

□ AI 기반 근로자 안전 감지를 위한 산업용 로봇 디지털 가상 펜스 실증

실증 과제	AI 기반 근로자 안전 감지를 위한 산업용 로봇 디지털 가상 펜스 실증
실증 개요	○ (개요) 물리적 펜스가 가진 안전 기능의 한계를 극복하기 위해 다양한 센서(2D/3D, 열화상, 라이다 등)를 활용하여 근로자의 위치, 동작, 상태를 정확하게 인지하고 로봇의 동작을 제어하는 디지털 가상펜스 실증 추진 ○ (목표) AI 디지털 펜스 기술 적용을 통해 현행 안전 기준의 유연한 전환 가능성을 입증하고 이종 로봇 간의 통합 안전 관리 모델을 제시하여 향후 공식 방호 조치로 인정 받기 위한 실증 추진 - 영상, 거리, 모션 감지 등 다양한 센서 기술과 데이터를 학습한 산업 AI 개발로 실시간 위험 감지 및 인식, 기존 단일 센서 기반 대비 오인식율 및 안전 재해 사고 감축 기대 - 디지털 펜스 실증을 통해 고정식 및 이동식 로봇 간 연계 협업 기능 고도화, 제조 현장 내 공간 효율성, 근로자 편의 개선 가능 ○ (필요성) 현행 규정 상 산업용 로봇에는 물리적 펜스로 4면을 모두 둘러싸도록 설치하는 것이 의무이기 때문에 다른 이동형 로봇 혹은 근로자가 자재를 공정 중에 투입시키거나, 청소 및 교시 작업을 해야 하는 경우에 물리적 펜스 도어를 오픈하여 접근하는 것이 불가피 * 컨베이어 시스템의 설치 등으로 울타리를 설치할 수 없는 일부 구간에 대해서는 감응형 방호장치 대체 설치를 허용하고 있으나 측면 전체 적용 등은 불가능 - 최근 제조 현장에는 자재 이동이 잦은 셀 단위 공정이 증가하고 있어 고정식-이동식 로봇 간 협업의 필요성이 높아지고 있으나 물리적 펜스는 공정 자동화의 걸림돌로 작용 - 아울러, 작업자가 자재 투입, 점검 및 청소 등 펜스 내부로 진입해야 하는 경우에 안전 사각지대가 존재하며, 오히려 작업자 간의 시야를 가려 기계를 오작동하게 하는 등 사고가 지속 발생 중 - 비상 정지 버튼 등 물리적 펜스가 면제되는 안전 기능을 갖추더라도 장시간 노동 등으로 작업자의 주의력이 떨어지거나, 졸음, 동료가 없는 등의 경우 인명사고로 이어질 수 있음

	➔ 펜스의 유무와 상관없이 작업자의 '동작'과 '위치'를 실시간 감지하여 위험 상황 시 로봇을 즉시 정지시킬 수 있는 펜스 도어 오픈 유무에 결부되지 않는 상시 안전 유지 시스템 구축 필요 ※ [참고] 디지털 가상펜스 해외 사례 일본 기업 A사 및 B사는 자동차 생산라인에 로봇 주변을 3단계(안전-주의-정지) 영역으로 설정, 작업자가 '주의' 구역에 진입하면 로봇이 저속 모드로 전환되고, '정지' 구역(디지털 펜스 안쪽)에 진입하면 즉시 멈추는 방식으로 적용되고 있으며, 부품 공급을 위한 AGV/AMR이 로봇 옆까지 자유롭게 드나들 수 있어 물류 효율성 효과 발생
실증 대상	○ (실증 기술) AI 멀티모달 기반 디지털 펜스 시스템 ○ (적용 대상) 산업용 로봇이 운영되는 제조 현장으로 고정형 로봇, 협동 로봇, 자율주행 물류 로봇 포함, 방호장치가 의무로 적용되어야 하는 기업 대상 추진 ○ (실증 공간) 클린룸, QC룸, 포장 공정 등으로 로봇과 현장 근로자가 혼재된 제조 현장에서 진행  일반적인 산업용 로봇 펜스  가상 울타리 형태로 광전자식 보호 구역 설정 및 안전 라이트커튼(주황색 영역(내부 포함)), 모니터링 센서(파란색 영역), 비상정지장치 등으로 구성된 디지털 펜스

실증 내용	○ (디지털 펜스 구축 및 안전성 검증) CCTV·라이다·음석인식 등 멀티 센서 인프라 적용을 통해, 작업자 위치·자세·접근속도 등을 실시간으로 감지하여, 위험상황 인식 시 산업AI 알고리즘 기반 로봇 동작의 자동 정지, 감속, 경보 등의 기능 검증 ○ (다중 로봇 및 근로 환경 통합 실증) 자재 이송, 포장 등 공정에서 이동식 산업용 로봇 또는 작업자의 접근 위치 추적, 작업 연계 기능 검증, 감속·정지 시스템 검증 등 실증 ○ (산업AI 연산 등의 성능 검증) 근로자의 쓰러짐, 멈춤, 위험 음성 등의 이상 동작 감지 시 알람 및 기록하고 위험 수준에 따른 시각·청각 경고 ○ (근로자 안전성 및 법령 적합성 실증) 디지털 펜스 도입을 통한 기존 또는 동일 수준 이상의 작업자 안전 확보 검증(현행 물리적 안전 펜스와 디지털 펜스 도입 후 안전 문제 비교평가 등)												
기대효과	○ (신기술 기반 안전 기준 정립) 산업AI 기반 비접촉 안전감지 기술을 공식 방호조치로 인정하는 제도적 선례 확보 가능, 디지털 펜스의 성능, 반응속도, 인식정확도 등에 대한 KS/ISO 표준 추진 가능성 확대 ○ (중대재해 예방체계 강화) 고위험 작업 공정의 사전 예방형 안전 관리 시스템 마련 및 제조 현장 작업자 만족도 및 몰입도 향상 기대 ○ (생산공간의 유연성 확보) 물리적 펜스 제거 및 디지털 펜스 도입을 통한 제조현장의 공간 재구성 및 공정 간 연동 최적화 가능 <물리적 펜스 vs 디지털 가상 펜스 비교> <table><tr><th>구분</th><th>물리적 펜스</th><th>디지털 가상 펜스</th></tr><tr><td>작업 효율</td><td>1.8m 높이의 펜스 설치 시 작업 동선이 차단</td><td>비전 센서를 통해 공간 제약 없이 가상의 안전구역을 설정하여 작업 효율 증대</td></tr><tr><td>공정 변경</td><td>변경 시 마다 철제 펜스를 해체, 재설치해야하여 생산 유연성 저하</td><td>AI가 공정 흐름에 맞춰 안전 영역을 가변적으로 설정</td></tr><tr><td>안전 수준</td><td>작업자가 로봇에 접근해야하는 경우, 보호 기능이 사라짐</td><td>멀티모달 센서로 작업자의 접근속도와 자세, 인적 오류(Human Error)까지 인지해 거리별 감속 및 제어</td></tr></table>	구분	물리적 펜스	디지털 가상 펜스	작업 효율	1.8m 높이의 펜스 설치 시 작업 동선이 차단	비전 센서를 통해 공간 제약 없이 가상의 안전구역을 설정하여 작업 효율 증대	공정 변경	변경 시 마다 철제 펜스를 해체, 재설치해야하여 생산 유연성 저하	AI가 공정 흐름에 맞춰 안전 영역을 가변적으로 설정	안전 수준	작업자가 로봇에 접근해야하는 경우, 보호 기능이 사라짐	멀티모달 센서로 작업자의 접근속도와 자세, 인적 오류(Human Error)까지 인지해 거리별 감속 및 제어
구분	물리적 펜스	디지털 가상 펜스											
작업 효율	1.8m 높이의 펜스 설치 시 작업 동선이 차단	비전 센서를 통해 공간 제약 없이 가상의 안전구역을 설정하여 작업 효율 증대											
공정 변경	변경 시 마다 철제 펜스를 해체, 재설치해야하여 생산 유연성 저하	AI가 공정 흐름에 맞춰 안전 영역을 가변적으로 설정											
안전 수준	작업자가 로봇에 접근해야하는 경우, 보호 기능이 사라짐	멀티모달 센서로 작업자의 접근속도와 자세, 인적 오류(Human Error)까지 인지해 거리별 감속 및 제어											

	<현행 KS 안전기준 대비 디지털 가상 펜스 기술개발 시 효과>	
	분류	비교 수준
		현행 KS 안전 기준 (AS-IS) 디지털 가상 펜스 (TO-BE)
	로봇정지	안전 정격 감시 정지 : 특정 구역 침범 시 하드웨어 신호에 의해 즉시 정지 (단순 On/Off) AI 기반 동적 예측 정지 : 작업자의 접근 속도와 방향을 분석하여 충돌 전 '예측 정지' 및 '능동 회피'
	속도 및 위치감시	속도 및 위험 간격 감시 : 레이저 스캐너 등으로 설정된 고정 구역 진입 시 단계적 감속 실시간 가변 최적화 : 다양한 센서 (3D 비전, UWB 등)로 작업자의 '동작'까지 인지하여 안전거리를 실시간 재계산
	협동 작업	동력 및 힘 제한 여부 : 접촉 시 충격량을 물리적으로 제한 (주로 저속/저하중 로봇에 한정) 펜스리스(Fenceless) 고속 협업 : 접촉 전 감지를 통해 산업용 대형 로봇도 고속 운전 중 협업 가능 환경 조성
	신뢰성 및 기타	단일 센서(주로 광학) 의존도가 높아 오작동 및 사각지대 존재 멀티모달 센서 방식 : 영상, 열화상, 라이다 융합으로 환경 노이즈(먼지, 조명)에 대응하도록 신뢰성 확보
특례지원 내용	○ 현행 산업안전보건기준에 관한 규칙 제223조(운전 중 위험 방지)는 산업용 로봇이 가동되는 작업 구역에 대해 물리적 방호설비(펜스, 울타리, 감응식 장치 등) 설치 의무화	
	제223조(운전 중 위험 방지) 사업주는 로봇의 운전(제222조에 따른 교시 등을 위한 로봇의 운전과 제224조 단서에 따른 로봇의 운전은 제외한다)으로 인하여 근로자에게 발생할 수 있는 부상 등의 위험을 방지하기 위하여 높이 1.8미터 이상의 울타리(로봇의 가동범위 등을 고려하여 높이로 인한 위험성이 없는 경우에는 높이를 그 이하로 조절할 수 있다)를 설치해야 하며, 컨베이어 시스템의 설치 등으로 울타리를 설치할 수 없는 일부 구간에 대해서는 안전매트 또는 광전자식 방호장치 등 감응형 방호장치를 설치해야 한다. 다만, 고용노동부장관이 해당 로봇의 안전기준이 한국산업표준에서 정하고 있는 안전기준 또는 국제적으로 통용되는 안전기준에 부합한다고 인정하는 경우에는 본문에 따른 조치를 하지 않을 수 있다.	
	 • KS B ISO 10218-1(로봇 및 로봇 장치-산업용로봇 안전요구사항-로봇)구동제어, 안전관련 제어시스템 성능, 로봇정지 기능, 감속제어, 동시동작제어 등 • KS B ISO 10218-2(로봇 및 로봇 장치-산업용로봇 안전요구사항-로봇시스템 및 통합)안전관련 제어시스템 성능, 설계 및 설치, 배치, 안전보호장치, 협동로봇 운전 등 • KS B ISO 13850(기계안전-비상정지기능-설계원칙)운영조건, 환경적 영향, 비상정지장치, 의도하지 않은 구동의방지 등 • KS B ISO TS 15066(로봇 및 로봇 장치-협동로봇)로봇 협동작업 기술지침 등	

○ 다만, 고용노동부장관이 해당 로봇의 안전기준이 한국산업표준에서 정하고 있는 안전기준 또는 국제적으로 통용되는 안전기준에 부합한다고 인정하는 경우에는 물리적 펜스 설치 면제 가능

- 그러나 협동로봇의 경우에만 가이드 준수 등을 통해 면제가 가능하고, 일반 고정식 산업용 로봇 셀 또는 로봇-로봇 간 연계 작업을 하는 다양한 작업 현장에 AI 기반 디지털 가상펜스를 설치하는 경우에도 물리적 펜스가 면제 가능한지는 판단기준 부재

➔ 하기 두 가지 방안 중 하나의 방향으로 규제특례 부여 추진 예정

1. AI 멀티모달 기반 디지털 펜스 시스템을 구축할 경우 한국 산업표준에서 정하고 있는 안전기준 또는 국제적으로 통용되는 안전기준에 부합된다고 인정하는 특례 필요

OR

2. 디지털 가상펜스를 물리적 펜스를 대체하는 설비로 인정하여 4면 중 1면 이상을 디지털 가상펜스로 대체할 수 있도록 하는 특례 필요