테마명	Brain to X (B2X)		
미래가치	인간-사물 협업	욕망	소통

1	테마 정의	❑ 개념 - 사람의 생각만으로 외부기기를 제어하거나 타인과 소통할 수 있고, 인지 기능 강화가 가능한 쌍방향 신경 인터페이스* * 고정밀 신경활동 측정 및 조절이 가능한 신경 인터페이스 및 해석장치 ❑ 범위 - 제어 및 소통 : 뇌 신호로부터 정보를 추출하여 외부기기를 제어하거나 타인과 소통 - 인지 기능 강화 : 뇌신경을 직접 자극하여 특정 인지 기능을 강화(기억력, 의사결정, 언어, 주의력 등) * 예시: 마음속에 생각한 문장을 뇌 신호를 통해 음성으로 표현할 수 있는 Brain-to-Speech 기술
2	산업적 파급력	❑ 관련 산업 동향 및 전망 - 우울증, 조현병 등의 정신질환 치료 및 인구 고령화에 따른 치매 예방 등 뇌 기능에 대한 직접 모니터링과 자극을 통해 운동 및 인지기능을 향상시키는 시도가 확산 - 고정밀 뇌 신호 측정 또는 신경제어 등의 신경 인터페이스 개발이 다방면에서 시도 중 - B2X와 연계되어 개인 맞춤형 뇌 건강을 관리하는 스마트 헬스케어 신시장 창출 가능 - IoT와 연동하여 뇌신호로 주변 환경을 제어하는 스마트 홈 시장 개척 및 뇌신호로 자동차, 드론 등을 제어하는 차세대 모빌리티 산업과 연계 가능 - 뇌질환 조기진단 및 치료 등 새로운 의료시장으로 확장 가능
3	도전성 · 혁신성	❑ 국내외 연구동향 - 장애인의 운동 및 감각 기능을 복원하거나 대체하는 침습형 B2X 기술 개발 - 문자 입력, 외부기기 제어 등 장애인들이 간단한 소통 및 제어 기능을 실행할 수 있는 비침습형 B2X 기술 개발 - 인공지능 기술을 통해 대용량 뇌 신호를 해독함으로써 B2X 성능 증대 - 전자공학, 광학, 나노소재, 생리학, 의학 등이 적용된 새로운 뇌신경활동 모니터링 기술 대두 ❑ 현 연구의 한계점 - 외과적 수술 또는 시술이 수반되는 침습형 인터페이스는 안전성 등의 한계로 일반인으로 확장이 어려움 - 기존 비침습형 인터페이스는 뇌 신호 측정 및 조절 정밀도 한계로 상용화에 한계 - 따라서 기존 B2X는 주로 단순기능 중심의 외부기기 제어 및 장애인 등의 비언어적 소통 시도에 그침 ❑ 동 테마의 혁신적 차별성 - 대용량 뇌 신호를 90% 이상의 정확도로 실시간 해독할 수 있는 알고리즘 - 쌍방향 신경 인터페이스(침습형, 최소침습형, 비침습형) ‣ 집단 신경세포 활동(Multi unit activity)을 측정하고 조절할 수 있는 수준의 정밀도 확보 ‣ 두뇌 전 영역에서의 신경활동을 동시에 측정할 수 있는 광대역 인터페이스 - 뇌 자극과 인지 자극 프로그램을 동시에 사용하는 자가 인지 강화 훈련 솔루션
4	기대효과	❑ 생각만으로 원하는 가전제품 및 장비 등을 제어할 수 있는 편리한 삶 영위 ❑ 언어(문자·음성) 뿐 아니라 감정 등 비언어적 의사소통이 동시에 가능한 사회 도래 ❑ 다양한 인지 훈련 콘텐츠가 통합된 솔루션을 통해 누구나 원하는 시간과 장소에서 인지 기능을 훈련하는 일상생활 실현 ❑ 일상에서 개인의 뇌 건강을 관리하는 스마트 헬스케어 솔루션 활성화

테마명	신체 보호형 스마트 수트		
미래가치	증강인간	욕망	신체보호

1	테마 정의	❑ 개념 - 유해물질(바이러스, 유독가스, 미세먼지 등)을 자동으로 감지하여 인체를 상시 보호할 수 있는 경량 소프트 웨어러블 스마트 수트 ❑ 범위 - (필수) 신체보호 : 병원균, 오염물질, 미세먼지, 화학약품 등의 유해물질을 자동으로 감지하여 인체를 보호할 수 있는 경량 소프트 웨어러블 수트 * (예시) 일상 환경에서 유해 바이러스나 화학약품의 누출을 실시간으로 검출하여 즉각적으로 신체를 보호하는 수트 - (선택) 시·청각 증강, 자립형 에너지 장치 포함 * 시각-청각능력 증강 : 시각 및 청각정보를 통해 주변 상황 인지 및 사람 간의 상호작용 능력 강화
2	산업적 파급력	❑ 관련 산업 동향 및 전망 - 최근 유해환경 및 오염·질병원으로부터 인체를 상시 보호하는 기술의 필요성이 크게 증대 - 웨어러블 로봇은 무겁고 고비용이며, 신체증강을 통한 산업의 생산성 및 효율향상에 집중한 단일기능의 제품들이 주로 개발 중 - 불가능했던 환경에서 인간의 모든 활동을 가능하게 하고 그 기능을 강화함으로써 인간의 활동 영역을 확장 가능 - 재해·사고 시 비상구호 시스템으로 발전 가능
3	도전성 · 혁신성	❑ 국내외 연구동향 - 현재는 신체능력 증강을 위한 웨어러블 로봇에 대한 연구가 활발히 진행 중이며, 우주 등 극한환경으로부터 인체를 보호하는 수트에 관한 연구가 집중되어 있음 ❑ 현 연구의 한계점 - 개방된 환경에서 다양한 오염원, 유해환경으로부터 상시 환경 응답형 보호 개념 부재 - 구성 재료의 무게 및 부피로 인해 수트의 착용감과 경량화에 한계 존재 - 수트의 작동시간 및 조건, 파워 등 에너지원의 한계가 존재 ❑ 동 테마의 혁신적 차별성 - 개방된 환경에서의 상시 신체보호 기능은 고도의 기술력이 요구되며 인류 생활범위를 광범위하게 확대 가능 - 소재의 경량화 및 맞춤형 기능 부여를 통해 일상생활에서 누구나 편안하게 착용 가능한 수트 제작
4	기대효과	❑ 전염병, 자연재해 및 사고로 인한 위험 물질 노출 등 유해환경에서도 걱정 없는 인간의 삶 영위 ❑ 수트를 통해 인류의 신체적 한계를 근본적으로 극복하여 인간의 활동능력 극대화

테마명	유전자 자가교정 및 치유조절 기술		
미래가치	장생인간	욕망	무병장수

1	테마 정의	❑ 개념 - 세포 내에서 질병 유전자를 감시하고 자가 교정하여 질병의 발병을 예방하거나 치료하는 기술 ❑ 범위 - (유전자 교정) 유전자 가위, 염기교정, 프라임에디팅 등 최근 개발되고 있는 다양한 기술들의 확장성을 혁신적으로 증가시키거나 이를 뛰어넘는 도전적·혁신적 기술로서 스스로 표적 유전자를 교정하고 치유할 수 있는 환경을 조성하는 자가 조절기술(필요시 사멸 가능 기술 포함) * 최근 개발되는 기술인 크리스퍼-카스(CRISPR-Cas) 기술을 뛰어넘어 살아있는 세포 내 표적 유전자교정이 가능한 새로운 기술 ‣ 기존의 CRISPR-Cas기반 기술을 혁신적으로 확장시키거나 이를 Break-through 할 수 있는 새로운 유전자 교정 및 치료기술 ‣ 기술자체의 혁신적인 개발 외에도 이 기술을 치료제로 적용하기 위한 혁신적인 기술도 포함 - (질병예방 및 치료) 유전자 교정을 통한 질병의 예방 및 치료 ‣ 기존의 치료법이 없는 경우 : 새로운 치료법 제시 ‣ 기존의 치료법이 있는 경우 : 초기 예방 및 치료를 통해 치료효율을 제고하고 부작용을 최소화
2	산업적 파급력	❑ 관련 산업 동향 및 전망 - 유전자가위 기술에 대한 기대 가치가 빠른 속도로 증가하고 있으며 이를 이용한 치료제 개발을 위해 다양한 기업들의 참여 및 투자가 지속되고 있음 - 질병 유발인자(유전자)를 선제적으로 감시하고 치료할 수 있는 방법이나 미래에 발생할 수 있는 질병에 대해 미리 방어할 수 있는 치료제 개발은 새로운 미래 산업의 확장과 함께 막대한 경제적 효과를 창출할 것으로 예상 - 이 과정에서 창출되는 향상된 유전자 교정 기술은 동식물 개발, 치료제 개발, 진단법 및 DNA 저장기술 개발 등 다양한 산업분야에 적용될 것으로 보임
3	도전성 · 혁신성	❑ 국내외 연구동향 - 유전자가위 기술의 혁신적인 개발 및 이를 활용한 연구들이 글로벌 프론티어에 의해 보고되고 있으며 상당수의 원천기술이 미국에 집중되고 있음 - 유전자가위 기술을 치료제로 사용하기 위해서는 효율 개선, 안전성 제고, 전달체 개발, 조절 스위치 개발 측면에서 개선을 필요로 하고 있는데 이를 위한 연구가 전 세계적으로 활발히 진행되고 있음 - 국내 연구진은 유전자교정 기술의 효능 향상과 정확도 분석 분야에 있어서 세계 최고 수준의 역량을 보유하고 있으며 이것은 치료제 개발에 있어 핵심적인 분야로 치료제의 효능을 향상시키고 안전성을 확보할 수 있게 함 - 또한 나노기술, AI, 합성생물학 등 다양한 분야와의 융합이 필요한 기술로 여겨짐 ❑ 현 연구의 한계점 - 유전자교정기술을 이용한 치료제 개발은 제한적인 질병을 표적으로 연구되고 있는데 이는 유전자교정 기술의 적용이 제한적이기 때문이며 안전성과 효율성, 전달방법 등의 제약에 기인함. 이러한 원인들은 질병 예방에 선제적으로 접근하는 방법에도 제한을 가져옴 ❑ 동 테마의 혁신적 차별성 - 기존의 단순한 질병 유발 및 위험성 진단검사를 뛰어넘어 유전자교정 기술을 활용하여 질병을 생체내에서 스스로 진단하고 원인을 제거하거나 교정하여 예방할 수 있는 혁신적인 연구가 가능
4	기대효과	❑ 희귀 난치병 및 유전질환을 원천적으로 정복하여 질병에 대한 고통과 두려움으로부터 해방된 인간의 삶 실현

테마명	면역거부반응이 없는 소프트 임플란트		
미래가치	장생인간	욕망	무병장수

1	테마 정의	❑ 개념 - 다중세포로 구성되며 인체 內 면역거부반응 없이, 부드러운 장기기능(하드타입(뼈, 치아, 관절 등) 제외)을 대체·보완할 수 있는 모듈화된 장기 * 소화, 호흡, 비뇨기, 순환, 신경, 피부, 내분비, 혈액 등 ❑ 범위 - (모듈화된 장기) 인체에 이식된 환경 하에서 목표 장기의 핵심적인 기능을 수행할 수 있도록 다중세포로 구성된 조직체 ‣ 산업화를 고려하여 대량 생산과 표준화, 품질 관리가 가능한 형태로 구성, 현재의 임상/인증 환경과 의료비용을 고려한 생산 기술이 통합 ‣ 대상장기는 산업화 가능성, 사회적 필요성, 의학적 가치, 실현 가능성, 임상적 구현 가능성 등을 종합적으로 고려하여 연구자가 제시 - (면역거부반응) 모듈화된 장기를 여러 사람에게 이식할 때 발생할 수 있는 면역거부반응 문제를 완전히 해결
2	산업적 파급력	❑ 관련 산업 동향 및 전망 - 만성적인 장기 부족 문제의 해결을 위해 다양한 기술이 빠르게 개발되고 있고 산업이 성장하고 있으나, 부드러운 장기의 경우 현재 제대로 활용될 수 있는 생물학적 대체제품은 전무함 - 우리나라가 선두에 있는 다양한 생명공학 기술들과 임상기술, 생산 및 제조 기술을 실제 임상 적용이 잘 이루어지지 않고 있는 인공장기 산업에 융합 가능 - 세계적 인구 고령화의 가속화 현상과 건강한 삶에 대한 필요성 증가에 맞추어 치아, 뼈, 관절에 국한되었던 임플란트 시장의 대상 장기를 극적으로 확대할 수 있어 신규 산업의 등장과 일자리 창출 기대 - 관련 제품의 생산과 관련된 기계 산업, 재료 등의 소재산업, 임상관련 보건 의료 산업 등 생산부터 임상까지 전 단계에 걸친 전후방 산업의 성장 기대 - 장기 대체가 보편화될 경우, 기존 일시적/보조적 의료기기 및 치료시스템과 약물 산업이 축소되는 대신 관련 약물 산업과 의료산업이 발달할 것으로 예상
3	도전성 · 혁신성	❑ 국내외 연구동향 - 이종장기, 전자장기 등으로 기능이 저하된 장기를 보조하는 기술이 개발되고 산업화가 이루어지고 있으나, 기능이 제한적이어서 시장 성장이 더딤 - 최근 오가노이드, 바이오프린팅, 유전자 조작 등 다양한 바이오공학기술이 급격히 발전하고 산업화가 이루어지고 있어, 이를 통해 혁신적인 세포기반 바이오장기를 개발하려는 시도가 활발히 이루어지고 있음 - 우리나라는 이러한 혁신 바이오공학기술의 수준이 높고, 고도화된 기술이 개발되고 있으므로, 높은 수준의 의료기술과 융합하면 세계 선도 기술의 개발이 기대 ❑ 현 연구의 한계점 - 면역거부반응의 완전한 제거는 아직 기술적 한계가 많으나 최근 개발되고 있는 다양한 기술들을 이용할 경우 돌파가 불가능하지는 않을 것으로 예상 ❑ 동 테마의 혁신적 차별성 - 기존의 하드 타입 장기가 아닌, 대량 생산이 가능한 모듈 형태의 소프트 장기를 통해 이식 시 발생하는 면역거부 반응 문제없이 장기 기능을 대체·보완 - 임플란트 산업의 임상 사례들을 바탕으로 하고 있어 새로운 생명공학 제품임에도 빠른 임상적용과 산업화가 가능함 - 개발된 기술은 장기이식이나 줄기세포치료 등 기존 임상치료나, 류마티스와 같은 질병에서 발생할 수 있는 면역반응으로 인한 환자의 삶의 질의 약화 문제를 해결하는 데에도 활용이 가능함

4	기대효과	❑ 평균 수명만 늘어나는 것이 아닌, 삶의 질이 혁신적으로 향상된 사회의 구현 - 코로나와 같은 바이러스 질병으로 폐의 기능이 저하된 환자에게 삽입하여 기능을 회복하는 등 질병이나 노화로 손상되어 기능을 못하는 장기의 기능을 보완하는 소화계, 호흡계 등의 임플란트 - 당뇨, 간염, 간경화와 같은 만성질환으로 인해 망가진 장기의 기능이나, 암 같은 질병으로 인해 제거한 갑상선과 같은 장기를 보완하여, 정기적인 투약과 치료의 불편함을 없애는 내분비계 등의 임플란트 - 이식 외에는 치료의 방법이 없어 평생 투석을 해야 하는 신장 질환을 개선하는 신장 임플란트 - 막히거나 벽이 약해지거나 꽈리가 있어 위험한 혈관을 대체하는 혈관 임플란트나 수혈에 활용할 수 있으며, 심지어 당뇨 등의 혈액 관련 질환이 없는 인공 혈액 - 모발 이식수술에 기존 모발대신 사용할 수 있는 모근 임플란트 등

테마명	오프더그라운드(Off-the-Ground, OTG) 모빌리티		
미래가치	교통	욕망	편리함, 즐거움

1	테마 정의	❑ 개념 - 표면에서 뜬 상태로 사람이 탑승 또는 조종하여 이동할 수 있는 초근거리 신개념 이동수단 * 고도비행과는 차별된 안전성, 초경량, 저소음, 고신뢰성을 가진 지상과의 비접촉식 모빌리티(보드, 슈트 등) ❑ 범위 - 수직 범위 수십 미터 이내, 실내, 도심 내 또는 초근거리(10km) 내외로 이동가능하고, 가격 경쟁력 있는 중량 10kg 내외의 1인용 소형 운송수단 * 수직 범위 1km 내외의 플라잉카, 초경량항공기 등과는 달리 비행이 아닌 지상과 비접촉하여 이동한다는 신개념의 모빌리티로 다양한 동력원과의 조합 가능 * (예시) 험지에서 낙상 등의 추가 사고 없이 부상자를 안전하게 이송하는 무진동 부양형 환자 이송수단
2	산업적 파급력	❑ 관련 산업 동향 및 전망 - 세계적으로 주요 도시가 거대화됨에 따라 교통 및 환경 문제가 야기되어 친환경, 자율주행 모빌리티, 플라잉카 등 신개념 교통수단의 연구가 진행 중 - 오프더그라운드(OTG) 모빌리티 개념은 현재 대중화된 주요기술이 없는 초기의 신산업이며, 라스트 마일(Last mile)을 위한 퍼스널 모빌리티 및 이동수단으로서의 파급력이 예상됨 - 지상과의 비접촉을 위한 동력원의 종류가 다양하나 가능성이 명확해지면 향후 약 10년간의 성장기를 통해 이동, 운송수단 시장뿐 아니라 동력원의 원천기술 파급효과도 클 것으로 기대

3	도전성 · 혁신성	❑ 국내외 연구동향 - (국내) '11년도에 벤처기업과 출연연구소의 기술 협력으로 자기력을 이용한 보드 형태의 이동수단을 개발한 바 있으며 그 외 초전도 현상을 이용한 개념단계의 연구 진행 - (해외) 미국과 프랑스의 선행연구가 돋보이며 동력원으로는 전기팬, 가스터빈 제트팩, 전자기력, 초전도 등을 이용한 여러 가지 모델이 개발되었으나, 미국 Arca space 社의 전기덕트팬을 이용한 아르카보드(ArcaBoard)가 오프더그라운드 모빌리티의 개념과 가장 유사 ❑ 현 연구의 한계점 - 오프더그라운드 모빌리티는 소형화, 경량화, 에너지 고밀도화, 안전성, 저소음 등의 문제를 물리적, 기술적으로 통합 고려하여 개발해야 할 분야 - 최근의 에너지저장 기술, 경량소재기술, 제어기술 등의 급격한 발전에 따라 그간의 한계를 극복 가능 ❑ 동 테마의 혁신적 차별성 - 지상과의 비접촉이라는 특징을 이용하여 육상, 해상 등 이동표면의 제약을 극복하는 신개념 초근거리 이동수단
4	기대효과	❑ 일상에서의 개인 이동수단 뿐만 아니라 레저, 스포츠 등에 신개념 모빌리티를 활용하여 개인 삶의 질 향상 ❑ 교통 인프라가 2차원에서 3차원으로 확장되어 국민의 편리하고 안전한 삶 제공

테마명	In-Situ(현장형) 바이러스 검출 및 분석 시스템		
미래가치	안전	욕망	안전함

1	테마 정의	❑ 개념 - 신종·재출현 전염병 등 고전파성, 고위험성 바이러스의 신속 검출, 분석 및 혁신적 진단 시스템 * (예시) 미지 바이러스 서열 분석을 위한 서열 분석기, 단계별 데이터 연동 소형 검출기 제작, 호기바이러스 검사를 위한 흡입식 검사기기, 표면 바이러스 염색 및 안경 타입 검출기 ❑ 범위 - (기지바이러스 검사) 재출현 바이러스의 실시간 검출·경보 - (미지바이러스 검사) 신종 바이러스에 대해 서열 분석기로 바이러스 서열 분석 후 경보 ▸ (호기바이러스 검사) 체내로 운반되는 바이러스의 1차적인 검사를 위하여 빅데이터 기반 바이러스 분석 프로그램을 통해 호기 중 유출되는 바이러스를 즉각적으로 검출 ▸ (표면바이러스 검사) 표면에 흡착된 타겟 바이러스 신속 검사로 분포도 및 바이러스 이동 경로 확인
2	산업적 파급력	❑ 관련 산업 동향 및 전망 - 최근 신종 전염병 발생주기의 다빈도화로 진단 산업 시장의 판도가 신속, 정확, 현장 검사로 급성장 중 - 체외진단분야의 세계 시장은 2018년 681억 달러에서 연평균 5.23% 성장으로 2023년 879억 달러 규모로 성장할 것으로 예상 - 각국 공항, 항만 등출입국 관리소에 신속 배치될 수 있는 시스템 플랫폼의 선두주자가 될 것으로 예상 - 관련 산업으로는 현장형 핵산 분석기, 소형화된 분자 진단기, 현장형 표면 처리 및 염색 등 IT, 화학, 기계 공학의 동반 성장을 유도 - 또한, 항원, 항체 바이오산업의 발전으로 진단뿐 아니라 치료 시장의 성장 유도

3	도전성 · 혁신성	❑ 국내외 연구동향 - 국내외에서 인체 시료 대상으로 연구가 진행되고 있고 치료 중심의 연구가 진행 중에 있음 - 현장형 PCR 및 자동화 연구가 진행 중이나 성능 면에서 실용화에 한계가 있음 ❑ 현 연구의 한계점 - 현장에서의 검사(호기 중 바이러스 검사, 표면 활성 바이러스 검사)는 다소 융복합적인 성격으로 난이도가 상당히 높음 - 기존의 연구는 바이러스 메커니즘, 인체 분비물 내의 바이러스 항원에 대한 진단 검사가 주를 이루고 있어 사전 검사보다는 사후 진단에 가까움 ❑ 동 테마의 혁신적 차별성 - 인체 시료에 대한 검사보다는 호기 바이러스, 표면 바이러스, 미지의 바이러스에 대한 신속 검사 및 ID 부여라는 점에서 기존 연구와의 차별성이 매우 높음
4	기대효과	❑ 전염 시 문제가 되는 바이러스를 현장에서 신속, 간단하게 검색하여 조치를 취할 뿐 아니라 알려지지 않은 바이러스의 전파를 사전에 차단하여 전염병 확산 위협으로부터 안전한 사회를 구현

테마명	AI 기반 초임계 소재		
미래가치	제조혁신	욕망	맞춤형 생산

1	테마 정의	❑ 개념 - AI 기반으로 소재의 공정·특성 등을 통합 설계하여 이론 물성의 임계치(70%) 이상을 갖는 소재 ❑ 범위 ㅇ 초임계 소재 개발을 위한 AI 기반 예측모델 알고리즘 개발 - 기존의 소재 관련 경험 기반 및 계산 과학 기반의 예측 모델(기계적, 전자기구조, 물리화학적 특성, 열역학적 물성)의 알고리즘 간의 통합을 통하여 지금까지 구현할 수 없었던 복합 물성 내지는 특이 물성(Finger print 물성)을 예측하는 다중 소재설계 및 선별 모델 구축 ㅇ AI 기반 초임계 소재 개발 - 기존 재료의 물성의 한계를 극복할 수 있는 초임계 소재, 극한환경에 적용될 수 있는 소재 개발 - 극한적 환경에서 사용이 가능한 초내열 소재, 초단열 소재, 극저온 소재, 초고강도 소재, 초소성 소재 등 이론 물성치의 70% 이상을 갖는 하이퍼 머터리얼(Hyper Material) 소재 개발
2	산업적 파급력	❑ 관련 산업 동향 및 전망 ㅇ 소재 개발 분야에서의 AI 적용은 아직 초기 단계 - 환경오염, 자원 및 에너지 고갈 등 사회적 문제 대두와 국방/항공/우주산업으로의 진출/확장 및 핵심기술 보호 정책에 따라 기존 소재의 임계치를 뛰어넘는 신소재 개발에 대한 필요성이 절실해짐 - 신소재 개발 연구와 검증, 적용에 장시간이 소요되는 기존 소재 개발 싸이클을 혁신적으로 줄일 필요가 있음 ㅇ 미래형 소재 산업선도 및 신시장 창출 - 전 세계적으로 확립되지 않은 AI 기반 소재 설계-제조-특성분석의 통합 플랫폼을 구축하여 미래 구조용 소재 산업을 선도하고, 기존 소재의 성능 한계를 돌파한 초임계 소재 개발로 새로운 소재 시장 창출 가능

		ㅇ 타 산업에의 파급 효과 - 구축된 AI 기반 소재 생산 플랫폼은 설계 기법, 생산 연계, 특성 평가 분석 등 일련의 통합작업이 소프트웨어 기반으로 이루어지는 만큼, 신소재를 사용하는 타 산업 생산 분야로 쉽게 이전되어 국내 소재부품 및 제조 산업 수준의 획기적 향상 가능
3	**도전성 · 혁신성**	❑ 국내외 연구동향 - 연구 데이터의 체계적 수집, 가공, 보급 부분에서 활발한 연구가 전 세계적으로 진행되고 있음 - 최근 10년 간 소재 분야 계산 및 시뮬레이션 기법은 산업 적용이 가능한 수준까지 비약적으로 발전 ❑ 현 연구의 한계점 - 현재의 연구 데이터는 그 자체로 빅데이터가 될 수 없고, AI 활용에 특화된 데이터는 미비한 상황 - 기존의 소재 관련 AI 연구는 새로운 물질 창출 또는 기존 소재의 생산공정 최적화에만 국한되어 신소재의 설계뿐만 아니라 물성, 공정/제조 가능성, 부품 성능(기능, 신뢰성)과의 연계·확장 필요 ❑ 동 테마의 혁신적 차별성 - 기존에 알려진 공정 데이터 보다, 목표 특성과 더 높은 상관관계를 보이는 새로운 소재특성을 다양한 기법으로 창안해내고 AI 입력 데이터화함으로써 AI 활용 효율을 획기적으로 향상 - 통합(Integrated) AI 플랫폼에서 신소재의 설계-제조-특성분석의 통합작업으로 각 단계의 피드백을 통해 소재 개발 속도의 혁신 달성
4	**기대효과**	❑ 우주선 및 항공기 추진체, 연료전지 부품 등 고부가가치 영역에서 활용되는 신소재 시장 창출

테마명	분자 레벨 프린터		
미래가치	제조혁신	**욕망**	맞춤형 생산

1	**테마 정의**	❑ 개념 - 원자 혹은 분자 스케일로 2차원(대면적) 또는 3차원 형태의 구조물을 형성할 수 있는 분자 레벨 프린팅 기술 및 제품 ❑ 범위 - 특정 원자 혹은 분자를 원하는 위치에 이송, 위치, 조립할 수 있는 가능성을 갖는 2D/3D 분자 레벨 프린터 개발 - 또는, 원자/분자수준에서의 물질 조합을 통한 신 양자 나노 소재 및 소자생산 - 또는, DNA 및 단백질과 같은 바이오분자의 직접 합성이 가능한 3차원 분자성형기술 및 장비
2	**산업적 파급력**	❑ 관련 산업 동향 및 전망 - 3D 프린팅의 경우 크게는 건축물 크기의 구조체부터 작게는 수십 나노미터 수준의 해상도를 갖는 나노구조물에 이르기까지, 다양한 산업 분야에서 동시에 발전 중 (2023년 273억달러 시장규모 예상) - 원자/분자를 상온상압환경에서 안정적으로 쌓고 결합시키는 것이 극도로 어렵기 때문에 기존 3D 프린터의 해상도는 아직 분자수준에 이르고 있지 못하고 있으며 따라서 분자합성분야에 아직 접목이 어려운 상황 - 분자레벨 프린터 개발 시 임의의 모델 분자를 직접 구성할 수 있기 때문에 DNA, 단백질과 같은 바이오 소재의 직접구현 및 기능조절이 가능 - 바이오 분야에 막대한 파급력이 있으며 양자컴퓨터 및 메모리소자를 상용화하는데 기여할 것이라 예상

3	도전성 · 혁신성	❑ 국내외 연구동향 - (해외) 화학합성을 통하여 새로운 하치모지 DNA와 같은 바이오분자 및 4륜구동이 가능한 분자자동차가 네이처 및 사이언스지 등 유명저널에 게재 - (국내) Scanning Tunneling Microscope(STM)를 이용하여 1개의 원자를 기반으로 하는 메모리소자 발표 ❑ 현 연구의 한계점 - 기존의 STM을 이용하여 원자를 2차원 평면상에 배열하는 것은 가능하지만 이렇게 구현된 구조물이 상온상압 환경에서 유지되기란 매우 쉽지 않으며, 동시에 2차원 및 3차원으로 대량으로 쌓기 위해서는 원자간 결합을 유도하여야 하는데 이 부분에서 큰 장애물로 남아있음 ❑ 동 테마의 혁신적 차별성 - 단위 분자를 이용하여 직접 DNA 및 단백질과 같은 바이오분자를 합성하는 과정에서 기존의 3D 프린터가 갖는 자유로운 3차원 구조물 형성이라는 장점의 확보가 가능할 것이며, 새로운 바이오분자의 복제, 모사, 탐색, 및 대량생산이 직관적으로 가능해짐
4	기대효과	❑ DNA, 단백질 등 바이오 분자를 자유롭게 합성하여 신약개발에 활용함으로써 질병으로부터 해방된 삶 영위

테마명	CO_2 Free 저가 수소 생산		
미래가치	Extreme CO_2	욕망	탄소 Free

1	테마 정의	❑ 개념 - CO_2 Free 그린수소의 대량 생산을 위한 기반기술 및 공정 ‣ 개발목표: 경제성이 탁월한 CO_2 Free 저가 그린수소 대량 생산 기반기술 및 공정 ※ 단, 경제성 분석 결과 제시할 것 ❑ 범위 - (그린수소) 친환경적인 저온 수전해, 고온 수전해, 열분해, 광분해 등 CO_2 배출이 없는 수소 생산 기술
2	산업적 파급력	❑ 관련 산업 동향 및 전망 - 수소 제조-산업-민간부문 등 3대축에 CO_2 Free 수소 제조기술을 제공함으로서 기존의 소극적 온실가스감축이 아닌 근본적인 환경비용을 제로화 할 수 있는 파괴적이고 경제적인 수소 신산업 창출 ‣ 수소 제조 공정에 관한 새로운 에너지 산업군 창출 발굴 ‣ 플랜트-수요산업의 고도화 그리고 ECO 미래도시로의 기술적 연계성 확보 ‣ 현행 수소 수송기기, 수소응용 제조산업, 연료전지응용 전력산업의 경제성 기반 확보 및 활성화 ‣ 수소경제의 3대핵심축(제조-산업-민간)의 CO_2 Free화 및 Prosumer화
3	도전성 · 혁신성	❑ 국내외 연구동향 - (연료이용) 유럽·일본을 중심으로 중·소형 개질 시스템 상용화 및 대형 가스화 플랜트 실증이 진행되고 있으며, 국내는 소형 개질 시스템 국산화 추진 중 - (폐자원/바이오매스) 유럽·미국·일본은 가스화 및 발효 공정을 통해 생산된 수소의 경제성 확보를 위해 합성가스 고부가가치화, 타 발효 공정과의 연계 등 상용화 기술 개발을 추진하고 있으며, 국내는 가스화 공정은 파일럿 개발 단계, 발효 공정은 핵심 요소 기술 개발 중

		- (물분해) 유럽을 중심으로 수전해 시스템 효율 향상 및 P2G 실증 연구가 활발히 진행 중 이며, 고온 수전해·열분해 · 광분해 등 차세대 그린수소 생산은 기초·원천 연구 단계 ❑ 현 연구의 한계점 - 현재 1차 에너지원인 석유, 석탄, 천연가스, 셰일가스, 하이드레이트 등과 같은 함수소 화석연료를 이용한 수소 생산기술은 간접적인 CO_2 유발원을 야기 ❑ 동 테마의 혁신적 차별성 - 수소생산을 위해 CO_2를 발생시키지 않으면서 가격 경쟁력까지 가질 수 있는 방법을 제안하여 기존 기술의 기술적, 환경적 한계를 뛰어넘는 수소경제 서비스 기반 구축 ▸ 1단계 CO_2 배출 저감, 2단계 CO_2 포집·저장(CCS) 기술 장착, 3단계 CO_2 포집 후 유용물질로 전환·활용(CCUS), 최종 탄소중립 실천
4	**기대효과**	❑ 화석연료 수준의 수소 가격 경쟁력 확보로 수소차 및 에너지 생산에서 세계 시장 선도 ❑ 화석연료에 의존하지 않는 수소 제조 기술 구축으로 화석연료 수입 절감 및 에너지 자립형 경제 구현

테마명	아티피셜 에코 푸드		
미래가치	에코푸드	**욕망**	친환경식량

1	**테마 정의**	❑ 개념 - 식량안보 및 환경오염 대응이 가능하고, 제조비용 및 시간을 획기적으로 줄일 수 있는 축육 세포기반 동물성 영양성분 함유 가공식품 ❑ 범위 - 스타터 세포의 확립(세포 증식 및 분화에 유리한 분리)을 위해 가축근육으로부터(연령, 성별 및 부위 등에 따른) 줄기세포 분류 - (배양조건) 기준량(1kg)의 세포조직 생산을 위한 최적 증식 및 배양조건을 규명(배양액, 가스농도, 세포세대기간 등) - (맛) 최상급 고기와 유사한 맛을 내기위한 맛 성분 증진 - (대량생산) 효율적 대량생산 방법 규명 - 세포배양육 생산 및 영양성분 분석(실제 육과 비교)
2	**산업적 파급력**	❑ 관련 산업 동향 및 전망 - 최근 국제적 대기업 및 국가의 지원을 받아 기술력을 갖춘 대학과 벤처기업이 협력하여 소, 돼지, 닭, 어류 등의 세포배양 연구를 진행하고 있으며, 향후 몇 년 이내 시장에 세포배양육 출시를 위해 기술력을 축적 - 세포배양육의 출시를 위한 핵심은 비용절감에 대한 부분이며 선진 기업들에서 배양액 내 고비용 발생 재료 대체 기술 및 대량생산공정의 개발을 진행 - 세포배양육은 아직 상업적인 생산단계까지 상용화되지 않았으나, 미래 상용화를 위하여 대량생산체제를 위한 세포주, 배지, 바이오리액터, 제품 품질 개선 마련 등의 연구가 다양하게 수행 될 것으로 예상

3	도전성 · 혁신성	❑ 국내외 연구동향 - 2013년 네덜란드 Mosameat사 마크포스트 교수가 소에서 근육위성세포를 분리·배양해 세계 최초로 세포배양육 버거를 시식 - 선진국에서는 대학과 벤처기업이 협력하여 다양한 축종의 세포배양 연구를 진행 중이며, 향후 몇 년 이내 시장에 세포배양육 기술력을 높이기 위한 연구를 진행 중 - WHO 및 세포배양육 연구를 진행 중인 각국의 의회들은 세포배양육을 포함하여 세포배양농업의 허가를 위한 법적 기반을 마련 중 - 세포 배양육 생산에 투입되는 비용 및 시간에 대한 정보가 폐쇄적이며 불명확 ❑ 현 연구의 한계점 - 국내 줄기세포 기술은 세계 최고 수준으로 빠르게 발전하는데도 불구하고 세포배양육 연구는 걸음마 수준 - 자체적 세포배양육 기술을 획득하기 위해 집중적 투자가 필요 ❑ 동 테마의 혁신적 차별성 - 세포 배양육의 대량 생산체계를 위해 현재의 장애물인 생산 비용 및 시간의 장벽*에 도전 * (비용) 파운드(450g)당 50~100달러(2019년 이스라엘 Aleph Falms, 파운드당 100달러 소요) (시간) 2~3주 소요(2019년 중국 난징농업대 5g 배양육 제조에 20일 소요)
4	기대효과	❑ 인구증가에 따른 식량 안보와 육류 생산 시 발생되는 환경 파괴 문제를 해결할 수 있는 친환경 육류 식량 확보 ❑ 구제역, 조류독감, 아프리카 돼지열병과 같은 가축질병과 무관하게 동물성 단백질의 안정적인 공급 실현

테마명	노화 역전 (Reverse aging)
관련기술 (파생기술)	노화 및 질환유발 세포/유전체 조기 진단/제어 기술, 조직/장기 재생의료, 노화 역전(Reverse aging) 유도기술, 개체결합, 줄기세포 배양 등

1	테마 정의	❑ **테마 개념** - **(노화 컨트롤)** 생명체에서 노화가 진행될 때 발생하는 세포/조직 내 유도인자의 규명/검출/진단을 통해 비가역적인 형질로 전환되기 전에 이를 조절하거나, 내재성 줄기세포, 인공장기 조직재생 등을 통해 유전적, 생리적으로 더 젊은 신체를 갖게 하는 기술 - **(노화 진단)** 노화 과정에서 특이적으로 발현되는 물질*을 규명하여 측정하는 진단마커 기술 * DNA 손상, 텔로미어의 마모, 후성유전체의 변화, 미토콘드리아 기능 이상, 줄기세포 소진, 단백질 항상성 상실 등 - **(노화 역전)** 노화를 유도하는 유전인자의 발현을 원천적으로 제어(reverse aging)하는 기술 - **(노화 회귀)** 노화로 인해 발생하는 질병(질환)에 대한 기능 수복 및 노화 이전 상태로의 회귀가 가능하도록 하는 기술 ❑ **제안 범위** - **(노화 진단 기술)** 세포, 장기, 조직 노화의 조기검출/진단을 위한 진단마커 및 이를 통한 타겟 조직, 세포의 지속적 추적관리 기술 - **(노화 역전 유도기술)** 노화세포의 직접적 제거를 목표로 하는 세놀리틱(Senolytic) 기술 혹은 노화세포와 주변 세포의 노화 가속을 억제하는 세노모픽(Senomorphic) 기술 - **(노화 회귀 기술)** 신체의 노화*에 따른 근육 소실, 관절 연골 퇴행, 뇌신경(치매, 루게릭 등) 및 심혈관 관련 질환 등으로부터 발생하는 질병에 대한 치료(기능수복·회귀) 기술 * 근골격계, 치아, 감각기관, 신경노화 등을 포함
2	도전성 혁신성	❑ **국내외 연구동향** - '노화를 제어하여 건강수명을 누린다'는 개념의 연구는 세계적으로 관심도가 높으며, 노화예방 및 노화 역전 기술은 최근 많은 기업들의 투자와 관심이 집중되고 있는 분야 - 현재 국내외 노화연구는 세포의 노화 발생 경로 및 이를 기반으로 한 조절 기전, 노화세포를 타겟으로 하는 일차 노화세포 제거 기술 연구에 초점 ❑ **현재 기술적 한계점** - 현재 개발 중인 노화 세포 제거 기술은 이미 세포의 노화가 비가역적인 단계까지 진행된 후의 산물을 조정하는 것에 초점이 맞추어져 있어 효과성에 한계 존재 ❑ **동 테마의 혁신성** - 세포가 비가역적으로 노화되기 이전에, 노화 프로세스가 진행되는 세포 및 조직단위에서 노화를 유도하는 인자를 규명/검출/진단하고 가역적으로 노화 형질을 되돌릴 수 있는 기술로, 현재 기술 수준을 넘어선 와해성 기술 - 노화에 의한 근골격계-감각기 질환을 예방 및 치료할 수 있는 재생의료 기술의 개발로 현재 치료기술의 패러다임 전환 가능
3	산업적 파급력	❑ **신시장 창출 전망** - 심장, 폐와 같은 생명 기관의 기능은 다양한 의료 기술에 의해 보존이 되는 반면, 근골격계, 감각기와 같은 기관의 노화는 아직까지 관심이 적었던 분야로, 노화 역전을 위한 진단/제어기술이 근골격계, 감각기 질환 예방/치료까지 적용된다면 기존 산업 영역에서 확장 가능 * 특별한 질환이 없는 노인이라도 근골격계-감각수용기관(눈, 귀, 근육, 관절, 치아, 신경 등)의 노화에 따른 기능저하는 삶의 질을 떨어뜨리고 궁극적으로 수명에도 영향을 끼치고 있음 - 항노화 관련 글로벌 시장은 2015년 2816억 달러(약 317조 원)에서 연평균 5.5%로 성장 중이며, 2020년 3313억 달러(약 373조 원) 규모로 확장되어 지속 성장 중 * BBC Research(2009) "Anti-aging products and services, The global market" - 노화로 인한 질병 사전 진단/예방 및 조기치료로 퇴행성 질환 산업의 판도를 바꾸며 신시장 창출

도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-08-25 10:47:28
도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-08-25 10:47:28

		❑ **예상 실현 시기** - 노화기전이 정립되어 가는 상황으로, 노화 및 질환유발 세포, 조직단위에서의 조기진단 및 유도인자의 치료/역전을 통한 노화 제어 관련 기술은 10~20년 내에 실현될 것으로 예상
4	**글로벌 리더쉽**	❑ **글로벌 경쟁국가 현황** - 일본, 미국, 영국, EU 등은 인구 고령화를 실버경제 및 고령친화 산업 육성을 위한 미래성장동력 기반으로 인식하고 노화 관련 다양한 연구 진행 중 * (美, 국립노화연구소) 고령화 관련 질병 연구 (日, 국립장수의료연구센터) 노화기전의 규명, 조절 연구 및 고령자 관련 정책 연구 진행 중 - 혁신적인 세포 노화 제어 기술 및 이를 활용한 원천기술 개발은 미국이 주도적으로 수행 중 * (알토스랩) 노화 방지 및 다시 젊어지는 것을 목표로, 유전자 재프로그래밍 기술로 노화된 세포와 조직을 재생시켜 생명을 연장하는 연구 진행 중 * (캘리코) 생명연장을 추구하는 대표적인 기업 가운데 하나, 노화의 근본 원인을 규명하고 인간 수명을 획기적으로 연장하는 것을 목표로 연구 진행 ❑ **글로벌 주도권 확보 관련** - 노화 역전 유도기술은 현재 태동하는 분야로써, 선제적 연구개발을 통해 글로벌 주도권 확보가 필요 * 현재는 대부분 발병 후 치료에 국한된 치료제 시장이므로, 조기진단 및 교정기술의 개발을 통해 노화예방의 핵심원천기술 개발 확보 가능 - 노화 과정에서 특이적으로 발현되는 물질을 규명하여 측정하는 진단마커 기술과 조기진단을 통해 노화로 인해 수반되는 질병을 예방하는 기술 등 노화 컨트롤 분야 주도권을 확보한다면, 글로벌 신시장 창출 및 기존 산업의 판도를 바꿀 수 있을 것 - 비가역적 단계까지 진행된 후의 노화 치료가 아닌, 노화 프로세스 지연 및 노화 역전 등을 통한 노화 제어 기술을 선점하고, 관련 기술* 상용화를 달성한다면, 글로벌 주도권을 확보할 수 있을 것 * 재생의료, 줄기세포, 텔로미어, 퇴행성 뇌질환 치료기술

5	**사회적 파급력**	❑ **사회적 파급력** - **(의료)** 코로나19로 인해 개인의 건강을 지키려는 소비자가 증가하고 있고, 고령화 시대에 접어든 만큼 치료보다는 '예방' 차원에서 건강을 지키는 '예방기반 메디케이션'이 트렌드로 자리 잡고 있으며, 2040년에는 국민의 25%가 고령층으로 예상됨에 따라 고령화 사회에서 유발되는 의료수요 증가 예상 - **(건강)** 미래사회에서 노인성 질환을 원천적으로 정복하여 질병에 대한 고통과 두려움으로부터 해방된 건강한 노년의 삶 실현 및 노화에 대한 진단과 치료 정복을 발판으로 난치성 질환 정복에 한발 다가갈 수 있는 기반 기술 기대 - **(사회/경제)** 세포/조직/장기의 기대여명 및 신체 노화도의 정량을 진단하고 교정하는 등 저출산, 고령화에 따른 미래사회의 사회/경제적 문제 해소가 가능할 것으로 기대
6	**기술적 차별성**	❑ **기존 정부 R&D 와의 차별성** - 최근 3년간(2019~2021) 이루어진 바이오 분야 관련 정부 지원 과제를 검토한 결과, 혈액, 장내 미생물 노화 인자 등에 대하여 동물(쥐) 수준의 노화 역전 연구는 진행되었으나, 동 테마에서 제시하는 유전적·생리적으로 더 젊은 신체를 갖게 하는 노화 제어 기술에 대한 정부 지원 사례는 없는 것으로 확인 ❑ **독립된 기술적 가치** - 항노화 관련 '11~'20년의 주요국 특허 약 5,300건을 조사·분석한 결과, 특허 출원 수는 2016년부터 지속적으로 증가하여 2018년 최대 출원 수를 기록한 이후 꾸준한 출원 경향 - 항노화 관련 특허의 상당수가 항노화 화장품(피부, 탈모 등) 및 노화관련 질환 치료제에 관한 것이며, 노화 유전자 분야의 특허출원은 약 5,300건 중 4.5%를 점유하여(약 240건) 노화 및 질환유발 유전자·조직 분야의 기술은 개발초기로 판단

도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-08-25 10:47:28
도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-08-25 10:47:28

테마명	초실감 메타버스 시각화 (Hyper vision metaverse)
관련기술 (파생기술)	메타버스, 확장현실 디바이스, 입체영상, 홀로그래픽 디스플레이, 광학기술, 현실-메타버스 상호작용, 초고속(초저지연) 영상 신호처리, 센서 융복합, 인공지능, 분산 컴퓨팅 등

1	테마 정의	❑ **테마 개념** - **(하이퍼 비전)** 인간의 시각인지 한계에 도전하는 초실감 메타버스 실현이 가능한 시각화 기술 - **(초실감)** 현실과 메타버스간의 경계를 초월하고 구분이 어려울 정도의 초실감 가상공간과 초저지연 상호작용을 구현하기 위한 디스플레이, 광학, 센서, 인공지능 등을 포괄하는 융복합 기술 ❑ **제안 범위** - **(디스플레이 및 광학 기술)** 현실과 공존 가능한 확장 현실 기술 기반, 인간의 시각인지 한계에 최대한 가까운 수준의 초실감 입체영상을 제공할 수 있는 기술 - **(디바이스 기술)** 입체영상 기반의 초실감 메타버스 서비스를 지원하고, 다양한 일상생활에 지장없이 활용이 가능한 기기로 현실-메타버스 간 초실감 상호작용* 제공이 가능한 융복합 디바이스 기술 * 디바이스 내에서 대용량 초실감 영상과 상호작용 관련 정보처리 또는 생성이 가능한 인공지능 및 최적의 서비스 환경 구현을 위한 융복합 센서 기술
2	도전성 혁신성	❑ **국내외 연구동향** - **(국내)** AR/VR 디바이스 구현을 위한 연구가 정부 R&D 사업으로 중소, 중견기업이 중심이 되어 수행하고 있으나, 영상모듈, 센서, 반도체 부품, 구현 알고리즘 등에 대한 해외 의존도가 높아, 경쟁국 대비 기술 경쟁력은 상대적 열세 - **(해외)** 상용 AR/VR 디바이스는 미국 및 중국 기업 중심으로 출시되고 있으며, 차세대 입체영상 기반의 Near-eye 디바이스는 소수의 스타트업, 대학 및 연구소 등에서 전시회나 학회 등을 통해 제한된 환경의 시연 결과를 동영상 수준으로 발표 ❑ **현재 기술적 한계점** - 부피가 크고 무거워 사용자 편의성이 부족하고, 대용량 영상 정보처리 및 센서 모듈 인터페이스 등을 위한 통신/컴퓨팅 속도의 한계로 범용적 서비스 제공이 제한 - 2D 또는 양안시차 수준의 영상제공으로 두통, 멀미 등의 역효과가 발생하여 연속 사용 가능 시간이 제한되고, 사용자의 움직임이나 운동시차 대비 늦은 반응 속도로 현실감이 결여 - Near-eye 입체영상 구현 기술은 해상도가 낮고 시야각이 좁아 일반 사용자의 활용에 한계가 있어, 대용량의 영상신호 생성 및 처리를 위한 혁신적인 알고리즘 및 반도체 부품을 요구 ❑ **동 테마의 혁신성** - 인간의 시각인지 한계를 뛰어 넘는 고화각, 고PPD(Pixels per degree)의 확장현실 입체영상 표현 기술 구현 - 사용자 편의성 향상 및 시각인지 이상으로 인한 역효과* 방지와 착용 편의성 및 경량화, 소비전력 최소화 등을 위한 융복합 센서 기술 구현(CMOS-MEMS 집적 또는 통합 패키징 기술) * 역효과: VAC(Vergence-Accommodation Conflict), Latency, Screen door effect 등 - 통신 속도의 한계를 뛰어넘는 초실감-초저지연 상호작용 구현을 위한 대용량 영상정보 및 인터랙션 정보 생성 기술 (On device AI)
3	산업적 파급력	❑ **신시장 창출 전망** - 성능의 제한으로 일부 영역(엔터테인먼트, 콘텐츠 감상 등)에서 활용되고 있는 메타버스를 일상생활 전반의 영역으로 확대할 수 있는 디바이스, 부품 및 서비스 산업의 주도권 확보 ❑ **예상 실현 시기** - 최근 사명을 페이스북에서 메타로 변경한 마크저커버그는 2030년에는 AR기술이 적용된 스마트글라스를 이용 시, 마치 다른 공간에서 실제로 해당 공간에 있는 것처럼 사람들과 대화를 나눌 수 있게 되어 대면모임을 대체할 것으로 전망 * '21년 3월 CNBC 인터뷰

도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-08-25 10:47:28
도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-08-25 10:47:28

		- 메타버스의 서비스 인프라가 될 것으로 예상되는 6G 통신은 '27년 완료될 것으로 예상되며, MPEG에서 '21년부터 6DoF 서비스(입체영상+상호작용)를 위한 표준화를 시작함에 따라 동 테마의 예상 실현 시기(2030년경) 또한 비슷한 시기에 이뤄질 것으로 전망
4	글로벌 리더쉽	❑ **글로벌 경쟁국가 현황** - **(미국)** 국방부, 보건복지부 등을 중심으로 국가안보·사회·의료 분야의 XR 기반 교육·훈련 프로그램을 정부 주도로 추진하고 있으며, '17년부터는 AR 기술 개발 및 XR과 인공지능(AI) 융합 등을 지원 - **(영국)** XR 기술을 활용하여 산업적·문화적 가치를 창출하는 실감경제 개념을 통해 타산업과의 시너지를 창출할 수 있는 프로그램 지원 정책 수립 - **(중국)** 'VR 산업 가속화 지도의견'을 발표하고, 제조·교육·문화 등 주요산업과 XR의 융합을 핵심과제로 제시하고 있으며, 지방정부별로 지역 맞춤형 XR 산업 육성 정책 추진 ❑ **글로벌 주도권 확보 관련** - 메타버스 관련 해외 주요국에서는 메타버스와 기존 사업과의 융합을 위한 시나리오 및 소프트웨어 개발에 치우쳐 있다면, 동 테마는 관련 서비스 시나리오와 상관없이 메타버스 서비스를 선도할 수 있는 핵심 하드웨어까지 포함하는 기술로써, 상기 제안범위(디스플레이 및 광학 기술, 디바이스 기술 등) 개발을 통해 글로벌 주도권 확보 가능
5	사회적 파급력	❑ **사회적 파급력** - **(의료)** 저시력자의 시각 특성(잔존시력, 시야 맵) 분석에 따른 일상생활 정보(버스, 메뉴, 보행 위험물 등)를 제공함으로써, 일반인과 구별되지 않는 일상생활을 위한 보조도구로 활용 - **(교육)** 메타버스 시각화 기술을 통한 직접 체험으로 실제로 일어나는 모든 상황을 생동감 있게 보고 느끼는 교육의 질 개선과 교육 불평등 해소를 통한 보편적 삶의 기회 확대

		- **(산업)** 위험한 화학 및 품질검사 등 교육이 어려운 생산 공장의 공정교육에 메타버스 3D 스캐닝 기반 시뮬레이션을 통해 비용 저감 및 안전 확보를 동시에 해결 - **(생활)** 코로나19로 인한 비대면 사회로 확장되는 일상 속에서 안전하고 편리한 상황에서의 업무 수행으로 능률 저하 없이 유지될 수 있는 생활형 서비스 기술 전환
6	기술적 차별성	❑ **기존 정부 R&D 와의 차별성** - 최근 3년간(2019~2021) 이루어진 가상현실, 증강현실, 혼합현실 관련 정부 지원 과제를 검토한 결과, 기존 정부 과제는 메타버스 관련 특정 서비스 시나리오(스포츠, 문화재, 자동차, 교육 등)에서 특화된 기술 요소를 개발하는 것에 치우쳐 있는 반면, 본 테마의 상기 상세 제안 범위(디스플레이 및 광학 기술, 디바이스 기술)를 모두 포괄하고 특정 서비스 시나리오에 국한되지 않는 초실감 메타버스 시각화 구현을 위한 요소기술 관련 정부 지원 사례는 없는 것으로 확인 ❑ **독립된 기술적 가치** - 한국, 미국, 일본 등 세계 주요국에서의 메타버스에 적용 가능한 디스플레이 장비 관련 특허를 조사한 결과, 대부분 HMD, 스마트글래스에서의 기능 개발 등과 같이 웨어러블형 장비에 편중 - 아울러, 구글, 페이스북(오큘러스), 마이크로소프트, 애플, 삼성 등의 메타버스 관련 하드웨어 장비 개발 기업의 특허를 개별 조사한 결과 대부분 스마트글래스, HMD, 스마트렌즈 등의 기존의 웨어러블형 장비로 구성 - 본 테마의 상세 제안범위(디스플레이 및 광학 기술, 디바이스 기술)의 요소 기술은 기존 웨어러블형 기술에 의존적이지 않고, 독립된 기술적 가치를 보유한 것으로 판단

도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-08-25 10:47:28
도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-08-25 10:47:28

도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-08-25 10:47:28

테마명	생체모방 탄소 자원화 (Biomimetics carbon recycling)
관련기술 (파생기술)	자연모사 및 생체모방 기술, 친환경 이산화탄소 포집/저장/전환/활용 기술, 탄소저감 기술, 탄소저장막 제조 기술, 탄소전환을 위한 합성단백질/생화학적 시스템 기술, 고부가가치 탄소자원화 기술 등

1	테마 정의	❑ **테마 개념** - **(생체모방)** 자연이 가지고 있는 여러 생명현상을 모방하고 활용하는 기술을 적용한 친환경 탄소 자원화 기술 - **(탄소 자원화)** 생체모방 기반의 소재 및 시스템을 통해 포집된 탄소의 친환경, 고부가가치 자원 활용을 위한 생체모방 기반 탄소 전환 및 자원화 기술 ❑ **제안 범위** - **(생체모방 기술, Biomimetics)** 생명현상, 생체구조의 원리*를 모방한 탄소 포집, 저장, 전환 및 자원화 기술 * 동물의 호흡, 식물의 광합성, 미생물의 대사 등 환경친화적 방법론 활용 - **(탄소 포집/저장 기술)** 저농도 이산화탄소를 포집하고 저장하는 생체모방 기반 물질, 소재, 멤브레인, 디바이스, 공정, 시스템 - **(탄소 활용 기술)** 저장된 탄소를 효율적으로 에너지원, 연료, 화학제품, 탄소소재, 건설소재로 전환하는 생체모방 기반 친환경 탄소 자원화(Carbon recycling) 기술
2	도전성 혁신성	❑ **국내외 연구동향** - 생체모방 기반 탄소전환 기술 관련하여 프랑스 연구팀이 생체모방 촉매와 가시광 에너지원을 이용한 메탄가스 합성 연구 결과를 발표하였고, 미국, 유럽 등 주요국은 최신 생명공학 기술(대사공학, 합성 생물학 등)을 융합하여 산업용 탄소전환 균주 개발 진행 - 독일과 국내 연구팀에서 식물세포 광합성을 모방한 인공광합성 기술을 활용하여 이산화탄소를 고부가가치 신자원으로 전환하는 연구를 진행 중이며, 바이오반응기 기반 미세조류 생산기술 등 연구개발이 진행 중이나 아직 기초 연구 단계 ❑ **현재 기술적 한계점** - **(이산화탄소 포집)** 이산화탄소의 선별적 분리기능은 이행 가능하나 탄소자원 활용 효율화를 위한 전환 장치 등이 추가되어야 하며, 경제성을 확보할 수 있는 고부가가치 화합물 생산으로의 연결이 필요 - **(생체모방 탄소전환 기술)** 해외의 경우 생체모방을 활용한 탄소 자원화 기술은 상용화된 대형 프로젝트는 부재하며, 국내 역시 생체모방 탄소 전환 기술은 기초 실증 수준에 머물러 있고 이산화탄소를 제외한 다양한 탄소자원의 전환 기술 또한 기초 연구단계 수준 ❑ **동 테마의 혁신성** - 탄소 포집을 위해 기존의 방식과 다르게 기계적인 수단을 뛰어넘는 자연 반응기작을 모방한 인공생명체 개발 및 신자원 생산 측면에서 혁신적 - 저농도 이산화탄소 포집과 동시에 고부가가치 유용물질을 생산할 수 있는 친환경 기술로 유전공학, 폴리머, 분자생물학 등 다양한 기술과의 융합을 통해 현재의 기술적 한계를 극복하는 돌파형 기술로써 혁신성 보유
3	산업적 파급력	❑ **신시장 창출 전망** - 탄소 국경세, 탄소배출권 가격 상승으로 인한 기업 또는 국가 단위의 탄소 배출 비용 절감을 위한 시장 확보가 가능하며, 저탄소 친환경 제품에 대한 소비자 선호에 따른 신시장 요구에 대응 가능 * 2015년 기준 유럽연합 탄소배출권 시장 규모 약 400억 유로(60조원) - 화학적 안정성이 높은 이산화탄소의 전환에는 외부 에너지 투입이 필수적이며, 친환경이라는 근원적인 목표달성을 위해 태양광, 풍력 등 신재생 에너지를 활용 시, 관련 시장의 파급효과 예상 - 대규모 탄소 전환을 위한 기업 중심의 투자뿐만 아니라 태양광 또는 풍력 등 저비용 소규모 재생에너지를 활용한 일반 가정 단위의 모듈과 같이 광범위한 신규 사업 모델 창출 가능

도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-08-25 10:47:28

		❑ **예상 실현 시기** - 다수의 국가들이 2050년 내외로 탄소중립을 목표로 상정하고 있으며, 2030년대까지 부분적인 감축 계획을 수립 중 - 이를 위해 신재생 에너지, 수소 기반의 제한적인 탄소 전환 기술이 2030년경 출현할 것으로 전망되며, 생체모방 기반의 이산화탄소 전환·활용 기술은 2040년대 전후로 상용화 전망
4	**글로벌 리더쉽**	❑ **글로벌 경쟁국가 현황** - **(EU)** 2050년까지 CCUS 기술로 총 6억톤 규모 이산화탄소 감축 예정(총 감축양의 27%) CCS 분야에서 90%, CCU 분야에서 10% 감축 예정 - **(미국)** 대규모 포집 실증(240 MW급) 추진 진행 중. 천연가스, 비료가공, 수소생산, 화학산업 등지에 원유 회수 증진(EOR) 공정으로 연계하여 연간 50~800만톤 규모로 운영 - **(독일)** 2050년 산업부문 탈탄소화 및 재생에너지의 간헐성 보완을 위해 CCU 기술 개발을 확대하고 산학연 5천만유로, 정부 1억유로 출자를 통해 2개 프로젝트를 기업체 주도의 상용화 진행 중. 미생물 전기합성 공정을 이용하여 이산화탄소에서 생분해성 바이오 플라스틱으로 전환하는 기술을 개발 중 * CCS (Carbon Capture and Storage), CCU (Carbon Capture and Utilization), CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage) ❑ **글로벌 주도권 확보 관련** - 식물세포의 광합성작용 등 생체 모방을 통해 탄소의 생물전환 및 광물 탄산화, 효소 모사 또는 효소-화학 하이브리드 탄소 포집/전환 등 인공시스템 개발로 탄소 포집 및 활용 분야의 글로벌 주도권을 확보 가능
5	**사회적 파급력**	❑ **사회적 파급력** - **(환경)** 지구 온난화로 인한 급격한 이상기후 현상(폭염, 폭설 등) 감소 및 기존 화석 연료 사용으로 인해 불가피하였던 오염물질(미세먼지, VOCs, NOx, SOx 등) 발생 감소로 공기질 개선 등 환경 개선 효과 기대

		- **(산업)** 탄소 저감, 전환을 통해 다중 고부가가치 화학제품 생산 기술, 친환경 에너지 효율 강화기술, 유해인자 제어기술 등 다분야 연계가 가능하고 생산된 탄소 자원 활용과 더불어 탄소중립 기술 시장 선점 및 수출을 통한 경제성 확보 - **(사회)** 지속가능 에너지 분야(태양에너지, 전기자동차 등)에서 제기되고 있는 플라스틱 활용, 재활용 증가로 인한 폐탄소 유해인자 처리 문제 등을 자연의 원리를 모방한 친환경 제품·서비스를 통해 해결하여 건강하고 쾌적한 삶 영위
6	**기술적 차별성**	❑ **기존 정부 R&D 와의 차별성** - 10년간(2011~2020년) 출원 및 공개된 이산화탄소 포집·활용 기술과 관련된 정부 R&D 지원현황을 검토한 결과, 주로 이산화탄소의 화학전환 기술에 집중되어 있으며, 이산화탄소 포집, 화학·생물 전환, 광물탄산화 모두 기초·원천 연구 수준 - 반면, 동 테마에서는 탄소 포집부터 전환·저장, 탄소 자원의 활용까지 전주기에 이르는 다양한 친환경 생체모방 방법론 제시로 기존 정부 R&D와 차별성 확보 ❑ **독립된 기술적 가치** - 인공광합성 관련 주요국 특허 출원 약 2,000건을 조사한 결과, 중국 1,400건, 미국 302건, 유럽 130건, 한국 29건으로 확인되며, 주요 선진국과 비교하여 1.45%로 현저히 낮은 수준 - 인공광합성을 통한 이산화탄소 전환 및 활용 연구는 현재 상업적으로 활용하기에는 효율 향상, 대규모 실증설비 등 여러 기술적 한계가 존재하며, 여전히 미흡한 상황 - 인공광합성 뿐만 아니라 동 테마에서 제시하는 다양한 환경 친화적 생체모방 탄소 자원화 기술(동물 호흡, 광합성, 미생물 대사 등) 확보 시, 타 기술로 파급되어 영향을 미치는 등 고유의 독립된 기술적 가치를 지닐 것으로 판단

도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-08-25 10:47:28
도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-08-25 10:47:28

도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-02-15 19:21:38

테마명	지속가능한 비욘드 플라스틱
관련기술 (파생기술)	바이오플라스틱(생분해성/내구성), 유·무기 하이브리드 신소재, 재활용플라스틱(rPlastic), 물질순환·재활용기술(화학적/생물학적), 탈석유 재생가능 원료합성, 무기화 자연순환 등
미래사회상	포스트석유 지속가능 플라스틱경제사회, 기존 플라스틱의 기능을 혁신적으로 대체하는 재생가능 자원자원 기반의 뉴 플라스틱과 복합소재의 물질순환이 가능한 사회

1	테마 정의	❑ **테마 개념** - **(지속가능한 비욘드 플라스틱)** 기후변화 및 환경규제 대응이 가능하고, 기존 플라스틱* 소재의 경제성, 생산성 및 기능성 등 한계를 극복하여 다양한 산업영역에 적용 가능한 신개념 신소재 * 기존 석유계 플라스틱 및 바이오플라스틱 등 친환경 신소재 포함 - **(플라스틱 순환경제)** 탄소중심의 폐쇄계 자원순환(Closed Carbon Circulation) 경제의 핵심 소재원으로서 단순 폐플라스틱 재활용의 한계를 극복할 수 있는 기술 ❑ **제안 범위** - **(제어가능 생분해성 플라스틱)** 재생 가능한 천연물 기반의 원료와 분해/생산에 활용 가능한 미생물 배양, 유전자 조작 기술 등을 통한 플라스틱 합성 및 생분해성, 속도제어 기술(특정 조건의 트리거에 의한 ON/OFF 생분해 시스템) 개발 - **(지속가능형 신소재 개발) 유·무기 하이브리드**(바이오매스, 탄소소재 등 포함) 소재를 이용한 **산업용 고기능성* 플라스틱 신소재 생산/분해 기술**** 개발 * 자동차, 디스플레이, 보건의료, 및 특수섬유 등 차세대 산업에 적용 가능 ** 유·무기 하이브리드 플라스틱의 단량체/다성분 고분자 합성 및 (생)촉매 개발을 통해 기존 플라스틱을 대체할 수 있는 산업용도별 맞춤형 친환경 신소재 개발 - **(플라스틱 물질재순환) 플라스틱**(석유계 플라스틱, 바이오플라스틱 및 유·무기 하이브리드 신소재 등 포함) 설계 단계부터 성분별 저분자 원료물질 분해 및 회수를 고려한 탄소중립적 전주기 **고효율 물질재순환 플랫폼*** 개발 * (바이오)플라스틱 폐기물의 내재 구성 물질과 저장에너지의 회수 효율을 극대화할 수 있는 (광/생)화학적 고급 구성 성분 재순환(Advanced Raw Material Recirculation)에 의한 재활용 기술, 제조부터 재활용까지 총체적 탄소배출량 및 폐기물 감소효과의 평가기법과 정상상태 물질흐름 설계 기술 등

도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-02-15 19:21:38

2	도전성 혁신성	❑ **국내외 연구동향** - 플라스틱 넷제로화 연구는 바이오플라스틱이 선도하는 탄소중립적 석유대체 소재의 합성과 기존 석유계를 포함한 총체적 폐플라스틱의 물질적 자원순환이 중심으로 연구가 진행 중 - 생분해성 바이오플라스틱의 경우 단량체 생산의 수율을 높이거나 미생물 균주개발에 초점이 맞춰져 있으며 생분해 속도를 유지하면서 기계적인 물성을 석유계 플라스틱과 동등한 수준의 제조 연구가 진행 중 - 지속가능한 플라스틱에 대한 탄소자원 순환성 강화를 위해, 원료화-재중합에 의한 재생플라스틱 개발과 포집된 이산화탄소와 바이오가스 기반의 재생 플라스틱 합성 연구도 추가적으로 수행 중 - 글로벌 선도기업들은 신규 바이오 플라스틱 단량체, 플라스틱 재활용/순환기술, 친환경 공정 기술, 등의 개발을 통한신소재 플라스틱 개발에 대한 연구에 투자 중 ❑ **현재 기술적 한계점** - (現) 생분해성 플라스틱의 물리화학적 물성, 생산성, 재활용 등의 문제점 해결을 통한 산업화 진입 장벽을 낮추는 방향으로 집중 중 - 플라스틱 보다 넓은 범위의 기능성 (분해제어 ON/OFF 시스템 기능 등) 포스트 플라스틱 신소재 소재 개발에 관한 연구는 미흡 - 친환경 플라스틱의 강도, 신장률 등 물리적 특성 및 가공의 취약성, 유통기한 중 생분해 방지를 위한 최종 생분해 기간 연장 필요, 기존 플라스틱 대비 높은 단가와 기존 제품 대체성 및 응용 분야 확대 적용 한계 - 1차 플라스틱 관리의 한계, 친환경 플라스틱 분야 산업 혁신생태계 구축에는 한계, 플라스틱 분석방법 및 발생원 정량화의 부재 - 기존 연구[1] 대비 복잡한 구조를 갖는 플라스틱에 대한 상세한 생분해와 분리 동정된 미생물에 대한 메커니즘과 규명 한계 1) 토양 및 폐기물 환경에서의 미생물 분리 동정과 플라스틱 분해 가속 효소 연구 다수 진행 ❑ **동 테마의 혁신성** - 가역적 재생 가능한 탄수화물 소재 및 신구조물질의 개발에 따라 새로운 기능성 바이오수지 공급과 슈퍼엔지니어링 소재로서의 활용 가능성을 극대화하고 탄소순환형 신성장 산업으로써 높은 잠재력을 가질 것으로 기대 - 동 테마에서 제안하는 기술은 기존 소재의 보완 기술 수준을 넘어 플라스틱 대체 소재의 범위를 확장시킬 수 있어 지속가능성, 경제성, 산업적용도 등 탄소순환형 플라스틱 경제사회 창출에 혁신성을 확보한 것으로 판단

도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-02-15 19:21:38

도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-02-15 19:21:38

도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-02-15 19:21:38
도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-02-15 19:21:38

3	산업적 파급력	❑ **신시장 창출 전망** - 전세계 친환경 플라스틱 시장 (2025년 약 37조원 규모) 및 폐플라스틱 관리/재활용 시장(2025년 약 45조원 규모)과 함께 기존 엔지니어링 플라스틱 소재를 대체할 수 있는 지속가능한 신소재 (포스트 플라스틱) 개발의 광범위한 신시장 창출 예상 - 원료소재 중심의 정밀화학과 섬유산업, 부품소재 수요 중심의 자동차, 전기·전자, 반도체, 디스플레이, 의약, 의류, 소비재공산품 산업 등 전분야에 기후변화와 자원순환 프레임에 적합한 넷제로 플라스틱 수용도 확산 전망 - 궁극적으로 친환경 바이오플라스틱 / 플라스틱 신소재 개발 및 보급 확대로 순환경제 실현, 화이트바이오 고부가가치 제품 중심으로 밸류체인 강화, 산업군 형성 위한 기반 구축 전략 (기술 확대 및 이전) 마련 등 추진 가능 ❑ **예상 실현 시기** - **화석연료 플라스틱 제로화 정책**의 필요성에 대응하여 **바이오 플라스틱 개발을 위한 전주기 추진 전략이 정립되어 가는 상황**으로, 대체 플라스틱 사회로의 전환을 위한 지속가능한 포스트 플라스틱 사회는 10 ~ 20년 내에 실현될 것으로 예상 - 범용 폴리올레핀-폴리에스터계 바이오플라스틱이 주도하는 시장은 10년 내 성장기에 돌입할 것으로 예상되며 20년 이후 부터는 경량전기차부품 및 기능성 섬유제품이 선도하는 다양한 산업용 엔지니어링 바이오플라스틱과 복합소재의 시장 진출 예상 - 바이오매스 기반 생분해 소재 원천 기술은 바이오플랫폼 (생물진화, 대사공학) 기술 및 상용화 기술까지 접목되어야하므로 본격적인 시장 확대 시기는 2050년 이후가 될 것으로 전망
4	글로벌 리더쉽	❑ **글로벌 경쟁국가 현황** - 글로벌 바이오플라스틱 시장의 생분해성 플라스틱 소재의 점유율이 점차적으로 증가하고 있는 추세이며, 글로벌 기업들은 바이오·화학 융합 요소기술 개발과 개별 공정의 생산 수율 향상을 통해 바이오플라스틱 상용화를 지속적으로 추진 중 * (유럽) 해조 다당류의 물성 개량을 위한 수식 기술 개발, Agarase 효소 생산 미생물 연구 ** (일본, 캐나다) 알긴산 분해효소 생산 미생물 연구, 당 변환 효율성이 높은 미생물 개발, 천연고분자 to 당 변환 프로세스 연구 - 포스트화석시대와 플라스틱 순환 경제를 선점하기 위해 기존 관련 산업의 지속가능성과 농업·임업 산업의 원료공급 기반 구축을 연계하여 다국적 석유화학기업-화학기업-선도R&D전문기업의 파트너쉽 구축과 정부의 원천기술개발과 실증지원에 의한 신바이오산업 경제 사회 구체화 - 범용소재의 대량생산 및 고부가가치 고기능소재의 단독생산, 신소재와 공정 지식재산권 선점, 안정적 찬연원료자원 확보, 소재합성기술-생산기반-제품시장 선도 기업 간 연대에 의한 시장 선점이 활발히 진행 중 ❑ **글로벌 주도권 확보 분야** - 기존의 플라스틱 소재의 한계를 뛰어넘는 새로운 패러다임의 포스트 플라스틱 신소재 연구 개발을 통해 신규 바이오플라스틱 소재 개발[1], 순환, 재활용, 공정, 제품 용도 확장, 및 바이오 단량체 생산을 위한 플랫폼 기술 개발에 (균주 및 유전자조작기술) 대한 글로벌 주도권 확보 1) (i) 셀룰로오스, 당, 또는 바이오단량체 생산 시스템 구축, (ii)신규 균주 / 유전자조작기술 연구, 및 (iii)특정 미생물에 반응하는 관능기 도입기술 및 분해 트리거 원천기술 확보 - 높은 상업성을 가진 천연원료 유래 플라스틱 대체 소재 생산기술 확보를 통해 글로벌 주도권을 전제하는 반면, 국내 기업의 경우 신규 생산 리스크가 적은 한정적 범용 소재를 통한 초기 형성 시장 진출이 중요 * 가격 및 기능성이 글로벌 주도권의 핵심 요소로 작용할 것이며 뉴플라스틱 제조 기술성 향상 및 생산의 효율성 극대화를 위한 환경 조성이 글로벌 경쟁력의 필수 조건
5	사회적 파급력	❑ **해결 가능 사회적 이슈** - **(국제환경규제 대응)** 미세플라스틱의 잠재적 위해성으로부터 안심할 수 있는 환경을 구축하는 기술로 활용 가능하며 최근 이슈가 되고 있는 글로벌 환경문제 해결에 직/간접적으로 기여 * 2022년 케냐 나이로비에서 개최된 UN Plastic Treaty 는 플라스틱이라는 단일 아이템으로의 175개국 대표들이 동의한 플라스틱 규제강화정책을 발표, 지속순환 가능한 플라스틱 사용 모델의 중요성 언급 - **(폐플라스틱 이슈)** 생분해성 플라스틱의 유기적 자원순환, 재활용을 전제한 새로운 구조 기반의 플라스틱, 플라스틱 재생산, 내구성 바이오플라스틱에 의한 총사용량 감소의 통합적 접근과 관리로 지속가능한 폐플라스틱의 발생과 생태계 노출 최소화 - **(글로벌 기술 경쟁력 확보)** 바이오플라스틱 원료-소재-제품-순환의 전주기 요소 기술과 탈석유화학 기반의 새로운 포스트 플라스틱 소재 개발에 대한 글로벌 경쟁력과 원천기술 확보. 차세대 플라스틱 신소재 자립화 및 국내 기업의 글로벌 시장 진출의 가능성 확대. 유무기 하이브리드 소재 기반의 새로운 플라스틱 소재 신산업 창출 ❑ **미래사회 기대효과(삶의 질 향상 등)** - 탄소중립 효과를 가진 천연물 유래 무해성 바이오플라스틱의 보급과 고기능성소재로의 확대로 지구온난화방지, 유해화학물질에 의한 위해성 감소, 자원순환성에 따른 쓰레기 발생저감, 고기능성에 의한 사용 편의

도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-02-15 19:21:38
도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-02-15 19:21:38

도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-02-15 19:21:38

성과 신기능이 제공되어 지속적 삶의 질 향상 확대 기대

- 해양 생태계 부산물 활용을 통한 폐자원 감소와 이로 인한 탄소 저감량 확대를 통해 경제적 효과를 창출 할 수 있음

  * 해조류 양식업별 탄소저감량 비교: 김양식장(57.9 tCO2/km2), 미역(647.9 tCO2/km2), 다시마(465.5 tCO2/km2), 그 외 (390 tCO2/km2)

6 **기술적 차별성**

❑ **기존 정부 R&D 와의 차별성**

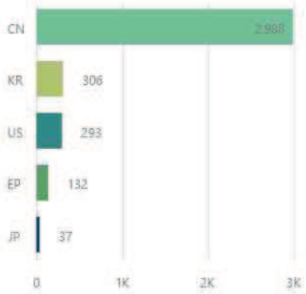
- 최근 4년간 (2019~2022) 이루어진 비욘드 플라스틱 소재 관련 정부 지원 과제를 검토한 결과, 기존 정부 과제는 생분해성 플라스틱, 미세 플라스틱, 플라스틱 폐기물 처리 (재활용, 저감기술)의 연구에 집중

- 반면, 본 테마는 분해시간을 조절할 수 있는 on/off 플라스틱, 플라스틱에 다른 소재가 복합된 복합 소재/하이브리드 소재, 그리고 단순한 플라스틱 폐기물 처리가 아닌 물질 순환 경로를 따르는 플라스틱 순환 가능 소재를 테마로 한다는 점에서 기존 정부 R&D와 차별성이 존재하여 핵심원천기술을 선점할 수 있을 것으로 판단됨

❑ **독립된 기술적 가치(삼국 특허, 특허 인용 네트워크 등)**

- 비욘드 플라스틱 소재 관련 11년~22년의 주요국(한국, 미국, 유럽, 일본, 중국) 특허 3756건을 조사, 분석한 결과, 특허출원이 2012년부터 서서히 증가하다가 2018년부터 급격히 증가하는 추세를 보임

[출원 동향]

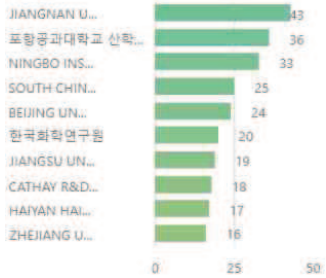


[출원 국가]

- 출원국가는 중국 2988건, 한국 306건, 미국 293건, 유럽 132건, 일본 37건 순으로 중국이 다수 출원 중

- 주요 출원인으로는 장난 대학, 포항공대, Ningbo Institute of Materials technology and engineering, South China Univ., Peking Univ., 한국화학연구원, Jiangsu Univ. 등이 존재

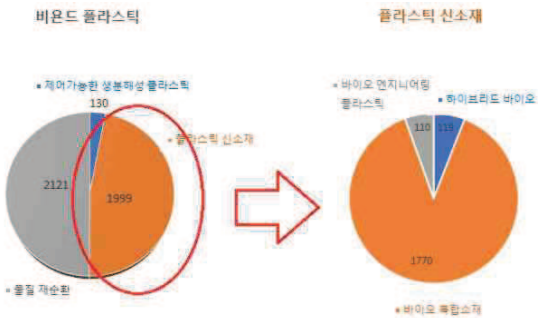
도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-02-15 19:21:38



[출원인]

- 비욘드 플라스틱 소재 관련 특허의 상당수가 물질 재순환과, 플라스틱 신소재에 편중되어 있어 해당 분야에 대한 연구개발이 활발히 진행 중

- 다만, 플라스틱 신소재 분야에서 복합 재료(바이오 복합 소재, 하이브리드 바이오)에 대한 출원은 활발한 편이나 엔지니어링 플라스틱 관련 출원은 매우 저조한 실정



- 분해시간을 조절할 수 있는 on/off 플라스틱 하이브리드 소재로서 엔지니어링 플라스틱에 대한 출원은 미흡하며, 원천기술 확보시 고유의 독립된 기술적 가치를 지닐 것으로 전망

도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-02-15 19:21:38

도전혁신팀 / 강용성 / 192.168.2.123 / 2023-02-15 19:21:38

테마명	감각과 경험을 공유하는 멀티버스 아바타 플랫폼
관련기술 (파생기술)	트윈버스, 아바타, 멀티버스, 오감 정보, 감각 수집/재현, 복합감각 생성 및 제어 기술, 인공지능 에이전트, 초연결 네트워킹
미래사회상	멀티버스 소사이어티 플랫폼에서 현실의 인간과 가상의 아바타가 실시간으로 상호 연결되어 다양한 사회활동을 할 수 있는 디지털 사회

1 테마 정의

❑ **테마 개념**

- 인간과 감각을 공유하는 아바타(Avatar)[1]를 현실공간과 동기화된 가상 트윈버스(Twinverse)[2]에 배치하여 가상공간과 현실공간을 넘나드는 멀티버스(Multiverse)[3] 플랫폼을 개발하고, 산업·문화의 다양한 활동 및 경험을 능동적으로 공유하는 멀티버스 소사이어티 플랫폼[4] 기술 구현

1) 아바타 : 현실공간의 인간과 동기화되어, 가상 트윈버스 내에서 개인 또는 다수 사용자 간 오감 인터랙션이 가능한 개체

2) 트윈버스 : 디지털트윈+메타버스의 개념으로, 현실-가상공간 간 시공간적 동기화 및 실시간 상호 인터랙션이 가능할 뿐 아니라, 현실과는 다른 가상 물리세계를 통해 새로운 경험을 자유롭게 제공할 수 있는 공간

3) 멀티버스 : 다수의 가상 트윈버스와 다수의 현실공간이 연결된 세계

4) 소사이어티 플랫폼 : 엔터테인먼트, 스포츠, 의료, 교육, 제조, 유통 등 다양한 경제·문화 활동이 가능한 사회 시스템을 제공하는 장

❑ **제안 범위**

※ 엔터테인먼트, 스포츠, 의료, 교육, 제조, 유통 등 **반드시 하나 이상의 소사이어티 플랫폼을 가정**하고 그 플랫폼 상에서 **아래 ❶~❸을 모두 반영**하여 제안

❶ **(감각공유 아바타 개체)** 가상 트윈버스에 접속한 현실 공간의 사용자가 가상 트윈버스 내 다양한 활동을 수행하기 위하여 인간에게 오감 정보를 전달하거나 피드백 받을 수 있는 아바타(Avatar) 개체 개발

- 인간(현실)과 아바타(가상)가 서로 오감 정보* 등을 실시간으로 공유/전달할 수 있는 감각 수집/재현 기술

* 오감 정보 : 다수 사용자가 가상세계 아바타 개체를 통해 실시간으로 인터랙션할 수 있도록 제공되는 멀티감각 정보

※ 제안서 작성 시, **촉각, 후각, 미각 중 반드시 1개 이상 포함**
(시·청각 포함 여부는 자유롭게 결정)

- 다수의 아바타 간 다중 상호작용이 가능한 복합감각 생성 및 제어* 기술

* 복합감각 생성 및 제어 : 다수 아바타 간 실시간 감각공유를 위해서 여러 감각을 동시에 생성하거나, 일부 감각을 변조, 삭제, 증강하여 제어하는 기술

❷ **(맞춤형 인공지능 에이전트)** 멀티버스 내에서 인간 및 아바타의 행동 패턴 인지를 통해 실시간으로 상황별 맞춤형 지식을 제공하고, 최적 의사결정 지원 솔루션으로서 소사이어티 플랫폼에 배치되어 가상 및 현실 공간 내 경험활동을 제어하는 기술 개발

❸ **(멀티버스 소사이어티 플랫폼)** 현실공간을 모사하는 가상 트윈버스와 다양한 활동 수행을 지원하는 가상 객체의 구축 및 이를 현실공간과 연결하는 멀티버스 소사이어티 플랫폼 개발

- 현실공간의 인간과 동기화된 아바타 개체가 가상공간 상에서 다수의 아바타들과 감각 인터랙션을 기반으로 네트워킹 하는 플랫폼

초연결 멀티버스 소사이어티 플랫폼

2 도전성 혁신성

❑ **국내외 연구동향**

- 국내외적으로 가상공간세어 새로운 경험을 제공하는 대표적인 기술로 메타버스가 해당됨

- 가상의 경험을 기반으로 현실에 직접적으로 반영하는 수준은 하나의 아바타 개체 단위에서 기초연구 수준으로 진행

- 동 테마에서 제안하는 여러 개체가 한 공간에서 상호작용하는 초연결 단계의 플랫폼 단위 기술개발은 진행되지 않은 상태

		- 해외의 대표적인 아바타 개체 연구 사례로 (日)Honda의 '원격 로봇 제어를 위한 연구'가 진행되고 있으며, AI 모델과 연계한 원격 아바타 로봇 제어 및 사용자 맞춤형 최적화 기술 개발 사례가 존재 - 국내의 사용자 맞춤형 AI 연구 사례로 넥슨, 넷마블 등 게임 산업 분야의 가상공간 내 사용자의 숙련도, 사용 패턴 등을 복합적으로 분석하여 최적의 콘텐츠를 제공하는 기술 개발이 진행 중 - 멀티버스 소사이어티 환경 구축을 위한 핵심기술(메타버스, 디지털 트윈) 연구는 GE, MS, Dassault system 등 해외 IoT(사물인터넷)와 CPS(Cyber-Physics System) 원천 기술을 보유한 글로벌 대기업 위주로 개발 및 사업화가 활발히 추진 중 - 국내 또한 LG CNS, KT, GS 칼텍스 등 다양한 대기업이 해당 기술 사업화를 위해 투자 중 ❑ **현재 기술적 한계점** - 실시간 UX(시각, 청각, 촉각 등 오감) 데이터 처리의 한계 - 정교한 3D 공간 재현 디바이스 기술의 한계 - 일상 사회와 디지털 트윈의 연계 및 빅데이터 처리 기술의 한계 - 협업을 위한 실제 현장과 가상공간 간 또한 가상공간 내에서의 양방향 실시간 동기화 기술의 한계 - 트윈버스를 구성하는 콘텐츠를 활용 목적 또는 물리 세계의 현재 상황(실존 하지 않는 경우 포함)에 따라 동적으로 구현, 구성 및 제어하는 기술의 한계 ❑ **동 테마의 혁신성** - 현실의 공간, 시간, 사람, 물체 등 다양한 데이터와 아바타 개체의 감각(시각, 청각, 촉각 등) 데이터 간 초연결을 기반으로 현실에서의 공간과 시간 제약으로 인해 수행하지 못했던 여러 가지 활동 구현이 가능 - 이러한 새로운 경험의 과정에서 개인의 의사결정 시 현재 상황과 연관된 수많은 데이터를 수집·분석하고 사용자 개성과 행동 분석을 결합, 낯선 상황의 사용자 의사결정 시간을 비약적으로 단축 및 최적의 결정을 유도 - 동 테마에서 제안하는 기술의 융합으로 아바타와 연결된 사용자에게 지금껏 경험하지 못한 새로운 경험을 제공하고, 신개념 가상 사회에서 개인 간 상호작용을 통해 엔터테인먼트, 스포츠, 의료, 교육, 제조, 경제 등 다양한 사회 전반에 걸쳐 무수한 가치 창출이라는 혁신성을 확보한 것으로 판단

3	**산업적 파급력**	❑ **신시장 창출 전망** - 가상 트윈버스 내에 인간의 복합감각을 동기화한 아바타 개체를 구현하고 다수의 아바타들과의 자연스러운 감각 상호작용을 실시간 재현함으로써, 교육, 의료, 제조, 쇼핑, 게임, 엔터테인먼트 등 전 산업분야를 가상공간에 실현하는 데 견인 역할을 할 것으로 기대 - 다수의 아바타들이 가상공간 상에서 협업하는 제조 분야는 혁신적 생산 효율증가에 따른 비용 절감효과 및 새로운 부가가치 창출이 가능 * AR 정비가이드 서비스를 통해, 유지보수 효율성 8~12%↑, 작업 생산성 34%↑(GE) - 가상환경에서의 게임·엔터테인먼트 분야의 급속한 성장이 개화된 만큼, 초감각 아바타 개체를 기반으로 가상-현실 간 실시간 인터랙션을 제공하는 멀티버스 플랫폼 기술은 시공간에 구애받지 않는 초실감 문화·콘텐츠 서비스를 창출하여 관련 시장선점 및 경제적 파급효과가 기대됨 * 세계 가상융합기술(XR) 시장은 '19년 78.9억 달러에서 '24년 1,368억 달러로 5년간 연평균 76.9% 성장할 전망 ('20, IDC) * '25년 XR 글로벌 경제적 파급효과(GDP 창출)는 4,764억 달러로 전망 ('19.11, PwC) ❑ **예상 실현 시기** - 정부는 경제사회 전반에 걸쳐 XR 기반 가상융합경제 선도국가를 실현하기 위한 '가상융합경제 발전전략'('20.12, 관계부처 합동)을 발표하고, ❶**'25년 XR 경제효과 30조원 달성**, ❷**글로벌 5대 XR 선도국 진입**을 목표로 지원 중 - 다만, 현재 현실과 가상세계를 연결하는 융합기술은 주로 영상·이미지(시각) 기반의 아바타 개체 및 콘텐츠 중심으로 개발·지원 중임 - 촉감생성 및 상호 인터랙션 기술은 기초연구 수준으로 개발 초기 단계 수준에 머물러 있음 - 가상 공간에 인간의 오감을 재현하고 실시간 인터랙션하는 기술은 아직까지 개발된 사례가 전무하여, 기술 성숙 단계까지 상당한 시일이 소요할 것으로 판단됨 - 인간의 복합감각(오감 및 평형감각 등)을 실시간 동기화 하는 아바타 개체 실현과 상용화는 2040년대 전후로 가능할 것으로 전망

4	글로벌 리더쉽	❑ **글로벌 경쟁국가 현황** - **아바타 개체의 하드웨어 구현**을 위해 로봇, 첨단 디지털 기술간 융합 개발이 진행되는 상황 * (일본) Telexistence는 VR을 통한 휴머노이드 로봇에 접속, 인간 행동 모사 아바타 기초 모델 구현, GITAI는 우주 공간에서 인간 노동을 대체하기 위한 아바타 로봇 개발 진행 - 아바타 접속 및 현실과 가상의 경계를 초월하고 개인 간의 상호작용을 지원하는 **초연결 감각공유 인터페이스 기술 개발**이 진행 중 * (호주) RMIT Univ. 연구진은 실리콘과 전자회로를 이용한 인공피부를 통해 감각 신호를 전달하는 기술 성공, * (미국, 한국) 국내 화장품 제조회사 및 MIT 공동 연구진은 생체조직 발생 신호를 무선으로 인식할 수 있는 Wireless&Chip-less 인공 피부 개발 - 멀티버스 소사이어티 기반 기술인 메타버스 기술 관련하여, 게임분야의 '로블록스(Roblox)'는 게임을 넘어 비대면 업무 플랫폼으로의 확장을 추진 중이며, 메타(舊Facebook)은 확장현실(XR) 분야 집중 투자를 통해 가상 소사이어티로의 소셜 미디어 확장을 도모 ❑ **글로벌 주도권 확보 분야** - 국내 대학 및 연구소는 최근 청각, 촉각 기능을 갖는 인공 피부 인터페이스 기술 및 피부 부착형 자극 신호 전달 기술(On-skin, Telehaptic system) 등 가상공간에서 아바타-개인 간 감각공유 및 상호작용을 위한 기반 기술을 확보 - 가상공간, 확장현실 기술에 대한 우리나라의 해외 대비 높은 관심도와 더불어, 게임 엔터테인먼트 분야 글로벌 경쟁력 및 국내 IT기업 주도의 확장현실 기술 활용을 통해 동 분야의 글로벌 주도권 확보가 가능할 것으로 판단됨 - 따라서, 한국은 확장현실 기술과 아바타 인터페이스 기술을 융합한 초감각 멀티버스 연구를 글로벌하게 확대할 수 있을 것으로 예상됨. - 확장현실 구현기술을 게임영역을 넘어 인간 사회 단위로 확장시키는 소위 '휴먼 소사이어티 트윈버스'와 아바타 초연결 응용 연구 개발 병행을 통해, 향후 사회 기술 전반에 걸쳐 그 활용이 확대되고 새로운 사회와의 유기적인 이동을 통한 초감각 멀티버스 소사이어티 기술개발의 글로벌 선두 주자로 거듭날 것으로 예상됨

5	사회적 파급력	❑ **해결 가능 사회적 이슈** - **(교육)** 교육기관 간 실감교육 강의실 구축 및 가상융합기술 기반의 비대면 원격 교육·실험 지원으로 학습효율 증대 및 서비스 확산 기대 - **(의료)** 의료훈련비용 절감, 수술 정확도·안정성 제고와 치료환경의 제약 극복, 특정 환경 재현 및 높은 몰입감 제공으로 치료효과 극대화 - **(제조)** 가상공간 상에서의 원격 제조협업으로 빠른 시제품 구현에 따른 생산비용 감축 및 프로세스 혁신 기대 - **(유통)** 가상융합기술 기반 몰입형 가상 유통환경으로 소비자에게 새로운 제품 경험을 제공 - **(게임/엔터테인먼트)** 가상게임을 포함한 가상 콘서트장, 미술관, 박물관 등에서의 문화생활을 체험/공유하고, 가상 운동장, 체육관에서 다수가 함께 운동하는 경험을 제공 ❑ **미래사회 기대효과** - 개인은 의료·교육 분야 등에서 장소나 시간에 제약 없이 차별 없는 양질의 서비스를 제공받을 수 있고, 기업은 생산비용 절감 및 생산성 혁신을 통해 기업 생존력을 향상시킬 수 있으며, 국가는 산업 전반의 디지털화를 통해 비상상황에서도 복지사각을 해소할 수 있어 사회기반 시설의 안전 관리 및 재난 대응, 지역균형 발전에도 이바지할 것으로 기대
6	기술적 차별성	❑ **기존 정부 R&D 와의 차별성** - 최근 3년간(2019~2021) 이루어진 관련 기술* 검색을 통한 정부지원 과제 현황 등을 검토한 결과, 기존 정부 과제는 메타버스 구현, 메타버스 콘텐츠 활용 분야에 집중되어 있음 - 또한, 초감각 공유 아바타 관련 과제의 경우 일부 개별감각(촉각 분야)의 재현에 집중되어 있어, 본 테마의 상세 제안 범위(감각 공유 초감각 아바타 개체, 멀티버스 지식 제공 및 의사결정 지원, 초연결 멀티버스 플랫폼)를 모두 포괄하는 '초감각 아바타 플랫폼' 지원 사례는 파악되지 않는 것으로 확인되어 기존 정부 R&D와의 차별성을 보유한 것으로 판단됨 * 공유 초감각, 감각 재현, 아바타, 멀티버스, 감각 재현 기술 등

개별 기술 분야	주요 키워드
메타버스 구현	증강현실, XR 상호작용, 사용자 경험 정량화, 감정 표현
콘텐츠 활용	재활운동, 제조공정, 게임, 스포츠, 휴식 및 여가, 치료
감각 재현	터치센서, 말초신경, 운동 경험, 감각 기관, 진동 자극

		❑ **독립된 기술적 가치** - 본 테마 기술은 개별 연구 그룹이 연구를 진행하고 있는 단계이며, 아직 관련 산업 형성 및 표준화 작업*이 이루어지지 않은 기술 분야로 대주제 형태로 본 연구가 진행될 경우 관련 산업화 및 표준화를 선도할 수 있고, 핵심원천기술을 선점할 수 있을 것으로 판단됨 * 전기전자공학분야 글로벌 최대 연구자 그룹인 IEEE에서 본 테마 기술 관련 표준화 작업 및 커뮤니티 등을 위한 그룹 "IEEE Digital Reality Initiative"를 발족하였으나, 학술활동 외 표준화 작업 등은 이루어지지 않고 있음 - 감각 공유초감각 아바타 플랫폼 구현을 위해서 신호 처리 및 전달 기술, 디바이스 기술 등의 IT 기술과, 생체 신호 획득, 감각 인지 및 재현 기술 등 BT 기술, 센서 소자 및 신체 적용 소재 등의 NT 기술, 멀티버스 콘텐츠 및 아바타 상호작용 등 CT 기술 등 다양한 분야의 기술이 필요하며, 다학제간 융·복합을 통해 기술 혁신이 가능함 - '아바타', '멀티버스', '메타버스', '감각', '연결' 등의 키워드로 최근 5년간 1,055건의 특허분석 결과 국가별로 미국이 551건으로 절반 이상을 출원했으며, 우리나라는 286건으로 2위, 유럽 154건, 일본 64건 순임 - 그러나 기술혁신지수(CPP)를 살펴보았을 때, 상위 출원인은 디즈니, 스냅, 인텔, 애플, 마이크로소프트 등 대부분 미국의 IT 관련 기업이며, 우리나라 기업은 9위에 삼성전자가 이름을 올린 것에 그침 - 또한, 개별 특허는 캐릭터 또는 콘텐츠에 관련된 특허가 대다수로 본 테마 기술과 관련한 특허는 거의 없는 것으로 분석되어 본 테마 기술의 기술적 가치는 높은 것으로 판단됨

테마명	도시형 이산화탄소 포집 및 활용기술
관련기술 (파생기술)	도시 인프라 적용 가능 탄소흡수 및 저장용 신소재, 분산형 에너지원 적용 이동식 CCS 기술, 직접 공기 포집 기술(Direct air capture, DAC), 저농도 CO_2 원료 전환 기술(Reactive carbon capture, RCC)
미래사회상	도시 인프라를 활용한 CO_2 흡수 및 고부가 유용물질로의 전환을 통해 'Carbon-negative City' 실현

1	테마 정의	❑ **테마 개념** - 전 세계적으로 도시화가 급격하게 진행되면서 도시는 주거, 상업, 생산 활동 등 통해 다량의 탄소를 배출하는 주요 배출원으로 인식되고 있음 - 2050년 탄소중립 목표를 달성하기 위해, 이미 배출한 탄소를 흡수하거나 공기 중의 CO_2를 인공적으로 흡수·저장·활용하는 신개념 탄소 네거티브 도시(Carbon-negative City)에 대한 관심이 높아짐 - 본 테마는 건물, 도로 등 도시 핵심 인프라를 활용한 CO_2 흡수·저장 기술 및 도시 내 분산형 에너지 기반시설에서 배출되는 CO_2를 직접 흡수·전환하는 기술 개발을 통해 도시 전체가 탄소 저감을 위한 거대한 CCUS 시설로서 '탄소 포식형(Carbon Eaters) 도시'로 전환되는 개념임 ❑ **제안 범위** ‣ **(건물 CCS)** 건물의 내구성과 안정성을 확보하고 대기 중 CO_2를 자연스럽게 흡착하여 고정화시킬 수 있는 콘크리트(또는 콘크리트 2차 제품(Pre-cast)* 포함) 개발 * 생콘크리트(보통 레미콘)를 사용하여 기술적인 가공 처리 후 경화시켜 만들어진 콘크리트 제품으로 벽돌, 블록, 경계석 등을 의미 ‣ **(도로 CCS)** 고성능 CO_2 흡수가 가능한 아스팔트 대체 소재 및 도로 포장용 인공골재, DAC(Direct Air Capture) 기술을 활용한 CO_2 흡수 도로 시설물 등 개발 ‣ **(에너지 기반시설 CCUS)** 주거, 상업, 생산 및 수송 분야에서 전기, 열, 가스 등의 에너지원을 개별적으로 소비하는 과정에서 배출되는 저농도 CO_2를 직접 포집/전환하여 잠재적 시장가치가 있는 제품(예: 에탄올, 메탄올의 알코올류)으로 활용(Reactive Carbon Capture, RCC)하거나, 분산형 에너지원에 활용할 수 있는 중소형 또는 이동형 CCUS 기술 개발

2	도전성 혁신성	❑ **국내외 연구동향** - 최근 미국의 UCLA 카본빌트사는 발전소 배출 이산화탄소를 흡수해 이를 콘크리트 재료로 활용하는 신개념 건물적용 CCS 기술을 개발하여 국제 공모전(XPRIZE)에서 우승을 하였으며, 국내의 경우 한국건설기술연구원을 중심으로 시멘트를 최소로 이용한 저시멘트(또는 무시멘트) 콘크리트를 개발 중 - 미국의 경우 미국 물리학회 주관으로 능동적인 CO2 포집기술인 DAC 기술을 활용한 도로 CO2 포집 기술개발을 진행, 국내에서는 한국건설기술연구원에서 2013~2015년 '탄소중립형 도로 기술개발' 사업을 수행하여 중온 도로 재료 개발 추진 - 고농도 탄소 배출원인 에너지 기업들은 이동식(아람코) 또는 중소형(미쓰비시, 한국난방공사) 등 새로운 개념의 CCS 기술을 시도 중이며, 미국 MIT, 스위스 클라임웍스(Climeworks) 등 글로벌 스타트업 기업은 혁신적 직접 CO2 제거 기술 파일럿 규모 실증 중 - 미국 NREL을 중심으로 포집된 CO2를 직접 유용자원으로 전환하는 RCC 기술을 개발 중이며, CCU 기술 효율화에 크게 기여할 것으로 기대. 특히 저농도 공기 중 CO2의 포집/활용 기술은 가장 혁신적인 CCU 기술로 기대 - 미국, 캐나다 등에서 연소배가스 대규모 포집 실증을 추진 중이며, EU, 중국, 미국 등에서는 매체 순환연소, 순산소 연소 등의 연소 중원천분리 기술 실증 연구 추진 중. 국내는 연소배가스 대상 습식, 건식, 분리막 기술 중규모 실증을 완료하는 단계이며 경제성 확보의 어려움을 극복 필요 ❑ **현재 기술적 한계점** - 시멘트 대체 원료로 콘크리트를 만드는 과정에서 낮은 반응 수율의 기술적 한계 존재, 실제 건축 시공단계에서 철근과의 결합 등 안정성 및 내구성의 문제를 해결하기 위해 철근을 대체하면서 CO2 포집효과를 거둘 수 있는 기술혁신 필요 - 기존의 아스팔트 기능을 개선하고 탄소포집 기능을 결합한 도로 포장재를 개발하기 위한 기초연구가 진행한 이력이 있으나, CO2 흡수용량이 큰 신재료 개발과 규모화 실증 필요 - 도시에서 소비되는 에너지 중 신재생에너지로 대체하기 어려운 열과 가스 부문의 탄소배출을 해결할 수 있는 기술 필요. 지금까지의 CCUS 기술은 소규모/저농도 배출원 적용 시 효율이 낮고 경제성이 부족하여 대규모 저장과 연계하여 대형 배출원 적용 시스템 위주로 개발되었음. 분산된 에너지 생산(탄소 배출)원으로 구성된 도시에는 적합하지 않아 미래 탄소중립형 도시 적용을 위한 새로운 기술 접근 요구

		- CO2 화학전환, 생물전환 분야는 대부분의 기술이 학계·연구계 중심의 기초·원천 연구단계로 일부 기술이 파일럿 실증 연구 중이나 아직 상용화 사례는 부재함. 미래 기술 수요 증가가 예상되는 한계 돌파형 원천기술 연구가 미흡하며 극저농도 CO2 포집, 고농도 CO2 배출로 포집이 불필요한 연소 중 원천분리 기술, 소규모 독립형 시설을 위한 분산형/이동형 CO2 처리 기술 등 혁신기술 개발 필요 - CO2 활용 기술은 대부분 산업 분야에서 대규모 화학원료 제조 기술을 목표로 개발되어 왔으나, 분산형 장치를 기반으로 한 도심 유통/소비 친화형 화학제품 생산 기술이 새롭게 요구됨 ❑ **동 테마의 혁신성** - 대규모 산업/발전 현장이 아닌 인구가 밀집된 도시 생태계의 모든 구성요소를 거대 탄소 포집·저장·활용(CCUS) 시설로 전환하기 위해 분야별 혁신 기술들의 융복합 필수 - 현재 기술적 한계점에 서술된 제반 기술적인 난제들 및 경제성, 효율, 스케일업 등의 상업적인 이슈와 함께 생활환경 근접 적용이라는 근본적인 문제를 극복할 수 있는 파괴적 혁신의 특징이 내재됨 - 저농도 CO2의 도심내 자원 순환으로 소비 위주의 도시 역할을 생산을 포함하는 거대 순환 생태계로 전환할 수 있는 개념 전환의 기반 기술
3	산업적 파급력	❑ **신시장 창출 전망** - 국내 친환경 녹색건축인증 건수가 지속적으로 증가(2002년 3건 → 2019년 약 2,000건)하고 있으며, 2020년부터 공공건축물에 제로에너지 건축물 인증 의무화 시행을 하면서 2025년 국내 '그린 리모델링' 투자는 30조원에 육박할 것으로 전망. 따라서 향후 친환경 건물의 시장의 지속적 성장과 함께 '탄소흡수 건물'에 대한 시장수요도 증대될 것으로 예상 - 서울시의 경우, 기후·환경변화에 대응하기 위해 앞으로 시공되는 도로포장은 중온포장으로 확대하고, 2027년부터는 모든 노후포장 정비공사에 중온포장을 적용하는 등 친환경 도로포장을 확대하는 정책을 시행 중이며, 전국적으로 일반국도 및 고속도로 확장 건설이 진행되면서 향후 탄소중립형 도로포장 기술 수요는 증가할 것으로 전망 - 현재 전세계적으로 21개 대규모 상업용 CCUS 설비가 운영 중이며, 연간 최대 4천만톤 수준의 CO2 포집 중(IEA, 2020년). 대부분 영구저장(CCS) 및 석유회수증진 용도로 운영 중이나 CO2를 원료로 연료, 화학제품, 건설소재 제조 산업 등에 고부가 전환·활용하는 CCU 관련 시장은 형성되지 않은 신산업 분야임

		- 전기-열-가스를 통합하는 섹터커플링 에너지원의 탈탄소화를 실현하는 기술로, 분산에너지원 배출규모별 CCS 신산업 창출이 예상 ❑ **예상 실현 시기** - 도시형 CCUS는 2030년경부터 도시에 적용하기 시작하여 2030 NDC, 2050 Net-Zero에 기여함. 세부기술 적용 시기는 아래에 표시함 - **(건물 분야)** 2030년 경 TRL 5 수준의 독자 기술 확보 - **(도로 분야)** 2030년 경 TRL 5 수준의 독자 기술 확보 - **(도시 에너지 기반시설 분야)** 2030년 경 TRL 6 수준의 독자 기술 확보
4	글로벌 리더쉽	❑ **글로벌 경쟁국가 현황** - 건축 관련 패시브 기술(건물 외장재 개발 기술 포함)의 경우 미국, EU가 최고선도국가로 나타남(GTC, 2020년 기후기술 수준조사) - 도로/교통 인프라 구축 관련 탄소 중립기술의 경우 미국이 최고선도국가로 평가됨 (GTC, 2020 기후기술 수준조사) - 미국은 '45Q Tax Credit' 정책으로 CO2를 포집·저장·활용하는 산업시설에 세액공제 혜택을 확대 제공하고 있으며, EU는 주요 R&D 프로그램 등을 통해 기술개발을 집중 지원하고 의무사용 재생연료 범위에 CCU 연료를 포함하도록 제도 개선 중. 국내는 '탄소자원화 발전전략' 수립을 통해 CCUS R&D에 지속 투자해 왔으나, 상용화를 촉진하는 제도적 지원책이 부재한 상황 - 각 국은 탄소중립도시를 실현하는 핵심 요인은 에너지 생산-소비의 탄소 배출 저감으로 판단, 다양한 기술 탐색 시도 중 ❑ **글로벌 주도권 확보 분야** - 공기 중 CO2 흡수를 위한 건물 외벽 신소재 분야의 경우 기술적 난이도가 높은 편이며, 기술적 난제 해결을 위한 혁신 아이디어 발굴이 필요한 분야로 전 세계적으로 R&D 수행 빈도는 매우 낮은 편(일부 스타트업에 한해 연구개발이 진행 중)임. 해당 원천기술을 확보할 경우 글로벌 주도권 확보 가능 - 현재 도로포장재 R&D는 전세계적으로 CO2 흡수보다는 제조과정에서의 zero-emission 또는 리싸이클링 관점에서의 부산물 이용에 집중하고 있어, 본 테마에서 제시하는 기술 분야로의 전환과 시장 개척이 필요한 시점임 - UN Race to Zero Campaign, EU Net-Zero Cities 등 다양한 탄소중립 정책에 글로벌 기업 및 도시가 적극 참여 중. 다만 혁신성과 경제성을 실현하는 기술개발 지원은 미비.

		- EU(Innovation Fund, Horizon 2020 등), 미국 등은 최근 탄소포집 및 활용 기술에 대한 투자를 확대 중이나 우리나라는 구체적 기술확보 전략 및 관련 R&D 투자도 미비한 상황. 독자적인 기술 개발 추진으로 점진적인 주도권 확보 전략 필요 - 사우디아라비아의 네옴시티처럼 초대형 건물형 도시가 추진되고 있으며, 폐쇄형 도시 내 순환경제를 위해서는 배출되는 탄소의 처리 및 직접 자원화 기술이 필수로 요구되기 때문에, 본 기술 확보를 통해 인프라 구축의 핵심 파트너로서 리더쉽을 확고히 할 수 있음
5	사회적 파급력	❑ **해결 가능 사회적 이슈** - 전세계적으로 도시화가 급격하게 진행하면서, 도시의 주거, 상업, 생산, 에너지 활동으로 인해 다량의 탄소배출이 일어나고 있음. - 도시 활동으로 탄소 배출은 불가피하지만, 도시 자체적으로 배출한 탄소 총량 이상을 처리하기 위해 도시 인프라를 CCUS로 대체하는 것이 중요 이슈로 부상 ❑ **미래사회 기대효과(삶의 질 향상 등)** - 탄소중립을 넘어 Carbon-negative 도시로 발돋움할 수 있는 기반을 구축 - 에코 시티의 관광 브랜드화를 통해 도시 내 사회경제 활성화 기여
6	기술적 차별성	❑ **기존 정부 R&D 와의 차별성** - 현재 정부 R&D 추진 중인 무시멘트 콘크리트의 기술의 경우 시멘트 제조 과정에서의 CO2 배출 저감에 초점을 맞추고 있으며, CO2 흡수 저장을 위한 콘크리트 2차제품의 연구개발은 진행되고 있지 않음 - 10여 년 전 탄소중립형 도로 기술개발 연구사업을 통해 탄소흡수용 도로 재료 개발을 추진하였으나 기술검증의 유무는 불확실하며, 현재는 산업 부산물과 같은 폐자원을 이용하여 도로포장재 개발(아스팔트 대체 소재 개발, CO2 흡수는 제외)에 집중 - 기존 정부 지원 CCS기술은 대형 포집위주로 추진되어, 본 기술이 지향하는 도시형 섹터 커플링 분산 에너지원용 CCS 기술은 차별화됨 - 도시형 CCUS 기술은 탄소중립 핵심수단임에도 기술수준이 낮고, 불확실성이 높아 획기적으로 경제성을 높이기 위한 중장기 R&D 투자가 필요함 - 또한 도심지는 주로 분산형 에너지 소비 및 이산화탄소 배출을 특징으로 하기 때문에 기존 대량 발생원을 대상으로 하는 기술 적용이 불가능하며, 불특정 발생원 및 저농도 이산화탄소를 대상으로 하는 기술 개발이 요구됨

		❑ **독립된 기술적 가치(삼극 특허, 특허 인용 네트워크 등)** - (도시형 CCUS) ▸ **(종합)** 도시형 CCUS 개념을 접목한 기술에 대해서는 아직 특허 포트폴리오가 구축되지 않음. 기존 CCUS 기술에 대해서는 많은 출원 및 권리화가 진행되어 있으나, 도시 인프라 전역에 걸쳐 CO2를 포집, 저장, 활용 측면의 특허는 소수의 개별적 특허만 있어 각 국가별 포트폴리오 구축이 진행되지 않은 상태. 국가차원의 R&D 계획을 수립하여 권리화를 진행한다면, 글로벌 선도가 가능한 기술분야로 보여짐 ▸ 이산화탄소 포집 시멘트 또는 콘크리트와 관련된 특허 약 1300건을 분석한 결과, 제조과정의 부산물 등을 이용하여 이산화탄소를 포집 및 시멘트에 혼합하여 이산화탄소를 영구저장한 시멘트 제조기술이 대부분임. 대기중 CO2를 포집하는 기술에 대해서는 공개된 특허는 없어 기술선점 가능성이 높음 ▸ 이산화탄소를 포집하거나 저장할 수 있는 도로관련 특허기술은 아직 없으며, 이산화탄소를 포집, 저장하는 재료관련 기술은 현재 800여건 정도 출원되어 있음. 주요 국가로는 중국, 일본, 한국에서 전체 출원을 주도하고 있으며, 중국의 경우 대학 또는 연구소 중심의 출원이 되어 있음. 기존 재료를 도로기술에 접목하는 방향으로 특허화 가능 할 것으로 사료됨. 또한, 흡수제를 포함한 구조관련 기술을 통해 이산화탄소를 흡수할 수 있는 보도블럭에 대한 다수의 출원이 있었음 ▸ CCUS 기술과 관련된 주요특허들은 대부분 에너지 생산 기술에 접목된 것이 대부분임. 조사된 특허 중에서 중국의 출원이 가장 많으며(약 3200건), 미국의 경우에도 약 94건 정도 출원되어 있음. 중국에서는 대학교 또는 국영기업 중심으로 연구개발이 되고 있으나, 이들 기술은 도시형이 아니라 대형발전소에서 접목가능한 CCUS 기술로, 본 과제와 관련 있는 도시형 CCUS기술에 적용가능한 중소형 또는 이동형 기술에 대해서는 아직 많은 출원이 되어 있지 않음. ▸ 미국의 경우에는 중소형 CCUS 기술과 관련하여 최근 공개된 특허가 존재. 분석결과, 도시형 CCUS 개념의 출원은 그리 많지 않아, 도시형 CCUS 기술에 대해서는 기술적 우위 및 선점이 가능할 것으로 보여짐 ▸ 아울러, 포집된 이산화탄소를 재활용하거나 자원화 관련 조사된 특허들은 대부분이 포집, 저장된 이산화탄소를 재활용하거나 다른 물질로 전환하는 기술이며, 이들은 대규모 산업적인 측면의 기술임. 저장된 CO2의 재활용 또는 재사용 방식과 관련하여서는 광물화, 기타 화학생성물등이 있음. 기존 재활용 기술을 도시형 CCUS 기술과 접목하여 권리화를 시도하면 새로운 특허포트폴리오 구축이 가능할 것으로 보여짐