

테마명	Next Generation 휴머노이드 (인간처럼 생각하고 느끼며 소통이 가능한 휴머노이드)
관련기술 (파생기술)	인공지능 휴머노이드(HW/SW), 태스크 수행 인공지능, 인간-로봇 상호작용, 비침습 신경 인터페이스, 신경보철
미래사회상	<p>(미래사회-1) 위험하고 사회적으로 기피되는 분야의 노동공백을 해결하기 위해, 일상생활과 고강도 육체노동을 사람 대신 수행하는 감각 증강 휴머노이드 로봇이 등장하는 사회</p> <p>(미래사회-2) 인간의 인지와 감각을 극대화하고 양방향 소통을 통해 손쉬운 교시가 가능하며, 사회적 약자도 활용 가능한 휴머노이드 로봇이 등장하는 사회</p>

1	테마 정의	<p>□ 테마 개념</p> <ul style="list-style-type: none"> - 본 테마에서 바라보는 미래사회상에 도달하기 위해서는 로봇과 사람의 공존을 위한 완벽한 양방향 소통을 바탕으로 둔 Sensing-Reasoning-Acting 과정 전반에 대한 혁신이 동시에 이루어져야 하며, 센싱, 인공지능, 감각증강, 휴머노이드 플랫폼에 대한 융복합적 도전이 필요함 - 인체를 모방한 휴머노이드 플랫폼을 바탕으로, 아래와 같은 Sensing과 Interaction을 통한 인지 기반 기술을 개발하여 Next Generation 휴머노이드를 제안함 - (Sensing & Reasoning) 오감(시각, 청각, 후각, 미각, 촉각)과 제6의 감각(자기장 등)을 측정가능한 초감각 플랫폼과, 이를 바탕으로 환경 및 상황을 인지/판단할 수 있는 인공지능을 개발하여 고난도의 작업을 수행할 수 있도록 함 - (Interaction & Reasoning) 언어, 몸짓, 감각공유 등을 바탕으로 한 인간-로봇 상호작용 기술을 통해 로봇이 사람에게 명시적/묵시적 지시를 받아 유연하게 작업을 수행할 수 있도록 하며, 복합 감각정보의 증강을 통해 로봇을 활용하는 가상환경, 극한환경 및 일상생활에서의 인간 능력을 극대화시킴 <p>□ 제안 범위</p> <ul style="list-style-type: none"> - (Sensing & Reasoning) 센서 및 판단 인공지능 기술 등을 통해 감각 증강 로봇이 스스로 상황을 인지할 수 있는 지능을 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 예시) 환경에 대한 시각적/물리적 이해를 통해 스스로 임무 완수를 위한 세부 목표를 설정 및 수행할 수 있는 인공지능 * 예시) 다중감각정보(예. 시각, 청각, 촉각, 후각, 미각 등) 및 제6의 감각정보(예. 자기장, 전기장 등) 센싱 기술(예, 생체모방형 센서) 및 이를 활용한 환경/상황 이해 기술 * 예시) 촉감 및 역감 측정이 가능하고 안전한 접촉이 가능하며 로봇의 전체표면을 덮을 수 있는 초대면적 소프트 스킨 - (Interaction & Reasoning) 인간-로봇 양방향 소통의 소셜 인공지능 및 감각증강 기술 등을 통해 사람과 공존할 수 있게 함 <ul style="list-style-type: none"> * 예시) 사람과의 자연스러운 의사소통을 위한 언어적/비언어적 행위 이해 및 사람
----------	--------------	---

		<p>수준의 로봇 표현 (언어, 표정, 제스처 등) 생성형 인공지능 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> * 예시) 사람의 명시적 지시(언어)와 묵시적 지시 (뇌 신경신호)를 이해하여 작업을 설정할 수 있는 기술 * 예시) 광, 자기장을 포함한 신개념 3차원 초고해상도 비침습적 신경조율기술을 활용하여 사람의 뇌에 광학적/자기적 자극을 전달하는 기술 * 예시) 휴머노이드 로봇이나 사람의 관점에서 획득한 감각 정보를 이용하여 감각 증강 및 복원 기술 <p>- (Platform) 휴머노이드 로봇 플랫폼(HW/SW)을 개발 또는 활용하여, 인지기반 작업 수행이 가능한 Next Generation 휴머노이드 시스템을 개발하고 검증함</p> <p>※ 동 테마의 제안 범위(Sensing, Reasoning, Interaction, Acting 등) 전체를 아우르거나, 또는 요소기술 단위의 과제 제안 가능</p>
2	도전성 혁신성	<p>□ 현재 기술적 한계점</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현재 로봇은 미리 프로그래밍된 태스크만 수행할 수 있어, 새로운 환경에서 사람이 자연어로 요구하는 지시에 따라 스스로 세부 절차를 생성하고 태스크를 수행하지 못함 - 현재 서비스 로봇은 서비스 기능에만 초점을 맞추고 있어, 아직 자연스러운 대화 상호작용이 어려우며, 비언어 행위 생성의 경우도 단일 모달리티에 집중하여 개발되기에 언어/비언어가 통합된 사람 수준의 상호작용은 아직 가능하지 않음 - 인간의 인지 기능 증강을 위해 신경조율 기법을 적용할 수 있음. 기존 신경 조율 기법의 경우, '깊이-해상도'의 상충 관계가 존재함. 이로 인해 뇌심부의 신경을 고해상도로 제어하기 위해선 침습적 신경제어 기술이 적용됨. 비침습적 전기자극 기법을 활용할 경우, 두개골에 의해 해상도 향상을 기대하기 어려움. <p>□ 동 테마의 혁신성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 단순한 인체 모방이 아닌 인체의 원리와 매커니즘을 규명하고 이러한 원리를 활용하여 기존 로봇 하드웨어 성능을 초월할 수 있는 혁신이 핵심 - 미래의 로봇은 개발자가 태스크 수행에 대한 절차를 수작업으로 입력하지 않더라도, 로봇이 주어진 환경과 명령을 분석하고 태스크 수행에 적합한 절차를 자율적으로 생성하여 임무를 완성할 수 있어야 함, 이를 위해서는 시각 정보 분석, 자연어 이해 능력, 태스크 절차 추론 능력, 세부 절차 수행 능력이 모두 통합된 인공지능 기술 개발 필요 - 언어/비언어의 다중 모달리티(언어, 표정, 시선, 제스처)를 통합 생성하여 사람 수준의 로봇 상호작용 행동 생성 기술 개발 필요, 이는 인간-로봇 공존사회에서 사람이 보다 친숙하게 로봇을 사용할 수 있도록 하고 로봇이 가정환경에서 받아들여질 수 있게 하는 핵심 기술임 - '깊이-해상도' 상충 관계를 해결 가능한 비침습적이고 뇌심부 자극 가능한 고해상도 신경자극 기술 개발이 필요함. 이를 통해 안전하고 정확하게 인간의 인지 기능 증강을 유도할 수 있음

3	산업적 파급력	<p>□ 신시장 창출 전망</p> <ul style="list-style-type: none"> - 사람과 닮은 휴머노이드형 로봇은 사람을 위해 설계된 기존 제조 시설, 산업 인프라를 사용할 수 있어, 제조업 전반에 파급력이 매우 큼 - 기존 산업 로봇의 경우 다른 제품 생산을 위해서는 새로운 제조 라인을 구축해야 하기에 시간적, 비용적 문제가 있었음. 휴머노이드형 로봇의 경우 단일 로봇 형태로 다양한 환경에서 다양한 태스크를 수행할 수 있기에 생산 라인의 변형 없이 유연하게 대응할 수 있음 - 인간-로봇 소통, 인간-로봇 협력 기술을 통해 사람과 로봇이 공존하는 시대가 될 것이며, 제조 분야와 더불어 간병, 접객 등을 포함한 대인 서비스 분야에서의 노동 혁신을 가져오리라 전망 - 기존 로봇은 산업현장에 주로 사용되며, 일부 서비스 로봇이 공용 서비스 공간에서 활용되고 있음. 고효율의 안전한 HW 플랫폼, 자연스러운 인간, 로봇 상호작용 기술, 다양한 태스크를 수행할 수 있는 인공지능 기술을 탑재한 Next 휴머노이드는 한정된 기능을 하는 로봇이 아닌 범용 가정 로봇의 신시장을 창출할 것으로 전망 <p>□ 예상 실현 시기</p> <ul style="list-style-type: none"> - (산업 환경) 고효율 휴머노이드 HW 및 상황 변화, 태스크 변화에 대응하는 인공지능 SW 기술 개발이 되는 5-10년 후 산업현장에 Next 휴머노이드 적용 전망 - (공용/가정 환경) 인간-로봇 공존을 위해서는 높은 완성도의 HW와 안전 기술, 상호작용 SW 기술이 필요함. 10-15년 후 가정환경에서 동작하는 Next 휴머노이드 실현 전망
4	사회적 파급력	<p>□ 해결 가능 사회적 이슈</p> <ul style="list-style-type: none"> - 저출산으로 인한 생산 인구의 급격한 감소 - 사회적으로 기피되고 있는 고위험 분야의 노동 공백 - 1인 가구 증가에 따른 정서적·물리적 고립 - 고령 인구의 급격한 증가 및 이에 따른 사회적 비용 증가와 인지 감각 기능 저하에 따른 고령 인구의 삶의 질 저하 문제 <p>□ 미래사회 기대효과(삶의 질 향상 등)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 차세대 휴머노이드를 활용한 사회적으로 기피되고 있는 분야의 노동 공백을 대체하여 위험한 일터에서 인간의 위험성을 낮출 수 있음 - 노동 공백 최소화에 따른 잠재적 경제 성장률 증가 및 인간의 노동 시간 감소에 따른 삶의 질 향상 - 개인 맞춤형 양방향 소통 가능한 휴머노이드를 통해 개인 가사 노동 및 정서적 교류를 통한 삶의 질 향상 - 고령 인구 및 장애우를 포함한 사회적 약자의 생활 및 인지 증강을 통한 개인의 삶의 질 향상

□ 글로벌 경쟁국가 현황

- (미국) 관련 기술을 선도하고 있으며, 최근 산업계 중심의 활발한 연구 투자가 이어지면서 가장 앞선 휴머노이드 기술을 보유하고 있음
 - * 미국은 휴머노이드 하드웨어, 보행, 작업제어, 인공지능, 로봇-사람 상호작용 분야 전반에 있어 가장 앞선 기술을 보유하고 있으며, 특히 공장 및 물류작업을 위한 산업용 휴머노이드 로봇이 급격히 성장하고 있음
 - * Tesla사에서는 공장 자동화에 활용하기 위해 휴머노이드 로봇 Optimus를 개발 중, Amazon사에서는 Agility Robotics의 휴머노이드 Digit을 활용한 물류창고 작업에 투입 준비중, NASA에서는 Aptronik사의 휴머노이드 개발 프로젝트에 투자 중
- (일본) 2000년대 초반까지는 앞서나가는 휴머노이드 로봇 기술을 보유했으나, 2010년대 이후 글로벌 리더쉽을 잃어가고 있음
 - * 일본은 휴머노이드 로봇 하드웨어, 보행, 제어, 사람-로봇 상호작용 분야에 있어 우수한 기술을 보유하고 있으며, 최근 5년사이 다수의 기업과 국가연구소에서 휴머노이드 로봇 연구 투자를 확대하며 글로벌 리더쉽 회복을 위해 노력 중
 - * Honda사의 Asimo를 통해 우수한 보행 및 이동 기술을 선보였고, Toyota사의 T-HR3와 Softbank사의 Pepper를 통해 우수한 사람-로봇 상호작용 기술을 선보였음. 또한 국가연구소인 AIST의 HRP-5P는 공장 및 산업현장에서 활용 가능한 휴머노이드 로봇 기술을 개발함
- (중국) 최근 가장 가파른 성장을 보이는 국가이며, 정부와 기업들의 대규모 투자를 바탕으로 Xiaomi, Unitree, Fourier Intelligence 등 다수의 기업이 우수한 기술력을 선보이고 있으나 학계에서는 약세를 보이고 있음
- (EU) 국가연구소인 독일 DLR, 이탈리아 IIT 및 다수의 대학을 중심으로 휴머노이드 하드웨어 및 제어 관련 축적된 기술을 가지고 학계를 선도하고 있으나, 산업과 연계된 투자 개발은 상대적으로 부족함

□ 글로벌 주도권 확보 분야

- Tesla사의 휴머노이드 개발 발표를 시작으로 전세계적으로 휴머노이드 로봇 투자 및 사회 관심이 급격히 성장하고 있으나, 대부분 공장 또는 물류창고 작업을 위한 로봇 또는 기술시연용 로봇에 머물러 있음
- 동테마는 한단계 더 나아가 사람과 공존하고 사람 수준으로 작업할 수 있는 휴머노이드를 개발하고자 하며, 이는 현존하는 SW/HW/기술의 조합이 아닌 신개념 기술들을 도입하여 로봇의 운동성, 지능, 인지, 상호작용 능력 등의 퀀텀점프를 이루고자 함.
- 이는 휴머노이드 로봇의 새로운 트렌드 만들고 글로벌 주도권을 가져올 수 있으며 이때 개발한 기술은 휴머노이드 뿐만 아니라 다양한 로봇 기술로 확장 파생되어 로봇 기술 전반에 대한 주도권을 확보할 수 있을 것으로 기대

□ 기존 정부 R&D 와의 차별성

- 최근 3년간(2021~2023) 이루어진 휴머노이드 로봇과 연관된 분야의 기존 정부 지원 과제를 검토한 결과, 기존 정부 과제는 로봇 H/W 구성과 로봇 제어 등 (Acting)과 관련된 테마에 대다수 한정되고 있으며, 본 테마의 Next Generation 휴머노이드와 관련된 (Sensing & Reasoning), (Interaction & Reasoning)에 관한 정부 지원 사례는 없는 것으로 판단됨.
- 다만, 아래 리스트의 정부 지원 과제들 중 2022년도 과학기술정보통신부 발주의 "인간공존형 자율로봇 AI R&D 예타 기획 연구용역"(8번)의 경우, 기존 단일지능/단순통합 방식의 기술적 한계를 극복함으로써 로봇이 인간과 공존하면서 다목적 인간 조력자(Multi-use Human Assistants) 역할 수행을 가능하게 하는 복합작업 수행을 위한 자율성 한계 돌파 AI 기술 확보를 목표로 하고 있지만,
 - i) (Sensing & Reasoning) 관점에서 오감(시각, 청각, 후각, 미각, 촉각)과 제6의 감각(자기장 등)을 측정 가능한 초감각 플랫폼 및 이를 바탕으로 환경 및 상황을 인지/판단 기능까지를 다루고 있지 않으며,
 - ii) (Interaction & Reasoning) 관점에서도 복합 감각 정보의 증강을 통한 인간-로봇 인터랙션 기술은 전혀 다루지고 있지 않음

순번	부처명	공고명	년도	공고기관명
1	과학기술 정보통신부	보행 및 유영이 가능한 수중보행로봇 플랫폼 설계 핵심기술 개발	2023	한국해양과학기술원
2	산업통상 자원부	국제표준 기반 협동로봇 제품별 적합성 평가 연구 용역	2023	한국로봇산업진흥원
3	산업통상 자원부	산업혁신기반구축사업 협동로봇 말단장 치 제품표준 연구 용역	2023	한국로봇산업진흥원
4	방위사업청	다중로봇의 임무수행을 위한 end-to-end 강화학습 모델 프로토타입 연구	2023	국방과학연구소
5	보건복지부	상지말단 기계적 임피던스 추정이 가능한 로봇과 섭동에 의한 영향분석 및 추정의 신뢰도 연구	2023	보건복지부 국립재활원
6	보건복지부	운동학습 모델을 적용한 맞춤형 일상재활 로봇을 위한 운동평가 및 피드백 인공 지능시스템개발	2023	보건복지부 국립재활원
7	보건복지부	감각운동제어이론에기반한 착용형 하지 보조로봇의 성능향상	2023	국립재활원
8	과학기술 정보통신부	인간공존형 자율로봇 AI R&D 예타 기획 연구용역	2022	정보통신기획평가원
9	과학기술 정보통신부	로봇 취급 근로자의 임상적 안전성 평가 및 작업환경측정·분석	2022	대구경북과학기술원
10	보건복지부	뇌활성도 피드백 기술과 재활로봇을 융 합한 중개연구	2022	국립재활원
11	산업통상 자원부	물류제조공정 분야 3D 업무지원용 웨 어러블 로봇+AMR 융합 BM 고도화 전략 수립 용역	2022	한국로봇융합연구원
12	과학기술 정보통신부	자율 주행을 위한 다중 서빙 로봇 HW 시스템 개발	2022	한국전자통신연구원
13	과학기술 정보통신부	다관절 로봇의 물리적 지능을 위한 교 시학습 인공지능기술 개발	2021	한국전자통신연구원
14	과학기술 정보통신부	저가 오더피킹 물류로봇 및 다중로봇 제어시스템 개발	2021	한국전자통신연구원

순번	부처명	공고명	년도	공고기관명
15	과학기술 정보통신부	휴먼추종 물류로봇 플랫폼 개발	2021	한국전자통신연구원
16	보건복지부	원격제어 및 자율주행과 기립이 가능하며 이동을 보조하는 일상생활 보조로봇 장치의 중개연구	2021	국립재활원

□ 독립된 기술적 가치(삼극 특허, 특허 인용 네트워크 등)

- 최근 기술로서 2010년 이후 출원된 휴머노이드 로봇 관련 주요 5개국 (한국, 일본, 미국, 중국, 유럽특허청) 특허 약 6900건을 조사분석한 결과, 2016년부터 2021년(최근)까지 특허출원이 꾸준히 확대되는 출원 경향을 나타내며, 동 기간 중국이 급격한 출원 증가 경향으로 최대 출원 점유율을 보임



* 특허 검색 keyword : (로봇 ROBOT 휴머노이드 HUMANOID)

* 특허 검색 IPC(국제특허분류)

IPC	특허분류정의
G06N-003/008	지능형 생명을 복제하기 위해 시뮬레이션된 지능에 의해 제어되는 물리적 개체에 기초한다, 예를 들어, 애완동물 또는 인간을 그들의 외모 또는 행동에 복제하는 로봇을 기반
G06N-003/004	인공 수명, 즉 수명을 시뮬레이션하는 컴퓨팅 장치
G06N-003/00	생체모델 기반의 컴퓨터시스템
B25J-009/00	프로그램 제어 메니플레이터

- 반면, 검색된 약 6900여 건의 특허들은 대부분 로봇 H/W 구성과 로봇 제어 등 (Acting) 관련 기술이며, (Sensing & Reasoning), (Interaction & Reasoning)과 관련된 특허 비중은 전체 특허의 6% 수준에 그치고 있어, 본 테마의 Next Generation 휴머노이드와 관련된 지원이 필요함을 알 수 있음