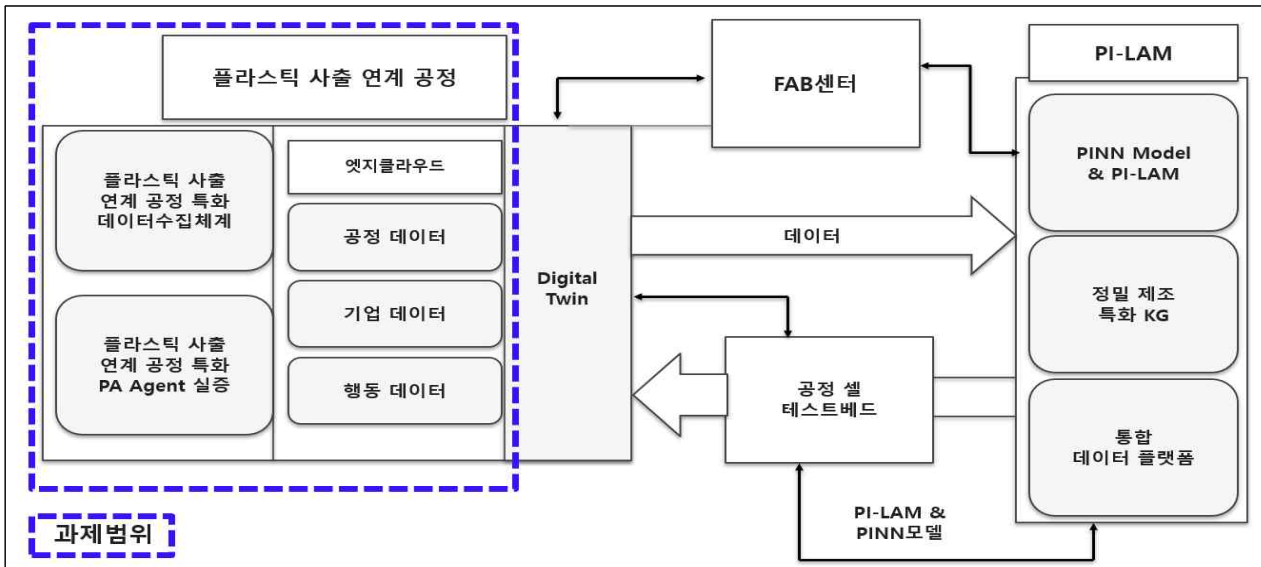
- 국무회의 의결 근거, 경남 제조업 현장에 대해 피지컬AI 학습·실증을 위한 과제 수행체계와 지역에 대한 기대효과 제시 필요
- 사업 목적 달성을 위해 선정 이후 주관/참여기관으로 구성하는 협의체 운영 예정

연구유형	기초연구 (), 응용연구 (), 개발연구 (√)	TRL (5)~(7)단계
과제특징	국무회의 의결 예비타당성조사 면제와 입지적정성(경남) 검토를 거쳐 추진	
구분		기술분야명/팀명
책임PM		성명
담당팀장		
		이준우
		윤정섭

관리번호	2026-피지컬AI-18	(지정공모형, 통합형 세부6)
기술분류	대분류(인공지능) - 중분류(신뢰-산업AI) - 소분류(활용-지원AI) - 세분류(산업 특화 문제 해결 기술)	
중점분야	AI(), AI반도체(), 차세대통신(), 양자(), 사이버보안(), AI·디지털융합(√)	
총괄과제명	제조 현장 융합데이터 수집 및 실증	
세부과제명	플라스틱 사출 연계 공정 융합데이터 수집 및 실증 기술개발	

1. 개요

- (개념) 플라스틱 사출성형 및 연계공정을 대상으로 온도·압력·속도·보압·냉각·품질 데이터를 수집하고, PINN·LAM 기반 예측제어와 안전 적용체계를 통해 불량 저감, 품질 안정화 구현
 - 사출성형 공정과 연계 공정(자재투입·검사·조립·적재)의 공정·기업·이벤트/행동 융합데이터를 현장-엣지-클라우드 3계층으로 통합 수집·표준화하고, PINN·PI-LAM (물리지능행동모델) 기반 Physical AI Agent로 불량·품질편차·비계획 정지를 예측·저감하는 정밀 생산예측·폐루프(Closed-loop) 제어 체계 구축
 - AAS(IEC 63278) 기반 자산·공정 메타모델, EUROMAP 77/83 (OPC 40077/40083)·OPC UA FX·MQTT 기반 사출기-주변설비-MES 연동, Knowledge Graph, Apply/Hold/Fallback 안전 정책을 결합한 사출설비 탑재형 Edge AI 예측제어 스테이션 및 Scale-up Package 장기·반복 실증



< 과제 개요 >

2. 현황 및 필요성

- (기존 기술현황) 플라스틱 사출 공정은 온도·압력·속도·보압·냉각 등 핵심 변수의 미세 변동이 치수·중량·외관·수축·웰드라인 품질에 직접 영향을 미치나, 현재는 설비·금형·검사·조립 데이터가 분산 관리되고 경험 기반 세팅과 사후 대응 중심으로 운영되어 초기 불량·반복 세팅·비계획 정지 손실이 누적됨
 - 설비(사출기)·금형·센서·환경·후속공정(검사/조립/적재) 데이터가 개별·단편적으로 저장되고 시간정합/동기화·식별체계(설비ID/금형ID/샷/로트)·표준 태깅이 미흡하여 원인-결과 추적 및 공정 최적화/예지보전 고도화에 한계가 존재
 - 데이터의 신뢰성·일관성·가용성 부족으로 인해 이상치 탐지, 품질 예측, 공정 개선을 위한 AI·디지털트윈 적용에 큰 어려움

- 숙련 인력의 퇴직, 신규 인력의 부족 등으로 생산성·품질관리의 노하우 단절, 업무 표준화 미흡 문제가 점차 심화

- **(필요성)** 사출 및 연계공정 데이터를 실시간 수집·정합하고, 물리 법칙을 내재화한 PINN, 이벤트/행동 기반 PI-LAM, 현장 적용용 PA Agent를 결합하여 변동을 실시간 예측·권고·안전 적용(Apply/Hold/Fallback)함으로써 불량 저감, 품질 안정화, OEE 개선 필요
 - 사출 성형 공정에서는 온도, 압력 등 다양한 변수의 변동을 신속하게 파악하지 못할 경우 불량률 증가, 품질 저하, 생산 손실 등 문제가 지속적으로 발생하므로 대응 방안이 필요
 - 상용 CAE는 설계/사전검토에는 유효하나, 현장 운전 중 변동(재료 로트·금형 열상태·설비 편차)을 반영한 온라인 상태추정·예측 및 페루프 제어 입력 산출에는 한계가 있어, 물리 제약을 내재화한 PINN 기반 모델과 행동/조치 최적화(LAM)의 융합이 필요

3. 수요분석 및 기대효과

- **(수요분석)** 플라스틱 사출성형으로 제품을 생산하는 자동차 및 가전/전자 1·2차 협력기업, 사출성형기 제조기업, 금형 제조 중소중견기업이 실증 수요를 보유
- **(기대효과)** 불량률·리드타임 저감 및 설비가동률 향상으로 제조 경쟁력 제고, 숙련공 암묵지의 행동모델 자산화로 수동 개입률 획기적 감축
 - 설비 예지보전, 공정 이상 원인 분석과 함께 권고 조건/보정값(제어입력) 제시를 통한 의사결정 지원으로 업무 효율성과 생산성 향상 가능
 - 불량률 감소, UPH(시간당 생산량) 증대, OEE 향상 및 비계획정지 감소를 통한 비용 절감과 전사적 경쟁력 강화
 - 축적된 데이터 기반 공정 최적화·품질 개선 컨설팅, SaaS 형태의 클라우드 서비스 사업화 등 다양한 비즈니스 모델 확장 가능

4. 연구개발목표

○ 최종목표

- 사출성형 및 연계공정의 실시간 변동을 예측·권고·안전 적용하는PINN·PI-LAM 기반 Edge AI 예측제어 스테이션 및 통합관계 플랫폼 개발

○ 정량적 연구개발목표

성능지표		단위	연구개발 목표치	연구개발 전 국내 수준	세계 최고수준 (보유국/보유기관)
1	공정 데이터 수집 규모	GB/TB	95%	N/A	N/A
2	수집 데이터 신뢰성	%	95%	N/A	N/A
3	물리지능행동모델 개발 반영률	%	20%	N/A	N/A
4	모델 적용 품질 개선률	%	10%	N/A	N/A

5	제어입력 레이턴시(Fast-Path)	ms	100이하	150ms 내외(수동·롤 기반)	100ms 내외 (ENGEL iQ 자사 폐쇄형)
6	설비 가동률(Availability)	%	95이상	85~90%(국내 양산 사출공장)	90~95% (글로벌 선도 공장)

- 1) 대상 공정에서 수집 (센서)데이터로 해석할 수 있는 공정 특성이 설명되어야 하며, 데이터 특성에 따른 데이터 수집 주기를 제시하고 이에 따른 목표 데이터 규모가 제시되어야 함
- 2) 수집된 데이터의 신뢰성을 평가할 수 있는 공인된 측정 방법이 제시되어야 하며, 제시 방법을 기준으로 수집 데이터의 신뢰도 목표 수준이 제시되어야 함
- 3) 수집 데이터의 PINN 등 AI 모델 개발 활용 수준을 측정하는 지표로 미활용 데이터 수집 비율을 낮추고 AI 모델 개발 요구사항을 반영하여 수집되어야 함
- 4) 공여 데이터를 활용한 PINN 등 개발된 AI 모델의 실증 적용에 따른 공정 품질 개선률(품질 개선률 측정 방식 제시 필요)
- 5) 실서비스와 동일한 인프라·SW 스택 환경을 구축하고, OpenTelemetry 등 고정밀 도구를 활용해 입력 (\$T_0\$)부터 반환(\$T_1\$)까지의 측정 포인트를 설정. 시나리오 실행 및 데이터 분석: 변수 및 동시 요청 수별 반복 테스트를 통해 데이터를 수집한 뒤, 평균 및 백분위수(P95, P99) 통계 지표를 산출하여 SLA 충족 여부를 판단. 병목 분석 및 최적화: 히스토그램과 분산 트레이싱으로 구간별 병목을 식별하고, 이를 튜닝한 후 재측정하여 시스템 성능을 최종 검증
- 6) 연구개발 결과물 적용에 따른 설비 가동률을 월 또는 분기 등 기간에 대한 개선률로 제시 필요

○ 공통 요구사항

- (무빙타겟) 기술 진화가 빠르게 전개되는 분야임을 감안하여, 기술 환경 변화를 반영하기 위한 연구개발 추진 체계 제시
- (사업화·상용화) 연구개발 결과물의 산업 확산에 대한 사업화·상용화 방안 제시

5. 연구개발내용

- ① **(융합데이터 수집)** 사출성형 및 자재 투입·검사·조립·적재 공정의 실시간 데이터 수집 체계 구축
 - 사출기/금형 온도 및 압력, 냉각수 온도, 사출 속도, 보압, 설비 상태, 품질 검사 결과 등 공정 데이터를 현장-Edge-Cloud 기반으로 수집·정합
 - 설비ID, 금형ID, 샷/로트ID, 제품ID 기반 표준 태깅 및 데이터 사전 구축
- ② **(예측 모델 개발)** 물리 법칙을 반영한 사출성형 상태추정·품질예측 모델 개발
 - 캐비티 압력·온도, $V \rightarrow P$ 전환, 보압 프로파일, 냉각 조건 등 핵심 변수를 기반으로 공정 품질과 이상 징후 예측
 - 디지털 트윈과 연계하여 공정 조건 변화에 따른 품질 영향·생산성 변화를 사전 검증하고, 물리 변수-공정 조건-품질 인자-행동·조치 간 인과관계를 구조화 한 Knowledge Graph를 설계·구축·고도화하여 PINN 추론과 PI-LAM 의사결정을 연계 (금형4종 이상·다모델 강건성, 수지 로트 변화 대응)
- ③ **(분석 기술 개발)** 설비 동작, 작업 이벤트, 자재 이동, 작업자 개입 등 비정형 데이터를 수집·라벨링
 - 공정 이상, 반복 세팅, 금형 교체, 품질 이슈 등 이벤트를 분석하여 원인 후보와 조치 시나리오 도출
 - PINN 예측 결과와 연계하여 공정 이상 대응 및 의사결정 지원
- ④ **(PI-LAM 기반 PA Agent 서비스 개발)** PINN 시뮬레이션 결과를 Edge에서 실시간 처리하여 제어입력·권고값 산출
 - $\leq 10\text{ms}$ 급 실시간 예측제어를 목표로 $V \rightarrow P$ 전환, 보압, 냉각 조건 등 최소 페루프

- 제어 시나리오부터 단계 적용
- Apply/Hold/Fallback, 페일세이프, 롤백 기능을 포함한 안전 적용체계 구현
- ⑤ (실증) 사출설비 탑재형 Edge AI 스테이션과 통합관제 플랫폼 실증·사업화 기반 마련
- Self-Evolving Agent, 모델팩, 표준 어댑터, 검증도구, 운영가이드를 포함한 Scale-up Package 개발
 - 다설비·다라인 확산을 통해 Zero Downtime Manufacturing 및 사출공정 AI 서비스화 기반 확보

6. 지원기간/예산/추진체계/특기사항

○ 연구개발기간 : 5년 이내('26.8월~'30.12월)

○ 정부지원연구개발비

구분	기간	개월수	정부지원연구개발비(억원)
1년차	26.08~26.12	5개월	10.61
2년차	27.01~27.12	12개월	15.17
3년차	28.01~28.12	12개월	16.62
4년차	29.01~29.12	12개월	10.71
5년차	30.01~30.12	12개월	4.29
합계	26.08~30.12	53개월	57.40

* 연차별 정부 지원 연구개발비는 당해연도 예산 심의 결과에 따라 변동될 수 있음

○ 주관기관 : 제한없음

- 융합데이터 수집과 실증 환경이 제시되어야 하며, 다수 참여기관과의 연계-협력을 주도할 수 있는 주관기관 역할 필요

○ 통합형 과제 유의사항

- 본 과제는 통합형 과제로, 총괄 및 세부 과제 컨소시엄을 구성하여 신청
- 선정평가 시, 총괄 및 세부 과제 통합 선정

* (2026-피지컬AI-13)총괄/세부1 ~ (2026-피지컬AI-25)총괄/세부13

- 과제 참여를 위해 제조공정의 연구목적 데이터 공개에 대한 확약 필수, 불가 시 과제 참여에 제한이 있을 수 있음

○ 수행체계 : 주관 및 참여기관의 역할 제시 필수

- 국가균형발전 연계 : 비수도권 제조 클러스터 소재 기관의 참여와 지역 제조 생태계와의 실증 방안 제시 권고

* 수요 기업은 경남 지역 내 제조관련 기업을 권고

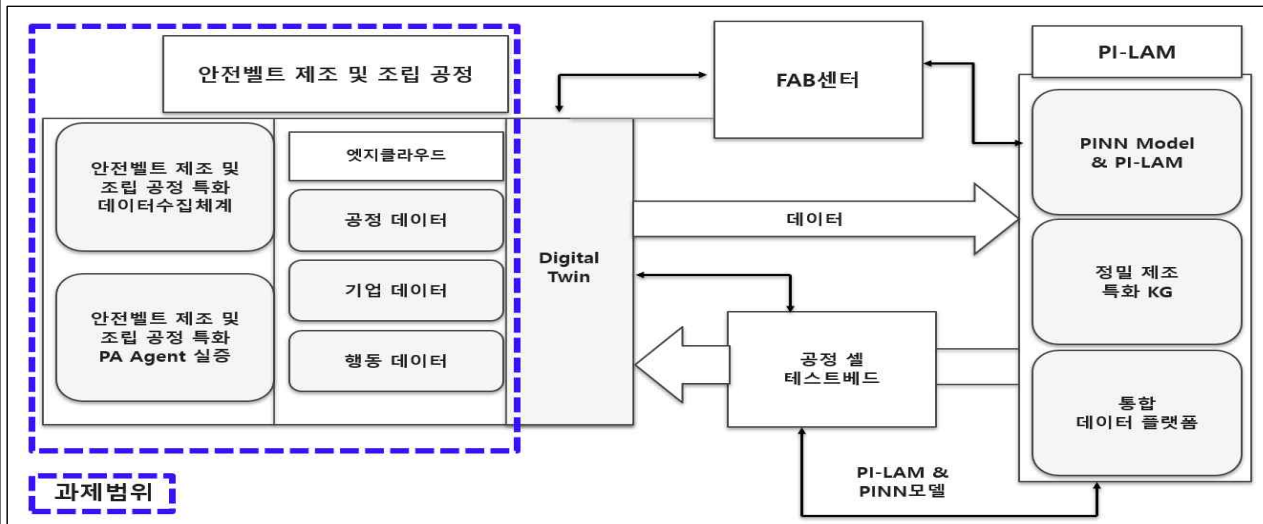
- 국무회의 의결 근거, 경남 제조업 현장에 대해 피지컬AI 학습·실증을 위한 과제 수행체계와 지역에 대한 기대효과 제시 필요
- 사업 목적 달성을 위해 선정 이후 주관/참여기관으로 구성하는 협의체 운영 예정

연구유형	기초연구 (), 응용연구 (), 개발연구 (√)	TRL (5)~(7)단계
과제특징	국무회의 의결 예비타당성조사 면제와 입지적정성(경남) 검토를 거쳐 추진	
구분		기술분야명/팀명
책임PM		피지컬AI/지역AX R&D센터
담당팀장		피지컬AI/지역AX거점팀
		성명
		이준우
		윤정섭

관리번호	2026-피지컬AI-19	(지정공모형, 통합형 세부7)
기술분류	대분류(인공지능) - 중분류(신뢰-산업AI) - 소분류(활용-지원AI) - 세분류(산업 특화 문제 해결 기술)	
중점분야	AI(), AI반도체(), 차세대통신(), 양자(), 사이버보안(), AI·디지털융합(√)	
총괄과제명	제조 현장 융합데이터 수집 및 실증	
세부과제명	안전벨트 제조 및 조립 공정 융합데이터 수집 및 실증 기술개발	

1. 개요

- (개념) 안전벨트 메인 서브라인 및 파이프 보더링 13개 공정을 대상으로 공정·설비·품질·검사 융합데이터를 수집·표준화하고, PINN 기반 품질예측·원인규정과 PI-LAM 기반 조건보정을 통해 불량 사전 차단, 예방보전, 생산성 향상 및 글로벌 확산형 플랫폼 구현
 - 파이프 보더링·각인·압입·체결, TILT LOCK·G LOCK·프리텐서너 등 공정에서 발생하는 치수·힘·토크·진동·체결력 등 물리 데이터와 검사·시험·운영 데이터를 통합 수집·동기화·표준화하고, 물리 인과 기반 품질예측·예방보전·생산 스케줄링 최적화 및 공정 조건 자율보정 (Closed-loop)을 수행하는 Physical AI 기반 자율 제조 실증
 - QFD/CTQ를 정적 품질기록에서 실시간 의사결정 도구로 전환하고, AI-Embodied Digital Twin, Knowledge Graph, MLOps/Drift 관리, Human-in-the-loop Apply/Hold/Fallback을 결합하여 해외법인·협력사 확산형 PI-LAM 패키지(데이터 + PINN+ 조치모듈+ 운영화면) 확보



< 과제 개요 >

2. 현황 및 필요성

- (기존 기술현황) 안전벨트 제조공정은 사후검사·수동대응 중심의 품질관리 구조로 운영되어 불량 원인 규명이 늦고, 공정 간 편차 누적·전이 영향 관리가 미흡함
 - PLC·센서·검사 데이터는 존재하나 설비·공정별 포맷·샘플링 주기가 달라 분산·비표준 형태로 관리되어 물리적 인과관계 기반의 품질예측·예방보전 활용에 한계
 - 기존AI 품질예측은 단일 공정·상관관계 모델 중심으로 재질·LOT·환경·설비 상태 변화에 대한 일반화·설명 가능성이 낮고, 예측 결과를 공정 조건·제어변수·보전·스케줄 조치로 연결하는 행동모델 운영체계가 부족

○ (필요성)

- 안전벨트 핵심 공정 데이터를 통합 수집·동기화하고, PINN 기반 원인 규정과 PI-LAM 기반 공정조건 보정을 통해 불량 사전 차단 및 품질 신뢰도 향상이 필요함
- 공정 간 누적 영향 관리, 설비 고장 사전 탐지, 셋업·조건조정 자동화를 통해 라인 수율 개선, 비가동시간 절감, 국내외 라인 확산 기반 확보가 필요함

3. 수요분석 및 기대효과

○ (수요분석) 안전벨트 및 차량 안전부품 제조기업과 협력사는 고신뢰성 안전부품 생산라인의 품질 안정성과 설비 가동률 향상을 위해 융합데이터 기반 실시간 품질예측, 이상 원인 분석, 설비 예지보전 및 자율형 공정제어 기술에 대한 수요

○ (기대효과)

- (산업) 불량률·리드타임 저감 및 설비 가동률 향상으로 제조 경쟁력을 제고할 수 있으며, 숙련자의 행동을 자산화 함으로써 생산성 향상에 기여 기대
- (기술·정책) 국산 제조장비·표준(AAS) 기반 제조AI 생태계 확보, 탄소저감·ESG 연계, 반도체·정밀의료·항공우주 등 시간/정밀도 민감 공정군으로 기술 확산

4. 연구개발목표

○ 최종목표

- 안전벨트 품질예측·예방보전·생산스케줄링 최적화 실증시스템 기술 개발
- 대규모 제조 융합데이터(시계열 물리량, 제어정보, 환경변화 등) 수집·정제
- 제조 현장 융합데이터 수집 인프라(센서, 네트워크, 데이터 연동·수집용 SW 및 HW)
- 물리지능행동모델기반의 자율제조 운영시스템 실증

○ 정량적 연구개발목표

성능지표		단위	연구개발 목표치	연구개발 전 국내 수준	세계 최고수준 (보유국/보유기관)
1	공정 데이터 수집 규모	GB/TB	95%	N/A	N/A
2	수집 데이터 신뢰성	%	95%	N/A	N/A
3	물리지능행동모델 개발 반영률	%	20%	N/A	N/A
4	모델 적용 품질 개선률	%	10%	N/A	N/A
5	품질 예측 정확도	%	98 이상 (오차±5이내)	90% 이상 (현대모비스·포스코DX, 한국)	95% 이상 (Siemens-Bosch, 독일)
6	설비 예지보전 고장탐지 정확도	%	95 이상	85% 이상 (포스코DX·두산, 한국)	90% 이상 (Siemens Senseye 독일, GE Vernova 미국)

- 1) 대상 공정에서 수집 (센서)데이터로 해석할 수 있는 공정 특성이 설명되어야 하며, 데이터 특성에 따른 데이터 수집 주기를 제시하고 이에 따른 목표 데이터 규모가 제시되어야 함

- 2) 수집된 데이터의 신뢰성을 평가할 수 있는 공인된 측정 방법이 제시되어야 하며, 제시 방법을 기준으로 수집 데이터의 신뢰도 목표 수준이 제시되어야 함
- 3) 수집 데이터의 PINN 등 AI 모델 개발 활용 수준을 측정하는 지표로 미활용 데이터 수집 비율을 낮추고 AI 모델 개발 요구사항을 반영하여 수집되어야 함
- 4) 공여 데이터를 활용한 PINN 등 개발된 AI 모델의 실증 적용에 따른 공정 품질 개선률(품질 개선률 측정 방식 제시 필요)
- 5) 연구개발 기술 적용 전/후에 대해 동일 지표로 품질 예측 정확도를 측정하는 방법 제시 필요
- 6) 동일 지표에 대한 설비의 고장탐지율의 개선도를 측정하는 방법 제시 필요

5. 연구개발내용

- ① **(융합데이터 수집)** 안전벨트 메인 서브라인 및 파이프 보더링 서브 13개 공정 대상 데이터 수집 체계 구축
 - PLC, DAQ, IIoT, Edge 기반으로 치수, 힘, 변위, 토크, 진동, 전류, 온도, 검사결과 등 공정·설비·품질 데이터를 수집
 - OPC-UA, AAS, MES/DXMS 연계 기반으로 제품ID, LOT, 설비ID, Cycle No, Event Time 단위 데이터 동기화 및 표준 태그맵 구축
- ② **(예측 모델 개발)** 안전벨트 보더링, 압입, 체결, 기능시험 등 주요 공정의 물리 변수 정의 및 품질예측 모델 개발
 - 하중, 압력, 변위, 속도, 진동, 금형 상태, 소재 편차 등 물리 데이터를 기반으로 불량 발생 원인과 품질 영향 인과관계 분석
 - 공정별 단위 PINN 모델에서 다중 공정 통합모델로 고도화하여 End-to-End 품질 예측 체계 구축
- ③ **(이상 감지 기술 개발)** 설비별 힘, 진동, 온도, 전류 등 센서 데이터를 활용한 고장 징후 탐지 및 예방보전 모델 개발
 - 고장 이력과 실시간 센서 데이터를 연계하여 설비 이상 조기 감지
 - 정비 주기 최적화, 비가동시간 최소화, 품질 이상 사전 예방 기능 구현
- ④ **(PI-LAM 기반 PA Agent 서비스 개발)** PINN 진단 결과를 기반으로 LAM이 공정 조건·제어변수 보정값을 산출하는 자율 보정 체계 개발
 - 보더링 압력, 스트로크, 검사 위치, 정렬 조건, 삽입 조건 등 주요 제어변수 보정
 - 실시간 예측결과를 QFD·CTQ와 연계하여 조치 제안, 작업자 승인형 제어 인터페이스, Closed-loop 품질관리 구현
- ⑤ **(실증)** 안전벨트 SP3 PIPE SUB LINE 실증 설비와 디지털 트윈 기반 통합 운영 플랫폼 구축
 - 신규 SP3 PIPE SUB LINE을 구축하고 PINN·PI-LAM 기반 품질예측·예방보전 실증
 - 데이터 표준 정의서, 태그맵, 검증 기준서, 운영 매뉴얼, PA Agent Platform 사업화 패키지 마련

6. 지원기간/예산/추진체계/특기사항

○ 연구개발기간 : 5년 이내('26.8월~'30.12월)

○ 정부지원연구개발비

구분	기간	개월수	정부지원연구개발비(억원)
1년차	26.08~26.12	5개월	15.97
2년차	27.01~27.12	12개월	17.59
3년차	28.01~28.12	12개월	15.68
4년차	29.01~29.12	12개월	5.23
5년차	30.01~30.12	12개월	3.23
합계	26.08~30.12	53개월	57.70

* 연차별 정부 지원 연구개발비는 당해연도 예산 심의 결과에 따라 변동될 수 있음

○ 주관기관 : 제한없음

- 융합데이터 수집과 실증 환경이 제시되어야 하며, 다수 참여기관과의 연계-협력을 주도할 수 있는 주관기관 역할 필요

○ 통합형 과제 유의사항

- 본 과제는 통합형 과제로, 총괄 및 세부 과제 컨소시엄을 구성하여 신청
- 선정평가 시, 총괄 및 세부 과제 통합 선정
 - * (2026-피지컬AI-13)총괄/세부1 ~ (2026-피지컬AI-25)총괄/세부13
- 과제 참여를 위해 제조공정의 연구목적 데이터 공개에 대한 확약 필수, 불가 시 과제 참여에 제한이 있을 수 있음

○ 수행체계 : 주관 및 참여기관의 역할 제시 필수

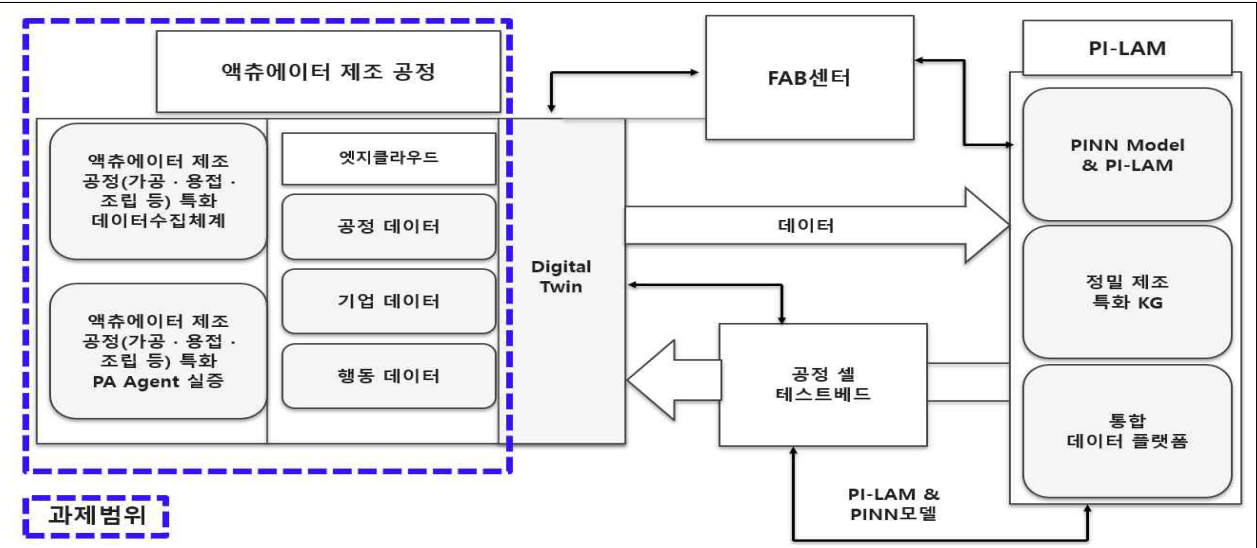
- 국가균형발전 연계 : 비수도권 제조 클러스터 소재 기관의 참여와 지역 제조 생태계와의 실증 방안 제시 권고
 - * 수요 기업은 경남 지역 내 제조관련 기업을 권고
- 국무회의 의결 근거, 경남 제조업 현장에 대해 피지컬AI 학습·실증을 위한 과제 수행체계와 지역에 대한 기대효과 제시 필요
- 사업 목적 달성을 위해 선정 이후 주관/참여기관으로 구성하는 협의체 운영 예정

연구유형	기초연구 (), 응용연구 (), 개발연구 (√)	TRL (5)~(7)단계
과제특징	국무회의 의결 예비타당성조사 면제와 입지적정성(경남) 검토를 거쳐 추진	
구분	기술분야명/팀명	성명
책임PM	피지컬AI/지역AX R&D센터	이준우
담당팀장	피지컬AI/지역AX거점팀	윤정섭

관리번호	2026-피지컬AI-20	(지정공모형, 통합형 세부8)
기술분류	대분류(인공지능) - 중분류(신뢰-산업AI) - 소분류(활용-지원AI) - 세분류(산업 특화 문제 해결 기술)	
중점분야	AI(), AI반도체(), 차세대통신(), 양자(), 사이버보안(), AI·디지털융합(√)	
총괄과제명	제조 현장 융합데이터 수집 및 실증	
세부과제명	액추에이터 제조 공정 융합데이터 수집 및 실증 기술개발	

1. 개요

- (개념) PINN(물리정보신경망)·PI-LAM(물리지능행동모델) 기반으로 스마트 액추에이터의 정밀 가공-정밀 조립-캘리브레이션-기능시험 연속공정에서 발생하는 설비·공정·환경·품질·성능 융합데이터를 AAS·OPC-UA 기반으로 표준 수집·동기화하고, 물리예측·행동 모델-정밀 제어를 폐루프 (Closed-loop)로 결합하는 Physical AI 제조운영체제 구축
 - 위치정밀도·반복성·응답성·장기 신뢰성을 좌우하는 부품 가공·정밀 조립 품질을 데이터 기반으로 관리하고, AAS(IEC 63278)·OPC UA FX·MQTT·MCP형 Agent-Tool 연동, Knowledge Graph, AI-Embodied Digital Twin, MLOps (Drift·Fallback)를 적용하여 제조-성능 인과를 Human-in-the-loop 방식으로 추적·권고·적용



< 과제 개요 >

2. 현황 및 필요성

- (기존 기술현황) 로봇·자동화·반도체·정밀의료 분야 고성능화로 스마트 액추에이터의 위치정밀도·반복성·응답성·신뢰성 요구가 급증하나, 기존 전동·유압·공압 구동은 백래시·마찰·마모·열변형·소형화/고출력밀도 한계가 있고 핵심 고성능 부품·정밀 감속기의 해외 의존도가 높음
 - 기존 Actuator 제조공정은 단일 공정 중심의 모니터링과 작업자 경험 기반 조건 조정에 의존하고 있어, 용접 불량, 검사 NG 등 공정 간 누적 영향에 따른 품질 변동 원인 분석에 한계가 있음
 - 최종 성능은 구동부 소재·가공, 센서 정렬, 정밀 조립, 캘리브레이션, 성능시험 품질에 좌우되나, 공정별 데이터가 분산·비표준으로 관리되어 성능 저하 원인과 제조 편차 전파를 정량 분석하기 어려움

○ (필요성)

- 가공-용접-조립-검사-도장으로 이어지는 연속공정의 품질 편차를 사전에 예측·판단·제어하기 위해 제품 단위 융합데이터 수집 및 시간 정합 기반의 통합 분석체계 구축이 필요함
- PINN 기반 물리 상태 예측, KG 기반 공정 인과 구조, LAM 기반 의사결정, PA Agent 실행체계를 연계하여 블랙박스 AI 한계를 보완하고 현장 신뢰성 있는 지능형 제조 운영 체계 확보가 필요함

3. 수요분석 및 기대효과

- (수요분석) 산업용 액추에이터 제조기업, 부품 공급 협력사는 산업용 기계·전장 부품이 적용되는 양산라인에서 품질 편차, 설비 이상 및 생산계획 변동에 대응하기 위해 융합데이터 기반 실시간 품질예측, 설비 예지보전 및 생산 스케줄 최적화 기술에 대한 수요를 보유

○ (기대효과)

- (산업) 불량률·리드타임 저감 및 설비 가동률 향상으로 제조 경쟁력을 제고할 수 있으며, 숙련자의 행동을 자산화 함으로써 생산성 향상에 기여 기대
- (기술·정책) 국산 제조장비·표준(AAS) 기반 제조AI 생태계 확보, 탄소저감·ESG 연계, 반도체·정밀의료·항공우주 등 시간/정밀도 민감 공정군으로 기술 확산

4. 연구개발목표

○ 최종목표

- 물리지능행동모델 기반 스마트 액추에이터 정밀 제조 융합데이터 수집·활용 및 정밀 제어 통합 실증시스템 개발
- 대규모 제조 융합데이터(시계열 물리량, 제어정보, 환경변화 등) 수집·정제
- 스마트 액추에이터 시제품, 정밀 가공·정밀조립·캘리브레이션/기능시험 기술 패키지, 융합데이터 수집·분석 시스템, PINN·PI-LAM PA Agent, AI-Embodied/End-to-End Digital Twin, 성능·신뢰성 검증 결과 및 기술이전 패키지 포함
- 물리지능행동모델기반의 자율제조 운영시스템 실증

○ 정량적 연구개발목표

성능지표		단위	연구개발 목표치	연구개발 전 국내 수준	세계 최고수준 (보유국/보유기관)
1	공정 데이터 수집 규모	GB/TB	95%	N/A	N/A
2	수집 데이터 신뢰성	%	95%	N/A	N/A
3	물리지능행동모델 개발 반영률	%	20%	N/A	N/A
4	모델 적용 품질 개선률	%	10%	N/A	N/A
5	위치 정밀도	μm	±0.5이내	±1~5μm급 (알에스오토메이션, KERI 정밀제어연구센터)	±0.1μm급 Physik Instrumente(독) ·Aerotech(미)
6	반복성	%	0.2이내	0.5~2μm급	0.05~0.5μm급 Aerotech(미)·Newport/MKS(미)

- 1) 대상 공정에서 수집 (센서)데이터로 해석할 수 있는 공정 특성이 설명되어야 하며, 데이터 특성에 따른 데이터 수집 주기를 제시하고 이에 따른 목표 데이터 규모가 제시되어야 함
- 2) 수집된 데이터의 신뢰성을 평가할 수 있는 공인된 측정 방법이 제시되어야 하며, 제시 방법을 기준으로 수집 데이터의 신뢰도 목표 수준이 제시되어야 함
- 3) 수집 데이터의 PINN 등 AI 모델 개발 활용 수준을 측정하는 지표로 미활용 데이터 수집 비율을 낮추고 AI 모델 개발 요구사항을 반영하여 수집되어야 함
- 4) 공여 데이터를 활용한 PINN 등 개발된 AI 모델의 실증 적용에 따른 공정 품질 개선률(품질 개선률 측정 방식 제시 필요)
- 5) 레이저 간섭계와 정전용량 변위센서를 활용해 상온($23\pm 2^{\circ}\text{C}$)·습도($50\pm 10\%$)·진동 차단 환경에서 목표 위치 대비 실제 위치 편차를 최소 100회 반복 측정. 측정값의 95% 신뢰구간이 $\pm 0.5\mu\text{m}$ 이내를 만족하는지 평가하며, 검증은 한국표준과학연구원(KRISS) 또는 공인시험기관을 통해 수행.
- 6) 고분해능 엔코더와 레이저 측정 시스템을 활용해 동일 위치로 1,000회 이상 반복 이동하며 위치 반복성을 측정. 측정 데이터는 정규분포 검정 및 이상치 제거 후 표준편차(σ)를 산출하고 3σ 범위로 반복성을 평가. 평가 기준은 표준편차 $0.067\mu\text{m}$ 이하($3\sigma < 0.2\mu\text{m}$) 확보

○ 공통 요구사항

- (무병타겟) 기술 진화가 빠르게 전개되는 분야임을 감안하여, 기술 환경 변화를 반영하기 위한 연구개발 추진 체계 제시
- (사업화·상용화) 연구개발 결과물의 산업 확산에 대한 사업화·상용화 방안 제시

5. 연구개발내용

- ① **(융합데이터 수집)** 가공-도금-용접-조립-최종성능검사-도장 공정의 실시간 데이터 수집·정합 체계 구축
 - 공정 조건, 설비·센서, 검사·품질, 기업 데이터, 액션 데이터를 제품 단위로 연계
 - OPC-UA, MQTT 기반 고속 데이터 수집, Time Alignment, part_id/run_id 매핑, 데이터 품질관리 체계 구축
- ② **(예측 모델 개발)** 공정 내부의 비가시적 물리 상태와 품질 변동을 예측하는 물리 정합형 모델 개발
 - 도금 공정의 전류·온도·유량 기반 도금 두께 예측, 용접 공정의 전류·전압·온도 기반 용접 품질·누설 가능성 예측
 - PINN 기반 예측 정확도 90% 이상 및 공정 이상 탐지 F1 Score 0.90 이상 달성 목표
- ③ **(인과구조화 기술 개발)** 다중 공정 간 변수·설비상태·품질지표의 영향 관계를 구조화
 - 가공-도금-용접-조립-검사-도장 간 품질 전이와 공정 조건 변화의 후속 영향 분석
 - 구동부 전기-기계 동특성, 마찰·백래시·진동, 제어모듈 신호특성, 조립 오차의 물리 제약을 손실함수와 Knowledge Graph에 반영한 공정별·다공정 통합 PINN 모델을 개발
 - PINN 학습 시 물리·제약 조건 반영, LAM 의사결정 시 정책 판단 근거 제공
- ④ **(PI-LAM 기반 PA Agent 서비스 개발)** PINN 예측 결과와 KG 기반 공정 지식을 활용해 공정 조건 권고·이상 경고·품질 리스크 판단 기능 구현
 - 전류, 전압, 온도, 유량 등 공정 조건 변경 권고 및 제어 명령 생성
 - XAI 기반으로 이상 원인, 권고 조건, 실행 이력, 피드백 데이터를 시각화·관리

- ⑤ (실증) 실공정과 디지털 트윈을 연계한 예측-판단-실행 통합 플랫폼 구축
- PA Agent 프로토타입 및 Digital Twin 기본 구조 구축하고 단위공정 실증과 End-to-End 통합 플랫폼 완성
 - 자율제조 서비스 실증

6. 지원기간/예산/추진체계/특기사항

○ 연구개발기간 : 5년 이내('26.8월~'30.12월)

○ 정부지원연구개발비

구분	기간	개월수	정부지원연구개발비(억원)
1년차	26.08~26.12	5개월	15.99
2년차	27.01~27.12	12개월	17.59
3년차	28.01~28.12	12개월	15.79
4년차	29.01~29.12	12개월	5.23
5년차	30.01~30.12	12개월	3.20
합계	26.08~30.12	53개월	57.80

* 연차별 정부 지원 연구개발비는 당해연도 예산 심의 결과에 따라 변동될 수 있음

○ 주관기관 : 제한없음

- 융합데이터 수집과 실증 환경이 제시되어야 하며, 다수 참여기관과의 연계-협력을 주도할 수 있는 주관기관 역할 필요

○ 통합형 과제 유의사항

- 본 과제는 통합형 과제로, 총괄 및 세부 과제 컨소시엄을 구성하여 신청
- 선정평가 시, 총괄 및 세부 과제 통합 선정

* (2026-피지컬AI-13)총괄/세부1 ~ (2026-피지컬AI-25)총괄/세부13

- 과제 참여를 위해 제조공정의 연구목적 데이터 공개에 대한 확약 필수, 불가 시 과제 참여에 제한이 있을 수 있음

○ 수행체계 : 주관 및 참여기관의 역할 제시 필수

- 국가균형발전 연계 : 비수도권 제조 클러스터 소재 기관의 참여와 지역 제조 생태계와의 실증 방안 제시 권고

* 수요 기업은 경남 지역 내 제조관련 기업을 권고

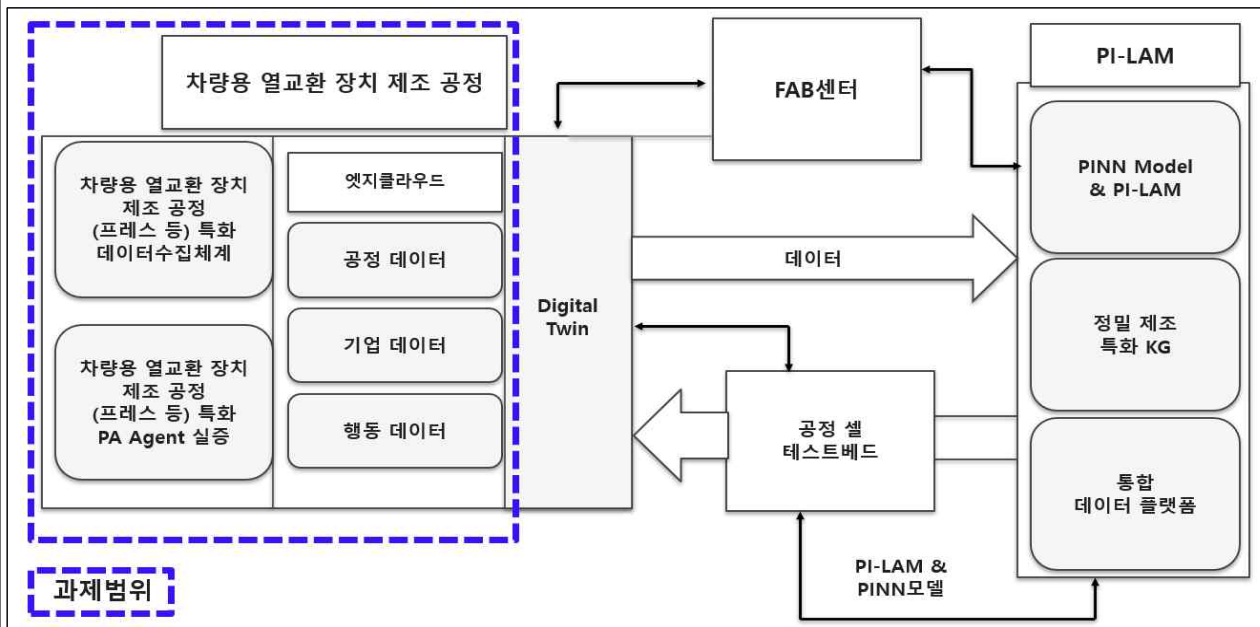
- 국무회의 의결 근거, 경남 제조업 현장에 대해 피지컬AI 학습·실증을 위한 과제 수행체계와 지역에 대한 기대효과 제시 필요
- 사업 목적 달성을 위해 선정 이후 주관/참여기관으로 구성하는 협의체 운영 예정

연구유형	기초연구 (), 응용연구 (), 개발연구 (√)	TRL (5)~(7)단계
과제특징	국무회의 의결 예비타당성조사 면제와 입지적정성(경남) 검토를 거쳐 추진	
구분		기술분야명/팀명
책임PM		피지컬AI/지역AX R&D센터
담당팀장		피지컬AI/지역AX거점팀
		성명
		이준우
		윤정섭

관리번호	2026-퍼지컬AI-21	(지정공모형, 통합형 세부9)
기술분류	대분류(인공지능) - 중분류(신뢰-산업AI) - 소분류(활용-지원AI) - 세분류(산업 특화 문제 해결 기술)	
중점분야	AI(), AI반도체(), 차세대통신(), 양자(), 사이버보안(), AI·디지털융합(√)	
총괄과제명	제조 현장 융합데이터 수집 및 실증	
세부과제명	차량용 열교환 장치 제조 공정 융합데이터 수집 및 실증 기술개발	

1. 개요

- (개념) 차량용 열관리 시스템 부품 (EGR Cooler·Oil Cooler·WCAC)의 핵심 연결 공정 (프레스-표면처리(페이스트 도포)-열처리(진공 브레이징)-용접-강압-압입-가공)에서 발생하는 공정·기업·액션 융합데이터를 AAS·OPC-UA 기반으로 표준 수집·동기화하고, PINN·PI-LAM 기반 PA Agent와 AI-Embodied Digital Twin을 적용하여 설정시간 단축·불량 감소·공정 자율최적화를 실증하는 Physical AI 제조운영체제 구축
 - 비뉴턴 페이스트 유변학, 열유체·열전달, 용접 전자기-열-응고, 진공 브레이징, 강압·압입의 재료역학 제약을 모델 손실함수와 Knowledge Graph(KG)에 내재화하여 희소·노이즈 데이터 환경에서도 설명 가능한 예측·제어 기반 확보. 도포 → 적재 → 이송 → 브레이징 수작업 병목 구간을 AI 협동로봇·AMR로 자동화



< 과제 개요 >

2. 현황 및 필요성

○ (기존 기술현황)

- EGR Cooler, Oil Cooler, WCAC 제조공정은 프레스·도포·용접·강압·압입·가공 등 핵심 공정의 설정값 조정이 작업자 경험과 반복 수작업에 의존하여 셋업시간 장기화, 소재 낭비, 품질 편차가 발생하고 있음
- 페이스트 도포 후 브레이징 투입 전 적재·이송 구간은 수작업 병목으로 남아 있으며, 진공로 공정은 내부 상태 확인이 어려운 블랙박스 공정으로 배치별 열전달 불균일과 대량 불량 위험이 존재함

○ (필요성)

- 공정별 물리 특성과 작업자 행동, 설비 상태, 품질 결과를 통합한 고품질 융합데이터를 확보하고, PINN 기반 물리 예측과 LAM 기반 최적 행동 판단을 결합한 자율 공정 제어 체계 구축이 필요함
- 브레이징 전단 적재·이송 자동화, 실시간 공정조건 보정, Digital Twin 사전 검증을 통해 설정시간 단축, 불량률 저감, 소재·에너지 절감 및 다품종 열관리 부품 제조 경쟁력 확보가 필요함

3. 수요분석 및 기대효과

○ (수요분석) 자동차용 기능 부품 제조 중소·중견기업이 수요처이며, 수요기업은 차량용 열관리 부품 제조 라인*과 통합 운영으로 단계적 확산 가능

* 윤활유 냉각부품, 흡기 냉각 등 제조 라인

○ (기대효과)

- (산업) 불량률·리드타임 저감 및 설비가동률 향상으로 제조 경쟁력 제고, 숙련공 암묵지의 행동모델 자산화로 수동 개입률 획기적 감축
- (기술·정책) 국산 제조장비·표준(AAS) 기반 제조AI 생태계 확보, 탄소저감·ESG 연계, 반도체·정밀의료·항공우주 등 시간/정밀도 민감 공정군으로 기술 확산

4. 연구개발목표

○ 최종목표

- 물리지능행동모델 기반 Cooler+WCAC 핵심 연결 공정 융합데이터 수집·활용 및 프레스·용접 복합 공정 최적화 실증시스템 기술 개발
- 물리법칙 관여 융합데이터셋* 수집과 PINN 기반 프레스·도포·용접·브레이징 최적화 시스템 기술 개발
 - * 학습을 위해 기간내 1,000TB 이상의 융합데이터셋 수집
- 물리모델 라이브러리*가 적용된 PI-LAM PA Agent 실증
 - * 정밀 제어가 가능하도록 10K 이상의 파라미터를 가진 라이브러리
- 물리지능행동모델기반의 자율제조 운영시스템 실증

○ 정량적 연구개발목표

성능지표		단위	연구개발 목표치	연구개발 전 국내 수준	세계 최고수준 (보유국/보유기관)
1	공정 데이터 수집 규모	GB/TB	95%	N/A	N/A
2	수집 데이터 신뢰성	%	95%	N/A	N/A
3	물리지능행동모델 개발 반영률	%	20%	N/A	N/A
4	모델 적용 품질 개선률	%	10%	N/A	N/A
5	표면처리(페이스트 도포) 품질 예측 정확도	%	98	80 (국내 제조업체)	97 (미국/Tesla)
6	공정 설정시간 단축률	%	76	40 (국내 제조업체)	75 (독일/보쉬))

- 1) 대상 공정에서 수집 (센서)데이터로 해석할 수 있는 공정 특성이 설명되어야 하며, 데이터 특성에 따른 데이터 수집 주기를 제시하고 이에 따른 목표 데이터 규모가 제시되어야 함
- 2) 수집된 데이터의 신뢰성을 평가할 수 있는 공인된 측정 방법이 제시되어야 하며, 제시 방법을 기준으로 수집 데이터의 신뢰도 목표 수준이 제시되어야 함
- 3) 수집 데이터의 PINN 등 AI 모델 개발 활용 수준을 측정하는 지표로 미활용 데이터 수집 비율을 낮추고 AI 모델 개발 요구사항을 반영하여 수집되어야 함
- 4) 공여 데이터를 활용한 PINN 등 개발된 AI 모델의 실증 적용에 따른 공정 품질 개선률(품질 개선률 측정 방식 제시 필요)
- 5) 기존 숙련공 방식과 AI 자동 제어 시스템 적용 후 비교. 코팅 두께 균일도, 표면 결함율, 접착력 등 핵심 품질지표에 대한 예측값과 실측값 일치도 산정 (공정별 10회 이상 반복 측정)
- 6) 기존 수작업 방식 대비 AI 자동 설정 시스템 적용 후 소요시간 감소율 측정. 신규 제품 투입, 공정 변경, 재설정 상황에서 각각 측정하여 평균 산출

○ 공통 요구사항

- (무빙타겟) 기술 진화가 빠르게 전개되는 분야임을 감안하여, 기술 환경 변화를 반영하기 위한 연구개발 추진 체계 제시
- (사업화·상용화) 연구개발 결과물의 산업 확산에 대한 사업화·상용화 방안 제시

5. 연구개발내용

- ① **(융합데이터 수집)** EGR Cooler, Oil Cooler, WCAC 조립라인의 핵심 공정 데이터 수집 · 관리 체계 구축
 - 프레스, 페이스트 도포, 열처리/진공로, 용접, 강압, 압입, 가공 공정의 압력, 온도, 유량, 전류 · 전압, 로봇 속도, 토출량, 진동, 품질검사 결과 등 데이터 수집
 - 엣지-클라우드 기반 실시간 데이터 파이프라인, OPC-UA, AAS, MQTT/Sparkplug B 기반 표준화 및 데이터 동기화 체계 구축
- ② **(예측 모델 개발)** 차량용 열관리 부품 제조공정의 물리법칙을 반영한 PINN 모델 개발
 - 프레스 공정의 소성변형, 페이스트 도포 공정의 비뉴턴 유체 거동, 용접 공정의 전기 · 열 · 기계 결합, 진공 브레이징 공정의 열전달 · 확산 특성을 모델링
 - 도포 두께, 미도포 · 과도포, 용접 품질, 기밀성, 브레이징 접합 품질, 열처리 변형 가능성 등을 예측
 - 비뉴턴 페이스트 유변학, 열유체 · 열전달, 진공 브레이징, 용접 전자기 · 열응고, 강압/압입 재료역학 지배식을 손실함수에 반영한 공정별 PINN 및 다공정 통합 모델을 개발
- ③ **(시스템 구축)** 페이스트 도포 후 브레이징 투입 전 수작업 병목 구간 자동화
 - AI 협동로봇 적재 시스템과 AMR 자율 이송 시스템을 구축하여 도포→적재→이송→브레이징 전 구간 자동화 구현
 - 제품 위치 · 자세, 적재 패턴, 지그 안착 상태, 이송 경로, 파지 압력 등 물리적 실행 데이터를 수집하여 LAM 학습 및 PA Agent 제어에 활용
- ④ **(PI-LAM 기반 PA Agent 서비스 개발)** PINN 예측 결과와 LAM 행동 판단을 결합한 공정조건 자동 추천 · 제어 기능 구현
 - 노즐 높이, 토출 압력, 로봇 이동속도, 전류 · 전압, 온도, 유량, 적층 순서, 로딩 조건 등 최적 제어 액션 생성

- 작업자 자연어 명령을 설비 제어 신호로 변환하고, 실시간 피드백을 통해 예측값과 실측값 차이를 보정
- ⑤ (실증) 실제 공장과 가상 공장을 실시간 동기화하는 자율제조 플랫폼 구축
 - Coating→Weld→Brazing 전 공정의 End-to-End Digital Twin을 구축하여 공정 변경 영향과 제어 시나리오를 사전 검증
 - 자동차 열관리 부품 및 유사 브레이징·도포·용접 공정을 대상으로 실증

6. 지원기간/예산/추진체계/특기사항

○ 연구개발기간 : 5년 이내('26.8월~'30.12월)

○ 정부지원연구개발비

구분	기간	개월수	정부지원연구개발비(억원)
1년차	26.08~26.12	5개월	15.70
2년차	27.01~27.12	12개월	17.56
3년차	28.01~28.12	12개월	15.51
4년차	29.01~29.12	12개월	5.26
5년차	30.01~30.12	12개월	3.67
합계	26.08~30.12	53개월	57.70

* 연차별 정부 지원 연구개발비는 당해연도 예산 심의 결과에 따라 변동될 수 있음

○ 주관기관 : 제한없음

- 융합데이터 수집과 실증 환경이 제시되어야 하며, 다수 참여기관과의 연계-협력을 주도할 수 있는 주관기관 역할 필요

○ 통합형 과제 유의사항

- 본 과제는 통합형 과제로, 총괄 및 세부 과제 컨소시엄을 구성하여 신청
- 선정평가 시, 총괄 및 세부 과제 통합 선정
 - * (2026-피지컬AI-13)총괄/세부1 ~ (2026-피지컬AI-25)총괄/세부13
- 과제 참여를 위해 제조공정의 연구목적 데이터 공개에 대한 확약 필수, 불가 시 과제 참여에 제한이 있을 수 있음

○ 수행체계 : 주관 및 참여기관의 역할 제시 필수

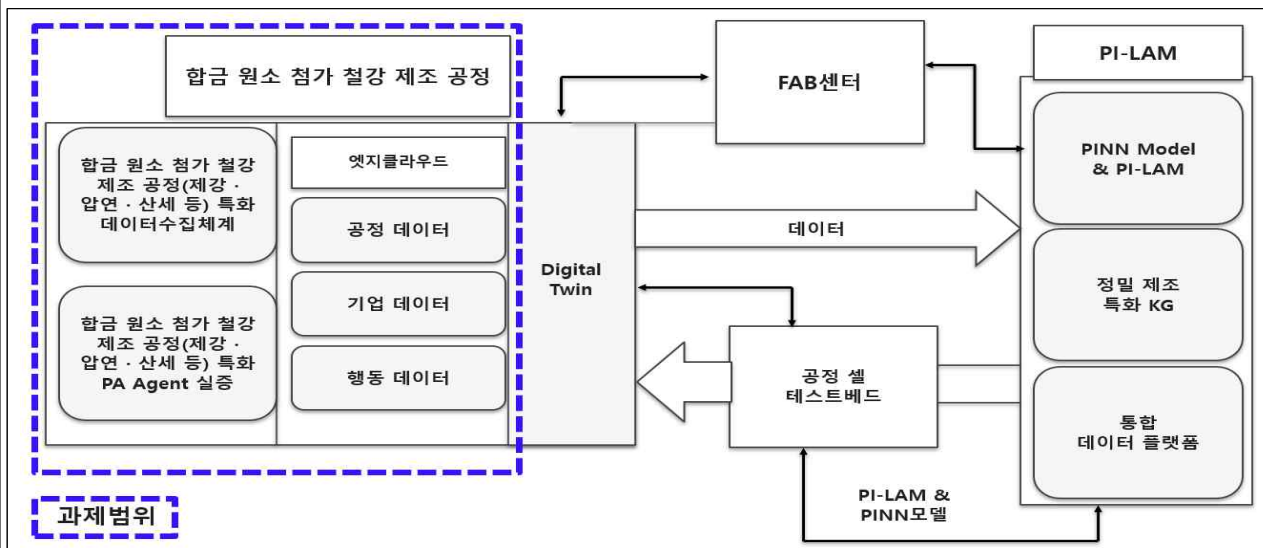
- 국가균형발전 연계 : 비수도권 제조 클러스터 소재 기관의 참여와 지역 제조 생태계와의 실증 방안 제시 권고
 - * 수요 기업은 경남 지역 내 제조관련 기업을 권고
- 국무회의 의결 근거, 경남 제조업 현장에 대해 피지컬AI 학습·실증을 위한 과제 수행체계와 지역에 대한 기대효과 제시 필요

연구유형	기초연구 (), 응용연구 (), 개발연구 (√)	TRL (5)~(7)단계
과제특징	국무회의 의결 예비타당성조사 면제와 입지적정성(경남) 검토를 거쳐 추진	
구분		기술분야명/팀명
책임PM		피지컬AI/지역AX R&D센터
담당팀장		피지컬AI/지역AX거점팀
		성명
		이준우
		윤정섭

관리번호	2026-피지컬AI-22	(지정공모형, 통합형 세부10)
기술분류	대분류(인공지능) - 중분류(신뢰-산업AI) - 소분류(활용-지원AI) - 세분류(산업 특화 문제 해결 기술)	
중점분야	AI(), AI반도체(), 차세대통신(), 양자(), 사이버보안(), AI·디지털융합(√)	
총괄과제명	제조 현장 융합데이터 수집 및 실증	
세부과제명	합금 원소 첨가 철강 제조 공정 융합데이터 수집 및 실증 기술개발	

1. 개요

- (개념) 특수강 제조 전 공정*의 Heat/Billet/Coil 단위 멀티모달 데이터를 Lot ID를 포함하여 통합하고, 열역학·소성역학·결함검사 물리식을 내재한 PINN과 PI-LAM 기반 PA Agent를 현장 설비에 이식하여 비용** 최적 조업과 비전-양자 융합 결함 판별, 로봇 후처리 자동화를 실증하는 제조운영 체계 구축
 - * 제강(EAF/LF) - 압연 - 산세·품질검사
 - ** 원가, 에너지, 탄소 등 생산 비용에 영향을 미치는 요인
- 광학/3D 비전·레이저초음파·초분광·양자자기 센싱을 결합*
- AAS(IEC 63278)·OPC UA FX·ISA-95 참조
- * 양자 센싱은 비전 검사의 정확도 보완재로 적용하여 비가시 결함까지 설명



< 과제 개요 >

2. 현황 및 필요성

- (기존 기술현황) 특수강 조업은 강종·사이즈·스크랩 혼합에 따라 전력 투입·성분 보정·롤갭·장력 등 핵심 제어 역량이 숙련공의 직관과 고정 레시피에 의존
 - 고정 레시피 적용을 적용하고 있어 최적화 개선에 한계점 노출
 - PLC/SCADA/MES/LIMS·품질검사가 설비별로 격리되어 비용 최적화 제한
 - 비전 검사는 가시선 사각지대 한계점과 열역학·소성역학 등 인과성 설명 한계
- (필요성)
 - 공정 물리량과 작업자의 행동, 기업 데이터를 활용*하여 원인-상태-품질 인과성을 해석하여 공정 개선 요인 파악 필요
 - * Heat/Billet/Coil 등 센서 데이터의 시간 데이터를 기준으로 정합
 - 숙련공에 의존하는 제조 현장의 위험 요인을 제거하고 위험 작업장에 대한 안전성을 향상시키기 위한 지능적 기술 결합 필요

3. 수요분석 및 기대효과

- (수요분석) 특수강 제조기업과 제강·압연·산세 공정을 운영하는 철강 생산거점이 주요 수요처이며, 봉강·선재·후판 등 철강 생산라인과 금속소재 제조기업, 산업용 AI·스마트제조·자율제조 솔루션 기업으로 단계적 확산 가능
- (기대효과)
 - (산업) 불량률·리드타임 저감 및 설비 가동률 향상으로 제조 경쟁력을 제고할 수 있으며, 숙련자의 행동을 자산화 함으로써 생산성 향상에 기여 기대
 - (기술·정책) 국산 제조장비·표준(AAS) 기반 제조AI 생태계 확보, 탄소저감·ESG 연계, 반도체·정밀의료·항공우주 등 시간/정밀도 민감 공정군으로 기술 확산

4. 연구개발목표

- 최종목표
 - 특수강 공정*에 대한 지능형 관리 시스템과 PI-LAM 기반 정밀 조업 에이전트 등 실증시스템 기술 개발
 - * 제강, 압연, 산세 등
 - 대규모 제조 융합데이터(시계열 물리량, 제어정보, 환경변화 등) 수집·정제
 - 제조 현장 융합데이터 수집 인프라(센서, 네트워크, 데이터 연동·수집용 SW 및 HW)
 - 물리지능행동모델기반의 자율제조 운영시스템 실증

○ 정량적 연구개발목표

성능지표		단위	연구개발 목표치	연구개발 전 국내 수준	세계 최고수준 (보유국/보유기관)
1	공정 데이터 수집 규모	GB/TB	95%	N/A	N/A
2	수집 데이터 신뢰성	%	95%	N/A	N/A
3	물리지능행동모델 개발 반영률	%	20%	N/A	N/A
4	모델 적용 품질 개선률	%	10%	N/A	N/A
5	제강 탄소·에너지 저감률	%	7 이상 (SEC kWh/t-CO2e)	Heat 단위SEC·탄소 통합관리 미흡	EAF 디지털트윈SEC 10~15% ↓ Primetals(오)·SMS(독)·Danieli(이)
6	품질 예측 정확도	-	0.95 이상 (Batch/Coil)	공정별 상관모델·사후 분석	AI/PINN 기반0.95 내외 Brown대CRUNCH(미)·NVIDIA Modulus(미)

- 1) 대상 공정에서 수집 (센서)데이터로 해석할 수 있는 공정 특성이 설명되어야 하며, 데이터 특성에 따른 데이터 수집 주기를 제시하고 이에 따른 목표 데이터 규모가 제시되어야 함
- 2) 수집된 데이터의 신뢰성을 평가할 수 있는 공인된 측정 방법이 제시되어야 하며, 제시 방법을 기준으로 수집 데이터의 신뢰도 목표 수준이 제시되어야 함
- 3) 수집 데이터의 PINN 등 AI 모델 개발 활용 수준을 측정하는 지표로 미활용 데이터 수집 비율을 낮추고 AI 모델 개발 요구사항을 반영하여 수집되어야 함

- 4) 공여 데이터를 활용한 PINN 등 개발된 AI 모델의 실증 적용에 따른 공정 품질 개선률(품질 개선률 측정 방식 제시 필요)
- 5) AI 가이드언스 적용 전/후 동일 강종·동일 조건의 Heat 단위 전력 사용량(kWh/t) 비교. 최소 $n \geq 30$ Heat 이상 통계 분석 수행. 탄소 배출량은 전력 사용량 및 배출계수 기준 환산
- 6) 테스트 데이터셋(학습 미포함)에 대해 Accuracy, AUC 또는 R^2 산출. 강종별·배치별 성능 분리 평가 후 평균값 산정

○ 공통 요구사항

- (무빙타겟) 기술 진화가 빠르게 전개되는 분야임을 감안하여, 기술 환경 변화를 반영하기 위한 연구개발 추진 체계 제시
- (사업화·상용화) 연구개발 결과물의 산업 확산에 대한 사업화·상용화 방안 제시

5. 연구개발내용

① (융합데이터 수집) 제강-압연-산세 공정 데이터 체계 구성

- 제강(Heat)→압연(Billet)→산세(Coil) 설비 데이터를 LOT ID 기반으로 관리하여 복합 공정에 대한 추적이 가능한 데이터 구조 설계
- PLC, 비전, 양자 신호 등 이기종 멀티모달 데이터를 수집·통합하여 모델 개발 학습용 고품질 데이터셋으로 정제·제공

② (조업 에이전트) PI-LAM 기반 정밀 조업 가이드언스 실증

- 열역학·소성역학 등 물리법칙을 내재화한 PINN 모델을 적용하여 제조 비용을 최적화하는 조업 에이전트 구현
- 제강 열·물질수지, 성분 보정, 전력·전극·산소 투입, 압연 소성역학, 산세 반응/표면 품질 인자를 손실함수를 고려한 조업 가이드언스와 잔차(Residual) 구현
- 압연 공정에 대한 Set-point와 제강 원료 배합 최적화 시나리오 실증

③ (자율 제어 기술 개발) 비전-양자 센싱 등을 융합한 자율 제어 기술 실증

- 코일 겹침부 및 내부 미세 결함 탐지에 대한 기존 광학 검사의 한계 극복
- 광학 비전과 자기장 기반 양자 센싱*을 결합한 멀티모달 결함 판별 엔진 개발
 - * MFL, ECT, 분광 등
- 페루프 환경에서 스스로 결함 위치를 표시하고 후처리하는 '인지(Vision)-판단(AI)-실행(Action)' 자율 시스템 기술 개발

④ (실증) 현장 피드백이 반영되는 무중단-페루프형 MLOps* 실증

- * Machine Learning Operations: 기계 학습의 지속적 배포 및 자동화 파이프라인
- 현장에서 발생하는 오차(Residual)를 모델 개발로 환류(Feedback)하는 페루프 시스템 실증
- 데이터 변이* 감지시 스스로 모델을 재학습하고 무중단 배포하는 자동화 파이프라인 완성
 - * Data Drift: 장비·설비의 운영 지속과 노후화 등 요인으로 발생하는 데이터 변이

6. 지원기간/예산/추진체계/특기사항

○ 연구개발기간 : 5년 이내('26.8월~'30.12월)

○ 정부지원연구개발비

구분	기간	개월수	정부지원연구개발비(억원)
1년차	26.08~26.12	5개월	16.74
2년차	27.01~27.12	12개월	23.38
3년차	28.01~28.12	12개월	28.17
4년차	29.01~29.12	12개월	33.82
5년차	30.01~30.12	12개월	17.89
합계	26.08~30.12	53개월	120.00

* 연차별 정부 지원 연구개발비는 당해연도 예산 심의 결과에 따라 변동될 수 있음

○ 주관기관 : 제한없음

- 융합데이터 수집과 실증 환경이 제시되어야 하며, 다수 참여기관과의 연계-협력을 주도할 수 있는 주관기관 역할 필요

○ 통합형 과제 유의사항

- 본 과제는 통합형 과제로, 총괄 및 세부 과제 컨소시엄을 구성하여 신청
- 선정평가 시, 총괄 및 세부 과제 통합 선정
 - * (2026-피지컬AI-13)총괄/세부1 ~ (2026-피지컬AI-25)총괄/세부13
- 과제 참여를 위해 제조공정의 연구목적 데이터 공개에 대한 확약 필수, 불가 시 과제 참여에 제한이 있을 수 있음

○ 수행체계 : 주관 및 참여기관의 역할 제시 필수

- 국가균형발전 연계 : 비수도권 제조 클러스터 소재 기관의 참여와 지역 제조 생태계와의 실증 방안 제시 권고
 - * 수요 기업은 경남 지역 내 제조관련 기업을 권고
- 국무회의 의결 근거, 경남 제조업 현장에 대해 피지컬AI 학습·실증을 위한 과제 수행체계와 지역에 대한 기대효과 제시 필요
- 사업 목적 달성을 위해 선정 이후 주관/참여기관으로 구성하는 협의체 운영 예정

연구유형	기초연구 (), 응용연구 (), 개발연구 (√)	TRL (5)~(7)단계
과제특징	국무회의 의결 예비타당성조사 면제와 입지적정성(경남) 검토를 거쳐 추진	
구분		기술분야명/팀명
책임PM		피지컬AI/지역AX R&D센터
담당팀장		피지컬AI/지역AX거점팀
		성명
		이준우
		윤정섭

관리번호	2026-퍼지컬AI-23	(지정공모형, 통합형 세부11)
기술분류	대분류(인공지능) - 중분류(신뢰-산업AI) - 소분류(활용-지원AI) - 세분류(산업 특화 문제 해결 기술)	
중점분야	AI(), AI반도체(), 차세대통신(), 양자(), 사이버보안(), AI·디지털융합(√)	
총괄과제명	제조 현장 융합데이터 수집 및 실증	
세부과제명	곡면 외판 구조물 용접 공정 융합데이터 수집 및 실증 기술개발	

1. 개요

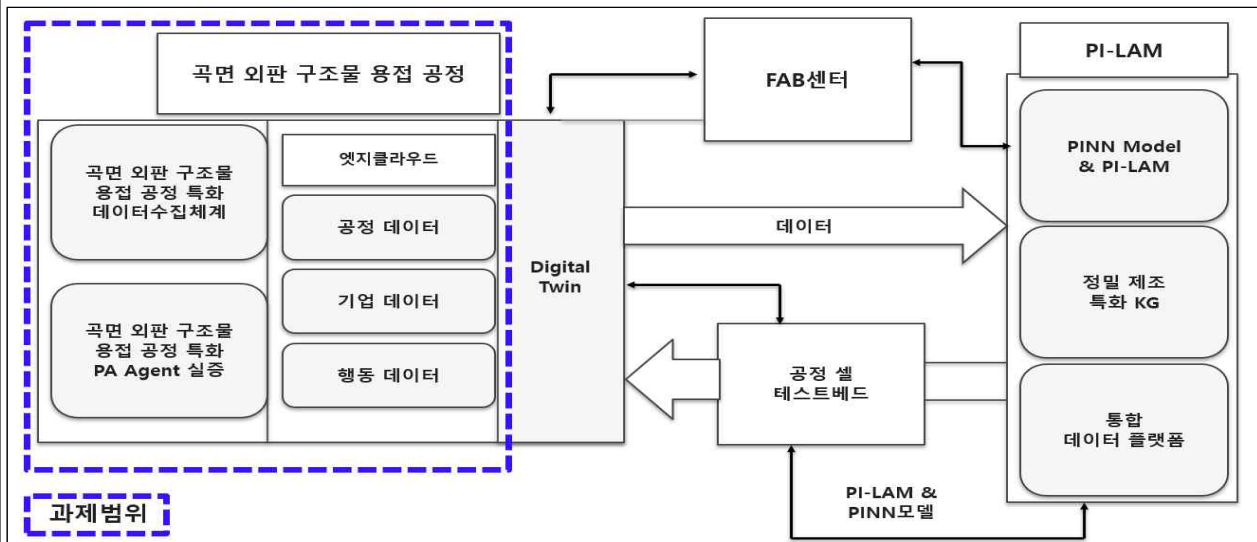
- (개념) 선체 제조 등 공정에서 병목 발생 요인으로 지목되는 곡블록* 용접 공정을 대상으로 CAD 데이터와 PDE*·열유체 시뮬레이션에 기반한 합성데이터와 실측 멀티센서** 데이터를 학습한 PINN***과 PI-LAM 기반 PA Agent를 결합하여 곡블록에 대한 자율 용접 시스템 실증

* Partial Differential Equation: 둘 이상의 독립 변수를 가진 함수와 그 함수의 편도함수들 간의 관계를 나타내는 편미분 방정식

** 비전, LiDAR, Arc, NDT(Non-Destructive Testing Sensor) 등

*** 용접 궤적/형상도차, 열변형, 용접결함, 비드품질

- 합성데이터로 PINN을 선행학습하고 소량의 실측 데이터로 모델에 대한 미세조정
- 용접 경로 자동생성과 실시간(<1ms) 추적으로 용접 심(seam) 위치 자율 조정
- AAS(IEC 63278)·OPC UA FX·MQTT/DDS 참조



< 과제 개요 >

2. 현황 및 필요성

- (기존 기술현황) 평블록 용접 자동화는 제조 현장 상용화가 보편화된 반면, 선체의 선수·선미 등 유체성능을 좌우하는 곡블록은 평블록 대비 높은 난이도(10배 이상)로 수작업에 의존하는 병목 공정

- 숙련 인력에 의존도가 높은 반면, 인력 이탈과 고령화와 신규 인력의 숙련도 편차로 생산성·품질 저하
- 곡블럭 용접의 난이도로 상용 로봇 등의 현장 적용에 한계

○ (필요성)

- 국내 조선업은 고부가 선종(LNG·암모니아·수소선) 주력으로 글로벌 경쟁력을 갖춘 반면, 경쟁국 생산능력 확대로 점유율 압박이 확대되는 추세

- 한미 조선협력(MASGA)으로 시장 확대 가능성이 커진 반면, 인력난과 노동 집약적 구조로 인한 성장성 한계를 극복하는 기술적 해법 마련 시급
- 난이도가 높은 곡블록 용접에 특화된 합성-실측 융합데이터 기반의 용접 로봇에 대한 자율제어 기술 확보 필요

3. 수요분석 및 기대효과

- (수요분석) 국내 대형·중형 조선소 및 블록 제조 협력사와 해양플랜트·대형 구조물 제작사에서 공통으로 곡블록·비정형 용접 자동화 기술 수요 제기
 - 기술 확보시 미국 조선소 재건(MASGA) 프로젝트 등 상용 시장 진출 가능성
- (기대효과)
 - (산업) 불량률·리드타임 저감 및 설비 가동률 향상으로 제조 경쟁력을 제고할 수 있으며, 숙련자의 행동을 자산화 함으로써 생산성 향상에 기여 기대
 - (기술·정책) 국산 제조장비·표준(AAS) 기반 제조AI 생태계 확보, 탄소저감·ESG 연계, 반도체·정밀의료·항공우주 등 시간/정밀도 민감 공정군으로 기술 확산

4. 연구개발목표

- 최종목표
 - 곡블록 자율 용접을 구현한 PA Agent SW와 6자유도 자율 용접 로봇 실증
 - 대규모 제조 융합데이터(시계열 물리량, 제어정보, 환경변화 등) 수집·정제
 - 제조 현장 융합데이터 수집 인프라(센서, 네트워크, 데이터 연동·수집용 SW 및 HW)
 - 물리지능행동모델기반의 자율제조 운영시스템 실증

○ 정량적 연구개발목표

성능지표		단위	연구개발 목표치	연구개발 전 국내 수준	세계 최고수준 (보유국/보유기관)
1	공정 데이터 수집 규모	GB/TB	95%	N/A	N/A
2	수집 데이터 신뢰성	%	95%	N/A	N/A
3	물리지능행동모델 개발 반영률	%	20%	N/A	N/A
4	모델 적용 품질 개선률	%	10%	N/A	N/A
5	데이터 품질 정합성	%	물리제약 자동검증95% ↑	일반 시뮬-AI 정합90%	FEM/CFD 해석90% ↑ Ansys(미국)·Hexagon(스웨덴)·MSC
6	멀티센서 동기화	ms	센서 간 오차 1ms 이내	산업망1ms급 (조선3사)	IEEE 1588 PTP 1ms 최고수준

- 1) 대상 공정에서 수집 (센서)데이터로 해석할 수 있는 공정 특성이 설명되어야 하며, 데이터 특성에 따른 데이터 수집 주기를 제시하고 이에 따른 목표 데이터 규모가 제시되어야 함
- 2) 수집된 데이터의 신뢰성을 평가할 수 있는 공인된 측정 방법이 제시되어야 하며, 제시 방법을 기준으로 수집 데이터의 신뢰도 목표 수준이 제시되어야 함
- 3) 수집 데이터의 PINN 등 AI 모델 개발 활용 수준을 측정하는 지표로 미활용 데이터 수집 비율을 낮추고 AI 모델 개발 요구사항을 반영하여 수집되어야 함

- 4) 공여 데이터를 활용한 PINN 등 개발된 AI 모델의 실증 적용에 따른 공정 품질 개선률(품질 개선률 측정 방식 제시 필요)
- 5) FEM, CFD 시뮬레이션 결과와 정합성 비교
- 6) IEEE 1588 PTP/DDS 미들웨어 로그 기반 타임스탬프 차이 측정 ($n \geq 1,000$ 회 반복)

○ 공통 요구사항

- (무빙타겟) 기술 진화가 빠르게 전개되는 분야임을 감안하여, 기술 환경 변화를 반영하기 위한 연구개발 추진 체계 제시
- (사업화·상용화) 연구개발 결과물의 산업 확산에 대한 사업화·상용화 방안 제시

5. 연구개발내용

- ① (융합데이터 수집) 멀티센서 융합 기반 현장 실측 데이터 수집
 - Vision, LiDAR, Arc 센서 등을 융합한 멀티센서 기반 곡블록 용접 현장 실측 데이터를 수집하며 센서 간 동기화 오차를 1ms 이내로 확보
 - 극한 용접 환경*에서도 데이터가 수집되도록 구성된 하우스징과 초음파 비파괴검사 방식의 용접 내부 품질 및 심(seam) 위치 변화 등 데이터 수집
 - * 분진, 고열, 아크열 등
- ② (데이터 생성) 3D CAD 데이터 물리 시뮬레이션에 기반한 합성데이터 생성
 - 3D CAD 데이터를 기반으로 곡블록의 이중 곡률 용접선 정보를 자동 추출하고 열·유체역학 등 물리 시뮬레이션에 기반한 합성데이터 생성 기술 개발
 - 가변 갭, 단차, 협소 공간 등 극한 시나리오를 적용한 합성데이터 생성*
 - * 용접궤적, 형상오차, 열변형, 결함을 포함하며, 학습에 활용되도록 10만건 이상의 데이터 생성
- ③ (데이터 전이환경 구축) 가상 데이터로 선행 학습한 모델을 실측 데이터로 미세조정 하는 데이터 파이프라인 구축
 - 물리 제약 조건(PDE)을 활용하여 데이터를 검증하고 적용하는 CI/CD* 구축
 - * Continuous Integration, Continuous Deployment
- ④ (실증) PI-LAM 기반 PA Agent 개발 및 상용화 실증
 - PINN 모델 내재화된 곡블록 자율용접 로봇 구동용 PA Agent 개발
 - 이중곡률 복잡 경로에 대응 가능한 6자유도 자율제어 로봇 실증

6. 지원기간/예산/추진체계/특기사항

○ 연구개발기간 : 5년 이내('26.8월~'30.12월)

○ 정부지원연구개발비

구분	기간	개월수	정부지원연구개발비(억원)
1년차	26.08~26.12	5개월	24.72
2년차	27.01~27.12	12개월	26.04
3년차	28.01~28.12	12개월	23.27
4년차	29.01~29.12	12개월	22.36
5년차	30.01~30.12	12개월	8.61
합계	26.08~30.12	53개월	105.00

* 연차별 정부 지원 연구개발비는 당해연도 예산 심의 결과에 따라 변동될 수 있음

○ 주관기관 : 제한없음

- 융합데이터 수집과 실증 환경이 제시되어야 하며, 다수 참여기관과의 연계-협력을 주도할 수 있는 주관기관 역할 필요

○ 통합형 과제 유의사항

- 본 과제는 통합형 과제로, 총괄 및 세부 과제 컨소시엄을 구성하여 신청
- 선정평가 시, 총괄 및 세부 과제 통합 선정
 - * (2026-피지컬AI-13)총괄/세부1 ~ (2026-피지컬AI-25)총괄/세부13
- 과제 참여를 위해 제조공정의 연구목적 데이터 공개에 대한 확약 필수, 불가 시 과제 참여에 제한이 있을 수 있음

○ 수행체계 : 주관 및 참여기관의 역할 제시 필수

- 국가균형발전 연계 : 비수도권 제조 클러스터 소재 기관의 참여와 지역 제조 생태계와의 실증 방안 제시 권고
 - * 수요 기업은 경남 지역 내 제조관련 기업을 권고
- 국무회의 의결 근거, 경남 제조업 현장에 대해 피지컬AI 학습·실증을 위한 과제 수행체계와 지역에 대한 기대효과 제시 필요
- 사업 목적 달성을 위해 선정 이후 주관/참여기관으로 구성하는 협의체 운영 예정

연구유형	기초연구 (), 응용연구 (), 개발연구 (√)	TRL (5)~(7)단계
과제특징	국무회의 의결 예비타당성조사 면제와 입지적정성(경남) 검토를 거쳐 추진	
구분		성명
책임PM		피지컬AI/지역AX R&D센터
담당팀장		피지컬AI/지역AX거점팀
		이준우
		윤정섭

3. 수요분석 및 기대효과

- (수요분석) 소형원자로와 대형 원전 기자재 제작사와 압력용기·열교환기·배관 모듈·중량물 용접/조립 등 협력사의 데이터 기반 자율 시스템 수요
 - 비파괴 검사·품질문서·EHS·에너지 관리 등 원자력 생태계 구성 기업에서 데이터 기반의 생산 최적화와 자율 용접, 납기관리 등 실증 수요
- (기대효과)
 - (산업) 불량률·리드타임 저감 및 설비 가동률 향상으로 제조 경쟁력을 제고할 수 있으며, 숙련자의 행동을 자산화 함으로써 생산성 향상에 기여 기대
 - (기술·정책) 국산 제조장비·표준(AAS) 기반 제조AI 생태계 확보, 탄소저감·ESG 연계, 반도체·정밀의료·항공우주 등 시간/정밀도 민감 공정군으로 기술 확산

4. 연구개발목표

○ 최종목표

- 원자력 등 고온-고압 발전용 중량물의 제조 공정에 대한 통합 관제와 자율제어 시스템 기술 개발
- 대규모 제조 융합데이터(시계열 물리량, 제어정보, 환경변화 등) 수집·정제
- 제조 현장 융합데이터 수집 인프라(센서, 네트워크, 데이터 연동·수집용 SW 및 HW)
- 물리지능행동모델기반의 자율제조 운영시스템 실증

○ 정량적 연구개발목표

성능지표		단위	연구개발 목표치	연구개발 전 국내 수준	세계 최고수준 (보유국/보유기관)
1	공정 데이터 수집 규모	GB/TB	95%	N/A	N/A
2	수집 데이터 신뢰성	%	95%	N/A	N/A
3	물리지능행동모델 개발 반영률	%	20%	N/A	N/A
4	모델 적용 품질 개선률	%	10%	N/A	N/A
5	Loss time 비율	%	10% 이하	이력 미수집	APS·MES 선도 SAP(독)·Dassault DELMIA(프)
6	납기 준수율	%	100 %	원전(SMR) 미착수	Serial production 공급망 (글로벌SMR 벤더)

- 1) 대상 공정에서 수집 (센서)데이터로 해석할 수 있는 공정 특성이 설명되어야 하며, 데이터 특성에 따른 데이터 수집 주기를 제시하고 이에 따른 목표 데이터 규모가 제시되어야 함
- 2) 수집된 데이터의 신뢰성을 평가할 수 있는 공인된 측정 방법이 제시되어야 하며, 제시 방법을 기준으로 수집 데이터의 신뢰도 목표 수준이 제시되어야 함
- 3) 수집 데이터의 PINN 등 AI 모델 개발 활용 수준을 측정하는 지표로 미활용 데이터 수집 비율을 낮추고 AI 모델 개발 요구사항을 반영하여 수집되어야 함

- 4) 공여 데이터를 활용한 PINN 등 개발된 AI 모델의 실증 적용에 따른 공정 품질 개선률(품질 개선률 측정 방식 제시 필요)
- 5) MES/APS 가동 이력과 Work Cell별 작업 실적을 기준으로 계획정비를 제외한 비계획 비가동시간을 총 가용가동시간으로 나눠 Loss time 비율을 산정(OEE 가동률 손실 기반). 손실 유형은 SEMI E10 설비 상태 분류에 따라 셋업·대기·고장·재작업으로 구분하며, 파레토·추세 분석으로 통계 관리. 평가 기준은 Loss time 비율 10% 이하(가동률 90% 이상) 확보
- 6) APS 생산일정 계획 대비 실적을 기준으로 계획 납기일 이내 완료 건수를 전체 납품 건수로 나눠 납기 준수율을 산정(OTD 기준). 자재 Shortage·병목 등 변화점 발생 시 AI 재스케줄링 결과를 반영해 준수 여부를 평가하며, 지연 건은 원인분류 후 재발방지를 추적. 평가 기준은 납기 준수율 100% 달성

○ 공통 요구사항

- (무빙타겟) 기술 진화가 빠르게 전개되는 분야임을 감안하여, 기술 환경 변화를 반영하기 위한 연구개발 추진 체계 제시
- (사업화·상용화) 연구개발 결과물의 산업 확산에 대한 사업화·상용화 방안 제시

5. 연구개발내용

- ① (융합데이터 수집) 소형원자로 제작 공정 등을 대상으로 용접-가공-운반 설비 실시간 위치-상태 측정 정보 등 데이터 수집
 - 중공업 제조 특수 환경에서도 누락없이 데이터가 수집되도록 유무선 통신 네트워크 및 데이터 수집·관리 체계를 구축
 - 작업장을 식별하는 정보*와 주요 설비 및 가동 상태, 예열-후열 등 예지보전을 위한 작업장 환경 데이터 등 수집
 - * 설비, 자재, 자원 투입 현황, 일정 현황 등
 - 작업 공정에 대한 디지털트윈 시각화를 위한 데이터 수집
- ② (생산 최적화) 프로젝트 수주계획과 연계한 가용 생산 예측·분석 및 자재 수급 특이점 예측 등 공정 일정 최적화 솔루션 개발
- ③ (자율용접 기술 개발) 고온-고압 발전용 중량물에 대한 자율용접 기술 개발
 - 열, 응력, 변형 등 대상물 변화에 대한 물리 현상과 용접작업에 영향을 미치는 변수* 영향이 반영된 자율용접
 - * 전류, 전압, 속도, 모재 변화량 등
 - 공정 특성에 대한 PINN 모델을 적용하여 '원자로 헤드 특수형상부위' 등 고난도 조립·용접 구간에대한 자율 용접 시스템 실증
- ④ (관리 시스템 실증) 탄소중립과 ESG 경영 요구사항과 공장 내 공조 및 유틸리티* 데이터를 체계적으로 수집·분석하고 자율제어하는 관리 시스템 실증
 - * 에너지, 가스, 물, 전기, 탄소 등
 - 위험 구역 내 접근 알람, 4족 보행로봇 등을 활용한 자율 관제 시스템 개발

6. 지원기간/예산/추진체계/특기사항

○ 연구개발기간 : 5년 이내('26.8월~'30.12월)

○ 정부지원연구개발비

구분	기간	개월수	정부지원연구개발비(억원)
1년차	26.08~26.12	5개월	27.48
2년차	27.01~27.12	12개월	28.67
3년차	28.01~28.12	12개월	25.63
4년차	29.01~29.12	12개월	24.63
5년차	30.01~30.12	12개월	9.39
합계	26.08~30.12	53개월	115.80

* 연차별 정부 지원 연구개발비는 당해연도 예산 심의 결과에 따라 변동될 수 있음

○ 주관기관 : 제한없음

- 융합데이터 수집과 실증 환경이 제시되어야 하며, 다수 참여기관과의 연계-협력을 주도할 수 있는 주관기관 역할 필요

○ 통합형 과제 유의사항

- 본 과제는 통합형 과제로, 총괄 및 세부 과제 컨소시엄을 구성하여 신청
- 선정평가 시, 총괄 및 세부 과제 통합 선정
 - * (2026-피지컬AI-13)총괄/세부1 ~ (2026-피지컬AI-25)총괄/세부13
- 과제 참여를 위해 제조공정의 연구목적 데이터 공개에 대한 확약 필수, 불가 시 과제 참여에 제한이 있을 수 있음

○ 수행체계 : 주관 및 참여기관의 역할 제시 필수

- 국가균형발전 연계 : 비수도권 제조 클러스터 소재 기관의 참여와 지역 제조 생태계와의 실증 방안 제시 권고
 - * 수요 기업은 경남 지역 내 제조관련 기업을 권고
- 국무회의 의결 근거, 경남 제조업 현장에 대해 피지컬AI 학습·실증을 위한 과제 수행체계와 지역에 대한 기대효과 제시 필요
- 사업 목적 달성을 위해 선정 이후 주관/참여기관으로 구성하는 협의체 운영 예정

연구유형	기초연구 (), 응용연구 (), 개발연구 (√)	TRL (5)~(7)단계
과제특징	국무회의 의결 예비타당성조사 면제와 입지적정성(경남) 검토를 거쳐 추진	
구분		기술분야명/팀명
책임PM		피지컬AI/지역AX R&D센터
담당팀장		피지컬AI/지역AX거점팀
		성명
		이준우
		윤정섭

관리번호	2026-퍼지컬AI-25	(지정공모형, 통합형 세부13)
기술분류	대분류(인공지능) - 중분류(신뢰-산업AI) - 소분류(활용-지원AI) - 세분류(산업 특화 문제 해결 기술)	
중점분야	AI(), AI반도체(), 차세대통신(), 양자(), 사이버보안(), AI·디지털융합(√)	
총괄과제명	제조 현장 융합데이터 수집 및 실증	
세부과제명	반도체 패키징 구조 부품 제조 공정 융합데이터 수집 및 실증 기술개발	

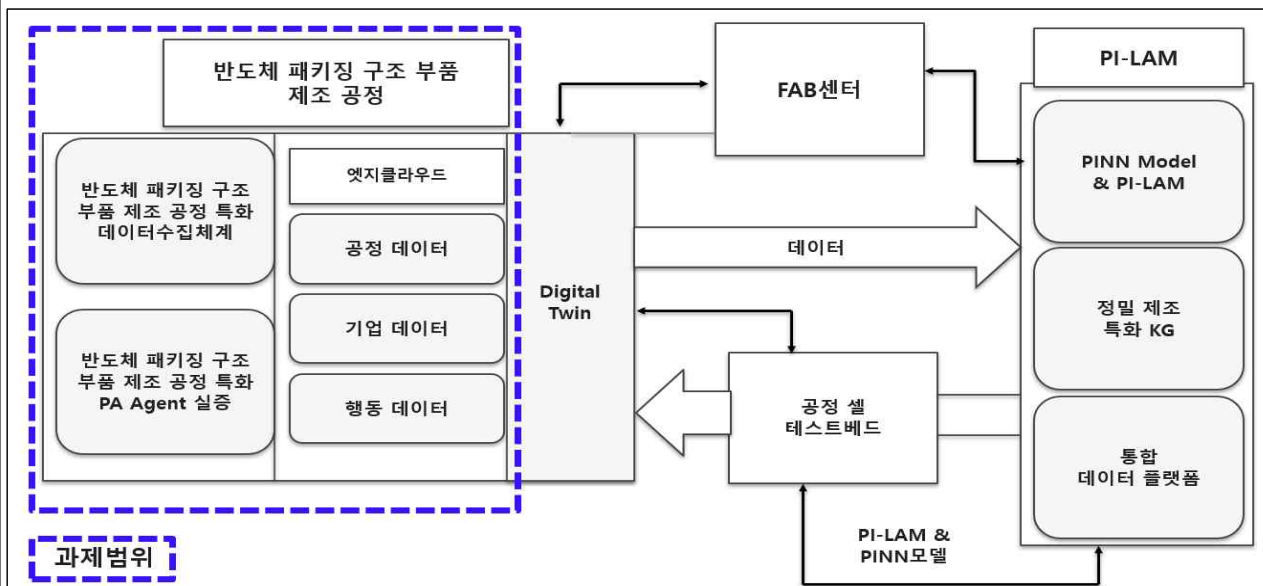
1. 개요

- (개념) 반도체 구조 재료 핵심공정인 정밀 성형*과 전해도금**을 대상으로 공정 상태를 식별할 수 있는 다변량 실시간 데이터 수집 환경을 구축하고 자율적으로 공정을 제어하는 페루프형 시스템 실증

* 소성가공, 스탬핑 등

** 표면처리 공정

- 공정 상태 인지 → 판단 → 최적 레시피 생성 → 운영자 승인 → 설비 제어 → 품질 피드백 일련을 과정을 자율적으로 순환하는 페루프 구성
- AAS(IEC 63278)·OPC UA FX 참조



< 과제 개요 >

2. 현황 및 필요성

○ (기존 기술현황)

- 스탬핑은 반도체 구조 재료에 대한 다양한 요소*의 변화에 따라 품질이 달라지는 민감도가 높은 공정의 개별요소에 대한 관리 중심으로 통합 관리로 진화 미흡
- * 소재두께·물성, 프레스 하중·하사점·SPM, 금형 마모·Burr
- 전류 밀도·전압 파형·전해액 온도·pH·농도·라인 스피드·정류기 상태 등 도금 두께·광택·표면결함에 영향을 미치는 개별 요소별로 원인을 분석하는 수준
- 공정 간 선행-후행 인과 추적과 실시간 보정 체계 미흡

○ (필요성)

- μm 수준 정밀 공정에 대한 최적화 기술은 경쟁이 심해지는 추세로 공정 기술의 우위 유지와 양산 수율 향상을 위해 자율제어 기술 확보 필요

3. 수요분석 및 기대효과

- (수요분석) 반도체 구조재료* 제작사, 소성가공·표면처리 등 뿌리기업에서 데이터 기반의 공정 최적화와 비용 경쟁력 향상을 자율제조 수요 점증
 - * 리드프레임, 커넥터, 패키지 등 구조부품하
- MES*·검사·설비 자동화 등 솔루션 기업의 자율제어 고도화 기술 수요
 - * Manufacturing Execution System
- (기대효과)
 - (산업) 불량률·리드타임 저감 및 설비 가동률 향상으로 제조 경쟁력을 제고할 수 있으며, 숙련자의 행동을 자산화 함으로써 생산성 향상에 기여 기대
 - (기술·정책) 국산 제조장비·표준(AAS) 기반 제조AI 생태계 확보, 탄소저감·ESG 연계, 반도체·정밀의료·항공우주 등 시간/정밀도 민감 공정군으로 기술 확산

4. 연구개발목표

- 최종목표
 - 반도체 구조재료 공정을 대상으로 PI-LAM 기반 자율공정 실증시스템 기술 개발
 - 대규모 제조 융합데이터(시계열 물리량, 제어정보, 환경변화 등) 수집·정제
 - 제조 현장 융합데이터 수집 인프라(센서, 네트워크, 데이터 연동·수집용 SW 및 HW)
 - 물리지능행동모델기반의 자율제조 운영시스템 실증

○ 정량적 연구개발목표

성능지표		단위	연구개발 목표치	연구개발 전 국내 수준	세계 최고수준 (보유국/보유기관)
1	공정 데이터 수집 규모	GB/TB	95%	N/A	N/A
2	수집 데이터 신뢰성	%	95%	N/A	N/A
3	물리지능행동모델 개발 반영률	%	20%	N/A	N/A
4	모델 적용 품질 개선률	%	10%	N/A	N/A
5	품질 안정성(Cpk)	-	Cpk 1.33 이상	Cpk 1.0~1.2	리드프레임 정밀 스탬핑 선도 Mitsui High-tec(일)·Shinko(일)
6	수율 안정성(변동폭)	%	±3% 이내	±5~10%	양산 수율관리 선도 (일·대만)IDM/OSAT)

- 1) 대상 공정에서 수집 (센서)데이터로 해석할 수 있는 공정 특성이 설명되어야 하며, 데이터 특성에 따른 데이터 수집 주기를 제시하고 이에 따른 목표 데이터 규모가 제시되어야 함
- 2) 수집된 데이터의 신뢰성을 평가할 수 있는 공인된 측정 방법이 제시되어야 하며, 제시 방법을 기준으로 수집 데이터의 신뢰도 목표 수준이 제시되어야 함
- 3) 수집 데이터의 PINN 등 AI 모델 개발 활용 수준을 측정하는 지표로 미활용 데이터 수집 비율을 낮추고 AI 모델 개발 요구사항을 반영하여 수집되어야 함

- 4) 공여 데이터를 활용한 PINN 등 개발된 AI 모델의 실증 적용에 따른 공정 품질 개선률(품질 개선률 측정 방식 제시 필요)
- 5) SPC 시스템 및 품질 관리 시스템에 저장된 핵심 품질 특성 데이터를 활용하여 Cpk 산출. 공정 능력 분석 기준에 따라 이상치 처리 기준을 포함한 통계적 검증 수행
- 6) MES 생산 이력 및 수율 관리 데이터를 기반으로 실증 전·후 및 실증 기간 수율 비교. 동일 제품 반복 생산 기준 기간별 평균 수율 대비 변동폭으로 안정성 평가

○ 공통 요구사항

- (무빙타겟) 기술 진화가 빠르게 전개되는 분야임을 감안하여, 기술 환경 변화를 반영하기 위한 연구개발 추진 체계 제시
- (사업화·상용화) 연구개발 결과물의 산업 확산에 대한 사업화·상용화 방안 제시

5. 연구개발내용

- ① **(융합데이터 수집)** 설비로부터 학습을 위한 데이터 추출을 자동화하고 스탬핑·표면 처리 공정에 영향을 미치는 융합데이터 실시간 수집 및 통합 관리 체계 구축
 - 스탬핑 공정 : 프레스 장비에 센서를 부착하여 하중, 하사점 위치, 스트로크 속도, 금형 온도, 설비 진동 등 정밀 성형과 관련된 물리·설비 데이터를 실시간으로 수집
 - 전해도금(표면처리) 공정: 용액 농도, pH, 전해액 온도, 전류 밀도, 전압, 전류 파형, 라인 속도 등 화학적 반응 및 표면 특성과 직결되는 데이터를 수집
- ② **(예측 모델 개발)** 공정 조건-품질·수율 간 관계를 데이터 기반으로 물리 기반 모델을 적용하여 예측
 - 스탬핑 공정 : 금속의 소성 변형 거동 지배 방정식을 내재화하여 형상 정밀도를 예측하고, 프레스 하중 및 금형 조건 변화에 따른 burr) 발생 메커니즘과 응력 분포를 분석하는 PINN 모델 개발
 - 전해도금 공정 : 패러데이(Faraday) 법칙 등 전기화학 반응에 기반한 도금 두께 성장에 대한 예측 모델과 전류 밀도 분포에 따른 도금 균일도 및 표면 특성을 예측하는 PINN 모델을 개발
- ③ **(자율 공정 제어)** 공정 상태 인지·판단, 최적 레시피 자동 생성 및 μm 수준 품질이 준수되게 하는 정밀한 설비 제어 시스템 개발
 - PINN 모델의 물리적 상태 추론 결과를 바탕으로 공정 상태에 따른 최적 운전 조건 자동 생성
 - 공정 이상 징후를 조기에 탐지하여 대응 시나리오에 따른 자율적으로 설비를 제어하거나 신속한 의사결정을 지원하는 시스템 개발
- ④ **(실증)** 최적 공정 레시피를 제어 시스템과 연계하여, 스탬핑 공정의 프레스 하사점 및 압력 조건을 자동 보정 하는 시스템 실증
 - 전해도금 공정의 전류 및 라인 속도 자동 조정 등 μm 수준 품질 유지

6. 지원기간/예산/추진체계/특기사항

○ 연구개발기간 : 5년 이내('26.8월~'30.12월)

○ 정부지원연구개발비

구분	기간	개월수	정부지원연구개발비(억원)
1년차	26.08~26.12	5개월	9.14
2년차	27.01~27.12	12개월	13.27
3년차	28.01~28.12	12개월	12.54
4년차	29.01~29.12	12개월	12.05
5년차	30.01~30.12	12개월	6.10
합계	26.08~30.12	53개월	53.10

* 연차별 정부 지원 연구개발비는 당해연도 예산 심의 결과에 따라 변동될 수 있음

○ 주관기관 : 제한없음

- 융합데이터 수집과 실증 환경이 제시되어야 하며, 다수 참여기관과의 연계-협력을 주도할 수 있는 주관기관 역할 필요

○ 통합형 과제 유의사항

- 본 과제는 통합형 과제로, 총괄 및 세부 과제 컨소시엄을 구성하여 신청
- 선정평가 시, 총괄 및 세부 과제 통합 선정
 - * (2026-피지컬AI-13)총괄/세부1 ~ (2026-피지컬AI-25)총괄/세부13
- 과제 참여를 위해 제조공정의 연구목적 데이터 공개에 대한 확약 필수, 불가 시 과제 참여에 제한이 있을 수 있음

○ 수행체계 : 주관 및 참여기관의 역할 제시 필수

- 국가균형발전 연계 : 비수도권 제조 클러스터 소재 기관의 참여와 지역 제조 생태계와의 실증 방안 제시 권고
 - * 수요 기업은 경남 지역 내 제조관련 기업을 권고
- 국무회의 의결 근거, 경남 제조업 현장에 대해 피지컬AI 학습·실증을 위한 과제 수행체계와 지역에 대한 기대효과 제시 필요
- 사업 목적 달성을 위해 선정 이후 주관/참여기관으로 구성하는 협의체 운영 예정

연구유형	기초연구 (), 응용연구 (), 개발연구 (√)	TRL (5)~(7)단계
과제특징	국무회의 의결 예비타당성조사 면제와 입지적정성(경남) 검토를 거쳐 추진	
구분		기술분야명/팀명
책임PM		피지컬AI/지역AX R&D센터
담당팀장		피지컬AI/지역AX거점팀
		성명
		이준우
		윤정섭