

RFP관리번호	2025-융합-품목공모-3		공모유형	품목공모형		
해당여부	<input checked="" type="checkbox"/> 국가전략기술 <input type="checkbox"/> 탄소중립 <input checked="" type="checkbox"/> 글로벌 R&D <input type="checkbox"/> 미래소재 <input type="checkbox"/> 전략연구사업(MPX)(예정) <input type="checkbox"/> 국방전략기술(예정)					
국책연구기획 평가전문분야1	PM분야	정보·융합기술	RB분야	정보및자능/ 기계소재및 부품	RB세부분야	전분야
사업명	첨단융합기술개발사업 - 미래개척융합과학기술개발(舊 STEAM 사업) - 글로벌융합연구지원					
RFP명	휴머노이드 장기 운용을 위한 복합 감각 기반 에너지 효율적 전신 행동지능 개발 (TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 6단계)					
RFP유형코드	사업목적·내용	성과물 특성		지원대상	보안과제 분류	일반
	R	1	-	1		
1. 추진배경						
<input type="checkbox"/> 문제정의 및 필요성						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 최근 전세계적 저출산·고령화 현상으로 인한 산업 및 노인돌봄 노동자 공백의 대안으로 휴머노이드 로봇 개발이 차세대 핵심 산업으로 급부상 ○ 휴머노이드 로봇이 효과적으로 활용되기 위해서는 장시간 운용이 필수적이나, 현행 휴머노이드 로봇들은 배터리 1회 충전시 1~2시간 내외의 짧은 구동만 가능 ○ 휴머노이드 로봇 실용화를 위해서는 긴 작동시간이 요구되므로 에너지 효율을 높여줄 수 있는 한계 돌파 기술 개발이 필요 ○ 에너지 효율적 휴머노이드 동작 생성 기술은 다양한 플랫폼에 적용 가능한 범용 기술로 높은 파급력이 있을 것으로 기대됨 						
<input type="checkbox"/> 한계 기술 영역						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 전통적 제어 방식은 특이점(singularity)의 존재로 팔·다리를 사람처럼 펴지 못하므로 구현할 수 있는 자세가 제한되고 작업공간이 매우 협소한 한계가 있음. 이로 인해 로봇이 항상 무릎을 굽힌채 짧은 보폭으로 걷는 등 에너지 효율이 매우 나쁜 동작이 생성됨 ○ 동작계획(motion planning) 기술은 로봇 전신 동작을 계획하는데 큰 연산량이 필요하여 실시간으로 활용할 수 없으며, 에너지 효율을 고려하기 어려움 ○ 강화학습 기반 행동지능 기술은 보행 제어에 탁월한 성능을 보이고 있는 만큼 높은 잠재력을 보이고 있으나, 아직은 생성한 동작의 에너지 효율이 매우 낮고, 휴머노이드 전신을 활용한 작업수행 기술 수준이 낮음 ○ 지금까지 개발된 대다수의 기술은 작업 성공률 향상에만 초점을 맞추고 있어 에너지 효율에 대한 연구가 부족함 ○ 일부 휴머노이드 동작의 에너지 효율 경감 및 최소화에 대한 연구가 보고되고 있으나 주로 상지의 조작, 혹은 하지의 보행 동작에 특화되어 있어 전신 동작에 대한 에너지 경감/최소화에 대한 연구는 그 동안 수행되지 않았음 						

□ 국내외 기술 동향

○ (국외)

- 휴머노이드 로봇용 컴퓨터 플랫폼인 ‘젯슨토르(NVIDIA)’와 같이 휴머노이드의 성능, 전력, 크기에 최적화된 모듈식 아키텍처 개발이나, 저전력 AI 구동 기술, AI 경량화, 배터리 효율을 중심으로 한 연구가 대다수
- 일부 제어나 기계학습, 최적화 기법을 통해 휴머노이드의 보행 동작이나 자세 안정화의 에너지 소모 최소화에 대한 연구를 수행한 사례는 있음
- 중국의 경우 거대한 제조 인프라를 활용한 휴머노이드의 핵심 부품의 시장 경쟁력 확보와 강화학습 기반의 뛰어난 보행/조작 제어 사례를 공개하고 있음
- IHMC, NASA JSC 등 연구기관에서는 휴머노이드 로봇에 적용할 소프트웨어의 범용성 확대를 위한 Software-Defined Robot 개념을 도입하여 다수/다종의 휴머노이드 로봇 타입에 적용한 사례가 있음

○ (국내)

- KAIST 등에서 모터 드라이버 회로를 내재화해 구동기 손실을 최소화하고 제어 대역폭을 높여 보행 효율과 안정성을 크게 향상시켜 최장 주행거리를 획기적으로 높인 4족 보행 로봇 개발
- 서울대에서는 확률적 최적화 기법을 바탕으로 에너지 소모를 최소화할 수 있는 휴머노이드의 상지 모션 플래닝 기법을 개발
- 다양한 동작·상황에 따라 스스로 효율적인 전신 동작을 개발하여 행동하는 지능 및 플랫폼 등 휴머노이드의 범·활용성 측면을 고려하여 일상 공간에서 실제 활용 시에 필수 요소인 장기 운용을 위한 새로운 접근 방법에 대한 연구가 필요

2. 연구개발목표

- 최종 목표 : 휴머노이드 로봇의 최적 전신 동작(운동) 생성 및 작업 계획/수행을 위한 복합감각기반 에너지 효율적 운동 및 작업 지능 기술 개발 [작업 시간 단축 및 작동(운용) 시간 증가]

□ 단계별 목표

1단계('25~'26)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 휴머노이드 로봇의 에너지 효율적 최적 동작을 생성하는 복합 감각 기반 운동 지능 기초기술 개발 (TRL 4) - 기존 수준 대비 에너지 효율 20% 이상 향상
2단계('27~'29)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 휴머노이드 로봇의 최적 전신 동작 생성 및 작업 계획/수행을 위한 에너지 효율적 운동 및 작업 지능 기술 개발 및 실증 (TRL 6) - 에너지 효율 20% 이상 향상(1단계 수준 유지) 및 작업시간 20% 이상 단축(동시달성)

3. 연구개발내용 및 성과목표

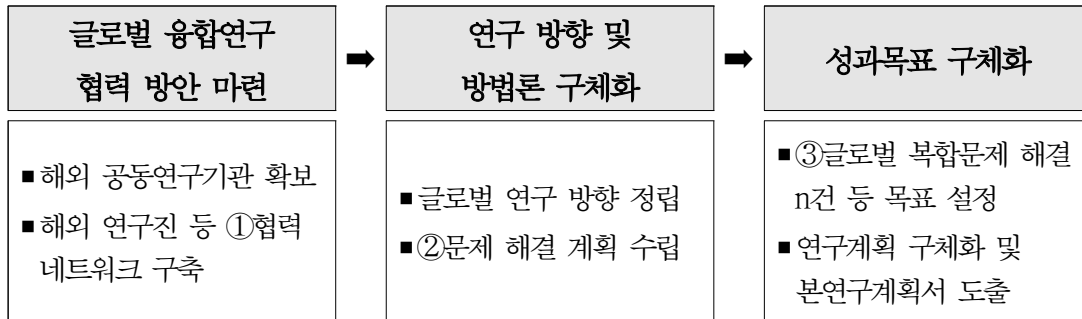
□ 연구개발 내용

- 에너지 효율적 로봇 전신 동작 생성을 위한 복합감각 센서 데이터 기반 운동 지능 학습 모델 및 알고리즘 개발
- 운동 지능 기반 조작/보행/전신 활용 작업수행을 위한 제어시스템 설계 및 제어 알고리즘 개발
- 작업의 맥락과 환경을 고려한 에너지 효율적 작업 계획 및 행동지능 개발
- 장기 수행 작업 과정에서 획득한 경험적 데이터를 타 로봇에 공유하고 전달받은 로봇이 이를 체화하여 별도 과정 없이 즉시 유사 동작 역량을 가지는 경험 데이터 축적, 공유, 체화 기술 개발
- 비정형적 실제 환경 조건을 포함하여 장기 수행 조작 작업 시나리오를 도출하고 이에 기반한 다양한 환경에서의 효율적 휴머노이드 동작의 실험적 검증

□ 성과 목표

- 휴머노이드 로봇(기성품 가능) 1종 이상에서 구현
- 동일 장기 동작 및 작업에 대해서 단순 작업 계획 및 동작 생성 기술과 비교하여 동일 휴머노이드 플랫폼에서 에너지 효율 20%이상 향상 및 작업 시간 20% 이상 단축
 - ※ 장기 동작 시나리오 예: 전신을 활용하는 동작(예: 댄스, 속도별 보행 등)들로 구성된 1세트의 동작을 지정된 시간 안에 장기적(N회 반복, 약 30분 소요)으로 지속하여 에너지 감소를 측정하고 에너지 효율(=작동시간/총소모전력)을 측정함
 - ※ 장기 작업 시나리오 예: 전신을 활용하는 작업(예: 짐 옮기기, 공간 정리 등)들로 구성된 장기 복합 작업 시나리오(약 30분 소요)를 단순 작업 수행 휴머노이드와 비교하여 향상된 전신 동작에 대한 효율성을 유지하며 총 작업 시간을 단축함 (예시: 동시에 수행할 수 있는 작업은 동시 수행, 간결한 동작 생성, 작업 순서를 효율적 조정 등)
- 이외, 정량적 성능지표 및 이에 대한 글로벌 수준의 근거(참고문헌, 기술/연구동향 등)를 연구자가 자율적으로 제시 (5개 이상)
- 정량적 성과지표
 - JCR 20% 이내 국제 저널 또는 관련 우수국제학술대회 (ICRA, IROS, Humanoid, CVPR, ICCV, CoRL, RSS) 5편 이상
- 정성적 성과지표
 - 국내외 관련 분야 주요 전시회 2회 이상
 - 자체평가를 위한 자문회의 개최(연 1회 이상)

<선기획연구 과정 및 성과목표>



- ① 세계 최고(World-Best) 연구결과를 위해 해외 연구그룹과의 글로벌 네트워크 구현 방안 구체화(대상 기관, 연구진, 연구인력 교류, 기관 간 협력 기반 구축 계획 등)

 - 본 연구에서 구현할 해외기관과의 협력체계, 역할 분담 내용 등을 구체적으로 제시
 - 해외기관과의 안정적 연구 추진을 위한 제반 사항을 확보(참여의향서, LOI·MOU 체결 등)

② 국내 기술로 해결할 수 없는 기술개발을 목표로 연구계획 및 방향 구체화

③ 특히 동향조사 등 선기획 연구를 통해 해결할 글로벌 문제해결 목표 건수, 구체적 성과 목표를 설정

④ 선기획 연구기간 중 국제공동연구 계약서 사전준비 권고 (아래사항 참조)

 - (필수사항) 본과제 수행으로 확보된 지식재산권은 주관(국내)기관에 귀속 or 우선실시권을 주관(국내)기관에게 부여
 - (권고사항) 해외기관 연구비는 원화기준으로 설정할 것

4. 지원기간/예산/추진체계

○ 기간

- 선기획연구(3개월) : ‘25.04 ~ ‘25.06.
- 본 연구(4.5년) : ‘25.07 ~ ‘29.12.

○ 정부지원연구개발비

- 선기획연구(3개월) : 0.5억원 내외
- 본 연구(4.5년) : 54억원 내외

구 분		연구 기간	연구비(단위과제당)
선기획 (3개월)	1년차(2025년)	’ 25.4.~’ 25.6.	0.5억원 내외
선행연구 (18개월)	1년차(2025년)	’ 25.7.~’ 25.12.	6억원 내외
	2년차(2026년)	’ 26.1.~’ 26.12.	12억원 내외
심화연구 (36개월)	3년차(2027년)	’ 27.1.~’ 27.12.	12억원 내외
	4년차(2028년)	’ 28.1.~’ 28.12.	12억원 내외
	5년차(2029년)	’ 29.1.~’ 29.12.	12억원 내외

※ 연차별 연구비 규모 및 연구기간은 정부예산, 주제 발굴 및 기획 상황 등에 따라 변동 가능

○ 과제형태 : (일반)연구개발과제

※ 선기획(3개월) 3개 과제 선정 이후 평균 1개 과제만 본 연구 진입

5. 특기사항

- (글로벌융합연구) 연구 수행 및 목표 달성을 위한 글로벌융합연구의 필요성을 명확하게 적시하고, 본 연구(선행연구+심화연구) 과제에 참여하는 국외연구개발기관 및 해당기관 소속 연구자의 연구개발 과정 중 구체적인 역할을 명시할 것
- (활용 및 선도 가능성) 연구 성과물의 미래 활용 가능성과 기존 기술과의 차별성(신기술 개발, 기술혁신, 기술경쟁력 등)을 제시
 - 기존 기술 및 기존 과제와의 차별성을 구체적으로 제시할 것
- 본 연구(선행연구+심화연구) 과제에 참여하는 국외연구개발기관 소속 참여연구원은 국내 주관연구개발기관에 연 1회 이상 방문 공동연구 수행 필수
 - 연구책임자는 실질적 공동연구를 위해 방문공동연구의 성과와 상세 추진계획을 자율적으로 계획서에 구체적으로 제시하며 선정 평가시 평가요소로 활용됨
- 국내 주관연구개발기관 등 소속 참여연구원은 본 연구(선행연구+심화연구) 과제에 참여하는 국외연구개발기관에 연 1회 이상 방문(체류)하여 공동연구 수행 필수
- 실제 제출하는 과제명은 연구자의 아이디어가 포함될 수 있는 제목으로 연구계획서를 제출
- 본 연구(선행연구+심화연구) 과제부터 국외연구개발기관 참여(국제공동연구개발비 사용 또는 공동연구개발기관으로 구성·참여)가 필수
 - 국가연구개발사업 연구개발비 사용 기준 제28조 등에 따라 단계 평가 전까지 연구개발기관과 국외기관 간 계약서 제출 필요
 - 본 연구(선행연구+심화연구) 과제 선정 후, 국외 기관과의 LOI·MOU 제출·검토 이후 협약 체결 및 연구비 지급 예정
- 선기획연구과제의 경우 최종평가(본연구 선정평가)를 실시하여 본 연구(선행연구+심화연구) 과제 선정 예정
- 선행연구(1단계) 연구성과 등을 평가(단계평가)하여 후속 심화연구(2단계) 연구개발비 변동 가능
- 2단계 진입시 영리기관 참여 권고
- 지원예산은 정부 예산상황에 따라 변동될 수 있음