

관리번호			2026-정보·융합기술-7- 품목공모-01		RFP 유형코드		목적·내용	성과물 특성	지원유형
							R	0	1
							원천연구	이론·기술의 정립 및 검증 (TRL 2~4)	일반연구개발
국가전략연구 기획평가전문분야			PM분야	정보·융합기술	RB분야	반도체설계	RB 세부분야	-	
사업명			미래개척융합과학기술개발사업 - 미래유망융합기술파이오니어(도전형)						
RFP명			복합 극한환경 소형 로봇용 환경 적응형 자율연산 구조 및 런타임 플랫폼 개발 (TRL : [시작] 2단계 ~ [종료] 4단계)						
지원 정보	지원기간	2026.07 ~ 2031.12		정부지원금	3,800백만원				
	1단계	2026.07 ~ 2027.12		1단계	600백만원				
	(1차년도)	(2026.07 ~ 2026.12)		(1차년도)	(200백만원)				
	2단계	2028.01 ~ 2029.12		2단계	1,600백만원				
	3단계	2030.01 ~ 2031.12		3단계	1,600백만원				
	주관기관유형	■ 제한없음 □ 대학/출연(연)/국공립연/특정연 □ 기업 □ 기타 비영리법인(병원 등) □ 외국법인							
주관기관 외 필수참여기관	■ 제한없음 □ 기업 □ 기타 비영리법인(병원 등) □ 외국법인								
키워드	한글	적응형 연산, 런타임 재구성, 자기상태 인지, 레질리언트 (내고장성) 컴퓨팅, 극한환경 소형 로봇							
	영문	Adaptive computing, Runtime reconfiguration, Self-status-aware computing, Resilient (fault-tolerant) computing, small robots in extreme environments							

1. 추진배경	
<p>○ 추진근거</p> <ul style="list-style-type: none"> - 과학기술기본법 제11조(국가연구개발사업의 추진) - 과학기술기본법 제17조(협동·융합연구개발의 촉진) - (국정과제 28) 세계를 선도할 넥스트(NEXT) 전략기술 육성 - 제4차 융합연구개발 활성화 기본계획('23.12) - 국가전략기술 육성에 관한 특별법 및 「국가전략기술 육성 기본계획(안)」, 「국가전략기술 체계고도화 방향(안)」 - 혁신적·도전적 R&D 육성 시스템 체계화 방안('24.03, 혁신도전형 R&D) <p>○ 세부 추진배경</p> <ul style="list-style-type: none"> - 본 과제의 목표 기술은 복합 극한환경 소형 로봇용 환경 적응형 자율연산 구조 및 런타임 플랫폼임 - 본 기술은 특정 로봇 플랫폼·원격운용 소프트웨어·일반 자율주행·차량용 반도체·휴머노이드·범용 피지컬 AI·고성능 AI 가속기 개발이 아니라, 복합 극한환경에서 소형 로봇의 내부 컴퓨팅 상태를 인지하고 이에 따라 연산구조 하드웨어와 런타임 운용 소프트웨어를 자율 재구성하는 원천기술임 - '내부 컴퓨팅 상태'는 연산 오류·메모리 오류·연산 지연·전력 저하·센서입력 신뢰도 저하·통신 지연/손실·제어 편차를 포함하며, '연산구조'는 계산 정밀도·연산 중복도·연산 경로·스케줄링·task migration·가속기 사용 여부·runtime mode·safety mode 등 계산 수행 방식 전반을 의미함 - 핵심 기술 흐름은 자기상태 인지 → 이상 원인·계층 판별 → 계산구조·런타임 운용모드 재구성 → 기능축소 운전 또는 안전모드 전환 → 실험실/HIL 기반 복합 이상 주입 검증이며, 연산구조·런타임 자율재구성을 중심기술축으로 설정함 - (유망성·필요성) 소형 로봇 활용 수요는 원전 해체·재난 대응·해양/수중 점검·방사선 관리구역·화학플랜트·밀폐협소공간 점검 등 고위험 환경으로 확대되고 있으나, 이들 환경은 	

<p>방사선·고온/충격·수중·탁도·센서 오염/열화·통신 음영/지연/손실·전력 제약·제어 불안정·연산/메모리 오류를 동시 또는 순차 유발하여 탑재 연산 신뢰성을 급격히 저하시킴</p> <ul style="list-style-type: none"> - (한계성) 내방사선 부품·고신뢰 프로세서·하드웨어 다중화는 신뢰성을 제공하나 소형 로봇에서는 전력·면적·무게·비용·냉각 측면에서 제한적이며(전통적 TMR은 100% 이상 오버헤드 수반), 임계값·를 기반 고장관리(FDIR)는 '이상 발생' 알림 수준에 머물러 다중·복합 이상의 원인·계층·임무 영향도 판별과 계산구조 재구성에 한계가 있음 - (개별 기술의 한계) 센서 self-health·sensor confidence·adaptive precision·fault-aware scheduling·reconfigurable computing 등은 개별 발전 중이나, 소형 로봇 탑재형 구조-런타임 플랫폼으로 통합하여 '상태 인지 → 원인·계층 판별 → 계산구조 재구성 → 안전모드 전환'을 일관 연결하는 공개 대표 KPI·검증체계는 국내외 모두 정립 초기임 - (국외 현황) 우주항공에서는 ESA Hera(센서 상호점검·오류 격리·센서/액추에이터 재구성·자율 충돌회피)·NASA HPSC(내고장성 소프트웨어·체크포인트/롤백·컴파일타임 이중화) 등이, 원전 해체에서는 EU CLEANDEM·DORADO 및 영국 NDA·Sellafield RAICo(글러브박스·수조 모사환경)가 추진되나, 모두 대형 시스템·고신뢰 탑재 컴퓨팅 또는 작업 지원·계측·원격/반자율 운용 중심으로 소형 로봇 내부 계산구조-런타임 자율재구성 탑재형 플랫폼은 직접 대상이 아님 - (국내 현황) 지능형 로봇·원전 해체·방사선 계측·원자력 안전·임베디드 시스템·AI 반도체·재구성형 컴퓨팅 등 연구 기반과 원격조작 로봇·해체 안전성·국제표준화 성과가 축적되어 있으나, 복합 극한환경에서 소형 로봇의 내부 컴퓨팅 상태를 실시간 인지하고 계산구조·런타임 운용모드를 자율 재구성하는 통합 연구는 제한적임 - (과제 추진의 필요성) 임무 지속성과 안전성을 동시에 확보하려면 단순 원격조작·이상탐지·고성능 연산을 넘어 내부 컴퓨팅 상태를 스스로 판단하고 계산구조·런타임 운용모드를 동적 재구성하는 자율연산 원천기술이 필요하며, 본 과제는 기존 내환경 하드웨어 기술을 대체하지 않고 보완함. 	<p>○ 기획의 주안점</p> <ul style="list-style-type: none"> - 소형 로봇이 극한환경에서 외부 세계만 인식하는 것이 아니라, 자신의 내부 컴퓨팅 상태를 인지하고 계산구조와 런타임 운용모드를 자율적으로 재구성하여 임무 지속성과 안전성을 동시에 확보하는 자율연산 구조·런타임 플랫폼을 목표로 함. - (문제 정의) 통신·전력·연산 자원이 제한된 소형 로봇이 예측 불가능한 복합 극한환경에서 ① 외부 환경 이상과 내부 컴퓨팅 이상을 구분하고, ② 이상의 원인·계층·임무 영향도를 판별하며, ③ 제한된 자원 안에서 계산구조·런타임 운용모드를 재구성하고, ④ 안전성과 임무 지속성의 균형(즉시 정지 / 기능축소 운전 / 안전모드 전환 / 제한적 자율복귀)을 자율적으로 달성하도록 하는 것이 핵심 문제임 - (목표 수준) 연산구조-런타임 계층을 필수 중심기술축으로 지정하며, 제안자는 이를 반드시 포함하고 센서입력 신뢰도·통신제약·제어 안정성·안전 의사결정 중 최소 1개 이상과 연계해야 함. - (공백성·파이오니어성) 우주 FDIR·내고장성 탑재 컴퓨팅·원전 해체 로봇·방사선 센서·디지털 트윈·원격/반자율 운용·HIL 검증 등 인접 기술은 존재하나, '소형 로봇 내부 컴퓨팅 상태 인지 + 계산구조-런타임 자율재구성 + 복합 극한환경 대응 + 임무 지속성·안전성 동시 확보 + 소형 자원 제약 경량 자율연산'의 통합기술과 공개 대표 KPI는 국내외 모두 초기 공백영역임. 본 과제는 '연산 성능' 경쟁이 아니라 '극한환경에서 죽지 않는 자율연산 구조·런타임' 원천기술의 선제적 발굴에 초점을 둠 - (기대효과) 기술적으로는 소형 로봇 탑재형 자율연산 구조·런타임 원천기술과 내환경 하드웨어 상보적 경량 신뢰성 체계·HIL 복합 이상 주입 검증 프로토콜을 확보하고, 정책·사회적으로는 작업자 위험 노출·피폭 저감과 고위험 작업 무인화/자동화 기반 강화, 경제·산업적으로는 로봇·센서·임베디드·재구성형 컴퓨팅·원자력 안전 분야 융합 생태계 형성과 후속 실증·표준화·기술이전
---	---

<p>가능성을 기대함</p> <p>- (성과물 활용처·확산) 본 기술의 적용 분야는 해양플랜트·수중 구조감사·재난 대응·방사선 관리·구역·화학플랜트·밀폐협소공간·지하 공동구/터널 점검 등이며, 이들 분야에 활용될 수 있는 공통 기술 개발을 추구함. HIL 이상 주입 시나리오·mission proxy 축적, 후속 TRL 5~6 실증과제 연계, DMP 기반 데이터·검증 프로토콜 관리, 성과교류회를 통한 공통 벤치마크·평가체계 수립으로 확산을 도모함</p>							
<p>2. 과제목표</p> <p>○ 최종 목표 : 복합 극한환경에서 소형 로봇의 내부 컴퓨팅 상태(연산·메모리·전력·지연·센서입력 신뢰도)를 실시간 인지하고, 계산구조와 런타임 운용모드를 자율적으로 재구성하여 임무 지속성과 안전성을 동시에 확보하는 '환경 적응형 자율연산 구조 및 런타임 플랫폼' 핵심 원천기술 개발</p> <p>○ 단계별 목표</p>							
1단계('26~'27)		<ul style="list-style-type: none"> 복합 극한환경·내부 이상 시나리오 및 자기상태 변수 정의 연산구조 하드웨어-런타임 자율재구성 개념모델·핵심 알고리즘 설계(외부 임무계층 1개 이상 연계) 및 단위기능 PoC 복합 이상 탐지 정확도 ≥80%(단일/이중), 이상 원인·계층 판별 ≥80% 계산구조·운용모드 재구성 성공률 ≥80%(단위 수준), 자율대응·재구성 응답시간 ≤2.0초 안전모드 전환 성공률 ≥70% (자율) 논문·특허·기술이전·국제표준 기여·공개 데이터셋/오픈 플랫폼 등 제안자 자율 제시 					
2단계('28~'29)		<ul style="list-style-type: none"> 연산구조 하드웨어-런타임 소프트웨어 계층 + 외부 임무계층(센서입력 신뢰도·통신제약·제어 안정성·안전 의사결정 중 1개 이상) cross-layer 부분 통합 PoC Fault injection / HIL 복합 이상 주입 검증환경 구축 복합 이상 탐지 정확도 ≥85%, 이상 원인·계층 판별 ≥85% 계산구조·운용모드 재구성 성공률 ≥90%, 자율대응·재구성 응답시간 ≤1.5초 안전모드 전환 성공률 ≥80% (자율) 논문·특허·기술이전·국제표준 기여·공개 데이터셋/오픈 플랫폼 등 제안자 자율 제시 					
3단계('30~'31)		<ul style="list-style-type: none"> 통합검증용 환경 구성 및 최종 검증 복합 이상 탐지 정확도 ≥90%, 이상 원인·계층 판별 ≥90% 계산구조·운용모드 재구성 성공률 ≥95%, 자율대응·재구성 응답시간 ≤1.0초 안전모드 전환 성공률 ≥90% (자율) 논문·특허·기술이전·국제표준 기여·공개 데이터셋/오픈 플랫폼 등 제안자 자율 제시 					
<p>3. 성과지표</p> <p>○ 성과지표</p>							
항목		1단계	2단계	3단계 (최종 목표)	성과수준		비고
					국내 최고수준	세계 최고수준	
필수	복합 이상 탐지 정확도 ¹⁾	≥80% (단일/이중 이상)	≥85%	≥90%	-	99% (웨스팅 하우스)	¹⁾ 정확도: 시스템의 이상을 감지하는 수준 ²⁾ 이상 검출률: 실제 이상 중 찾아내는 비율 ³⁾ 오탐률(False Positive Rate): 정상인데 이상으로 판단하는 비율
	이상 검출률 ²⁾	≥80%	≥85%	≥90%	-	99.9% (웨스팅 하우스)	
	오탐률 ³⁾	≤20%	≤15%	≤10%	-	5% (히타치-GE)	

	MTTD ⁴⁾	≤2.0초	≤1.5초	≤1.0초	-	1초 (웨스팅 하우스)	⁴⁾ MTTD(Mean Time To Detect): 이상 발생 후 발견에 걸리는 시간
	계산구조/ 운용모드 재구성 성공률	≥80%	≥90%	≥95%	-	99% (웨스팅 하우스)	
	안전모드 전환 성공률	≥70%	≥80%	≥90%	-	99.9% (웨스팅 하우스)	
자율	논문/OCR 상위 10% 이내, 특허, 기술이전 등	단계별 자율제시					
<p>4. 특기사항</p>							
기본 특성분류	주요 항목별 해당여부	국가전략기술	<input checked="" type="checkbox"/> Y (반도체·디스플레이/고성능·저전력 인공지능 반도체)		<input type="checkbox"/> N		
		혁신도전형 R&D	<input checked="" type="checkbox"/> Y		<input type="checkbox"/> N		
		특허로 R&D(舊 IP-R&D)	<input type="checkbox"/> Y		<input checked="" type="checkbox"/> N		
		경쟁형 R&D	<input checked="" type="checkbox"/> Y		<input type="checkbox"/> N		
		보안과제	<input type="checkbox"/> Y		<input checked="" type="checkbox"/> N		
		기술료 징수	<input checked="" type="checkbox"/> Y		<input type="checkbox"/> N		
		3책5공 적용	<input checked="" type="checkbox"/> Y		<input type="checkbox"/> N		
		국제공동연구 의무	<input type="checkbox"/> Y		<input checked="" type="checkbox"/> N		
		지자체 예산매칭 의무	<input type="checkbox"/> Y		<input checked="" type="checkbox"/> N		
		DMP 수립·이행 의무	<input checked="" type="checkbox"/> Y		<input type="checkbox"/> N		
ESG		<input type="checkbox"/> E(환경) <input type="checkbox"/> S(사회) <input type="checkbox"/> G(지배구조) <input checked="" type="checkbox"/> 해당없음					
<p>○ (융합연구) 융합기술 분야의 연계성이 과제 연구목표 및 내용에 명확하게 적시 필수</p> <p>○ 실제 제출하는 과제명은 연구자의 아이디어가 포함될 수 있는 제목으로 연구계획서 제출</p> <p>○ 미개척 분야의 도전적 연구 주제에 대한 지속 가능성을 제시하고, 검증된 연구개발에 대한 활용성 스케일업 연구개발 지원을 위한 이중 이상 분야 융합 연구진 구성 권고</p> <p>○ (경쟁형) 단계평가를 통해 2단계 계속 지원 여부를 결정</p> <p>- 단계평가 시 과제책임자는 1단계 성과 및 2·3단계 계획을 바탕으로 과제 조정 제안 가능</p> <p>- 차 단계 계속지원 과제의 경우 경쟁형중단 과제(경쟁기관)의 연구내용 및 방법, 연구기관(연구자) 등 일부 흡수 가능</p> <p>- 평가위원회는 이를 고려하여 2단계 계속 지원 여부 결정 가능</p> <p>※ 경쟁형 과제로 1단계 평가 후 2단계 진입 (RFP별 1개 과제 내외 계속지원 예정)</p> <p>※ 평가 결과에 따른 과제중단 및 연구비 조정 가능</p> <p>○ 본 사업은 데이터 관리계획(DMP) 제출을 의무화하여, 구축 데이터의 범위·공개 수준·활용 방안을 명시해야 하며, 과제 선정 및 단계/최종 평가 시 DMP 이행 여부를 주요 평가 항목으로 반영</p> <p>○ 연차점검(필요 시) 및 단계평가를 통해 연차별·단계별 추진 현황 및 성과를 점검받고, 점검·평가·추진위원회 의견에 따라 연구개발과제의 목표 및 내용, 과제 구성, 연구비, 계속 지원 여부 등 조정 가능</p>							