

연구개발계획요구서(RFP)

과제명 : 상호연동 모듈형 허리, 어깨, 무릎 근력보조 엑소수트
기술 개발

1. 개요

가. 기술의 개념 및 정의

본 기술은 비정형 작업 및 반복 작업에서 오는 피로도 감소를 위한 엑소수트 기술로 큰 근력생성을 위한 근력증강보다 근지구력 등의 보조적인 근력보조를 목적으로 하고 상황에 따라 각개 모듈에 대한 취사선택으로 적용 유연성을 갖는 모듈형 허리 근력보조, 어깨 근력보조, 무릎 근력보조 엑소수트 기술을 개발하며 이를 위하여 고효율 경량구동기 및 최적화 기반 예측동역학 인체-로봇 시뮬레이션 기술, 임무별 또는 운영목적별 인체모션 패턴학습 인공지능 기술 개발을 포함.

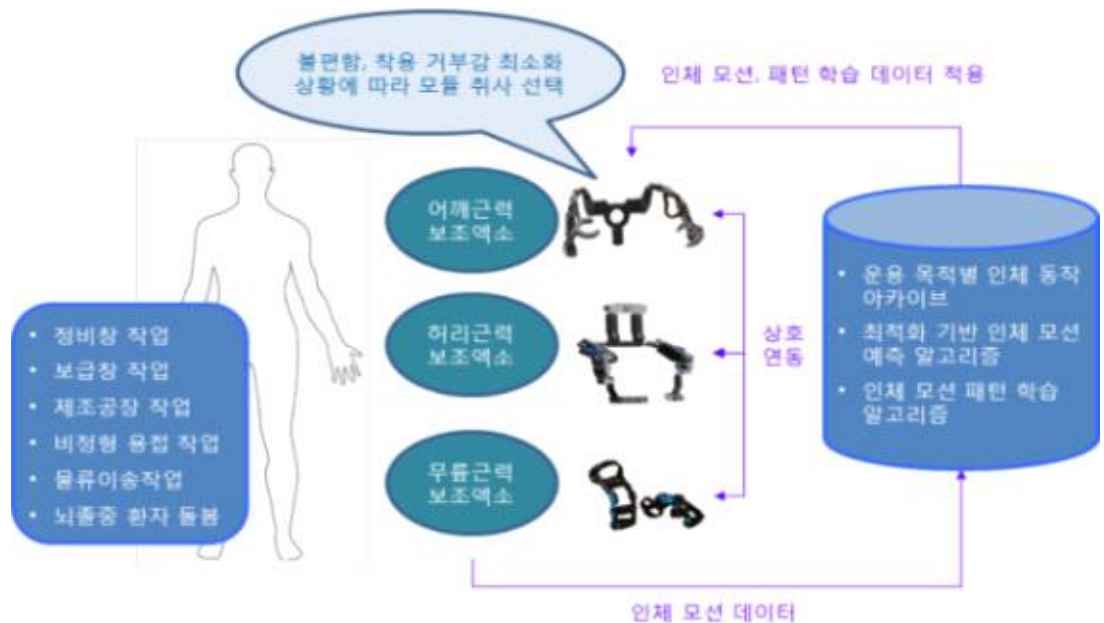


그림 1. 기술개발 개요도

나. 기술의 중요성/필요성 및 시급성

○ 기술의 중요성/필요성

- 군수차원 인구감소 문제 관점에서 병력감소 등에 따라 개개인 병사에 대한 더 많은 양질의 퍼포먼스가 요구되고 이에 따라 근지구력 강화 등을 위한 효율적인 노동력의 보조기능 시스템이 필요.
- 민수차원 인구감소 문제 관점에서도 제조공장 등 현장 작업자들에 대한 구인난 및 이에 따른 숙련된 기술자들의 감소에 따른 기술적 품질 저하 우려
- 최근, 급속한 고령화 및 경제 가능인구의 축소로 인해, 고령인력 및 장애인들의 사회 복귀와 경제 참여의 필요성이 증가하여 장애인 및 노인, 신체적 사회적 약자들의 재사회화에 기여할 수 있음
- 기술개발의 시급성
 - 산업체 현장에서 근지구력 보조 시스템 등에 대한 필요성은 급증하고 있으나 기존의 외골격 로봇은 불편함 또는 착용 거부감들로 인하여 현장에서의 적용이 지체되어 있는 형편이고 기 개발된 외골격 로봇들도 환자재활 등 근력보조 보다는 근력증강에 초점을 맞추어 산업체 등의 현장 적용 시 불편함 존재
 - 선진국에서는 최근들어 가시적인 성과물이 공개되기 시작했지만 기술역량을 집중할 경우 기술 자립을 통한 세계 시장 진입 및 선진국과의 기술 경쟁이 가능할 것으로 예상됨.
 - 최적화 기반 예측동역학 시뮬레이션 기술과 인공지능의 결합을 통한 패턴 학습은 선진국 대비 국내에서는 적용되지 못하고 있는 실정이며, 현장 데이터 취득을 대체하기 위한 시뮬레이션 기술 및 지도학습 등의 과정과 현장 데이터 간의 캘리브레이션 기술도 개발이 시급함.

다. 연구개발 최종 목표

- 민·군수용

항 목		목 표 성 능
시스템 중량	어깨 엑소수트	4.3kg
	허리 엑소수트 ¹⁾	4.5kg
	무릎 엑소수트 ²⁾	6.2kg
운용시간 ³⁾	허리 엑소수트	3시간
	무릎 엑소수트	3시간
어깨 근력보조		2.2~6.8kg
허리+무릎 엑소수트 착용시 부하 리프팅		30kg/바닥에서 50cm 수직
인공지능 기반 임무모션 판별 정확도		90% 이상
최적화 기반 예측동역학 (Predictive Dynamics) 모션 시뮬레이션 임무 종류		3개 ((예) 어깨위 용접, 부하리프팅, 체어리스 제어 등)
사용자 보호 안전 온도 ³⁾		≤43°C (ISO 13482)

1, 2) 배터리 중량 제외

3) 25kg 이하 작업, 상온 기준

2. 국내외 기술현황 및 전망

가. 국내 기술동향 및 전망

- 현대자동차에서는 장애인 및 재활 환자용으로 외골격 로봇에 대한 개발을 시작하였고 모듈형 허리 근력보조 로봇, 무릎 근력보조 로봇을 개발함.
- 한양대학교 벤처기업 헥사시스템즈에서는 노약자 등 하지 허약자를 위한 보행보조 기기로 최대 소비전력 100W, 운영가능시간 1시간 (1회 충전시) 시스템 중량은 배터리 포함 5.5kg의 모듈형 외골격 로봇을 개발함.

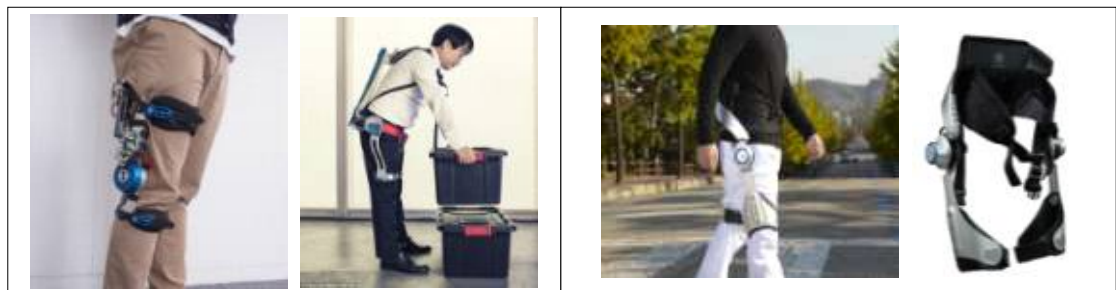


그림 2. 현대자동차 및 헥사시스템 외골격 보조장비

- 한국로봇융합연구원에서는 포스코와 협력하여 용광로 연와작업을 위한 보행, 작업, 언락 등의 상태전이 기능을 가지는 모듈형 허리 근력지원로봇을 개발함
- 국내 기술개발은 근력증강을 목적으로며 모듈형이 아닌 과제가 대부분으로 작업현장의 근지구력 보조 및 피로도 감소에 대한 용도 및 이와 관련한 무게, 편의성, 효율성을 목적으로 하는 연구와는 차이가 있음.

나. 국외 기술동향 및 전망

- 일본의 Cyberdyne에서는 모듈형 근력지원 로봇을 개발하였고 허리근력지원 로봇의 중량은 배터리 포함 3kg, 운영가능시간은 3시간, 충전시간은 1.5시간이며 무릎 또는 팔꿈치에 착용할 수 있는 싱글 조인트 모듈형 엑소 로봇은 하나에 1.5kg, 운영시간은 2시간임.



그림 3. 일본의 Cyberdyne 및 Panasonic 근력지원 로봇

- 일본의 Panasonic에서는 고중량물 이송 작업용 모듈형 허리근력보조 외골격 로봇을 개발하였고 로봇무게는 배터리 포함 6kg, 운영시간은 8시간의 근력보조가 가능함.
- 미국의 Ekso Bionics는 Equipois의 중력보상기술 등을 사용하여 패시브 형태의 무게 4.3kg, 2.2-6.8kg의 리프트 보조를 조절하여 수행할 수 있고 50cm의 work envelope를 가지는 모듈형 어깨 근력보조 로봇을 개발. 현재 포드자동차와 협력하여 자동차공장 공정라인에 적용 중에 있고 보잉에서 시험 적용 중에 있음.



그림 4. 미국 Ekso Bionics 근력보조기구

- 미국 SuitX는 BackX, LegX, ShoulderX로 구성된 모듈형 외골격 수트를 개발하여 판매 중에 있고 각각 허리, 무릎, 어깨의 근력을 보조해주는 역할을 수행함. BackX는 3.3kg버전, 4.5kg 버전이 있고 LegX는 6.2kg, ShoulderX는 4.3kg의 한팔용, 5.3kg의 양팔용이 개발되어 판매 중에 있고 세 개의 모듈을 같이 사용할 수 있게 개발됨.



그림 5. 미국 SuitX 모듈형 근력보조기구

3. 연구개발계획

가. 단계별 연구개발 목표

구분	연구개발 목표	연구개발 내용	주요결과물
응용 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈 최대중량(kg): 5.5(어깨), 5.7(허리), 7.5(무릎) • 어깨근력보조(kg): ≥ 2.0 • 허리+무릎 부하리프팅: $\geq 20\text{kg}/50\text{cm}$ • 인체모션 패턴 인식 정확도(%): ≥ 80 • 적용임무 시나리오: 3개 	<ul style="list-style-type: none"> • 작업환경에 대한 요구사항 분석 • 모듈형 엑소수트 기본설계/상세설계 • 상호연동 통합제어 알고리즘 개발 • 최적화기반 예측동역학 인체-로봇 시뮬레이션 기술개발 • 임무별/운영목적별 인체모션 패턴학습 인공지능 기술개발 • 근력보조모듈 기본시제 제작 및 성능평가 	<ul style="list-style-type: none"> • 요구사항분석 및 시나리오 설정 결과 • 기본설계결과서 • 상세설계결과서 • 인체-로봇 시뮬레이션 결과 • 근력보조모듈 기본시제 등
시험 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈 최대중량(kg): 4.3(어깨), 4.5(허리), 6.2(무릎) • 어깨근력보조(kg): $\geq 2.2 \sim 6.8$ • 허리+무릎 부하리프팅: $\geq 30\text{kg}/50\text{cm}$ • 운용시간(허리,무릎/hr): $\geq 3\text{hr}$ • 인체모션 패턴 인식 정확도(%): ≥ 90 • 적용임무 시나리오: 3개 • 모듈 구동온도($^{\circ}\text{C}$): ≤ 43 	<ul style="list-style-type: none"> • 근력보조모듈 성능 고도화 • 상호연동 통합제어 알고리즘 고도화 • 최적화기반 예측동역학 인체-로봇 시뮬레이션 기술 고도화 • 임무별/운영목적별 인체모션 패턴학습 인공지능 기술 고도화 • 근력보조모듈 시제제작 및 성능시험 평가 	<ul style="list-style-type: none"> • 근력보조모듈 최종시제 • 통합제어 S/W • 인체-로봇 시뮬레이션 S/W • 모션학습 인공지능 S/W • 성능평가결과보고서 • 개략적 운용개념(안)

※ 위 표는 예시이며, 과제 신청시 본 문서의 [1-다.연구개발 최종목표] 항목을 참고하여 최종 목표 달성을 위한 연차별 목표를 연구개발계획서에 제시

- 연차 구분은 회계연도를 기준으로 설정 및 예산 배분.
- 재료비, 장비비 등은 사업 초기에 집행하여 활용도 제고.

나. 사업기간 및 연구개발비

- 사업기간 : 5년(응용연구 3년+시험개발 2년)
- 총 연구개발비(정부출연금) : 53억 이내(응용연구 32억, 시험개발 21억)

4. 적용 및 파급효과

가. 적용분야

- 민수 : 제조공장 조립작업, 비정형 용접작업, 물류이송작업.
- 군수 : 정비창 정비작업, 보급창 군수지원관리작업, 공병대 지뢰탐지작업.

나. 파급효과

- 기술적 측면 :

- 선진국에서는 이미 오래 전부터 관련 연구가 이루어져 왔으며, 최근에는 가시적인 성과물이 공개되고 있지만 기술역량을 집중할 경우 기술 자립을 통한 세계 시장 진입 및 선진국과의 기술 경쟁이 가능할 것으로 예상됨.
- 미래 첨단기술 산업 활성화 및 노동력 지원을 통한 산업 생산성 및 효율성 향상, 의료/실버 분야 신기술 적용 및 삶의 질 향상이 예상됨.
- 경제·산업적 측면 :
 - 외골격 엑소수트는 최근 1~2년 사이에 급격한 시장이 열리고 있으며, 2017년 기준 세계시장 규모 528.3M USD, 2025년 8,300M USD로 연평균 41.2% 성장 예측.
 - 향후 전개될 고령화 사회, 3D 업종 기피로 인한 제조업분야의 인력수급 곤란, 삶의 질 향상을 위한 기본적 욕구 등이 맞물려 인간의 신체적 편리성을 보조하는 본 기술 분야의 요구시장은 국방, 산업, 실버, 장애인 분야에 걸쳐 전 방위적인 폭발적 수요가 예상되고 있음.
- 군사적 측면 :
 - 상호연동 가능 모듈형 근력보조 엑소수트는 미래병사의 후속 군수지원 장비로 확대운용 가능하고, 임무 수행에 따르는 근골격계의 피로저감 및 근력보조 효과를 높일 수 있음.
 - 세계적으로 아직 외골격 로봇 시스템이 실전 배치되지 않은 만큼 빠른 기술 우위 선점 및 무기체계 구축을 통한 방산 수출에 대한 기대도 할 수 있음.

5. 연구개발 결과 제시물 및 평가항목

가. 연구개발 결과 최종 제시물

- 목표기술 획득을 증명하는 결과물 (시제품, 설계도면, 보고서 등)
- 개발기간 중 획득한 관련 지식재산권(논문, 특허권, 소프트웨어 등록 등)

나. 연구개발 결과 평가항목

연구개발계획서 작성 시 본 연구개발계획요구서의 1.다 항의
'연구개발 최종목표'를 참고하여 목표 달성을 입증할 수 있는

- 평가항목
- 달성 목표값
- 평가조건(평가조건 조성 방안 포함)을 제시.

6. 참여 요건

가. 추진 체계 요건

- 주관연구기관 및 참여기관 : 제7조제2항 및 동법 영 제14조제2항 각 호에 해당하는 기관 또는 단체
- 기업분담율 : 민.군기술협력사업 공동시행규정 제27조
※ 주관기관 또는 참여기관에 기업은 필수

나. 연구책임자의 자격 및 과제 신청요건

- 연구책임자의 자격 : 관련분야의 연구 경험이 풍부한 중견 연구자를 책임자로 선임하여 연구의 최종목표를 달성할 수 있도록 계획, 업무프로세스 정립, 원활한 추진 및 조정과 과제관리를 수행할 수 있어야 함.
- 과제 신청요건 : 주관연구기관은 제안한 연구개발 목표를 충분히 달성할 수 있는 연구팀을 구성하여야 하며, 필요시 컨소시엄을 구성할 수 있음.

다. 기타

- 본 과제를 수행하기 위하여 필요한 소요기술을 분석하고 제안기관의 소요기술별 수준 및 미보유기술에 대한 확보방안을 제시(연구개발계획서의 'IV. 추진체계 및 내용'의 '1. 추진 전략 및 체계' 항목).
- 과제수행에 필수적으로 소요되는 장비에 대한 대책 제시.
- 연구개발계획서는 민.군기술협력사업 공동시행규정 별지 서식 제4-1C호(연구개발계획서)를 준용하여 작성.
- 그림, 표 등 인용자료는 반드시 인용처 표기.

7. 참고문헌

8. 과제 문의사항 연락처

소속	성명	연락처
민군협력진흥원	이정민	042-607-6046