

테마명	에너지 전달의 시공간 한계 초월 (언제, 어디든 효율적인 에너지 전달)
관련기술 (파생기술)	새로운 에너지원의 전달 기술, 새로운 에너지원에 기반한 전달 한계 초월 기술, 초고밀도 전기 에너지 전달 기술
미래사회상	<ol style="list-style-type: none"> ① 디지털 전환, 전기화에 의한 대량의 에너지 소비를 안정적으로 공급할 수 있는 사회 ② 생성된 에너지를 시공간적 제약에 구애받지 않고, 적은 손실로 전달할 수 있는 에너지 효율화 사회

1	테마 정의	<p>□ 개념</p> <ul style="list-style-type: none"> - (디지털 전환에 따른 에너지 소비 증대) 생성형 인공지능(AI) 기술 확대 등 AI 기술 발전에 따른 데이터 센터의 급격한 증가, 전기차 보급 가속화와 같은 전기화 추세에 따른 전력 소비량 증가 등 미래 사회는 에너지를 다소비하는 환경으로 급속도로 변화하고 있음 - (에너지 생산의 한계) 세계적으로 생산할 수 있는 에너지 자원은 한정되어 있고, 에너지 생산량은 에너지 소비 증가 속도에 비하면 매우 느리게 변화하고 있기 때문에 에너지 공급의 한계에 도달하게 될 것으로 예상됨 - (에너지 전달 한계 돌파의 필요성) 따라서, 미래 에너지 문제를 해결하기 위해서는 공간적, 시간적으로 제약되어 있는 에너지원으로부터 손실을 최소화하고 시공간을 뛰어넘을 수 있는 에너지 전달 기술이 필요함 <p>□ 범위</p> <ul style="list-style-type: none"> - (전기 에너지 전달 한계 극복 기술) 데이터 센터, 반도체 공장 등 대규모 신규 전력 부하 공급을 위한 에너지 전달 기술로, 송전선로 건설 등에 따른 공간적 제약을 극복하거나 제한된 공간에서 초고밀도의 전력 전달이 가능하게 하는 기술 <ul style="list-style-type: none"> * (예) 초전도 전력 전달, 대규모/장거리 무선 전력 전송 등 - (새로운 에너지원을 활용한 전기 시스템 전달 한계 초월 기술) 현재 지구 환경에서 생산할 수 있는 에너지의 한계를 돌파하기 위한 새로운 에너지원을 전달하는 기술이나, 새로운 에너지 자원을 매개체로 하여 현재 전력 시스템 시공간적 전달 한계를 극복할 수 있는 기술 <ul style="list-style-type: none"> * (예) 우주 공간 에너지 하베스팅, 벡터 커플링 운영 기술 등
----------	--------------	--

<p style="text-align: center; font-size: 24px; font-weight: bold;">2</p>	<p style="text-align: center; font-size: 18px; font-weight: bold;">도전성 혁신성</p>	<p>□ 현재 기술적 한계점</p> <ul style="list-style-type: none"> - (미래 에너지 전달 기술 연구의 부족) 핵융합 발전, 소형 원자력 발전 등 미래 에너지 생산 기술에 대한 기초 연구는 지속적으로 수행되고 있는 반면에 이를 실제 활용할 수 있도록 하는 에너지 전달에 대한 연구는 생산 기술 성숙도가 높아진 다음에야 이루어지고 있음. 따라서, 새로운 에너지 생산 기술이 발전하고 있음에도 불구하고, 이를 실제 환경에서 활용할 때까지 너무 오랜 기술 개발 시간이 추가적으로 필요함. 따라서, 미래 에너지를 전달할 수 있는 기술을 선제적으로 연구해야할 필요가 있음 - (전기 에너지 시스템의 한계 도래) 디지털 전환에 따른 데이터 센터 수요는 매년 기하급수적으로 증가하고 있으며, 다양한 에너지 소비의 전기화가 진행되고 있음. 하지만, 늘어나는 전력 수요를 공급하기 위한 송전선로 등의 전력망 확충은 큰 공간적 제약을 가지고 있고, 건설에도 너무 많은 시간을 필요로 함. 현재와 같은 전기 에너지 시스템 체계로는 미래의 늘어나는 전력 부하를 따라갈 수 없음. - (시간적 한계를 뛰어넘는 에너지 전달 기술 개발의 필요) 화석연료 기반의 발전기와 달리, 태양광과 풍력 같은 재생에너지는 발전량이 기상 환경에 따라 크게 변화하기에 안정적인 전력 공급이 불가능함. 재생에너지의 간헐성을 극복하기 위해서는 생산된 에너지를 다른 시간대로 전달할 수 있는 기술이 필요함. <p>□ 동 테마의 혁신성</p> <ul style="list-style-type: none"> - (미래 혁신 기술에 기반한 에너지 전달 기술 개발) 우주 에너지 전송, 초전도 전력 전송 기술, 에너지 섹터 연계 운영 기술 등 현재 산업계에서 활용되고 있지 않은 미래 에너지 기술에 기반을 둔 연구 개발을 통해 현재 기술이 갖고 있는 효율 및 시공간의 한계를 극복할 수 있음
<p style="text-align: center; font-size: 24px; font-weight: bold;">3</p>	<p style="text-align: center; font-size: 18px; font-weight: bold;">산업적 파급력</p>	<p>□ 신시장 창출 전망</p> <ul style="list-style-type: none"> - 데이터센터와 반도체 공장은 고성능 작업으로 인해 막대한 에너지를 소비하며, 전력 손실과 전달 효율 문제로 인해 시설 건설이 제한되고 있음. 특히, 에너지 전달의 물리적 한계는 지속적인 확장을 방해하고 있는 상황이며, 이를 해결하기 위하여 초전도 전력전송, 섹터커플링, 에너지 하베스팅 등 다양한 분야의 신 시장을 창출할 수 있을 것으로 예상됨. <p>□ 예상 실현 시기</p> <ul style="list-style-type: none"> - 세계적으로 현재도 에너지 전달의 한계 문제가 거론되고 있는 상황을 고려하면, 문제가 명확히 대두되는 향후 5년에서 10년 사이에 해당 기술들의 실용화가 가능할 것으로 예상됨.

<p style="text-align: center; font-size: 24px; font-weight: bold;">4</p>	<p style="text-align: center; font-size: 18px; font-weight: bold;">사회적 파급력</p>	<p>□ 해결 가능 사회적 이슈</p> <ul style="list-style-type: none"> - (AI 기술 확대에 따른 데이터센터 전력공급 문제) ChatGPT의 등장으로 포화상태에 이를 것으로 예상했던 인공지능(AI) 기술의 수요는 다시 폭발적으로 증가하고 있으며, 따라서 이를 구현하기 위한 데이터센터의 신규 건설 수요도 기하급수적으로 증가하고 있음. 미국 전력연구원(EPRI)은 2030년까지 미국 내 데이터센터 전력 수요는 2023년의 2.6배 이상 증가할 것으로 예상되며 데이터센터 증가의 가장 큰 걸림돌은 전력망 인프라의 부족일 것이라고 전망됨. - (AI 시대 도래에 따른 반도체 제조 수요 확대) AI 기술의 활용이 점차 확대됨에 따라 연산을 위한 처리 장치와 엣지 컴퓨팅을 위한 센서 등 반도체 소자의 필요성이 급격히 증가하고 있으며, 최근에는 초고속·고대역폭 메모리인 HBM(High Bandwidth Memory)에 대한 관심이 크게 증가하고 있음. 이와 같은 반도체 수요의 증가에 대응하기 위해 글로벌 반도체 제조 기업들은 생산 공정을 확장하고 있으며, 대만 TSMC의 경우 2030년까지 2023년 기준 전력 수요를 두 배로 증가시킬 것으로 예상됨. 이에 따라 TSMC는 대만 전체 전력 소비의 약 24%를 차지하게 될 것이라는 전망도 제기되고 있음. <p>□ 미래사회 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현재의 전기에너지 시스템의 한계를 극복하여, 안정적이고 경제적인 에너지 공급이 가능한 에너지 시스템 구축
<p style="text-align: center; font-size: 24px; font-weight: bold;">5</p>	<p style="text-align: center; font-size: 18px; font-weight: bold;">글로벌 리더쉽</p>	<p>□ 글로벌 경쟁국가 현황</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고위험-고수익 연구를 지원하는 프로젝트들인 영국의 ARIA, 독일의 SPRIN-D, 일본의 MOONSHOT은 각 나라의 산업 구조와 영향력에 따라 프로그램들의 테마를 수행하고 있음. <ul style="list-style-type: none"> * 영국 ARIA : 바이오, 환경, 로봇, AI * 독일 SPRIN-D : 소재(나노, lens), Optics, 바이오 * 일본 MOONSHOT : IT, 환경, 소재(초전도체), 에너지(핵융합) - 본 테마와 유사한 프로젝트는 아직 수행되고 있지 않으며, 대부분 친환경 에너지원의 생성 및 활용에 집중하여 개발 중 - 하지만, 미국의 국방고등연구계획국(DARPA)는 2024년 '지속적 광 무선 에너지 릴레이'라는 이름의 프로젝트를 RTX(前Raytheon)과 협력하여 개발 중이며, 전력을 레이저(적외선)으로 변환하여 공중에서 무선으로 전력을 전송하는 기술임 <ul style="list-style-type: none"> * 목표 : 10kW의 빛에너지를 200km 떨어진 지상 수신기로 공중 에너지 전달

		<ul style="list-style-type: none"> - 2024년 01월에 미국의 캘리포니아공과대학(Caltech)에서는 우주 태양광 무선 전력 전송 기술을 시연하였으며, 2040년을 목표로 우주 태양광 발전소 건설을 추진 중임. 하지만, 우주에서 지상으로 전력 전송 시 거리와 파장에 따른 손실을 극복해야하는 것이 과제로 남아 있음. - 독일, 중국, 일본 등 초전도 케이블 기술을 활용한 데이터 센터용 초전도 버스바에 대한 연구가 진행되고 있으며, EU Horizon Europe 프로그램을 통해 HVDC(High Voltage Direct Current) 전력 전송망 고도화, 우주 태양광 발전, 초전도 소재 연구 등을 진행하고 있음 <p>□ 글로벌 주도권 확보 분야</p> <ul style="list-style-type: none"> - 미국, 중국은 넓은 영토로 인해 무선으로 전력을 전달하는 것보다 초전도체 등을 이용한 유선 전력 전송이 더 유리함. 유럽과 일본은 에너지의 전달 기술보다는 신에너지 생성 및 활용에 집중하고 있으며, 이는 본 테마가 글로벌 주도권을 확보 할 수 있는 기회임 - 시공간 한계를 초월한 에너지 전달을 위해서는 소재, IT, 부품, 장비 등의 수준이 높아야하며, 상용화되기 위해 지리적 특징이 중요함 - 우리나라는 국토의 70%가 산인 산악국가로 시공간 한계를 초월한 에너지 전달 기술 개발 및 상용화가 절실하며, 이를 통해 기술 수출까지 이어질 수 있을 것으로 예상됨.
6	기술적 차별성	<p>□ 국내외 연구동향</p> <p>▶ 무선전력전송</p> <ul style="list-style-type: none"> - (국내) KAIST, KERI, ETRI 등의 연구기관에서 해당 분야 연구 중 - (해외) 미국의 WiTricity社와 Qualcomm社 등은 전기차와 관련하여 무선 충전 솔루션 개발을 완료하고, 상용화하고 있음 <p>▶ 초전도</p> <ul style="list-style-type: none"> - (국내) POSTECH, KIST, 서울대 등에서 초전도 응용 기술 연구 중 - (해외) 일본의 Sumitomo社와 미국의 AMSC社는 초전도 케이블 상용화를 위한 기술을 개발 중임 <p>▶ 섹터커플링</p> <ul style="list-style-type: none"> - (국내) 한국전력에서 섹터커플링 솔루션 연구를 수행하고 있음 - (외국) 독일은 재생에너지 확대와 함께 섹터커플링 기술을 에너지 전환의 핵심 요소로 활용하고 있으며, 유럽연합 차원에서도 연구가 진행 중임

▶ 데이터 센터 에너지 효율

- (국내) SK C&C社, LG CNS社는 데이터 센터 운영 솔루션을 개발 중임
- (외국) 미국의 Google社과 Microsoft社는 재생에너지 전력 사용과 효율적인 서버 냉각시스템 개발을 통해 데이터 센터의 에너지 절감을 이루었음

□ 독립된 기술적 가치(삼극 특허, 특허 인용 네트워크 등)

- (관련특허 검색) '무선전력전송', '초전도', '섹터커플링', '에너지하베스팅', '에너지 효율' 등의 키워드를 조합하여 본 테마기술의 특허 검색결과, 최근 10년간(2014~2024) 1,468건의 특허가 검색되었고, 국가별로 미국이 587건으로 1위, 일본이 398건으로 2위, 한국이 361건, 유럽 122건 순임
- (삼극특허 확인) 이 중, 국내 삼극특허에 해당하는 건수는 361건 중, 45건으로 출원된 국내특허 중 약 12%가 삼극특허에 해당되는 것으로 확인됨. 이러한 삼극특허는 특허를 주도하는 3개국의 특허청에 출원하여 등록된 특허로써, 이는 해당국가의 특허가 양적 측면뿐 아니라 질적인 측면에서도 높은 수준을 보유하고 있음을 의미함. **따라서 국내 특허 중 12% 정도의 특허가 질적으로도 우수한 특허인 것으로 보여짐.**
- (선행특허 현황) 본 테마기술 관련 주요 4개국의 관련특허 확인 결과, 현재 선행특허에는 주로 효율적으로 에너지를 전달하기 위한 다양한 장치 또는 제어방법에 대해 개발하고 있는 것으로 보임

▶ 무선전력전송 특징 유사(선행특허 1(KR))

- 선행특허는 1은 무선 전력 전송효율을 향상시킬 수 있는 제어 알고리즘을 기반한 무선 전력 전송 시스템 기술에 관한 것임. 다만, 본 테마기술은 단순 무선전력전송기술이 아닌, 현재 활용되고 있지 않은 무선전력기술(예) 우주 에너지 전송 등)에 대한 것으로 선행특허와는 차이가 있음

▶ 초전도 특징 유사(선행특허 2(KR))

- 선행특허는 2는 전기차 충전에 있어서, 초전도 기술을 기반으로 한 디스펜서 장치에 관한 것임. 다만, 본 테마 기술은 초전도 전력 전송 기술을 전기차 충전에만 한정하지 않고 예를 들어, 데이터 센터의 초전도 부스바 등에 활용할 수 있는 것으로 선행특허와 차이가 있음

▶ 섹터 커플링 특징 유사(선행특허 3(KR))

- 선행특허는 3은 가상발전소의 에너지 통합관리를 위해 섹터커플링 기반 에너지 관리 방법에 관한 것임. 다만, 본 테마기술은 가상발전소 뿐만 아니라 실제 산업에서의 에너지 섹터 연계 운영 기술에 관한 것으로 선행특허와 차이 있음.

▶ 데이터 센터 에너지효율 특징 유사(선행특허 4(US))

- 선행특허는 5는 데이터 센터용 전력을 전송할 수 있는 장치인 부스바에 관한 것임. 다만, 본 테마기술은 데이터센터의 전력공급이 아닌 데이터센터에 초전도 기술을 융합시킨 기술에 대한 것으로 선행특허와 차이가 있음.

[표] 선행특허 리스트

No.	테마기술 관련 특징	국가	출원번호 (출원일)	상태	발명의 명칭	출원인
1	무선전력전송	KR	2020-0097321 (2020.08.04)	등록	무선 전력 전송 효율을 향상시키기 위한 무선 전력 전송 시스템의 송신 장치 및 방법	연세대학교 산학협력단
2	초전도	KR	2022-0065170 (2022.05.27)	등록	전기차 충전용 초전도 디스펜서 장치	김지혜, 장윤선
3	섹터 커플링	KR	2022-0180311 (2022.12.21)	공개	섹터커플링 기반 가상발전소를 위한 에너지 시스템 통합 방법	한국에너지기술연구원
4	데이터 센터 에너지 효율	US	14-568963 (2014.12.12)	등록	Busbar connection assembly	AMAZON TECHNOLOGIES

- (독립된 기술적 가치) 현재 선행특허 조사 결과, 본 테마기술과 대비하였을 때 다소 차이가 있는 것을 확인함. 특히, 본 테마기술은 현재 활용되고 있지 않는 기술 (예) 우주 에너지 전송, 초전도 전력 전송, 에너지 섹터 연계 운영)에 대한 것인 반면, 선행특허들은 단순 효율성을 높이기 위한 에너지 전달 기술인 것으로 확인됨. 따라서, **본 테마기술은 이러한 차별점에 기초하여 독립된 기술적 가치를 가지는 것으로 확인됨.**

□ 기존 정부 R&D 와의 차별성

- 최근 10년간 이루어진 본 테마기술 관련 정부지원 과제를 검토한 결과, 에너지 전달 기술과 관련되어 '무선전력전송', '초전도', '섹터커플링', '데이터 센터 에너지 효율'기술에 대해 연구하고 있는 과제가 검색되었음
- 구체적으로, 에너지 전달을 위해 효율성을 높이기 위한 과제들이 검색된 반면, **본 테마기술은 다양한 분야에서 에너지 전달의 시공간 한계를 초월하기 위해 예를 들어, '새로운 에너지 전달 물질'등에 대한 기술개발로써, 기존정부 R&D와의 기술적 차별성이 존재하는 것으로 사료됨**

[표] 테마기술과 관련된 기존 정부과제 리스트

관련 기술특징	관련 정부과제
무선전력전송	- 무선 전력 전송 장치의 최적화를 통해 무선전송거리 향상을 수행할 수 있는 기술에 관한 것임 [정부과제 정보] (2340008880) 2024 / 부산대학교 / 무선전력전송 시스템의 송/수신 코일 형상 및 코어 구조 최적화를 통한 전송거리 향상 설계
초전도	- 초전도를 기반한 친환경 전력 전송 기술에 관한 것임 [정부과제 정보] (1711020722) 2014 / 한국전기연구원 / HVDC 초전도 에너지네트워크 기술 개발
섹터 커플링	- 섹터 커플링 기반 에너지 시스템 최적화 모델 구축을 위한 정부과제에 관한 것임 [정부과제 정보] (1711165862) 2022 / 홍익대학교 / 재생에너지 수용성 확대를 위한 섹터커플링 에너지시스템 설계와 운영 최적화 모델 제안
데이터 센터 에너지 효율	- 고효율 친환경 데이터센터용 하이브리드 공조시스템 설계 및 제작 기술에 관한 것임 [정부과제 정보] (1711079224) 2018 / ㈜에어텍 / 저전력 고효율 친환경 데이터센터 운용을 위한 하이브리드 공조시스템 개발

테마명	절대 뚫리지 않는 보안 메커니즘 (스스로 진화하는 사이버 아이언덤)
관련기술 (파생기술)	암호 및 인증, 은닉채널 분석, 인공지능 보안(AI for Security & Security for AI), 무인 이동체 보안, 군사 보안, 우주 보안, 통신 보안 (Beyond 6G, 뇌파 통신, 양자통신 보안 포함), 블록체인, 고품질 진성 난수 생성 기술, 첨단 유기 반도체 및 나노소재, 위조방지 시스템, 차세대 디스플레이, 신호/데이터 변환 등
미래사회상	① (연결성) IoT, 스마트시티, 자율주행 등이 하나의 네트워크로 연결되어 삶의 편리성과 생산성 극대화가 가능한 사회 ② (진화형 기술) AI, 양자컴퓨팅, VR/AR등 점점 진화되는 기술에 의해 개인화된 맞춤형 경험과 산업 혁신 주도가 가능한 사회 ③ (스마트 보안) 해킹, 데이터 조작, 시스템 마비 등의 사이버 공격 위협을 원천 차단하는 안전한 사회 실현

1	테마 정의	<p>□ 개념</p> <ul style="list-style-type: none"> - (배경) 빅데이터, IoT, 네트워크, 인공위성 등의 기술 발전은 모든 정보의 디지털화와 초연결 사회를 가속하여 공격 표면(Attack Surface)을 확대하고 있음. 데이터는 정치적·경제적·사회적 자산으로 자리 잡고 있어, 데이터 유출, 위·변조, 오용이 초국가적 위협으로 부상하고 있음. AI가 AGI로 급속하게 진화하고 큐빗 규모가 확장되는 양자컴퓨팅의 발전으로 인해 기존 보안기술 체계의 근본적 재설계 필요성이 증가하고 있음 - (개념) 사이버 위협을 스스로 학습하고 진화하며, 실시간으로 탐지, 분석, 대응 및 복구를 수행하는 스스로 진화하는 다계층 보안시스템(사이버 아이언덤) 개발이 필요함 <p>* 사이버 아이언덤 개념의 주요 특징(ACE)은 다음과 같음</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">사이버 아이언덤 개념 주요특징(ACE)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; width: 5%;">A</td> <td style="text-align: center; width: 25%;">Autonomy</td> <td>▶ AI를 기반으로 하되, 단순히 데이터 분석과 학습에 그치지 않고 스스로 상황을 판단하고 독립적으로 실행할 수 있는 자율성을 갖추어서 인간 개입 없이도 정확한 의사결정과 즉각적 조치를 수행할 수 있는 기술</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">Convergence</td> <td>▶ 기존의 소프트웨어 혹은 알고리즘 기반 정보보안 방식의 한계를 돌파하고, 디지털 데이터 통신 기기에 이식 가능한 물리적 소재 기반의 보안시스템 및 보안 메커니즘을 적용하여 상호 보완적으로 연동가능한 SW-HW 융합 차세대 보안기술</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;">Evolution</td> <td>▶ 보안시스템이 단순히 정적인 방어에 머무르지 않고, 새로운 위협과 환경 변화에 따라 지속해서 학습하고 적응하며 진화하는 능력을 갖추는 것을 의미하는 것으로 실시간으로 공격 데이터를 분석하고, 공격자의 패턴을 학습하며, 이에 따라 방어 전략과 방식을 자동으로 업데이트 가능한 기술</td> </tr> </tbody> </table>	사이버 아이언덤 개념 주요특징(ACE)			A	Autonomy	▶ AI를 기반으로 하되, 단순히 데이터 분석과 학습에 그치지 않고 스스로 상황을 판단하고 독립적으로 실행할 수 있는 자율성을 갖추어서 인간 개입 없이도 정확한 의사결정과 즉각적 조치를 수행할 수 있는 기술	C	Convergence	▶ 기존의 소프트웨어 혹은 알고리즘 기반 정보보안 방식의 한계를 돌파하고, 디지털 데이터 통신 기기에 이식 가능한 물리적 소재 기반의 보안시스템 및 보안 메커니즘을 적용하여 상호 보완적으로 연동가능한 SW-HW 융합 차세대 보안기술	E	Evolution	▶ 보안시스템이 단순히 정적인 방어에 머무르지 않고, 새로운 위협과 환경 변화에 따라 지속해서 학습하고 적응하며 진화하는 능력을 갖추는 것을 의미하는 것으로 실시간으로 공격 데이터를 분석하고, 공격자의 패턴을 학습하며, 이에 따라 방어 전략과 방식을 자동으로 업데이트 가능한 기술
사이버 아이언덤 개념 주요특징(ACE)														
A	Autonomy	▶ AI를 기반으로 하되, 단순히 데이터 분석과 학습에 그치지 않고 스스로 상황을 판단하고 독립적으로 실행할 수 있는 자율성을 갖추어서 인간 개입 없이도 정확한 의사결정과 즉각적 조치를 수행할 수 있는 기술												
C	Convergence	▶ 기존의 소프트웨어 혹은 알고리즘 기반 정보보안 방식의 한계를 돌파하고, 디지털 데이터 통신 기기에 이식 가능한 물리적 소재 기반의 보안시스템 및 보안 메커니즘을 적용하여 상호 보완적으로 연동가능한 SW-HW 융합 차세대 보안기술												
E	Evolution	▶ 보안시스템이 단순히 정적인 방어에 머무르지 않고, 새로운 위협과 환경 변화에 따라 지속해서 학습하고 적응하며 진화하는 능력을 갖추는 것을 의미하는 것으로 실시간으로 공격 데이터를 분석하고, 공격자의 패턴을 학습하며, 이에 따라 방어 전략과 방식을 자동으로 업데이트 가능한 기술												

□ 범위



<스스로 진화하는 다계층 보안시스템(사이버 아이언돔) 개요>

- (Layer 1) 인프라 및 네트워크 보호 계층 (Infra & Network Security Layer)

스마트시티와 같은 대규모 인프라 및 네트워크 안정성을 위한 보안 계층

핵심 목표: 대규모 네트워크와 인프라에서의 Security & Safety를 강화

주요 내용:

- ▶ 미세 신호 탐지 기반 보안시스템: 스마트시티, 전력망, 금융 네트워크에서 발생하는 미세 신호를 탐지해 이상 징후를 사전 탐지 및 경고
- ▶ 공격 원천차단 및 예측: AI가 초연결 네트워크에서 위협 데이터를 분석해 공격 의도를 파악하고 공격 발생 이전에 방어체계를 실행
- ▶ 스텔스 보안기술: 핵심 시스템과 데이터를 은닉하거나 동적으로 구성해 공격 표적이 되는 것을 방지

- (Layer 2) 데이터 보호 계층 (Data Security Layer)

데이터의 안전한 관리와 무결성, 기밀성을 보장하는 보안 계층

핵심 목표: 데이터의 기밀성, 무결성, 가용성(CIA) 보장

주요 내용:

- ▶ AI 기반 이상 행동 분석: 데이터 사용 패턴을 실시간으로 분석하여 이상 징후를 탐지하고 비정상 접근을 차단
- ▶ 데이터 암호화 및 무결성 확인: AI와 블록체인 기술을 결합하여 민감 데이터를 보호하고, 데이터의 위·변조 여부를 실시간 확인
- ▶ 맞춤형 보안 솔루션 제공: 사용자와 기업 환경에 따라 최적화된 데이터 보안 설정과 관리 제공

- (Layer 3) 디바이스 및 시스템 보호 계층 (Device & System Security Layer)

개별 IoT 디바이스 및 자율 시스템에 적용 가능한 보안 계층

핵심 목표: IoT 및 자율 시스템에서의 실시간 보안과 위조 불가능한 인증 기술 제공

주요 내용:

- ▶ AI 자율 탐지 모듈: IoT 기기에서 발생하는 위협을 실시간으로 탐지 및 자율적 대응
- ▶ 보안 업데이트 자동화: 네트워크를 통해 IoT 장치의 취약점을 실시간으로 분석하고 자동 패치
- ▶ 분산형 보안 모델: 각 디바이스가 독립적으로 보안을 유지, 네트워크 의존성을 최소화
- ▶ AI 내성 보안용 하드웨어: 물리적 수준의 보안을 강화하는 양자 내성 암호화 칩셋, 고신뢰 센서 소재, 자동 복구 기능이 내장된 하드웨어를 활용
- ▶ 차세대 생체 인증 기술: AI와 소재 기술의 발달로 신체 정보의 일부 복제가 가능하고 한 번 해킹된 개인 고유의 특성은 바꿀 수 없는 기존 생체인식 기술의 한계를 극복할 수 있는 새로운 소재 기반의 생체 인증 하드웨어 기술

		<p>- (Layer 4) AI 협력 계층 (AI Collaboration Layer)</p> <p>수직적으로 모든 Layer를 통합 및 조율하는 계층으로, AI 협력과 조정 중심</p> <p>핵심 목표: AI와 인간이 협력해 신뢰 가능한 보안 환경을 조성하며, 각 계층의 보안을 통합적으로 강화</p> <p>주요 내용 :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ AI 협력 기반 자율 학습: Layer 1~3의 데이터를 수집·분석하며, AI 에이전트 간 협력을 통해 위협 정보를 공유하고 새로운 위협 패턴에 대응 ▶ 위협 공유 네트워크: 국가와 기업 간 안전한 위협 데이터 공유를 위한 글로벌 협력 네트워크 구축 ▶ 위협 수준 기반 자율성 조정: 각 Layer에서 발생하는 위협의 위험도를 AI가 판단하고, 자율적 대응 또는 인간 개입 요청 ▶ AI 오작동 방지 메커니즘: AI의 비정상적 작동을 탐지해 복구하거나 인간에게 보고하여 즉각적인 조치를 가능하게 함 <p>* 본 테마에는 제안 범위에 명시된 시스템과 기술 이외에도 인공지능, IoT, 생체 인식, 메타버스, 양자컴퓨팅 등과 같은 기술의 급속한 발전이 예상되는 미래 사회의 잠재적 위협 요소로부터 스스로 진화하여 대응하는 새로운 보안 메커니즘을 제안할 수 있으며, 세계 최고 수준의 정성적&정량적 목표를 제시하여야 함.</p> <p>* 개발된 보안시스템은 다양한 실증 테스트(해킹 대회, 사이버보안 훈련 등)를 통해 검증 및 보완하고 실제 환경에서의 공격 시뮬레이션과 데이터 복구 속도, 원천차단 효과 등을 실험적으로 평가하여 신뢰성 확보하는 것이 필요함.</p> <p>* 해당 연구는 범위의 전체 영역 중에서 선택하여 수행할 수 있으나, 논리적 보안과 물리적 보안을 융합한 형태로 진행되어야 함.</p>
2	도전성 혁신성	<p>□ 현재 기술적 한계점</p> <ul style="list-style-type: none"> - 정적 방어체계의 한계 : 기존 보안시스템은 알려진 위협을 사전에 차단하거나 패턴 기반으로 방어하지만, 새로운 유형의 위협이나 고도화된 공격에 즉각적으로 대응하지 못함 - 소프트웨어 중심 보안의 한계 : 대부분의 기존 보안시스템은 소프트웨어 기반으로 설계되어, 하드웨어 차원에서의 위협(예: 물리적 공격, 하드웨어 취약점)에 대응하기 어려움 - 위협 전이 방지 한계 : 초연결 사회에서 하나의 취약점이 전체 네트워크로 확산되는 위협 방지가 어려움 <p>□ 동 테마의 혁신성</p> <ul style="list-style-type: none"> - AI 기반의 자율 학습과 협력을 통해 새로운 위협에 실시간으로 적응하며 스스로 진화하여 방어 전략을 고도화하는 ACE(Autonomy Convergence Evolution) 모델로 기존 보안 체계의 한계를 돌파 - AI 위변조 공격 방어 가능한 AI 내성 암호화, 양자컴퓨팅 기반 강제 복호화 방어 가능한 양자 내성 암호화, 고신뢰 센서 소재, 자동 복구 및 자동 재배치 가능한 물리적 소재 기반 하드웨어를 활용한 물리적 보안을 강화하고 뇌파와 생체 정보를 이용한 위조 불가능한 인증 기술로 최상위 신뢰 제공 - AI와 클라우드 기술, 블록체인 기반의 데이터 무결성 확인을 통해 위협 데이터를 안전하게 실시간으로 공유하여 대응

3	산업적 파급력	<p>□ 신시장 창출 전망</p> <ul style="list-style-type: none"> - 본 테마 기술은 '스스로 진화하는 다계층 보안시스템(사이버 아이언돔)'에 관한 것으로, 앞서 정의된 테마기술을 기반으로 하기와 같은 신시장 창출을 기대하고 있음 <p>▶ 첨단 보안기술 산업</p> <ul style="list-style-type: none"> - (기술) AI 기반 보안 소프트웨어, 양자 내성 하드웨어, 차세대 인증 기술 등의 개발로 새로운 산업 생태계를 조성할 것으로 전망됨 - (도출 가능 신시장) 스마트시티, 자율주행, 금융 등 다양한 산업군에 보안 솔루션 적용 가능할 것으로 기대됨 <p>▶ 보안 서비스 플랫폼화</p> <ul style="list-style-type: none"> - (기술) 클라우드 기반 보안 서비스, 디바이스별 맞춤형 보안 모듈, 서비스형 보안 서비스(Security as a Service) 제공이 가능할 것으로 전망됨 - (도출 가능 신시장) 이러한 보안 서비스 플랫폼은 개인 디바이스, 산업 시스템 등에 사용될 수 있을 것으로 기대됨 <p>▶ 지능형 실시간 데이터 보안</p> <ul style="list-style-type: none"> - (기술) AI 기반으로 데이터를 처리하면서 동시에 이상 탐지 및 자가 판단을 통해 위협에 대응하고 데이터의 실시간 전송과 처리 과정에서 발생하는 위협을 자동으로 탐지하고 대응할 것으로 전망됨 - (도출 가능 신시장) 실시간으로 데이터 처리가 필요한 IoT 및 엣지 디바이스, 스트리밍 서비스, 5G 데이터 처리, 원격의료 시장 등에서 사용될 수 있을 것으로 기대됨 <p>□ 예상 실현 시기</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2028~2030년: 초기 실증 기술 개발 및 테스트 완료 및 특정 산업군(스마트시티, 금융 등)에서의 도입 시작 - 2030년 이후: 진화형 보안시스템의 상용화 및 전 산업군으로 확산
4	사회적 파급력	<p>□ 해결 가능 사회적 이슈</p> <ul style="list-style-type: none"> - 초연결 사회의 안정성 유지: IoT 및 스마트시티 등에서의 보안 취약점으로 발생할 수 있는 국가적·사회적 혼란 예방 - 데이터 유출과 조작 방지: 의료, 금융, 국방 데이터의 유출 및 조작으로 인한 사회적 불안 해소 <p>□ 미래사회 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 사회적 안정성: 사이버 공격으로부터 안전한 사회 인프라와 개인 디지털 자산 보호 - 삶의 질 향상: 디지털 서비스에 대한 신뢰로 초개인화 및 맞춤형 경험 제공

<p style="text-align: center;">5</p>	<p style="text-align: center;">글로벌 리더십</p>	<p>□ 글로벌 경쟁국가 현황</p> <ul style="list-style-type: none"> - (미국) Google, Microsoft, IBM 등 글로벌 IT 기업들은 AI, 양자컴퓨팅, 클라우드 보안기술 개발을 선도하고 있음 <ul style="list-style-type: none"> * 미국 국방부의 DARPA는 Cyber Grand Challenge, AI 기반 사이버보안 프로젝트에 막대한 예산을 투입, AI 기반 자율 보안 체계 개발을 주도하고 있음 - (중국) "국가 사이버 공간 보안전략"을 통해 데이터 보호와 AI 보안기술 개발에 박차를 가하고 있으며 AI를 활용한 감시 시스템과 IoT 보안기술에서 강점을 보임 - (유럽) GDPR(General Data Protection Regulation)을 통해 데이터 프라이버시 보호와 보안기술 표준화에서 강력한 리더십 발휘하고 있음 <p>□ 글로벌 주도권 확보 분야</p> <ul style="list-style-type: none"> - (진화형 보안시스템 표준화) 진화형 보안 체계의 국제 표준화가 필요하며 이를 통해 글로벌 시장에서의 기술적 우위를 선점하는 것이 필요함. - (AI와 양자 내성 암호화 기술) 양자컴퓨팅 시대에 대비하기 위해 양자 내성 암호화 기술이 필수적으로 AI와 양자 내성 기술을 결합한 하드웨어 기반 보안기술을 개발하고, 국제 특허 확보를 통해 기술적 우위성을 확보하는 것이 필요.
<p style="text-align: center;">6</p>	<p style="text-align: center;">기술적 차별성</p>	<p>□ 국내외 연구동향</p> <ul style="list-style-type: none"> - (국내) 최근, 국내에서는 과학기술정보통신부에서 AI 기반 보안기술 개발을 적극적으로 지원하고 있으며 이로 인해 AI 보안 기업 육성을 위한 다양한 사업이 진행 중이며, 디지털 안전 및 정보보호 기업을 위한 펀드 조성이 이루어지고 있음 - (미국) 미국의 CrowdStrike社は 클라우드 AI를 이용한 위협 인텔리전스 및 탐지기술을 개발하고 있으며, DARPA(국방고등연구계획국)에서는 자율 방어 기술을 지속해서 연구하고 있음 - (유럽) 영국의 Darktrace社は 머신러닝 기술로 사이버 공격을 실시간 감지 및 방어하는 기술을 개발하고 있으며, EU의 ENISA(유럽 네트워크 및 정보보안국)는 AI의 윤리적 보안 활용 방안에 대한 연구를 진행하고 있음 <p>□ 독립된 기술적 가치(삼극 특허, 특허 인용 네트워크 등)</p> <ul style="list-style-type: none"> - (관련특허 검색) 'AI', '보안', '자율대응', '자가학습', 'SW-HW융합', 'HW보안 소재' 등의 키워드로 최근 10년간(2014~2024) 1,149건의 특허분석 결과 국가별로 미국이 절반 이상을 차지하는 841건으로 1위, 한국이 126건으로 2위, 유럽이 104건, 일본 78건 순임

관련특허 검색결과				
KR	JP	US(1위)	EP	합계
126	78	841	104	1,149

- **(삼극특허 확인)** 이 중, 국내 삼극특허에 해당하는 건수는 126건 중, 11건으로 출원된 국내특허 중 약 10%가 삼극특허에 해당되는 것으로 확인됨. 이러한 삼극특허는 특허를 주도하는 3개국의 특허청에 출원하여 등록된 특허로써, 이는 해당국가의 특허가 양적 측면뿐 아니라 질적인 측면에서도 높은 수준을 보유하고 있음을 의미함. 따라서 국내 특허 중 10% 정도의 특허가 질적으로도 우수한 특허인 것으로 보여짐.

- **(선행특허 현황)** 본 테마기술 관련 주요 4개국의 관련특허 확인 결과, 현재 선행특허에는 주로 사이버 보안을 위하여 AI를 기반으로 스스로 공격을 탐지하고, 인간의 개입 없이도 자율적으로 보안 대응을 수행할 수 있는 시스템에 대해 개발하고 있는 것으로 보임

▶ **Autonomy** 특징 유사(선행특허 1(JP), 선행특허 2(US))

- 선행특허는 1은 AI 학습을 이용하여 자율형 보안을 수행할 수 있는 기술에 관한 것이고, 선행특허 2는 사이버 환경에서 자율적으로 대응가능한 보안 기술에 관한 것임.
- 따라서, 선행특허 1 및 2는 본 테마기술에서 스스로 학습하는 특징인 'Autonomy'특징과 유사함.

▶ **Convergence** 특징 유사(선행특허 3(KR))

- 선행특허는 3은 AI기반으로 SW-HW의 융합인 펌웨어 장치의 보안을 업그레이드할 수 있는 기술에 관한 것임. 이러한 선행특허 3은 본 테마기술에서 HW-SW 융합보안 기술 특징인 'Convergence'특징과 유사하지만, 심층 보안을 위한 HW소재를 사용하지 않는다는 점에서는 차이가 있음

▶ **Evolution** 특징 유사(선행특허 4(KR), 선행특허 5(KR))

- 선행특허는 4는 사회이슈 내용을 기반으로 사이버 공격 패턴을 학습하여 방어전략을 수립하고, 선행특허 5는 기 설정된 명령어를 기반으로 공격 패턴을 추출하는 기술에 관한 것임
- 따라서, 선행특허 4및 5는 본 테마기술에서 공격 패턴을 학습하고, 방어 전략을 자동으로 업데이트하는 기술에 관한 'Evolution' 특징과 유사하지만, 기 설정된 공격 패턴이 아닌 실시간 공격 패턴을 분석하고 전략을 수립하지는 않는다는 점에서는 차이가 있음

[표] 선행특허 리스트

No.	테마기술 관련 특징	국가	출원번호 (출원일)	상태	발명의 명칭	출원인
1	Autonomy	JP	2023-034209 (2023.03.07)	공개	강화 학습을 이용한, 네트워크 시스템에 대한 자율형 보안 검증을 위한 행동 선택 장치, 학습 장치, 행동 선택 방법 및 프로그램	KDDI CO
2		US	18-102300 (2023.01.27.)	공개	System and method for probabilistic decision-making under uncertainty in autonomous cyber operations	CYNNOVATIVE, LLC
3	Convergence	KR	2023-001489 4 (2023.02.03)	공개	Ai기반 das현장 단말장치의 안전한 펌웨어 업그레이드 시스템 및 방법	한전케이디엔 주식회사
4	Evolution	KR	2022-016874 4 (2022.12.06)	공개	Ai 공격 기법을 이용한 자기 지도 학습 기반 사회이슈 기반 사이버 표적공격의 방어 시스템 및 그 방법	(주)유엠로직스
5		KR	2019-009053 7 (2019.07.25)	등록	기계학습 대상 시스템의 명령어를 기반으로 웹 공격 패턴을 추출하여 재구성 페이로드 데이터를 생성하는 방법 및 이를 사용한 전처리기	(주)시큐레이어

- **(독립된 기술적 가치)** 현재 선행특허들은 AI를 기반으로 자율 대응 가능한 보안시스템에 대해서 개발하고 있는 것으로 확인됨. 다만, 선행특허들은 본 테마기술과 같이 보안을 위한 특정 HW소재와 SW 알고리즘을 융합한 SW-HW 융합 기술(Convergence) 및 기 설정된 데이터가 아닌 실시간 공격 데이터를 분석하여 공격 패턴을 학습하는 기술(Evolution)과는 차이가 있음. 따라서, 본 테마기술은 해당 부분에 있어 선행특허 대비 독립된 기술적 가치를 가지는 것으로 확인됨

□ 기존 정부 R&D 와의 차별성

- 최근 3년간 이루어진 AI 보안 관련 정부지원 과제를 검토한 결과, 기존 정부 과제는 AI기반 보안기술에 대해 연구하고 있는 과제가 다수 존재하는 것으로 확인됨
- 구체적으로, AI기반으로 자율 대응 보안이 가능한 기술(Autonomy), SW-HW융합 보안 기술(Convergence), 새로운 공격에 대한 대응기술(Evolution)에 대한 정부과제가 검색되었음.

- 이에, 본 테마기술 대비하여 비교해보면 기존 정부과제에서는 AI기반으로 자율대응 보안이 가능한 기술(Autonomy)에 대해서는 다소 유사한 과제가 검색되었으나, 기존과제는 본 테마기술의 'Convergence' 기술적 특징에 있어서, 보안에 특화된 하드웨어 소재를 이용한 HW보안과 SW보안 알고리즘을 융합한 기술로 기존 정부과제는 HW보안 기술은 개발하되, HW 보안소재를 특정하지는 않으며, 'Evolution' 기술적 특징에 있어서, 실시간 공격대응은 가능하나 방어전략을 자동으로 업데이트하지 않으므로 해당 부분에 있어서 기존 정부 R&D와의 차별성이 존재함

[표] 테마기술과 관련된 기존 정부과제 리스트

관련 기술특징	관련 정부과제
Autonomy	- AI기반 사이버 보안 기술에 관한 것임 [정부과제 정보] (1425182476) 2023 / 프라이빗테크놀로지(주) / 데이터 플로우 기반 Zero Trust 기술 확산 및 차세대 AI 사이버 보안기술 개발
	- 보안품질을 강화하기 위해 자율대응 보안 가능 기술에 관한 것임 [정부과제 정보] (2710008484) 2024 / 한국전자통신연구원 / 상시적 보안품질 보장을 위한 6G 자율보안 내재화 기반기술 연구
Convergence	- HW를 구성하는 IC칩 및 보드모듈의 공급망 전반에 대해 보안 무결성을 검증하는 표준서 개발에 관한 것임 [정부과제 정보] (2710008818) 2024 / 한국전자통신연구원 / HW 공급망의 안전성을 보장하기 위한 칩 무결성 및 시스템 보안 검증 기술 개발
	- AI 반도체 최적화 및 IPU/DPU 하드웨어(HW)와 이에 대한 제어 알고리즘(SW) 기술에 관한 것임 [정부과제 정보] (2710007386) 2024 / 주식회사 망고부스트 / 차세대 AI 반도체를 위한 DPU 중심의 데이터센터 아키텍처
Evolution	- 생성형 AI모델을 이용한 실시간 공격 대응 기술에 관한 것임 [정부과제 정보] (2710008252) 2024 / 숭실대학교산학협력단 / 생성형 AI 보안 위협 대응 기술 개발

테마명	Neuro-AI Fusion 슈퍼 휴먼 (신경-AI 인터페이스 기반 신체 능력 증강 기술)
관련기술 (파생기술)	운동 의도 예측을 위한 신경 신호 디코딩 AI 기술, 신경 및 근육 신호 정밀 측정 하드웨어 기술, 체내 이식 능동 근육 소자 개발 기술, 지속 학습 AI 기반 환자 맞춤형 근육 제어 알고리즘
미래사회상	❶ 고령자 및 운동기능 장애인들이 편리하고 행복한 삶을 영유할 수 있는 사회

1	테마 정의	<p>□ 테마 개념</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고령화에 의해 저하된 신체 능력을 증강하거나, 운동 기능 장애인의 자립적인 운동 능력을 복원하기 위해, 신경 인터페이스와 인공 근육 소자, 디코딩 AI를 활용한 생체공학적 장치 개발 기술 - 신체 능력 증강을 위해 인간 근육의 능력을 상승시키거나, 운동 장기를 보조 및 대체 할 수 있는 신경 감응형 인공 근육 소자 기술 - 중추신경 또는 일부 신경계에 삽입하여 AI가 뇌/신경 신호를 수집하고 학습하여, 실시간으로 근육 제어 신호를 생성함으로써 저하된 신체 기능을 증강하는 기술 - AI 기반 지속적 학습 시스템을 통해 환자의 신경계 변화에 적응하여 사용할수록 신체 제어가 자연스러워지고 스스로 발전하여 치료 효과를 극대화하는 스마트 이식형 치료 시스템 기술 <p>□ 제안 범위</p> <ul style="list-style-type: none"> - (신체 능력 증강 소자) 뇌, 척수, 말초신경 및 근육 제어 신호를 정밀 수신하여 신체 능력(근력, 운동 속도, 지구력 등)을 강화하는 이식형 소자 - (이식용 스텔스 신경 인터페이스) 신경계에 초장기간 이식되어 신호를 정확하게 감지할 수 있는 다채널 전극 및 저전력 회로 기술, 장기간 체내 동작을 가능하게 하는 무선 충전 및 송수신 기능, 신경 조직의 움직임에 순응하여 염증 반응과 조직 손상을 최소화하고, 장기간 안정적으로 생체 조직에 집적될 수 있는 유연 소자 - (신체 증강 소자 제어 On-body AI 알고리즘) 환자의 신경계에서 감지된 운동 의도를 실시간으로 분석하여 신체증강 소자를 실제 근육의 움직임과 유사하게 제어하는 AI 알고리즘 - (지속 학습 AI 기반 환자 맞춤형 제어 알고리즘) 환자의 상태 변화에 따라 자율적으로 최적의 제어 성능을 제공하는 지속 학습 AI 알고리즘 - (전임상 실험 수행) 영장류를 대상으로 한 실험을 통해 개발한 시스템의 안전성과 효과성 검증
---	--------------	---

□ 현재 기술적 한계점

- 최근 재활 분야에서는 AI와 IoT를 결합한 보행 지원기기가 대안으로 주목받고 있으나, 현재는 휴대용 장치나 헬멧, 안경 등으로 구현되어 그 편리성과 유용성이 매우 떨어지고, 고령화 및 신체 기능저하 문제의 근본적인 해결책이 될 수 없음
- 재활 목적이 아닌, 치료 또는 인간 기능 증강 목적의 차세대 인터페이스 개발이 필요
- 신경신호(EEG, ECoG 등)를 읽어 근육 제어 신호로 변환하는 기술이 개발되고 있으나, 신호 처리에 필요한 계산이 느려 환자의 상태 변화에 실시간으로 적응하지 못하며 근육 제어에 대한 신호 전달 정확도가 낮아 복잡한 움직임을 구현하기 어렵고 제어 범위가 제한적임
- 아직까지 AI, 무선 기술, 생체공학 등 여러 첨단 기술이 유기적으로 통합되어 실시간으로 신경 신호를 수집, 분석하고 정밀한 치료적 신체 제어까지 제공하는 진보된 신경 인터페이스 기술은 구현되지 못하고 있음
- 고령 환자나 디지털 환경에 익숙하지 않은 사용자는 기기를 사용하는 데 어려움을 겪을 수 있어 사용자의 개입을 최소화하는 자동화된 자율제어 신체 치료 및 신체 능력 증강 시스템 필요

□ 동 테마의 혁신성

- 생명과학, 의학, 공학 등 다양한 분야의 첨단 기술이 요구되는 기술로 개발 성공 시 고령화 및 의료 관점에서 높은 부가가치가 예상되며, 특히 AI와 신경 인터페이스 기술의 접목을 통한 혁신적인 재활 및 치료 솔루션 제공은 미래상의 큰 변화를 야기할 수 있음.
- 신경-AI 인터페이스와 생체공학 장치의 결합을 통한 본 제안은 단순한 보행 지원을 넘어서, 신체 능력 자체를 증강시킴으로써 고령자 및 환자가 다양한 환경에서 자립하고, 기존보다 더 정교하고 민첩한 움직임을 가능하게 할 수 있음 (최초의 인체 기능 증강 시도)
- 사용이 간편하고 심리적 부담을 최소화하는 고령자 및 환자 친화적 하드웨어 기술, 그리고 체내에서 안전하고 장기간 사용이 가능한 신뢰성 높은 삽입형 생체공학 기술이 개발됨으로써 안전하고 편리한 사용자 친화적 인터페이스가 개발될 수 있음 (몸과 기계의 일체화)
- AI 기반 지속적 학습 시스템을 통해 환자의 신경 변화에 적응하여 사용할수록 신체 제어가 자연스러워지고, 스스로 발전하여 치료 효과를 극대화할 수 있는 플랫폼 개발은 최초로 시도되는 것임. 또한 AI 알고리즘과 결합해 환자 상태에 따라 자율적으로 신체 능력을 조정하고 증강하는 스마트 이식형 치료 시스템이 개발될 것임 (On-body AI)

3	산업적 파급력	<p>□ 신시장 창출 전망</p> <ul style="list-style-type: none"> - 본 테마기술은 '신경-AI 인터페이스 기반 신체 능력증강 기술'에 관한 것으로, 앞서 정의된 테마기술을 기반으로 하기와 같은 신시장 창출을 기대하고 있음 <p>▶ 의료 재활 시장</p> <ul style="list-style-type: none"> - (기술) 신경 손상, 뇌졸중, 근골격계 질환 환자 또는 고령 인구의 근육 움직임을 강화하거나 부족한 신체 기능을 대체하는 기술 개발로 의료 재활 산업의 새로운 생태계를 조성할 것으로 전망됨 - (도출 가능 신시장) 맞춤형 신체 증강 치료 시장, 자율적 신체 회복 플랫폼, 재활 게임화 플랫폼 시장 등 다양한 재활 및 치료 방법에 관련한 시장 창출이 가능할 것으로 기대됨 <p>▶ 스포츠 및 피트니스 시장</p> <ul style="list-style-type: none"> - (기술) 운동 선수의 훈련 효율을 향상시키거나 개인의 신체적 데이터 분석으로 신경에 삽입된 신경 인터페이스를 통해 적절한 운동 강도 제어에 따른 신체 능력 증강이 가능할 것으로 전망됨 - (도출 가능 신시장) 헬스케어, 차세대 피트니스 장치, 선수 신체 능력 강화 장치를 생산하는 시장 등에 적용될 수 있을 것으로 기대됨 <p>□ 예상 실현 시기</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2025년에 연구를 개시할 경우, 10년 후인 2035년 내에는 인체 대상 임상실험 허가를 취득할 수 있을 것으로 예상됨 (근거: 연구과제 개시 후 최소 7년 이내 영장류 대상 실험 및 검증을 목표로 함) - 15년 후인 2040년이면 유의미한 수준의 신규 시장이 형성될 것으로 예상됨
4	사회적 파급력	<p>□ 해결 가능 사회적 이슈</p> <ul style="list-style-type: none"> - (고령화로 인한 신체 능력 저하 극복) 고령화 사회에서 발생하는 근력 부족, 운동 속도 감소, 지구력 저하 등의 문제를, AI 기반 신경 인터페이스와 신체 능력 증강 소자 기술의 융합을 통해 해결할 수 있음. 이는 고령자들이 자립적으로 생활할 수 있도록 도움을 줌으로써, 돌봄 부담을 경감시키고 고령화로 인한 여러 사회 문제를 완화할 수 있음 - (운동 기능 장애인의 자립성 회복) 사고, 신경계 손상, 질병 등으로 인해 운동 능력이 저하되거나 제한된 장애인들이 일상생활과 직업 활동에서 겪는 어려움을 완화할 수 있음. 신경 AI 기반 제어 기술이 운동 의도를 실시간으로 감지하고 신체를 정교하게 제어할 수 있도록 지원함으로써, 손실 또는 감소된 운동 능력을 강화하고 장애인의 자립적인 생활을 촉진할 수 있음

- **(의료 서비스 과부하 해결 및 치료 효율성 극대화)** 고령화와 만성 질환의 증가로 인해 의료 시스템이 과부하 상태에 놓이고 의료 비용이 증가하는 상황 속에서, 지속 학습 AI 기반 On-body 신체 능력 증강 기술은 환자 상태에 적응, 실시간으로 최적화된 신체 능력 회복 및 제어를 제공하고, 재활 기간과 비용을 단축함으로써 의료 시스템의 효율성을 극대화할 수 있음
- **(노화와 장애로 인한 사회적 불평등 극복)** 고령자와 장애인이 신체적 한계로 인해 사회적 활동과 경제적 기회에서 소외되는 문제를, 신체 능력 증강 기술로 해결하여 이들의 사회적 기여와 삶의 질을 향상시키고, 사회적 격차를 줄이는 포용적 환경을 조성함
- **(경제적 손실과 생산성 저하문제 해결)** 고령화와 장애로 인해 노동 시장에서 이탈하거나 생산성이 저하된 개인들이, 신체 증강 기술로 인해 근력을 회복하거나 새로운 신체 능력을 갖추므로써 경제적 참여가 가능해질 것임. 이는 사회 전체의 생산성을 증대시키며 경제적 손실을 최소화할 수 있음.

□ 미래사회 기대효과

- **(초인간적 능력 실현)** 신경-AI 인터페이스와 생체공학 기술의 융합은 인간의 근육 능력과 운동 속도를 증강시켜 재난 구조, 극한 환경 탐사, 스포츠 등 다양한 분야에서 새로운 가능성을 열어줄 뿐만 아니라, 기존의 신체 기능 복원 기술을 넘어선 초인간적 능력 실현을 가능하게 할 것임
- **(치료 패러다임의 혁신)** AI 기반 지속적 학습 시스템은 환자의 신경 변화에 실시간으로 적응하며 사용할수록 치료 효과를 극대화할 수 있는 스마트 플랫폼을 제공하여, 기존의 정적인 의료 접근법에서 동적인 환자 맞춤형 치료 방식으로 패러다임 전환을 이끌 것임
- **(노화 및 질병 극복을 통한 불로장생 가능성 확대)** 신체 증강 기술은 노화로 인해 저하된 신체 기능을 보완하고 만성 질환 및 장애로 인한 제한을 극복하여 건강하고 활기찬 노년기를 실현하며, 인간이 노화와 질병을 두려워하지 않는 사회로 나아가는 데 기여할 것임
- **(사회적 생산성 및 생존력 강화)** 고령자와 장애인의 신체 능력을 증강하여 노동 시장에서의 참여 기회를 확대하고, 극한 환경과 재난 상황에서도 인간 생존력을 극대화함으로써 사회적 안정성과 지속 가능한 발전을 실현할 수 있음
- **(첨단 기술 생태계 구축)** 생명과학, 의학, 공학 등 다양한 분야의 첨단 기술이 융합된 신체 증강 기술은 재활 및 의료 솔루션의 혁신을 넘어, 신경공학과 AI 기술을 중심으로 새로운 산업 생태계를 창출하고 글로벌 경쟁력을 강화하며, 경제적 파급효과를 창출할 것임
- **(초연결 사회의 구현)** 신경과 인공 소자를 연결하는 초연결 시스템은 인간과 기계, 인간과 인간 간의 상호작용을 극대화하며, 기술을 통한 인간 능력의 확장을 가능하게 하고, 새로운 경제적·문화적 가능성을 열어줌
- **(사회적 통합과 삶의 질 향상)** 장애인과 고령자의 신체 기능을 향상시켜 가족과 사회의 돌봄 부담을 줄이고, 모든 세대와 계층의 사람들이 자신의 잠재력을 최대한 발휘할 수 있는 포용적이고 공정한 사회를 실현함으로써 삶의 질을 획기적으로 향상시킬 것임

<p style="text-align: center;">5</p>	<p style="text-align: center;">글로벌 리더십</p>	<p>□ 글로벌 경쟁국가 현황</p> <ul style="list-style-type: none"> - (미국) 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI) 분야에서 다수의 기업이 인체 대상 임상시험을 진행 중에 있으며 학계에서도 20년 이상 인체 대상 이식형 신경 인터페이스 연구를 수행함. 대표적인 기업에는 뉴럴링크(Neuralink), 싱크론(Synchron), 프리시전 뉴로사이언스(Precision Neuroscience), 블랙락 뉴로테크(Blackrock Neurotech) 등이 있음. - (유럽 : 프랑스 및 스위스) 프랑스의 클리나텍(Clinatec)은 인체 완전 삽입형 신경 인터페이스 장치인 WImagine을 개발하여 인체 대상 임상시험을 실시 중에 있으며 스위스의 EPFL은 2023년 이 장치를 이용하여 척수에 전기 자극을 가하는 방식으로 하지마비 환자가 보행하게 하는 데 성공함. - (중국) 이식형 BCI 시스템의 인체 대상 실험이 상대적으로 용이하여 다수의 기관에서 인체 대상 이식형 BCI 실험이 이뤄지고 있으며 2024년에는 칭화대학교를 중심으로 자체 개발한 완전 이식형 신경 인터페이스 시스템(NEO BCI)을 인체에 성공적으로 이식했다고 발표함. <p>□ 글로벌 주도권 확보 분야</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국내에서도 이식형 신경 인터페이스의 핵심 요소 기술에서는 글로벌 경쟁국가와의 기술 격차가 크지 않은 것으로 파악되므로 본 테마 기술 개발을 통해 '신경-AI 인터페이스 기술' 분야를 선점한다면 이식형 신체 능력 증강 기술 분야에서 글로벌 주도권을 확보할 수 있을 것으로 예상됨 - 본 테마 기술의 개발 과정에서 다양한 파생 기술의 확보가 가능할 것으로 예상됨. 특히 on-body AI의 개발에 있어 핵심 기술로 활용될 AI 반도체 기술 및 뉴로모픽 컴퓨팅 기술에서 국제 경쟁력 강화 효과가 기대됨
<p style="text-align: center;">6</p>	<p style="text-align: center;">기술적 차별성</p>	<p>□ 국내외 연구동향</p> <ul style="list-style-type: none"> - (국내) 최근 국내에서는 웨어러블 로봇 시스템과 신경 인터페이스 기술을 중점적으로 연구하고 있으며 정부 기관은 신체 능력 증강 기술 개발을 촉진하기 위한 R&D 과제를 지원하고 있음. 한국과학기술연구원에서 고령자의 사용 편의성에 초점이 맞춰진, 다리 근력을 최대 30% 강화하도록 설계된 경량 착용형 로봇인 '문 워크'를 개발하였고, 엔젤 로보틱스는 신경근 질환이 있는 개인의 하체 움직임과 재활을 돕는 WalkOn Suit와 같은 장치를 개발하고 있음 - (해외) 프랑스에서는 군사적 목적 및 산업적 응용을 위한 체력 및 근력 증강 시스템이 집중적으로 연구되고 있으며, 그 예로 근력 증강 웨어러블 머신인 RB3D사의 Hercule라는 제품과 산업 현장에서 체력 증강을 위한 웨어러블 외골격 기기로 Otto bock사의 Suit X 제품을 보유함 이외에도, 유럽연합은 휴먼증강 프로젝트를 통해 근력 증강 로봇의 상용화를 위한 기술 개발을 지원하고 있음

□ 독립된 기술적 가치(삼극 특허, 특허 인용 네트워크 등)

- (관련특허 검색) '근육 제어', '신경-AI', '신체 능력 증강', '신경 인터페이스' 등의 키워드를 조합하여 본 테마기술의 특허 검색결과, 최근 10년간 (2014~2024) 2,549건의 특허가 검색되었고, 국가별로 미국이 1,467건으로 1위, 유럽이 478건으로 2위, 한국이 363건, 일본 211건 순임

관련특허 검색결과				
KR	JP	US(1위)	EP	합계
363	211	1,497	478	2,549

- (삼극특허 확인) 이 중, 국내 삼극특허에 해당하는 건수는 363건 중, 34건으로 출원된 국내특허 중 약 10%가 삼극특허에 해당되는 것으로 확인됨. 이러한 삼극특허는 특허를 주도하는 3개국의 특허청에 출원하여 등록된 특허로써, 이는 해당국가의 특허가 양적 측면뿐 아니라 질적인 측면에서도 높은 수준을 보유하고 있음을 의미함. 따라서 국내 특허 중 10% 정도의 특허가 질적으로도 우수한 특허인 것으로 보여짐

- (선행특허 현황) 본 테마기술 관련 주요 4개국의 관련특허 확인 결과, 현재 선행특허에는 이식형 신체능력 증강소자인 근육 및 신경 인터페이스와 이용자의 상태에 대한 맞춤형 동작 제어 AI 알고리즘에 대해 개발하고 있는 것으로 보임

▶ 이식형 신체능력 증강소자 특징 유사(선행특허 1(US), 선행특허 2(KR), 선행특허 3(KR))

- 선행특허 1은 이식가능한 근육 인터페이스 시스템에 관한 기술, 선행특허 2는 신체 내부에 이식되어 인공 의수를 제어할 수 있는 동작 제어 말초 신경 인터페이스에 관한 기술, 선행특허 3은 완전 이식 가능한 무선 척추 전자 기록 및 자극 시스템에 관한 기술임
- 따라서, 선행특허 1 내지 3은 이식을 통해 신체의 움직임을 보조하기 위한 기술이라는 부분에서 유사하나, 본 테마 기술과 같이 사용자의 실제 신체 움직임을 보조하고 신체 능력을 증강할 수 있는 것이 아닌 신체를 대체하는 인공 의수 또는 인간 보철물 등의 장치를 제어하기 위한 기술이라는 점에 있어 차이점이 존재함

▶ 동작제어 AI 알고리즘 특징 유사(선행특허 4(KR), 선행특허 5(JP))

- 선행특허 4는 센서를 이용하여 사용자의 움직임을 측정하고, 센싱 데이터를 기초로 사용자의 움직임에 대한 모델을 생성하고 이를 훈련화하여 개인화된 모델을 형성하는 기술, 선행특허 5는 사용자의 활성 관절 상태 및 근전기 신호를 검출하는 센서로부터 신호를 기초로 동작 목적을 추정하고 각각 목적에 대응되는 제어를 수행하는 기술에 관한 것임
- 따라서, 선행특허 4 및 5는 사용자의 상태에 맞는 동작 제어 AI 알고리즘을 제공한다는 특징에서는 유사하나, 본 테마 기술과 같이 신경 신호를 읽어 실시간 생체 근육 신호로 변환하기 위한 AI 알고리즘이 아닌 동작 지원 장치의 제어 신호로 변환하는 알고리즘이라는 점에 있어 차이점이 존재함

[표] 선행특허 리스트

No.	요소기술	국가	출원번호 (출원일)	상태	발명의 명칭	출원인
1	이식형 신체능력 증강소자	US	17-926507 (2021.05.25)	공개	System and method for implantable muscle interface	The Johns Hopkins University
2		KR	2012-002834 6 (2012.03.20)	소멸	의수 제어를 위한 말초신경 인터페이스 시스템 및 방법	한국과학기술연구원
3		KR	2016-013676 8 (2016.10.20)	등록	삽입 가능한 양방향 무선 신경 기록 및 자극의 장치 및 방법	한국전자통신연구원
4	동작제어 AI 알고리즘	KR	2022-009022 0 (2022.07.21)	등록	보행 훈련 파라미터를 실시간으로 조정하는 방법	하이원 테크놀로지스 코포레이션
5		JP	2020-071886 (2020.04.13)	등록	동작 지원 장치 및 동작 지원 방법	ADVANCED TELECOMMUNICATION RESEARCH INSTITUTE INTERNATIONAL

- **(독립된 기술적 가치)** 현재 선행특허들은 체내외용 신체 능력 증강 소자, 동작 및 보행 지원 관련 AI 알고리즘에 관하여 개발하고 있는 것으로 확인됨. 다만, 대부분의 선행특허들은 본 테마기술과 비교하였을 때 움직임 보조 인공 장치에 관한 기술들로 다소 차이가 있었음. 특히, 본 테마 기술과 같이 신경 신호를 실시간으로 사용자 실제 신체인 근육제어 신호로 변환하는 인터페이스 장치 및 AI 알고리즘 기술은 검색되지 않았음. 따라서, 본 테마기술은 해당 부분에 있어 선행특허 대비 독립된 기술적 가치를 가지는 것으로 확인됨.

□ 기존 정부 R&D와의 차별성

- 최근 10년간 이루어진 본 테마기술 관련 정부지원 과제를 검토한 결과, '이식형 초저전력 인터페이스 장치', '인체 삽입형 바이오 인터페이스', '근력증강 보조로봇 제어방법', '운동 인터페이스를 위한 제어기술' 등에 대해 연구하고 있는 과제가 검색되었음
- 구체적으로, 기존 정부과제로서 보조 기구를 AI기반으로 제어하여 신체 능력 증강을 수행할 수 있는 기술이 검색되었으나, 본 테마기술은 외골격 로봇 및 웨어러블 머신을 제어하기 위한 기존정부 R&D 과제와는 달리 신경 인터페이스 기술을 기반으로 보조 기구를 통한 근육제어가 아닌 신경 기반 근육제어가 가능한 기술이므로 기존 정부과제와 차별점이 있음

[표] 테마기술과 관련된 기존 정부과제

키워드	관련 정부과제
<p>이식형 신체능력 증강소자</p>	<p>- <u>초저전력으로 구동하는 밀리미터 크기의 완전 이식 가능한 신경 인터페이스 기술에 관한 과제임</u> [정부과제 정보] (2710013738) 2024 / 부산대학교/ 완전히 이식 가능한 초저전력 신경 인터페이스에 대한 연구</p>
	<p>- <u>절단환자를 위한 인공의지를 제어하기 위한 인체 삽입형 바이오닉 인터페이스 기술에 관한 과제임</u> [정부과제 정보] (2710002584) 2024/ (주) 휴고다이나믹스 / 인체 삽입형 바이오닉 인터페이스 고도화 및 국산화 개발</p>
<p>사용자 움직임/의도 파악에 따른 제어방법</p>	<p>- <u>운동의도를 파악하고 근력증강 로봇을 제어하기 위한 최적의 neural network 알고리즘 기술 개발 내용을 포함하고 있음</u> [정부과제 정보] (1415162131) 2019/ 경희대학교 산학협력단/ 근력증강로봇 제어를 위한 피부부착형 다중센서 통합모듈 및 강건한 운동의도 명령 생성 기술 개발</p>
	<p>- <u>바이오닉 암에 적용하기 위한 신경신호 인터페이스 신호처리 기술에 관한 것으로 동작의도 인식을 위한 디코딩 기술 개발에 관한 과제임</u> [정부과제 정보] (1711043486) 2016 / 부산대학교/ 운동 및 감각신호 인터페이스를 위한 신호처리 기술</p>