



2024

KAIST

ANNUAL R&D REPORT

KAIST

CONTENTS

- 08** **발간사**
Message from the President
- 10** **신문화전략**
KAIST's New Culture Strategy, QAIST
- 12** **예산 및 지원 현황**
Research & Development Budget
- 14** **연구성과 통계자료**
Research Outcomes
- 16** **KAIST 10대 우수성과**
KAIST's Top 10 Research Achievements of 2023
- 40** **KAIST 주요 연구성과**
KAIST's Research Highlights of 2023

2024
KAIST
ANNUAL R&D REPORT







Global value-creative world-leading university

세계를 선도하는 과학기술의 중심, 바로 창의와
도전 속의 KAIST입니다.

우리는 새로운 생각을 멈추지 않습니다.

새로운 생각이 더 많은 가능성을 만듭니다.

상상 그 이상의 아이디어는 멈추지 않는 열정과
도전 정신으로 세상을 바꾸는
가장 혁신적인 힘이 될 것입니다.







World Class Science and Technology University

세계속의 KAIST는

힘없이 달려온 53년, KAIST는 끊임없는 연구에

꺼지지 않는 불을 밝히며

한국 과학기술의 등불 역할을 수행해 왔습니다.

KAIST는 한국을 넘어 세계 속의 연구기관으로서

인류의 미래를 밝히는 길잡이가 될 것입니다.

세계의 중심에서 세상을 움직이는 최고의 과학기술대학

한국속의 KAIST

KAIST는 국가 발전에 필요한
고급 과학기술 인력을 양성하고
이공계 연구중심대학의
본보기를 제시하기 위해
1971년 설립되었다.

세계속의 KAIST

KAIST는 학문적 수월성과
창의성을 겸비한 인재를 배출하여
세계 과학계의 존경받는
일원이 되었다.

KAIST속의 세계

KAIST는 최상의 교육으로,
최초의 발명을 주도하는,
최고의 리더를 배출하여
세계 과학계가 선망하는 초일류
대학으로서의 미래를 지향한다.

KAIST



Message from the President

발간사

최근 몇 년 동안 세계 주요국의 첨단 기술 패권 경쟁이 계속해서 심화하고 있습니다. 이러한 시점에서 KAIST는 과학기술 기반의 혁신을 통해 미래 성장 동력 강화와 글로벌 경쟁력 제고를 위해 여러 노력을 기울이고 있습니다.

특히 신문화전략 'QAIST'를 추진하며 반도체, 인공지능(AI), 첨단바이오 등 12대 국가전략기술 연구에 대해 적극적인 지원을 하고 있습니다. 또, KAIST-NYU Joint Campus를 통해 교육 프로그램 운영과 공동연구를 활발히 진행하고 있습니다. 그 결과 「2023년 국가연구개발 우수성과 100선」에 KAIST의 연구 성과 5건이 선정되었습니다.

2023년 1월에는 4대 과학기술원이 공공기관에서 지정 해제됨으로써, 국내외 우수 석학 유치와 연구 수월성을 높일 수 있는 운영상의 자율성이 확보되었습니다. 좀 더 혁신적인 연구 환경과 글로벌 발전 전략을 통해 우수 연구자 유치와 탁월한 연구 성과 창출이 이어질 것으로 기대됩니다.

이번에 발간하는 「2024년 KAIST Annual R&D Report」는 KAIST 대표 연구 성과 10선을 포함하여, 지난해 KAIST가 일구어낸 주요 연구 성과와 혁신의 노력이 고스란히 담겨있습니다. 이번 보고서가 단순히 연구 성과를 소개하는 데 그치지 않고, KAIST 구성원은 물론 과학기술계 연구자들에게 영감을 주어, 국가의 성장과 인류 번영에 공헌할 수 있는 소중한 자료로 활용되기를 희망합니다.

앞으로도 KAIST는 지속적인 연구혁신을 통해 대한민국을 넘어 인류의 행복과 번영을 실현할 수 있도록 최선을 다하겠습니다. 여러분의 많은 관심과 성원을 부탁드립니다.

감사합니다.

2024년 5월
KAIST 총장 이 광 형

KAIST's New Culture Strategy, QAIST

신문화전략 핵심 가치

QAIST

창의인재
Question



교육



질문하는 인재

- 교육과정혁신
- 교육방식혁신
- 인성 리더십
- 1랩 1독서

Post AI 연구
Advanced Research



연구



문제정의연구

- How보다 What
- 창의/도전 연구
- 감성 AI, 뇌연구
- 1랩 1최초

KAIST 미래 50년을 위한
신문화 전략

글로벌 인재
Internationalization



국제화



World Bridge KAIST

- 캠퍼스 글로벌화
- 국제공동연구
- KAIST 모델 확산
- 1랩 1외국인

재정자립
Start-up



기술사업화



글로벌 가치창출

- 창업지원제도
- 현장/해외 실습
- 기술사업화로 재정확보
- 1랩 1벤처

비전공유
Trust



신뢰가치



신뢰 확립

- 신뢰 인재양성
- 신뢰 재정운영
- 신뢰경영혁신
- 1랩 1봉사

Research and Development Budget

예산 및 지원 현황

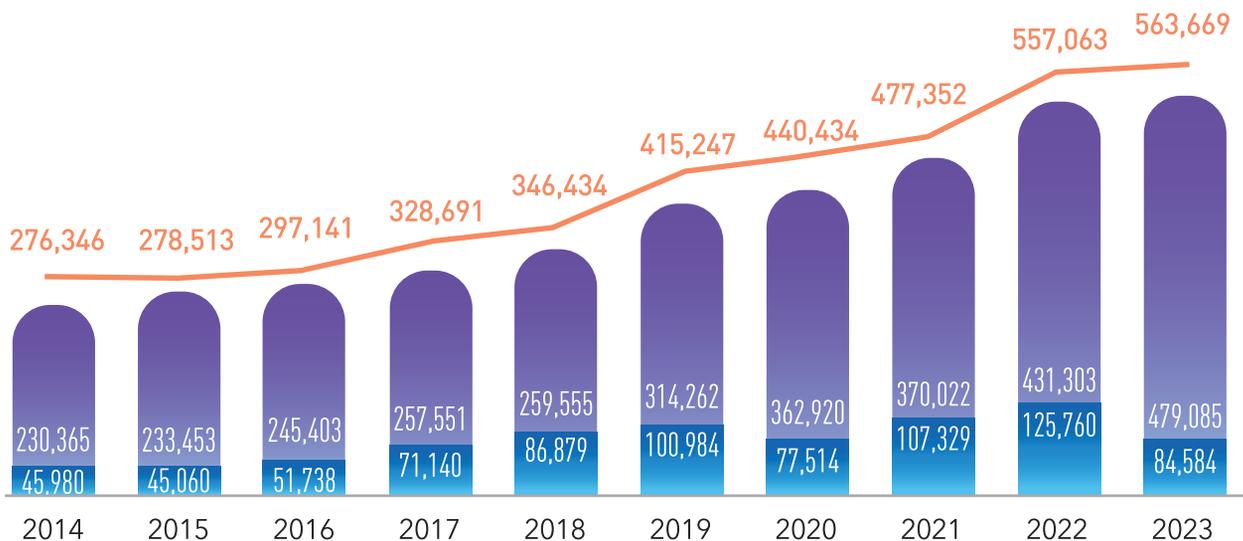
● 최근 10년간 연구실적(과제수) 단위: 건

■ 정부주도
 ■ 일반수탁
 ■ 총합

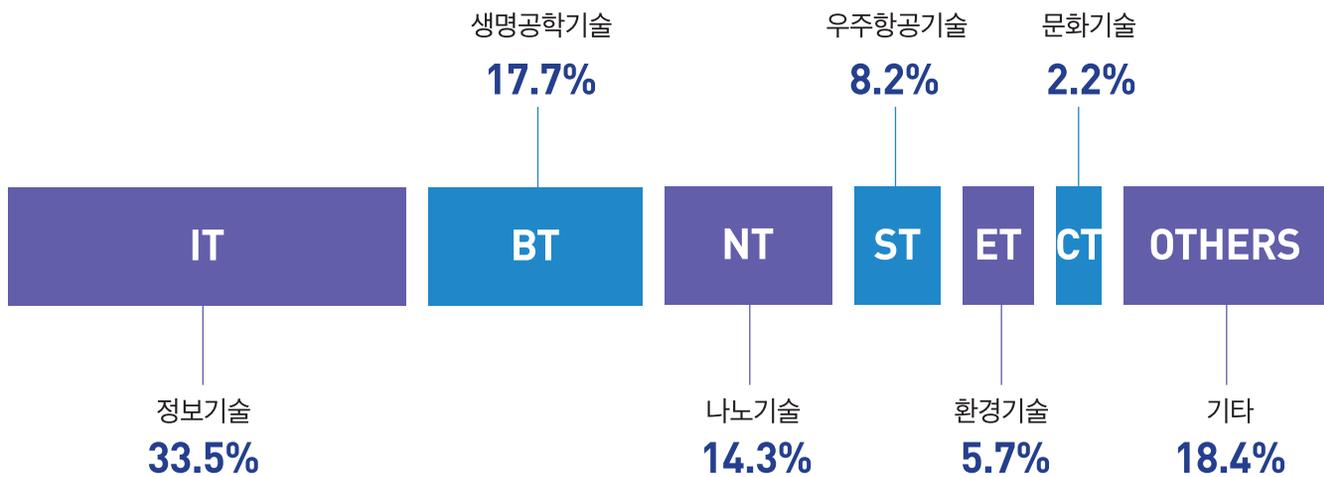


● 최근 10년간 연구실적(연구비) 단위: 백만원

■ 정부주도
 ■ 일반수탁
 ■ 총합

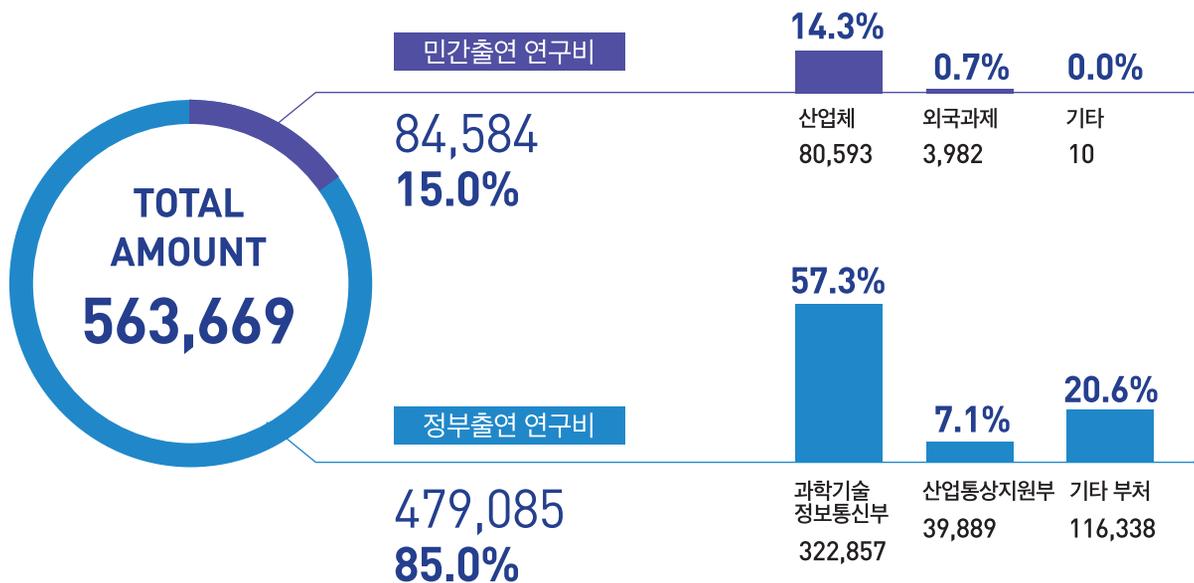


● 6T 연관 비중별 구성비율



● 연구 계약금액 구성비

단위: 백만원

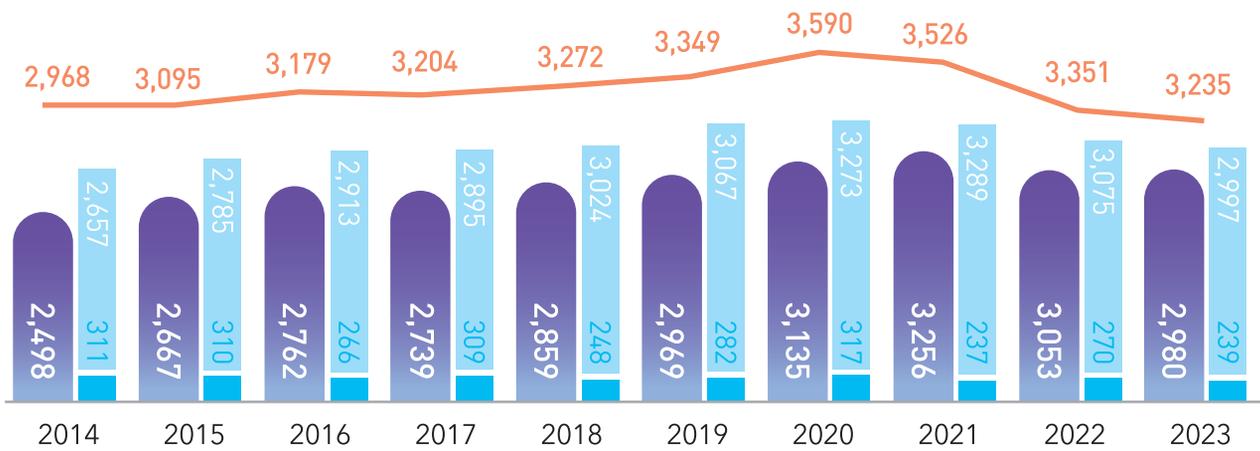


Research Outcomes

연구성과 통계자료

● 최근 10년간 논문수 단위: 건

■ SCI 논문한정
 ■ 전체논문수
 ■ 국외
 ■ 국내



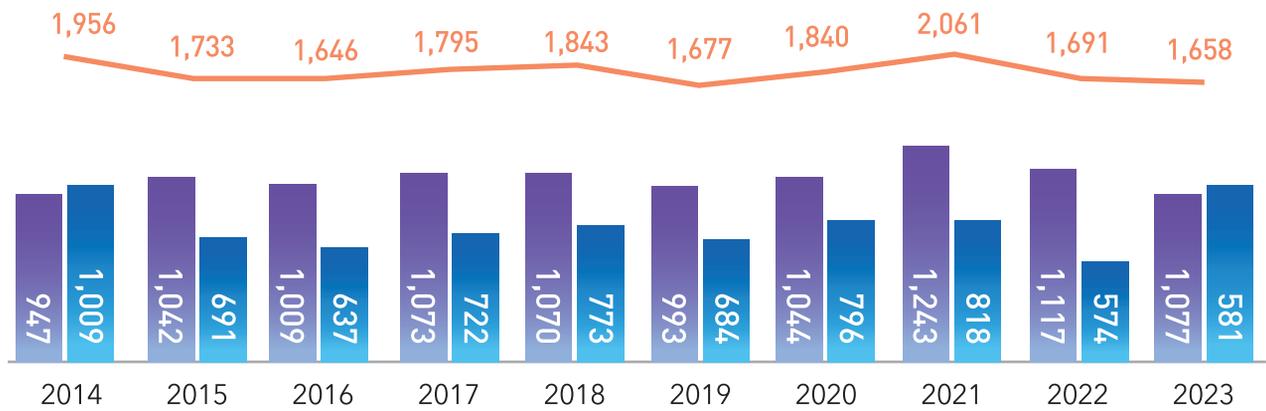
● 최근 10년간 기술이전 계약실적 단위: 건, 백만원

■ 계약건수
 ■ 계약금액



● 최근 10년간 국내 특허 실적

출원건수 등록건수 합계



● 최근 10년간 해외 특허 실적

출원건수 등록건수 합계





KAIST'S TOP 10 RESEARCH ACHIEVEMENTS OF 2023

2023년 10대 우수성과



PULSE 82

SBD 125

DBP 80

STATUS: 15% COMPLETE

PUNC ATAT: STABLE

TEMP: 36.2

KAIST'S TOP 10 RESEARCH ACHIEVEMENTS OF 2023

2023년 10대 우수성과

01. Signatures of Abelian anyon braiding
02. Neuropeptide as a New Diagnostic and Therapeutic Target for Alzheimer's Disease
03. LINE-1 mobile elements actively mutate the genome in human somatic cells
04. Development of the World's Fastest Climbing Quadruped Robot
05. Question-Answering in a Low-resourced Language: Benchmark Dataset and Models for Tigrinya
06. Passage of Water, artwork in collaboration with NASA and Google
07. Nondestructive, ultrahigh-resolution patterning of light emitters for immersive virtual-reality displays
08. Development of techniques for reasoning with knowledge in language models
09. Intensification of East Asia summer monsoon and frontal heavy rainfall due to anthropogenic climate change
10. Development of SAR (Synthetic Aperture Radar) satellite enabling Earth's surface observation at both day & night, in almost all weather conditions

보존도 페르미온도 아닌 준입자 신호 입증	20p
알츠하이머병 치료 및 진단용 신경단백질 발굴	22p
‘L1 점핑유전자’ 활성화에 의한 인간 유전체 돌연변이 현상 규명	24p
세계 최고 빠른 속도로 철제 벽면과 천장을 보행하는 사족 로봇 개발	26p
낮은 언어자원의 한계를 극복하여 이해도가 높은 답변이 가능하게 하는 티그리냐 질문-답변 데이터셋 및 언어 모델 구축	28p
패시지 오브 워터, 나사와 구글과 협력한 예술 작품	30p
실감몰입형 가상현실 디스플레이 구현을 위한 비파괴적 초고해상도 발광체 패터닝 기술 개발	32p
언어 모델의 지식을 활용한 추론 기술 개발	34p
인간에 의한 기후변화에 따른 동아시아 장마 및 전선성 호우의 강화	36p
주·야간, 기상 조건에 관계없이 지표 관측이 가능한 영상레이다 위성 개발	38p

보존도 페르미온도 아닌 준입자 신호 입증



연구책임자
심흥선



소속학과
물리학과



참여연구원
-



연구실 홈페이지
<http://qet.kaist.ac.kr>

알려진 자연의 모든 기본 입자들은 보존(boson)이나 페르미온(fermion)으로 분류된다. 하지만, 2차원에서는 이러한 분류를 따르지 않는 (준)입자가 존재할 수 있다고 예측되어왔다. 애니온(anyon)이라고 불리는 이들 준입자들의 핵심 특성은 가환(Abelian) 또는 비가환(non-Abelian) 분수 통계(fractional braiding statistics)이다. 본 연구에서는 분수 양자 홀 영역(fractional quantum Hall regime)의 가환 애니온의 분수 통계 신호를 관측하였다. 본 연구에서 확립된 애니온 관측법은 보다 기묘한 비가환 애니온 검출에 활용될 것이다.

연구배경

양자역학의 기본 지식에 따르면, 자연계의 모든 기본 입자들은 보존(boson)이나 페르미온(fermion)으로 분류된다. 하지만 이러한 분류를 따르지 않는 (준)입자들이 2차원에 있을 것으로 예측되었고, 이들은 애니온(anyon)으로 통칭된다. 애니온들의 존재 입증은 현대 물리의 미해결 과제로, 입자물리, 고체물리, 원자물리 등 물리학 여러 분야에서 애니온 발견을 위한 노력이 진행 중이다.

애니온 발견에 있어 핵심은 애니온의 “braiding” 또는 분수 통계(fractional statistics) 현상을 관측하는 것으로 [그림(a)], 세계 최선도 그룹들이 braiding 관측을 위해 지난 30여년 간 경주해오고 있었다. 2020년 프랑스 소르본느 대학 Gwendal Fève 교수팀이 애니온 신호를 처음으로 측정하였다[Science 368, 173 (2020)]. 입자 물리학자이자 노벨상 수상자인 Frank Wilczek 교수는 이 실험에 대해 “It’s absolutely a milestone”이라고 평한 바 있다. 학계의 통설에 따라, Fève 교수팀은 실험결과를 두 애니온의 충돌 현상으로 해석하였다.

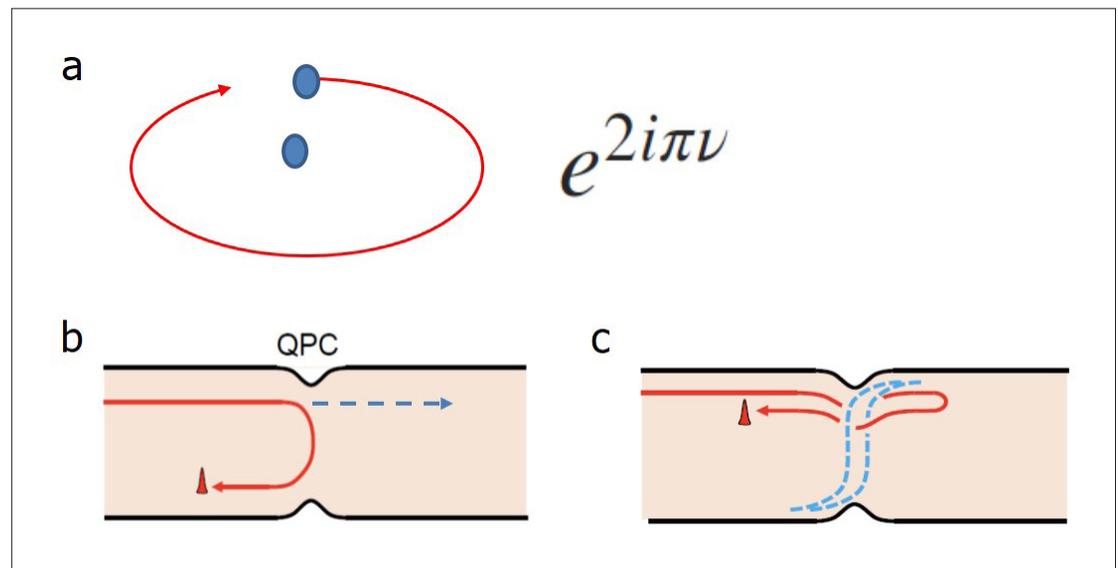
연구내용

하지만, 심흥선 교수팀은 선행연구에서 학계의 통설이 틀렸음을 보였다. 심흥선 교수팀은 Fève의 실험이 (애니온 충돌이 아니라) braiding 현상으로 해석되어야 함을 보이고, 나아가 braiding 관측 방법을 제시하였다 [논문2]. 이에 이스라엘 와이즈만 연구소 Moty Heiblum 교수가 공동연구를 제의해왔다. 심흥선 교수가 제시한 방법에 따라 Heiblum 교수팀이 분수 양자 홀 영역의 2차원 전자계에서 나타나는 전기 신호를 측정하였고, 얻어진 실험 데이터를 심흥선 교수팀이 분석하여 데이터가 가환 애니온(Abelian anyons)의 braiding 신호임을 보였다. [논문1].

심흥선 교수팀이 제안하여 본 연구에서 확립된 애니온 braiding 관측법에서는 희석된 입자 빔(diluted particle beam)을 빔 분할기(beam splitter)에 입사시켜서 빔 분할(partitioning)에 따른 양자 노이즈(quantum noise)를 측정한다. 보존이나 페르미온의 경우와는 달리 애니온인 경우에는, 입사된 애니온이 빔 분할기에서 여기된 애니온과 braiding을 하여 기묘한 양자 노이즈를 생성한다 [그림(b)].

기대효과

심흥선 교수팀이 예측하고 발견한 braiding 현상은 가환 애니온 존재 신호로 학계에 받아들여지고 있다. 심흥선 교수팀이 제안한 관측법은 아직 발견되지 않은 좀 더 기묘한 비가환 애니온(non-Abelian anyons)의 존재를 입증하는데 사용될 것이다.



(a) 가환 애니온 braiding 특성을 나타내는 모식도. 2차원에서 가환 애니온이 동일한 종류의 가환 애니온 주위를 한바퀴 천천히 돌고나서 제자리로 돌아온다. 한바퀴 돌고 나면, 두 애니온의 위치가 원래 위치와 같음에도 불구하고, 두 가환 애니온의 양자역학 파동함수가 독특한 복소수 위상 $e^{i\pi\nu}$ 만큼 달라진다 (여기서 ν 는 $1/3$ 과 같은 특정 분수). 이러한 특성은 braiding이라고 불린다. (b) 보존이나 페르미온 입자 빔의 분할(beam partitioning). 빔이 빔 분할기(QPC)를 통과하거나 반사된다. (c) 심흥선 교수팀이 예측하고 발견한 애니온 빔 분할 현상. 기존의 빔 분할과는 달리, 입사된 애니온 빔(붉은색)은 빔 분할기에서 여기된 애니온(파란색)과 braiding하여 기묘한 빔 분할 신호를 발생시킨다.

연구성과

[논문1] June-Young M. Lee, Changki Hong, Tomer Alkalay, Noam Schiller, Vladimir Umansky, Moty Heiblum, Yuval Oreg, and H.-S. Sim, Partitioning of diluted anyons reveals their braiding statistics, Nature 617, 277 (2023).

[논문2] June-Young M. Lee and H.-S. Sim, Non-Abelian anyon collider, Nature Communications, 13, 6660 (2022).

연구비 지원

한국연구재단, 선도연구센터지원사업, 과제명: 응집상 양자결맞음 SRC 연구센터 (2016-2025, 총 124.6억)

알츠하이머병 치료 및 진단용 신경단백질 발굴



연구책임자
임미희



소속학과
화학과



참여연구원

한지연, 윤지원, 신정철, 남은주,
Tongrui Qian, Yulong Li, 박기영, 이승희



연구실 홈페이지

<http://sites.google.com/site/miheelimlab>

아밀로이드 가설에 따르면 아밀로이드 베타 단백질의 비정상적인 침적은 신경세포의 사멸을 일으킨다. 아밀로이드 베타 응집체는 섬유화를 거쳐 노인성 플라크의 대부분을 차지하는데, 최근 연구에 따르면 특히 알츠하이머 환자의 플라크에서 고농도의 전이 금속이 검출된다. 이는 금속 이온과 아밀로이드 베타 간의 긴밀한 상호작용 가능성을 시사한다. 금속 이온은 아밀로이드 베타와 상호작용해 단백질의 섬유화를 촉진하며, 특히 산화환원 활성 전이 금속인 구리의 경우에는 활성 산소를 다량 생성해 세포 소기관에 심각한 산화 스트레스를 일으킬 수 있다. 아밀로이드 베타 단백질과 전이 금속은 시냅스(신경세포 접합부)에서 신경전달물질과 밀접하게 상호작용할 수 있으나, 아직 이러한 병적 요인들이 신경전달물질의 구조 및 신호 전달 기능에 직접적으로 미치는 영향은 자세히 연구된 바 없다. 본 연구에서는 알츠하이머병 발병 기전 내 신경전달물질의 구조 및 기능 변화에 관련된 새로운 역할을 규명하였다. 알츠하이머의 발병 요소로 여겨지는 구리 이온, 아밀로이드 베타, 금속-아밀로이드 베타 복합체는 소마토스타틴의 자가 응집을 유도했다. 생성된 소마토스타틴 응집체는 수용체에 더이상 결합할 수 없는 것을 증명하였으며, 이는 신경전달물질로서의 본연의 역할을 잃은 것으로 해석되었다 (loss-of-function). 더 나아가, 소마토스타틴 자체 또한 금속의 유무에 따라 아밀로이드 베타의 응집 경로를 바꾸고 독성 개선 효과를 보였다. 본 연구 결과는 알츠하이머 질환의 발병 기전 내 신경전달물질의 새로운 역할을 최초로 제안하였고, 노화에 의한 신경퇴행성 질환의 병적 네트워크를 규명하는 데에 실마리를 제공하였고, 향후 바이오마커 및 치료제 개발에도 크게 기여할 것으로 기대된다

연구배경

알츠하이머병은 가장 흔한 신경퇴행성 질환으로 언어 구사 능력과 기억력 등 전반적인 사고 능력 손상이 대표적인 증상으로 여겨진다. 장노년 인구의 급격한 증가와 기대 수명 연장에 따라 치료제 개발의 중요성이 대두되고 있으나, 현재까지 그 발병 기작조차 명확하게 밝혀지지 않은 실상이다. 아밀로이드 가설에 의하면, 아밀로이드 베타 단백질의 비정상적인 침적이 신경세포 사멸을 야기하는 것으로 알려져 있다. 이에 2021년 미국 식품의약청(FDA)은 아밀로이드 베타 단백질 응집체를 제거한다고 알려진 면역항체 아두카누맙을 조건부 승인하였지만, 아직 그 효능 입증에 관한 문제가 계속해서 제기되고 있다. 비정형 단백질인 아밀로이드 베타 응집체는 체내에서 여러 가지 형태로 존재할 수 있기 때문에 알츠하이머병의 복잡한 기전을 이해하고 치료제를 개발하기 위해서는 새로운 바이오마커를 발굴해야 한다. 아밀로이드 베타 응집체는 섬유화를 거쳐 노인성 플라크의 대부분을 차지하는데, 최근 연구에 따르면 특히 알츠하이머 환자의 플라크에서 고농도의 전이금속이 검출된다. 이는 금속 이온과 아밀로이드 베타 간의 긴밀한 상호작용 가능성을 시사한다. 또한 아밀로이드 베타 단백질과 전이 금속은 시냅스(신경세포 접합부)에서 신경전달물질과 밀접하게 상호작용할 수 있으나, 현재까지 이러한 병적 요인들이 신경전달물질의 구조 및 신호 전달 기능에 직접적으로 어떤 영향을 미치는지는 심도 있게 연구된 바 없다.

연구내용

본 논문은 알츠하이머병 발병 기전 내 신경전달물질의 구조 및 기능 변화에 관련된 새로운 역할을 규명하였다 (그림 1). 알츠하이머의 발병 요소로 여겨지는 구리 이온, 아밀로이드 베타, 금속-아밀로이드 베타 복합체는 소마토스테틴의 자가 응집을 유도했다. 특히 구리 이온의 경우 소마토스테틴의 N 말단과 C 말단에 결합할 수 있으며, 분광학 및 에너지 계산을 통해 구리-소마토스테틴의 배위 구조 및 단백질의 응집 메커니즘을 제시했다. 구리 이온 결합 시 N 말단이 접히면서 펩타이드 간의 수소성결합이 증대되거나, 헤어핀 구조 안정화를 통해 평행성 저중합체(parallel oligomer)를 형성할 것으로 예상된다. 알츠하이머 병적 요인으로 인해 생성된 소마토스테틴 응집체는 수용체에 더이상 결합할 수 없는 것을 증명하였으며, 이는 신경전달물질로서의 본연의 역할을 잃은 것으로 해석된다 (loss-of-function, 그림 2). 더 나아가, 소마토스테틴 자체 또한 금속의 유무에 따라 아밀로이드 베타의 응집 경로를 바꾸고 독성 개선 효과를 보였다. 소마토스테틴은 금속-아밀로이드 베타 응집체를 무정형으로 만들어 세포막과의 상호작용을 저해시키고 그에 따라 세포 독성을 완화할 수 있다 (gain-of-function, 그림 3).

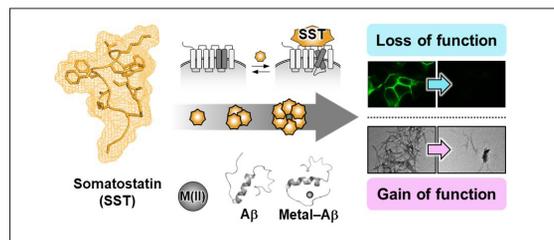


그림 1. 알츠하이머병 발병 요인에 의한 소마토스타틴(SST)의 기능 전환.

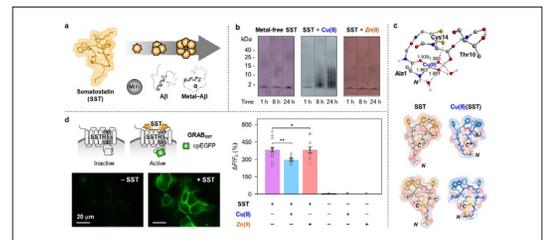


그림 2. 소마토스타틴(SST)의 신경전달물질 기능 상실 (loss-of-function). a, 알츠하이머 병적 요인으로 인한 SST 자가응집 모식도. b, 구리 이온에 의한 SST 응집. c, 구리-SST의 배위 예측 구조 및 N 말단 접힘. d, 금속에 의한 SST 수용체 결합 특이성 저해.

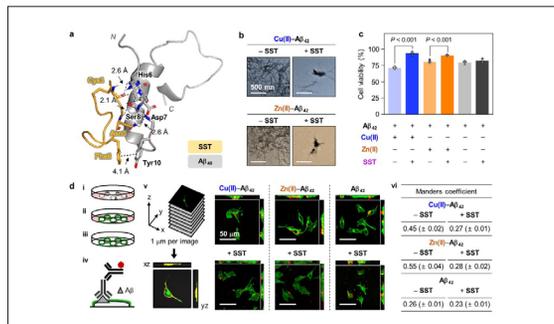


그림 3. 치매 환경 내 소마토스타틴(SST)의 새로운 기능 (gain-of-function). a, SST와 아밀로이드 베타의 도킹 예측, b, 금속-아밀로이드 베타 응집체를 무정형한 형태로 만드는 SST. c, SST의 세포 독성 완화 효과. d, 세포막과 아밀로이드 베타 단백질의 상호작용을 완화하는 SST.

기대효과

본 연구는 알츠하이머병 발병 기작 내 소마토스테틴의 새로운 역할을 최초로 제안했다. 이번 연구 성과는 치매 환경에서는 소마토스테틴과 같은 아밀로이드성 신경전달물질이 세포 신호 전달 대신 신경독성 완화에 일조한다는 사실을 최초로 밝힌 데 그 의미가 있다. 이 연구를 통해 아밀로이드 베타와 금속 등 복잡하게 얽혀있는 치매 네트워크의 새로운 바이오마커를 발굴하는 데에 실마리를 제공할 수 있다. 치매 환자로 인해 발생한 의료비가 연간 5조에 달하는 점을 고려했을 때 본 연구는 질병의 조기 진단과 예방에 이바지하고 사회경제적 부담을 절감하는 데에 크게 기여할 것으로 기대된다. 또한, synaptopathy(시냅스 병증) 내 아밀로이드 베타, 금속 이온, 신경전달물질의 직접적인 상호작용을 밝힌 최초의 보고로, 향후 신경퇴행성 질환의 치료제 개발에 새로운 패러다임을 도출하는 발판이 될 것이다.

연구성과

[논문] Jiyeon Han, Jiwon Yoon, Jeongcheol Shin, Eunjun Nam, Tongrui Qian, Yulong Li, Kiyoung Park,* Seung-Hee Lee,* Mi Hee Lim* Nature Chemistry 2022, 14, 1021-1030. "Conformational and Functional Changes of the Native Neuropeptide Somatostatin Occur in the Presence of Copper and Amyloid-β"

[홍보] TJB News: 성장 억제 호르몬으로 알츠하이머병 치료제 길 열려

연구비 지원

정부과제(한국연구재단: 리더연구과제, NRF-2022R1A3B1077319; NRF-2021R1A2C3012159; NRF-2018R1C1B6007430)

'L1 점핑유전자' 활성화에 의한 인간 유전체 돌연변이 현상 규명



연구책임자
주영석



소속학과
의과대학원



참여연구원
남창현, 육정환, 임준오, 원혜인,
이윤아, 한진주



연구실 홈페이지
<http://julab.kaist.ac.kr>

인간 유전체 중 일반적인 단백질 생성 유전자는 전체 염기서열의 1% 정도에 불과하며 나머지 99%의 유전체 영역은 그 기능이 뚜렷하게 알려지지 않아 '쓸모없는 DNA'라는 뜻으로 정크 DNA라고 불린다. 정크 DNA 가운데 약 6분의 1을 차지하는 L1 점핑유전자는 활성화될 경우 세포의 유전정보를 파괴하거나 교란하는 역할을 할 수 있어 사람의 진화 과정에서 불활성화(화석화) 됐다고 알려졌다. 본 연구팀은 인간의 899개의 단일세포 전장유전체 서열을 분석하여 기존 학계에서 알려진 것과 달리 L1 점핑유전자의 일부가 아직도 특정 조직에서 활성화될 수 있고 노화 과정에서 이들이 유전체 돌연변이를 빈번하게 생성하고 있음을 규명했다. 이번 연구는 인간의 노화 및 발암 과정을 이해하는 새로운 관점을 던졌을 뿐만 아니라, L1 유전자의 활성화를 억제해 인체 노화 및 질환 발생을 제어하는 기술 개발에 이바지할 수 있을 것으로 기대된다.

연구배경

L1 점핑유전자는 인간 유전체에 약 50만 개가 존재한다. L1 이동인자는 DNA 서열을 무작위로 복제/삽입하는 기능이 있어 유전체 서열을 변화시키며 인간 종의 진화 과정에 큰 역할을 하였다고 알려져 있다. 하지만 개인에서 L1 점핑유전자의 활성화는 유전체 파괴 및 질병을 일으켜 생존에 불리하기 때문에, 대다수의 L1 점핑유전자는 현생 인류에서는 불활성화된 것으로 여겨졌다. 본 연구는 이러한 믿음과는 달리 L1 점핑유전자가 활성화되어 이에 의한 유전체 돌연변이가 인체에서 빈번히 생성되고 있음을 명확하게 규명함으로써 인체 세포의 노화 및 암 발생 과정을 이해하는 새로운 관점을 제시하였다. 즉, 세포 노화 및 암, 희귀난치질환과 밀접하게 연관된 세포 유전체 돌연변이가 외부 발암물질에의 노출뿐만 아니라 세포 내부 요소인 L1 점핑유전자에 의해서도 발생한다는 것을 증명한 것이다.

연구내용

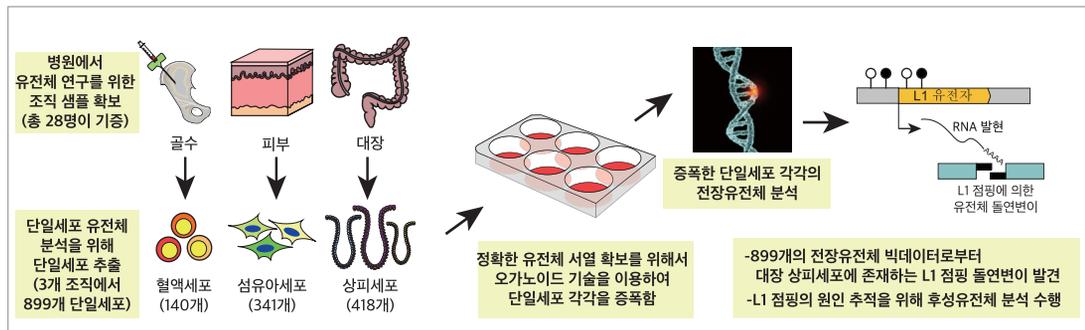
본 연구팀은 총 28명의 개인의 피부(섬유아세포), 혈액 및 대장 상피 조직에서 확보한 899개 단일세포의 전장 유전체(whole-genome sequencing) 서열을 생명정보학 기법으로 분석하였다. L1 점핑유전자에 의한 돌연변이의 빈도는 세포 종류에 따라 큰 차이를 보였으며 노화된 대장 상피세포에서 주로 발견되었다. 연구팀은 L1 점핑유전자의 활성화에 의한 대장 상피세포의 유전체 돌연변이가 태어나기 전 배아발생단계에서부터 평생에 걸쳐서 지속적으로 일어나고 있음을 확인하였다. 본 연구에서 규명한 L1 점핑유전자에 의한 돌연변이 빈도는 각 대장 상피세포에서 매 30년마다 평균 1개 정도였다. 추가적으로 본 연구팀은 L1 점핑유전자 활성화 기전을 추적하기 위해 전장유전체 (DNA) 서열 뿐만 아니라 전사체 (RNA) 및 후성유전체 (DNA 메틸레이션) 서열을 같은 세포로부터 확보하고 분석하였다. L1 점핑유전자의 활성화는 해당 유전자 프로모터의 불충분한 메틸화가 주 원

인이었는데, 연구팀은 각 세포들의 근연 관계 추적 기법을 바탕으로 이러한 후성유전체 변화의 주된 기원이 인체 초기 배아발생과정의 오류에 있음을 제시하였다.

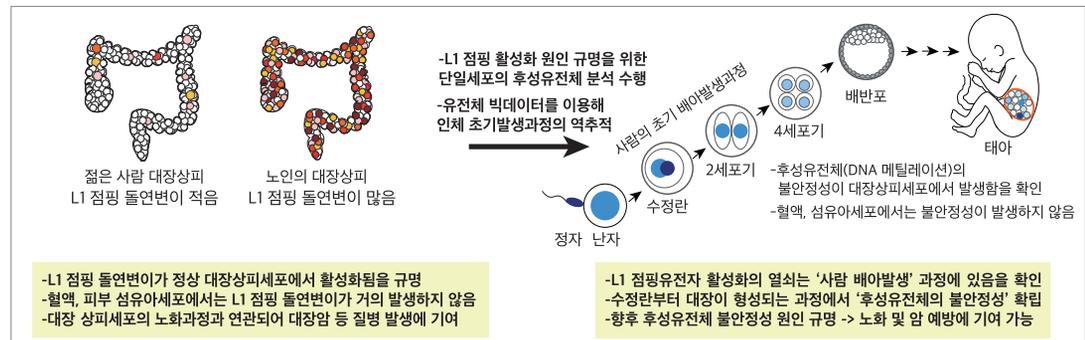
기대효과

본 연구는 전장유전체 및 생명정보학의 광범위한 적용을 통해 그동안 규명하기 어려웠던 생명현상을 확인한 대표적인 연구이다. 본 연구는 DNA 돌연변이가 암이나 질환을 갖고 있는 세포의 전유물이 아니며, 다양한 기전에 의해 인간의 정상 세포에도 끊임없이 돌연변이가 발생한다는 것을 보여준다. 무엇보다도 그동안 L1 점핑유전자의 인간 조직에서 활성화는 불확실하였으나, 인간 대장 상피세포의 정상 노화 과정에서 L1 점핑유전자에 의한 돌연변이가 빈번히 나타난다는 사실을 명확하게 증명하였고, 또한 L1 점핑유전자의 활성화 기전을 이해하기 위해서는 인간의 초기 배아발생과정에서 일어나는 후성유전체 변화에 대한 심도 있는 이해가 필요함을 처음으로 제시하였다는 데 큰 의의가 있다. 본 연구는 향후 더 많은 조직에서 L1 점핑유전자 활성화에 의한 노화 및 발암 과정을 확인하고 이의 활성화를 억제하여 인체 노화 및 질환 발생을 제어하는 기술 개발에 이바지할 수 있을 것으로 기대된다.

연구 방법의 개요



연구의 결론



연구성과

[논문] Nam C. et al., Widespread somatic L1 retrotransposition in normal colorectal epithelium. Nature 617, 540-547 (2023)
 [홍보] 국내 조선비즈 2023년 5월 15일자 등 국외 ScienceDaily 2023년 5월 25일자 등
 [수상] 2023년 경암상

연구비 지원

한국연구재단 개인연구사업 리더연구 (NRF-2020R1A3B2078973), 서경배과학재단 신진연구자지원과제 (SUHF-18010082), 보건산업진흥원 융합형 의사과학자 양성사업

세계 최고 빠른 속도로 철제 벽면과 천장을 보행하는 사족 로봇 개발



연구책임자
박해원



소속학과
기계공학과



참여연구원
엄용, 홍승우, 박재준



연구실 홈페이지
<http://www.dynamicrobot.kaist.ac.kr>

박해원 교수가 이끄는 기계공학과 연구팀은 철재 환경에서 세계 최고 속도로 벽과 천장을 오를 수 있는 혁신적인 사족 보행 로봇 마블 (MARVEL, Magnetically Adhesive Robot for Versatile and Expeditious Locomotion)을 개발했다. 마블은 영전자석 (Electropermanent Magnet)과 자기유변탄성체(Magneto-Rheological Elastomer)의 결합을 통해 강력한 흡착력과 신속한 흡착력 조절 능력을 갖춘 발바닥을 특징으로 한다. 연구팀은 영전자석의 새로운 사각형 구조를 개발하여 스위칭에 필요한 전압을 줄이고, 5ms 이내의 빠른 스위칭을 실현했다. 이는 게코 도마뱀의 발 붙임 및 떼임 속도보다 빠르다. 또한, 자기유변탄성체를 발바닥에 적용하여 마찰력을 증가시켜 벽면에서의 빠른 이동을 가능하게 했다. 이 발바닥은 169그램의 가벼운 무게에도 불구하고, 535N의 수직 흡착력과 445N의 마찰력을 제공한다. 마블은 어떤 3차원 포즈에서도 특이점 문제(Singularity Issue)없이 작동하는 비선형 모델 제어를 사용하여 보행한다. 마블은 초속 70센티미터로 직벽을, 초속 50센티미터로 천장을 거꾸로 매달려 이동할 수 있으며, 이는 세계 최고의 등반 보행 속도이다. 또한 페인트가 칠해지고 먼지나 녹으로 더러워진 표면에서도 최대 35센티미터의 속도로 이동할 수 있으며, 바닥에서 벽, 벽에서 천장으로의 전환과 5센티미터 높이의 장애물을 극복할 수 있다. 이 연구는 배, 교량, 송전탑, 송유관, 대형 저장고, 건설 현장 등 철재 구조물의 점검, 수리, 보수에 폭넓게 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 이 연구는 `사이언스 로보틱스(Science Robotics, IF 27.5)` 12월호 표지 논문으로 게재됐다.

연구배경

일반적인 지면이 아닌, 투자율(Magnetic Permeability)이 높은 재질로(예: 철) 이루어진 직벽이나 역벽(Vertical and Inverted Wall)을 이동하는 로봇 시스템은 사람이 접근하기 위험한 곳에서의 작업 자동화에 필요하다. 본 연구에서는 최근의 급격히 발전된 보행 로봇 기술, 새로운 소재기술을 응용한 소프트 로봇 기술을 융합하여 승월 로봇의 이동 속도와 장애물 극복능력을 비약적으로 개선시켜 복잡한 환경에서의 승월 로봇의 실용성 및 작업 효율성을 획기적으로 향상시키는 것을 목표로 했다 (그림 1).

연구내용

본 연구에서는 사각형 구조의 영전자석(Electropermanent Magnet)과 자기유변탄성체(Magneto-Rheological Elastomer)의 결합을 통해 강력한 흡착력과 신속한 흡착력 조절 능력을 갖춘 발바닥을 가진 사족 보행 로봇 마블(MARVEL, Magnetically, Adhesive Robot for Versatile and Expeditious Locomotion)을 개발했고 세계 최고 빠른 속도로 벽과 천장에서 움직일 수 있었다. 본 연구에서는 기존 영전자석보다 저전압에서 작동하고 빠른 탈부착이 가능하며, 에너지 효율이 높은 영전자석을 개발하여 빠른 보행이 가능할 수 있었다. 기존의 영전자석들에 비해 스위칭에 필요한 전압을 낮췄으며 그 결과, 탈부착에 걸리는 시간과 에너지를 줄일 수 있었다. 이번 연구에 사용된 S-EPM의 경우, 탈부착에 필요한 전압은 24.3 V로 같은 영구자석으로 구성된 기존 영전자석의 작동 전압(57.1

V)의 41.9 % 수준이다. 이 S-EPM은 전압이 29.6 V일 때 5 ms 만에 탈부착이 가능하며 이는 게코 도마뱀이 발을 부착하거나 탈착하는데 걸리는 시간과 빠르거나 같은 정도이다. 이러한 영전자석에 자기유변탄성체를 이용한 발 바닥을 부착하여 자기력을 유지한채 마찰력이 증가했고 벽에서도 빠르게 보행할 수 있도록 했다 (그림 2). 개발된 발바닥의 무게는 169그램이지만 수직 및 수평 방향으로 각각 535.4 N 및 444.6 N의 흡착력을 제공할 수 있다. 마블은 어떤 3차원 포즈에서도 특이점 문제 없이 작동하는 비선형 모델 제어를 사용하여 보행한다. 마블은 초속 70센티미터로 직벽을, 초속 50센티미터로 천장을 거꾸로 매달려 이동할 수 있으며, 이는 세계 최고의 등반 보행 속도입니다. 또한 페인트가 칠해지고 먼지나 녹으로 더러워진 표면에서도 최대 35센티미터의 속도로 이동할 수 있으며, 바닥에서 벽, 벽에서 천장으로의 전환과 5센티미터 높이의 장애물을 극복할 수 있다. 이 연구는 '사이언스 로보틱스(Science Robotics, IF 27.5)' 12월호 표지 논문으로 게재됐다 (그림 3).

기대효과

이 연구는 배, 교량, 송전탑, 송유관, 대형 저장고, 건설 현장 등 철제 구조물이 많은 중공업 및 조선업에서 널리 활용될 것으로 예상된다. 특히 현재 국내 조선업계의 선박 수주 물량은 많지만 이에 비해 조선소에서 일할 인력이 부족한 상황이다. 실제로 한국조선해양플랜트협회에 따르면 조선업 종사자수가 2014년 20만 명 수준에서 2022년 7월경엔 9만 명 수준으로 54% 가량 감소하였다. 이에 조선업을 포함한 중공업 분야에서 산업 경쟁력을 위한 해결책을 제시하고 로봇을 이용한 자동 무인화에 본 연구가 적극 활용될 것으로 기대된다.



그림 1. 개발한 등반 사족 보행 로봇이 다양한 등반 보행을 하고 있는 모습. (A) 수직 벽 등반. (B) 천장 등반. (C) 수직 벽에서의 장애물 극복. (D) 바닥에서 벽, 벽에서 천장으로의 전환. (E) 저장 탱크에서의 등반 (F) 2 kg(좌), 3 kg (우) 페이로드 보행.

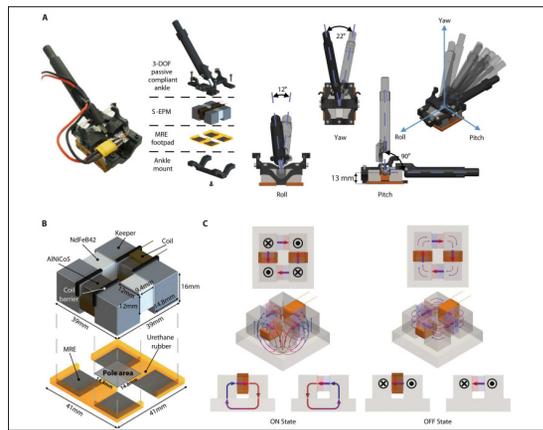


그림 2. 마블의 자석 발바닥, (A) 자석 발바닥 구성, (B) 개발된 사각형 구조의 영전자석과 자기유변탄성체 발바닥, (C) 개발된 사각형 구조의 영전자석의 원리



그림 3. 2022년 Science Robotics 12월 호 표지

연구성과

- [논문] S Hong, Y Um, J Park, HW Park “Agile and versatile climbing on ferromagnetic surfaces with a quadrupedal robot.” Science Robotics 7.73 (2022): eadd1017 (Cover Paper)
- [특허] 전자 영구 자석 및 그 제어 방법, 출원 번호(10-2023-0086509)
- [홍보] JTBC “[D:이슈] 스파이더맨처럼...철제 벽·천장 걷는 ‘사족 로봇’, KBS: 철벽·천장서도 빠르게 걷는 사족 로봇 등 해외 언론을 포함한 69회의 언론 홍보

연구비 지원

중견연구(한국연구재단, 영전자석과 계층 연성 구조를 이용한 직벽/역벽 동적 승월 로봇)

낮은 언어자원의 한계를 극복하여 이해도가 높은 답변이 가능하게 하는 티그리냐 질문-답변 데이터셋 및 언어 모델 구축



연구책임자
박종철



소속학과
전산학부



참여연구원
Fitsum Gaim, 양원석, 박한철



연구실 홈페이지
<http://nlpcl.kaist.ac.kr>

우리 전산학부의 Fitsum Gaim, 양원석, 박한철 (지도교수: 박종철) 연구팀이 2023년 7월 9일~13일 토론토에서 열린 ACL 2023 에서 Outstanding Paper Award를 수상했다. 연구팀의 획기적인 논문인 “Question-Answering in a Low-resourced Language: Benchmark Dataset and Models for Tigrinya”는 동아프리카 에리트레아와 에티오피아에서 사용되는 저자원 언어인 티그리냐를 다룬다. 이 연구팀은 티그리냐 언어를 위한 질문-답변 데이터셋을 세계 최초로 구축하고 티그리냐로 작성된 문서를 읽고 답할 수 있는 언어모델을 만들었다. 이 상은 자연언어처리 분야 세계 최고인 본 학술대회에 제출된 연구 중 상위 1%에게만 주어지는 의미 있는 상이다.

연구배경

자연언어처리는 최근 초거대 언어모델(Large Language Model)의 전세계적인 경쟁적 개발에 이어 ChatGPT와 같은 생성형 질의 응답 시스템 등의 비약적인 발전으로 인공지능의 최종 목표인 AGI, 즉 일반인공지능에 빠르게 다가가는 중요한 연구 분야로 간주되고 있다. 다만 이와 같은 연구의 수준은 영어권 등 언어 자원이 풍부한 경우와 달리 저자원 언어에 대해서는 상대적으로 매우 취약하여 기존의 언어 문화적 불균형이 다가오는 미래에 훨씬 더 심화될 수 있다는 심각한 문제를 가지고 있다.

연구내용

본 연구팀은 대표적인 저자원 언어권으로 알려져 있는 아프리카 언어, 특히 동아프리카 언어 중 티그리냐 언어에 대한 질문-답변 데이터셋을 세계 최초로 구축하고 티그리냐로 작성된 문서를 읽고 답할 수 있는 언어모델을 개발하였다.

기대효과

본 연구팀이 개발한 방법론, 데이터수집 방법, 주석 툴, 그리고 모델은 언어 자원이 부족한 언어들에 대한 중요한 선례로 활용될 것으로 기대된다. 특히 본 연구는 최근 심각해지고 있는 디지털 격차를 해소하기 위해 언어적으로 다양하고, 역사적으로도 혜택을 받지 못했던 커뮤니티에도 대등한 연구가 가능한 디지털 표현 방법을 제공하였다는 의미가 있다.

Reasoning Type	Example	Frequency
Synonymy	Question: ኣብ ርሳስ ዘሎ ንመጽሓፊ ዝጠቅም ማዕድን እንታይ ይበሃል? [What is the mineral in pencils useful for writing?]	35.1%
	Context: ...ኣብ ውሽጢ ርሳስ ዝርከብ ንጽሕፈት ዝሕግዝ እምነ ወይ ማዕድን ግራፋይት ተባሂሉ ይጽዋዕ::... [The stone or mineral inside a pencil that is used for writing is called graphite.]	
World knowledge	Question: ግራፋይት ኣበየኖት ሃገራት ብዝያዳ ይርከብ? [In which countries is Graphite found?]	11.1%
	Context: ...ግራፋይት ኣብ መላእ ዓለም ዳርጋ ብምዕሩይ ዝርጋሖኡ ዝርከብ:: ብዝያዳ ግን ኣብ ቻይና፣ ህንዲ፣ ሰሜን ኮርያ፣ ሜክሲኮ፣ ብራዚል፣ ጅክ ሪፓብሊክን ቱርኪን ይዘውተር::... [Graphite is almost evenly distributed worldwide. But it is most common in China, India, North Korea, Mexico, Brazil, Czech Republic and Turkey.]	
Syntactic/ Morphological variation	Question: ኣብ ርሳስ ዘሎ ንመጽሓፊ ዝጠቅም ማዕድን እንታይ ይበሃል? [What is the mineral in pencils useful for writing?]	71.4%
	Context: ...ኣብ ውሽጢ ርሳስ ዝርከብ ንጽሕፈት ዝሕግዝ እምነ ወይ ማዕድን ግራፋይት ተባሂሉ ይጽዋዕ::... [The stone or mineral inside a pencil that is used for writing is called graphite.]	
Multi-sentence reasoning	Question: ግራፋይት ኣብ ፈኩስ ሓመድ ዝርከብ ምዃን እንታይ ጠባይ የሰዕበሉ? [What characteristics does graphite inherit from existing on the surface of light soil?]	8.5%
	Context: ...ግራፋይት ካብ ካልኣት ዓይነታት ማዕድን ዝፈልዮ ነገር እንተሎ፣ ኣብ ተረር እምነ ወይ ከውሒ ኣይኮነን ዝርከብ:: ኣብ ፈኩስ ሓመድ ብቐጻላታት ተጻፍጻፊ ይርከብ:: በዚ ድማዩ ግራፋይት ተረኹማሽን መጭለቕን ጠባይ ዘርእ::... [One thing that distinguishes graphite from other minerals is that it is not found on hard stone or rock. It is found laid as solid layers on the surface of light soil. That's why graphite exhibits a malleable and slippery character.]	

Dataset

Question-Answering in a Low-resourced Language: Benchmark Dataset and Models for Tigrinya



Fitsum Gaim



Wonsuk Yang



Hancheol Park



Jong C. Park

The significant advances in Question-Answering (QA) focus on high-resourced languages such as English, while the task remains unexplored for most other languages, mainly due to the lack of annotated datasets.

This work presents a native QA dataset for an East African language, Tigrinya, and analyses of several resource-efficient approaches to QA, including monolingual, cross-lingual, and multilingual setups, along with comparisons against machine-translated silver data.

Article: ቀይሕ ባሕሪ [The Red Sea]

ቀይሕ ባሕሪ ሓይ ከብቲም ብልጠባታ ሕብረ ህዝቡ 'ባልም' ማለት ብዛዘ ባሕሪ ዘለዎ ባሕሪ ቀይሕ ባሕሪ ከምኡውን ደቡብ ባሕሪ ለዩ ። መስቀል (መጠን) ኮይን ከብቲም ኣብ 'ዚ ከርም' ብተገብሩ ህደብሎ ብዘላዩ ድማ ትራይኮዶሚየም ኢራታን ከተህቡሎ መርዞን ካብኦ ተገባቢን ብገብዞም ቀይሕ ሕብረ ምዃን ይገብሩ ።

[The Red Sea is one of the four seas in the world that are named after common colors: the Yellow Sea, the Black Sea, the Red Sea and the White Sea. The origin of its name is attributed to the red color given by the poisonous bacteria, especially the *Trichodesmium Erythraeum*, which breed in large numbers during the Summer season.]

Question 1: ኣብ 'ዚ' ከንደይ ባሕሪ ከዩው'ዎ ባሕሪታት ለላዉ?
[How many seas in the World are named after common colors?]
Answer: ኣሳንዓ (four)

Question 2: ኣብ 'ዚ' ባሕሪ ከዩው'ዎ ባሕሪታት ስነባዥ?
[List all the seas in the World that are named after common colors?]
Answer: ብዛዘ ባሕሪ ዘለዎ ባሕሪ ቀይሕ ባሕሪ ከምኡውን ደቡብ ባሕሪ [Yellow Sea, the Black Sea, the Red Sea and the White Sea]

Question 3: ትራይኮዶሚየም ኢራታን ለዩታ ልዩታ ይፈጥሩ?
[In which season do the Trichodesmium Erythraeum reproduce?]
Answer: ኪምቲ (Summer)

Question 4: ትራይኮዶሚየም ኢራታን ኣብቲ ሕብረ ዓለም?
[What is the color of Trichodesmium Erythraeum?]
Answer: ቀይሕ [red]



Korea Advanced Institute of Science and Technology

웹홍보

연구성과	Outstanding Paper Award, ACL 2023 (Toronto, Canada) Keynote Speech, EMNLP 2023 (Singapore)
연구비 지원	IITP 스타랩 사업(2018~현재, 연 3억)

패시지 오브 워터, 나사와 구글과 협력한 예술 작품



연구책임자
강이연



소속학과
산업디자인



참여연구원
최정윤



연구실 홈페이지
<http://www.yiyunkang.com>

본 프로젝트는 강이연 교수가 Google의 Arts and Culture부서와 NASA(미항공우주국) JPL(Jet Propulsion Laboratory)와 협력한 연구의 결과물로 발표한 새로운 예술 작품이다. NASA의 두 가지 위성 (Grace, SWOT) 데이터를 사용하여 지구의 담수 문제를 시각화(data visualisation)하고, 나아가 현재의 위기 상황을 재고할 수 있는 경험을 제공하여 기후변화와 물위기의 관계를 조명하는 작업으로서, 온라인 프로젝트와 오프라인 프로젝트로 구성되어 있다. 특히 2022년 12월 발사한 SWOT의 최초 데이터가 아직 대중에게 공개되기 전, 이 프로젝트에 최초 사용되었다. 온라인 전시는 Google 플랫폼 (<https://experiments.withgoogle.com/passage-of-water>)을 통해서 11월 30일 공개되어 전세계 누구나도 관람할 수 있으며, 대규모의 오프라인 전시는 11월 30일부터 12월 12일까지 아랍에미리트 두바이 엑스포시티에서 열리는 “제28차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP28 Dubai)”에서 회의 기간 내내 전시된다. 2023년 12월 COP 종료와 함께 오프라인 전시는 종료하였으며, 온라인 프로젝트는 누구든 영구히 접속하여 볼 수 있다.

연구배경

본 프로젝트는 지구의 담수위기를 알리기 위해, 강이연 교수가 Google의 Arts and Culture와 NASA(미항공우주국) JPL(Jet Propulsion Laboratory)와 협력한 연구의 결과물로 발표한 새로운 형태의 예술 작품이다. 강교수는 나사의 과학자들, 구글 아트 앤 컬처팀과 2022년 10월부터 1년여간 긴밀하게 협업하며 본 프로젝트를 완성하였다.

연구내용

본 프로젝트는 NASA의 두 가지 위성 (GRACE, SWOT) 데이터를 사용하여 지구의 담수 문제를 시각화하고, 나아가 현재의 위기 상황을 재고할 수 있는 경험을 제공하여, 기후변화와 물위기의 관계를 조명하는 작업으로서, 온라인 프로젝트와 오프라인 프로젝트로 구성되어 있다. 강교수는 나사의 그레이스(GRACE) 위성이 수집한 20년 분량의 방대한 데이터와 2022년 발사된 스왓(SWOT) 위성이 측정한 고해상도의 지구의 담수 데이터를 활용했다. 특히, 나사는 이번 프로젝트를 위해 대중에 공개하지 않은 SWOT 위성(2022년 12월 발사)의 데이터를 강 교수 연구팀에 최초로 제공해 기후변화가 지구의 물 순환에 미치는 영향을 과학적 근거에 기반해 시각화하는 것을 가능하게 했다. 강교수는 기후변화가 초래할 담수 패턴의 변화상을 분석하여 웹, 데이터 시각화, 3D 렌더링, 게임 엔진, 사운드 등 다양한 디지털 기술을 복합적으로 사용해 작품을 완성했다. 지구의 물 부족 현상에 대한 방대한 연구를 기반으로 하는 동시에, 모두에게 전달할 수 있는 몰입적인 스토리텔링으로 작업을 구성하여, 복잡한 이야기를 직관적으로 이해하고 몰입감을 느낄 수 있도록 고안하였다. 이를 위해 강교수는 예술, 과학, 기술이 융합된 방식으로 작품을 제작하였다. 온라인 전시는 Google 플랫폼 (<https://experiments.withgoogle.com/passage-of-water>)을 통해서 11월 30일 공개되어 전세계 누구나도 관람할 수 있으며, 대규모

의 오프라인 전시는 11월 30일부터 12월 12일까지 아랍에미리트 두바이 엑스포시티에서 열리는 “제28차 유엔 기후변화협약 당사국총회(COP28 Dubai)”에서 회의 기간 내내 성황리에 전시되었다.

기대효과

오프라인 전시는 UN IPCC의 초청으로 COP28 Dubai의 Blue Zone에서 선보였는데, 이는 대중의 접근이 가능한 Green Zone과 달리, 각국의 정상들과 정책가들, 기후 전문가들이 모여 기후 협상을 벌이고 주요 이벤트 및 솔루션을 모색하는 COP의 메인 장소로서, 더욱 의미를 지닌다. 전 세계 정책가들과 기후 전문가들에게 시사점을 주기 위해서 몰입형 예술 작품 형태로 제작하였으며, 강 교수는 전시 장소의 특성을 고려해 현재 담수 위기를 극복하는 방안들을 작품 안에서 게임의 형태로 제시했다. 전시 기간 동안 현 NASA의 국장인 Bill Nelson (미 전 상원의원), Google Sustainability Chief인 Kate Brandt, 룩셈부르크 국왕 (Henri, grand duke of luxembourg), 김효은 한국 기후대사 등이 전시장을 찾아 강교수와 많은 이야기를 나누었으며, 강교수는 NASA의 Earth Science Division Director인 Dr Keren M. St. Germain 과 COP28에서 본 프로젝트에 관련한 대담회 또한 진행하였다. COP28이 아닌 다른 장소에서도 전시를 하자는 Google과 NASA의 제안이 있어 추후 또 다른 협업을 기대할 수 있다. 기후위기는 고도화되고 복잡도가 높은 동시에, 인류 전체에 영향을 미치고 모든 인류가 책임을 져야 하는 일반적 문제이기도 하다. 그러나 인류가 초래한 위기 상황을 우리는 스스로 분석하고 이해하기 힘든 상황을 맞이했다. 그야말로 과학, 기술, 정책, 그리고 창의적인 힘이 합해져야 이 난제를 해결해 나갈 수 있을 것이다. 그런 의미에서 NASA의 과학과 Google의 기술, 강교수의 창의적 예술이 만난 이 프로젝트는 폭넓은 논의를 촉발할 수 있는 커다란 의미를 지니며, 앞으로도 다양한 프로젝트로 연결될 수 있는 효과를 갖는다. 본 프로젝트는 2023년 12월 12일 종료되었으며, 추후 몰입적 data visualisation으로 특허 및 논문 발표 계획 중에 있다. 새로운 형태의 진정한 예술과 과학의 융합 사례로 좋은 사례를 만들 수 있으리라 기대한다.



패시지 오브 워터, COP28에서의 전시 광경



연구성과

본 프로젝트에 대한 강교수의 인터뷰 기사는 Forbes, NASA 공식 홈페이지, 조선일보, 중앙일보, JTBC 뉴스룸 등에 보도되었다.

CNN - Watch what an artist did with NASA's water data at the COP28

Forbes - COP28: Dive Into Artist's Beautiful, Sobering Visualization Of NASA Water Data

연구비 지원

지구의 담수데이터를 사용하는 온라인, 오프라인 인터랙션 디자인 연구(2023년도)

실감몰입형 가상현실 디스플레이 구현을 위한 비파괴적 초고해상도 발광체 패터닝 기술 개발



연구책임자
조힘찬



소속학과
신소재공학과



참여연구원

맹성규, 박선재, 이재환, 이형도,
최중휘, 강정구



연구실 홈페이지
<http://qet.kaist.ac.kr>

메타버스 시대에 요구되는 증강현실/가상현실용 근안(near-eye) 디스플레이의 경우 우수한 화질을 위해 기존 디스플레이 이상의 초고해상도 픽셀 패턴 제작이 필수적이다. 그러나 차세대 발광 소재로 주목받고 있는 양자점(퀀텀닷)이나 페로브스카이트 나노결정의 경우, 고유의 우수한 광학적 특성을 유지하면서 균일한 초고해상도 패턴을 제작하는 것이 어렵다는 것이 난제였다. 신소재공학과 조힘찬 교수 연구팀은 양자점 및 페로브스카이트 나노결정의 광축매 성질을 활용하여 이러한 난제를 해결하였다. 조힘찬 교수 연구팀은 패터닝 공정 중 자외선이 조사되었을 때 나노결정의 광축매 특성에 의해 나노결정의 리간드 사이의 가교(crosslinking)반응이 쉽게 유도될 수 있도록 소재 및 반응을 설계하였고, 이를 통해 발광체의 광학적 특성을 온전히 보존하면서도 12,000 ppi급의 초고해상도 패턴을 균일하게 제작할 수 있음을 보였다. 본 연구는 양자점/페로브스카이트 발광체 기반의 고해상도 실감몰입형 근안 디스플레이를 구현하는 데 중요하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구는 8월 '사이언스 어드밴시스' (Science Advances) 9권 33호에 게재됐다.

연구배경

코로나 19 사태를 지나면서 메타버스 시대가 급격히 부상하는 새로운 시대를 맞이하고 있다. 이에 따라, 미국의 빅테크 기업인 마이크로소프트, 메타, 애플은 증강현실 (AR), 가상현실 (VR) 기기를 출시하여 새로운 시장의 선점을 노리고 있다. MarketsandMarkets에 따르면 메타버스 관련 AR/VR 시장 규모는 2030년에 1조 5천억 달러 수준에 이를 것이며 관련 디스플레이 시장도 빠르게 확장되고 있다. 따라서 이러한 수요에 맞추어 디스플레이 신기술을 도입하여 대한민국의 디스플레이 시장 점유율을 높일 필요가 있다. 메타버스를 위한 초실감 AR/VR 근안 디스플레이는 초고해상도와 높은 색 순도라는 두 가지 특징을 모두 갖추어야 한다. 소재적으로는 높은 색 순도의 발광체 소재를, 공정적으로는 고해상도 패터닝 기술의 개발이 절실한 상황이다. 소재의 경우 최근 II-VI, III-V 화합물 반도체 양자점과 페로브스카이트 나노결정이 높은 발광 효율과 색 순도를 갖추고 있어 주목받고 있다. 하지만 이러한 나노소재는 고유의 우수한 광학적 특성을 유지하면서 균일한 초고해상도 패턴을 제작하는 기술이 아직 부족한 상황이다. 본 연구진은 이를 극복할 수 있는 새로운 패터닝 공정 기술을 개발했다.

연구내용

조힘찬 교수 연구팀은 페로브스카이트 나노결정이 갖는 강한 광축매 특성을 활용하여, 나노결정에 첨가제를 넣고 빛이 조사되었을 때 나노결정 리간드와 첨가제 사이의 가교 (crosslinking) 반응이 쉽게 유도되도록 새로운

패터닝 공정을 설계했고, 이를 다이렉트 광촉매 패터닝 공정이라고 명명했다. 기존 연구의 경우에는 가교를 위한 첨가제와 자외선 광개시제(photoinitiator)를 함께 넣어줘야 했지만 본 연구는 나노입자 자체의 광촉매 특성을 활용했기 때문에 자외선 광개시제를 넣지 않고도 적은 자외선 광조사량으로도 패턴 형성이 가능했다. 또한, 자외선 조사 및 공정 과정에서 발생하는 라디칼이 나노결정에 손상을 주 광학적 특성을 저하시키는 경우가 많았으나, 본 연구에 사용한 첨가제의 경우 이러한 표면 결함을 보완해주는 특성까지 갖추고 있어 공정 후 광학적 성질을 유지할 뿐 아니라 향상시켰다. 연구팀은 다이렉트 광촉매 패터닝 공정을 통해 560 나노미터 (nm) 수준의 패턴 너비를 가지는 초고해상도 (12,000 ppi급) 페로브스카이트 나노결정 패턴을 균일하게 제작할 수 있음을 보였다. 이는 AR/VR 디스플레이에서 일반적으로 요구되는 해상도 (수천 ppi)를 훨씬 상회하는 값이다. 또한 연구팀은 정밀 분석을 통해 다이렉트 광촉매 패터닝 공정에서의 반응 메커니즘을 규명하였고 페로브스카이트 나노결정 뿐 아니라 II-VI, III-V 화합물 반도체 및 발광성 고분자까지 범용적으로 적용될 수 있는 높은 확장성을 가진 기술이라는 것을 확인하였다. 나아가, 연속적인 다층 공정 및 발광 다이오드 소자 제작까지 적용 가능하다는 것을 증명하여 높은 산업적 활용 가능성을 입증하였다.

기대효과

본 다이렉트 광촉매 패터닝 기술은 간단한 공정을 통해 다양한 발광 나노소재의 우수한 광학적 특성을 그대로 유지하면서도, 초고해상도 패턴을 쉽게 제작 가능하다는 점에서 차세대 AR/VR 근안 디스플레이, 이미지 센서 등 다양한 산업에서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

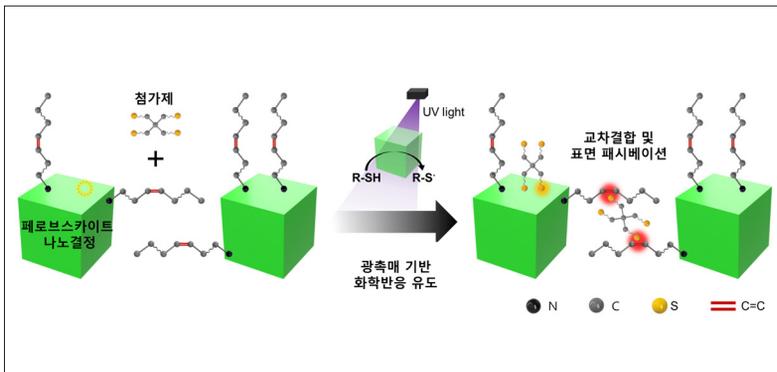


그림 1. 다이렉트 광촉매 패터닝 공정 개요도

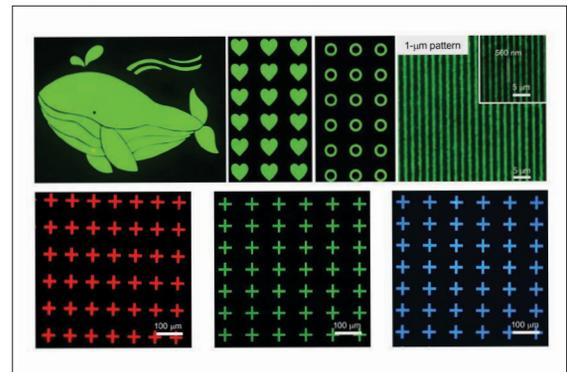


그림 2. 다이렉트 광촉매 패터닝 공정을 통해 제작된 페로브스카이트 나노결정 패턴

연구성과

- Science Advances, 2023, 9, eadi6950 (featured image of issue 33)
- [특허] 반도체 나노결정 필름 패턴화 방법, 및 패턴화된 반도체 나노결정 필름을 포함하는 전계발광소자와 표시 장치
- [홍보] 헤럴드 경제 “초고해상도 가상현실 구현…KAIST, 패터닝 기술 개발”
동아사이언스 “[과학을읽다]위기의 韓 디스플레이…신기술로 초격차 지킨다”
- [수상] KcerS 우수 포스터상 (한국 세라믹 학회), 우수 논문 발표상 (한국 고분자 학회)

연구비 지원

- KAIST 반도체 연구지원금 2기
- 한국연구재단 (수직구조 기반 초고속 유연 광송신 소자, 배선 및 통신 시스템 연구, 전하 자발 증폭을 통한 상온구동 초고감도 도핑 제어형 양자점 소재 기반 근·단적외선 이미지 센서, 웨어러블 플랫폼소재 기술센터, AI 플랫폼 기반 d-/p- 오비탈 금속 공기 전지 구현을 위한 핵심 기술 개발)

언어 모델의 지식을 활용한 추론 기술 개발



연구책임자
제임스 손



소속학과
김재철시대학원



참여연구원

안나민, Max Glockner, Iryna Gurevych,
이노아, 오피훈, 이예준, Ieva Staliūnaitė,
Gisela Vallejo, Andreas Vlachos



연구실 홈페이지
<https://xfact.net>

대형 언어 모델(LLM, Large Language Models)이 일상 생활에서 점점 더 많이 사용됨에 따라, 이들 언어 모델의 추론 일관성과 외부 지식 및 사실들이 제시될 때의 추론 방식을 검증하는 것은 매우 중요하다. 본 연구에서는 언어 모델 내의 사실 기반 추론에 대해 조사하였으며, 그 중에서도 질의 응답과 사실 검증과 같은 작업들에서 대형 언어 모델이 다양한 형태의 지식을 어떻게 활용하는지에 대해 실험을 진행하였다. 연구팀은 대형 언어 모델이 사실 검증 작업 중 상충하는 증거나 지식을 바탕으로 모호성을 어떻게 처리하는지에 대해 실험을 진행하였다. 이를 위해, 불확실한 정보에서 맥락적 이해와 추론을 요구하는 새로운 사실 검증 데이터셋, AmbiFC를 제작하였다. 또한 불필요한 정보를 필터링하고 추출된 정보를 요약하는 등의 보다 효율적인 정보 통합 방법을 제안함으로써, 더 적은 검색 결과를 기반으로 모델의 사실 정확성과 실행 시간의 효율을 향상시켰다.

연구배경

대규모 언어 모델(LLM, Large Language Model)의 정보 저장 및 추출 능력은 일관되고 유창한 답변 생성을 가능케 한다. 그러나 한번 매개변수에 학습되어 내재된 상태의 정적 정보는 검토 및 수정이 불가하기에, 이는 오래되거나 변경된 사실을 영구화하여 '환각'과 같은 비사실적 생성으로 이어지기도 한다. 사실 확인 또는 질의응답과 같이 높은 수준의 지식 엄밀성이 요구되는 작업의 경우에는 응답이 사실인지 확인하는 데 필요한 증거를 제공할 수 있는 지식 코퍼스에서 정보를 검색을 필히 해야한다. 모델에 관련 정보를 제공하면 답변의 정확도를 향상시킬 수 있지만 질문과 무관하거나 과도한 정보제공은 오히려 모델 내에서 혼란을 초래해 잘못된 답변을 유도할 수 있다. 그렇기에, 사실 확인과 같은 도전적인 과제에 이를 적용하려 한다면, 검색 결과로 추출된 정보의 충돌이 있는 경우에도 효과적으로 추론할 수 있어야 한다.

연구내용

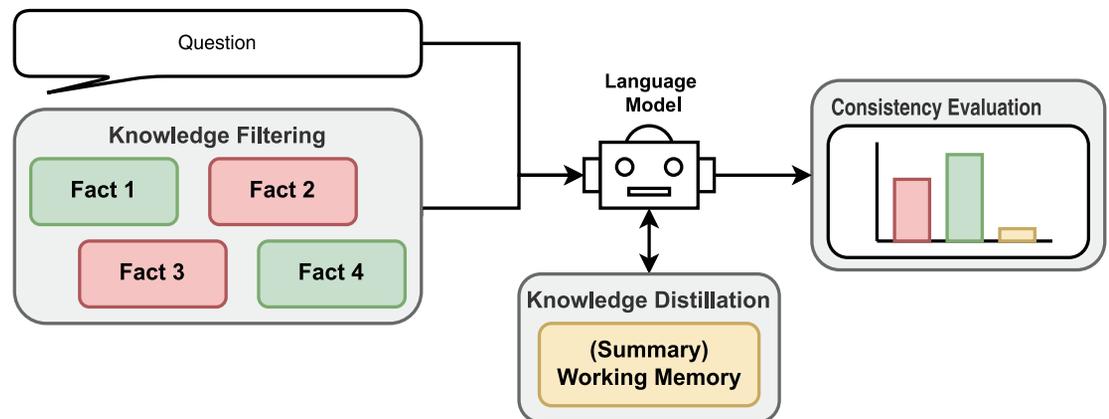
본 연구에서는 증거에 대한 주장의 사실 검증을 위해, 모델을 훈련하고 검증하기 위해 새로운 데이터셋인 AmbiFC를 제작하였다. 해당 데이터셋은 Wikipedia 에서 추출한 50,000 여개의 단락들을 활용하여, 총 10,000개의 검증할 수 있는 텍스트 기반의 주장들로 구성되며, 상황과 증거 선택에 따라 사실 검증의 결과가 바뀌는 정황적 추론을 요구하는 차별화된 특징을 지니고 있다. 또한 연구팀에서는 사실 추론 작업을 수행할 때 언어 모델의 안정성과 자체 일관성을 연구했으며, 모호하지 않은 경우에도 언어 모델이 인간과는 다른 다양한 추론을 보여준다는 것을 밝혔다. 마지막으로 질의 응답, 사실 검증과 같은 지식 집약적 추론 작업들을 위해 언

어 모델에서 증거를 통합하는 새로운 접근법을 제시했다. 모델에서 일관성 없는 예측을 유발하는 정보들을 적절하게 필터링하고 검색 결과를 요약함으로써, 훨씬 적은 양의 입력 증거를 활용하여 질의 응답의 성능을 향상시켰다. 이러한 방법은 더 빠르고, 안정적이고, 효율적인 추론을 가능케 하였다.

기대효과

검색 증강 생성(RAG)과 같은 방법은 변화하는 세계 지식을 기반으로 적응 가능한 LLM을 구축하는 데 인기를 얻고 있지만, 검색된 정보가 사실적 답변을 생성하는 데 효과적으로 사용되는 것이 중요하다. 본 연구에서는 검색 정보와 대규모 언어 모델에서 생성된 응답 간의 상호 작용이 복잡하게 이루어짐을 보인다. 또한, 모델이 일반적으로 사용되는 증거의 일부만으로도 효율적이고 정확한 질문 답변을 달성할 수 있음을 보여주며, 양에 따른 정밀도의 효율성 향상을 보여준다. AmbiFC 벤치마크는 미묘한 이해와 해석이 가능한 보다 정교한 모델 개발을 장려할 것으로 기대되며, 사실 추론 작업에 대한 LLM 일관성 및 지식 통합에 대한 평가와 합해져 대규모 언어 모델의 신뢰성을 향상시킬 것으로 기대된다.

Diagram



연구성과

M Glockner, I Stalnit, J Thorne, G Vallejo, A Vlachos, I Gurevych AmbiFC: Fact-Checking Ambiguous Claims with Evidence, Transactions of the Association for Computational Linguistics, 2024

N Lee, NM An, J Thorne, Can Large Language Models Capture Dissenting Human Voices?, Empirical Methods for Natural Language Processing 2023.

P Oh, James Thorne, Detrimental Contexts in Open-Domain Question Answering, Findings of Empirical Methods for Natural Language Processing 2023

Y, Lee, P Oh, James Thorne, Knowledge Corpus Error in Question Answering, Findings of Empirical Methods for Natural Language Processing 2023

연구비 지원

KAIST New Faculty Startup Finding (G04220030)

The AmbiFC dataset was collected with the support of Google

인간에 의한 기후변화에 따른 동아시아 장마 및 전선성 호우의 강화



연구책임자
김형준



소속학과
문술미래전략대학원



참여연구원
문수연



연구실 홈페이지
<https://melab.kaist.ac.kr>

과거 60여년간 동아시아 지역에 전선성 호우의 강도가 약 17% 증가되었으며, 이는 주로 인간 활동으로 인한 온난화의 영향이 가속화되어 발생한 것으로 세계 최초로 입증했다. 메타어스 (MetaEarth) 실험 결과, 인류세적 온난화는 해당 지역에서 전선성 호우의 평균 강도를 약 6% 증가시켰고 극한호우의 발생 가능성을 비온난화 지구에 비해 5배 가량 높였음을 알 수 있었다. 나아가 북태평양 고기압의 강화와 더불어 한중일 연안 지역으로 수송되어오는 수증기량의 증가가 지역적 기후변화의 주된 메커니즘임을 밝혔다.

연구배경

최근 우리는 매년 여름 극심한 폭우를 경험하고 있다. 기후 시뮬레이션에 따르면 지구 온난화로 인해 앞으로 세계 각지에서 여름철 강수가 강화될 것이다. 특히 동아시아의 여름 호우는 전선(front), 태풍, 온대 저기압 등 다양한 기상 시스템에 기인한다. 하지만 여름 강수의 40% 이상을 설명하는 전선성 호우에 대한 연구가 아직 미흡하다. 또한 관측된 변화가 자연변동에 의한 것인가 인류세적 온난화의 영향인가에 대해서 역시 아직 명확하게 밝혀지지 않았다.

연구내용

본 연구에서는 중국 남동부, 한반도 및 일본 남서부를 포함하는 동아시아 영역에서 장마기간 중 전선으로부터 유래한 호우 (이하, 전선성 호우)의 강도가 과거 약 60년간 유의미하게 변했음을 관측 데이터로 확인했다. 그림 1(좌)는 동아시아 지역의 관측 데이터에 근거한 과거 약 60년간(1958년~2015년)의 전선성 호우의 강도변화를 보인다. 동아시아의 연안 지역(중국 남동부, 대만, 한반도 남부, 일본 남서부)에서 전선성 호우의 강도가 약 17% 증가했음을 확인 할 수 있다. 기후모델은 과거의 기후 재현 실험뿐만 아니라 인간활동에 의한 온난화 효과를 제거한 기후 시뮬레이션이 가능하다. 따라서 서로 다른 가상의 지구 (즉, 온난화와 비온난화 지구)에서 전선성 호우의 강도를 비교함으로써 인간활동에 의한 온난화가 전선성 호우에 주는 영향을 실험할 수 있다 (이하, 메타어스 실험). 그림1(우)는 메타어스 실험을 이용해 추산한 전선성 호우의 강도 변화를 보인다. 인류세적 온난화의 영향이 동아시아의 연안 지역에서 전선성 호우의 평균 강도를 약 6% 증가시켰으며 극한 호우강도가 발생할 가능성은 비온난화 지구보다 5배 높아졌음을 확인했다. 관측(그림1 좌)과 시뮬레이션(그림1 우)의 공간 패턴이 일치하는 것이 우연성이 아닌 인류세적 기후변화의 필연적 결과임을 확인하기 위해 핑거프린트 분석을 이용했다. 그림2는 실제 지구의 데이터와 거대 앙상블 시뮬레이션을 이용한 두 실험(즉, 비온난화와 온난화) 각각에 대해서 인간에 의한 기후변동의 흔적(이하, 인류세 지문)의 통계적 분포 특성을 보인다. 비교 결과에 따르면, 실제 지구에서 관측된 변화가 비온난화 실험에서 우연히 발생할 확률은 매우 낮았으며 이는 실제 지구에서

관측된 전선성 호우의 강도 변화의 원인이 인류세적 온난화임을 방증한다. 나아가 전선성 호우의 강화에 대해 북태평양 고기압과 관련된 대기 역학적 메커니즘을 밝히고자 하였다(그림3). 온난화실험에서 과거(1958년~1982년)와 최근(1991~2015년)을 비교한 결과 북태평양 고기압이 강화되고 수증기의 유입량이 증가함에 따라 동아시아 지역에서 전선성 호우의 강도가 증가했음을 알 수 있었으며 이러한 두 인자의 강화가 인류세적 온난화의 영향임을 증명했다.

기대효과

본 연구는 인간 활동에 의한 온난화 때문에 동아시아 지역에서 여름철 전선성 호우의 강화가 이미 뚜렷하게 나타나고 있음을 밝히고 있다. 주요 연구 대상인 동아시아는 여름 전선 활동이 활발한 지역이며, 전선성 호우의 영향이 큰 연안 부근에 많은 인구가 집중되어 있고 경제 규모가 큰 메가시티 (Mega-city)가 다수 존재한다. 기후변화 대책에 있어서 투자의 비용과 효과를 최적화하기 위해서는 다양한 분야에서의 정확한 기후변화 영향 평가가 필수적이다. 본 연구는 최근 일어난 그리고 가까운 미래에 일어날 기후변화가 동아시아 지역의 전선성 호우에 주는 영향을 이해하고 평가하는데 매우 중요한 정보를 제공한다.

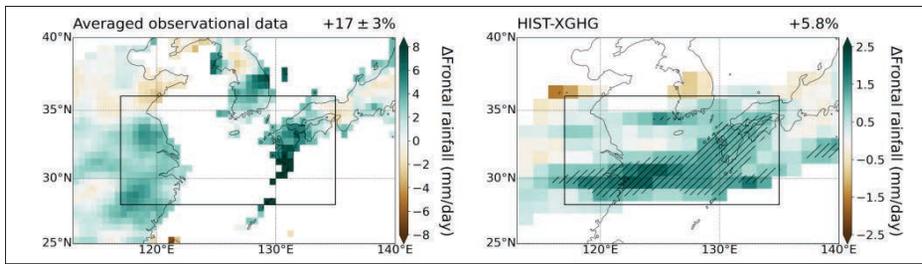


그림 1. (좌) 관측에 의한 전선성 호우의 강도변화 (1991년~2015년과 1958년~1982년의 강도차이). (우) 메타어스 실험을 이용해 분석한 인간활동에 의한 온난화가 전선성 호우의 강도에 주는 영향.

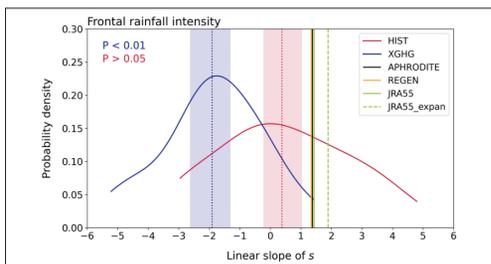


그림 2. 인류세 지문의 변화율 비교. 가로축은 장기간에 걸친 인류세 지문 신호의 변화 기울기 (1958년~2015년). 비온난화 실험 (파란색)과 온난화 실험(빨간색)으로부터 추출한 경사의 확률분포를 나타냄. 세로 실선들은 관측 데이터로부터 추출한 인류세 지문 신호의 기울기.

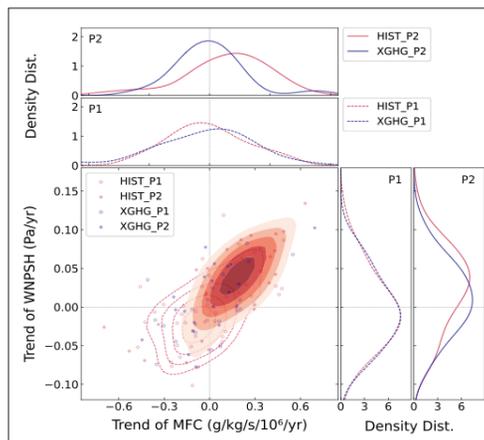


그림 3. 수증기 수렴과 북서태평양 고기압의 변화율 비교. 온난화(빨강) 및 비온난화(파랑) 실험으로부터 추출한 수증기 수렴 (가로축)과 북서태평양-동아시아 기압 경도 (세로축)의 변화 기울기를 나타냄. 1958년~1982년(P1)과 1991년~2015년(P2) 기간 동안 두 인덱스의 기울기 변화에 대한 분포를 보임.

연구성과

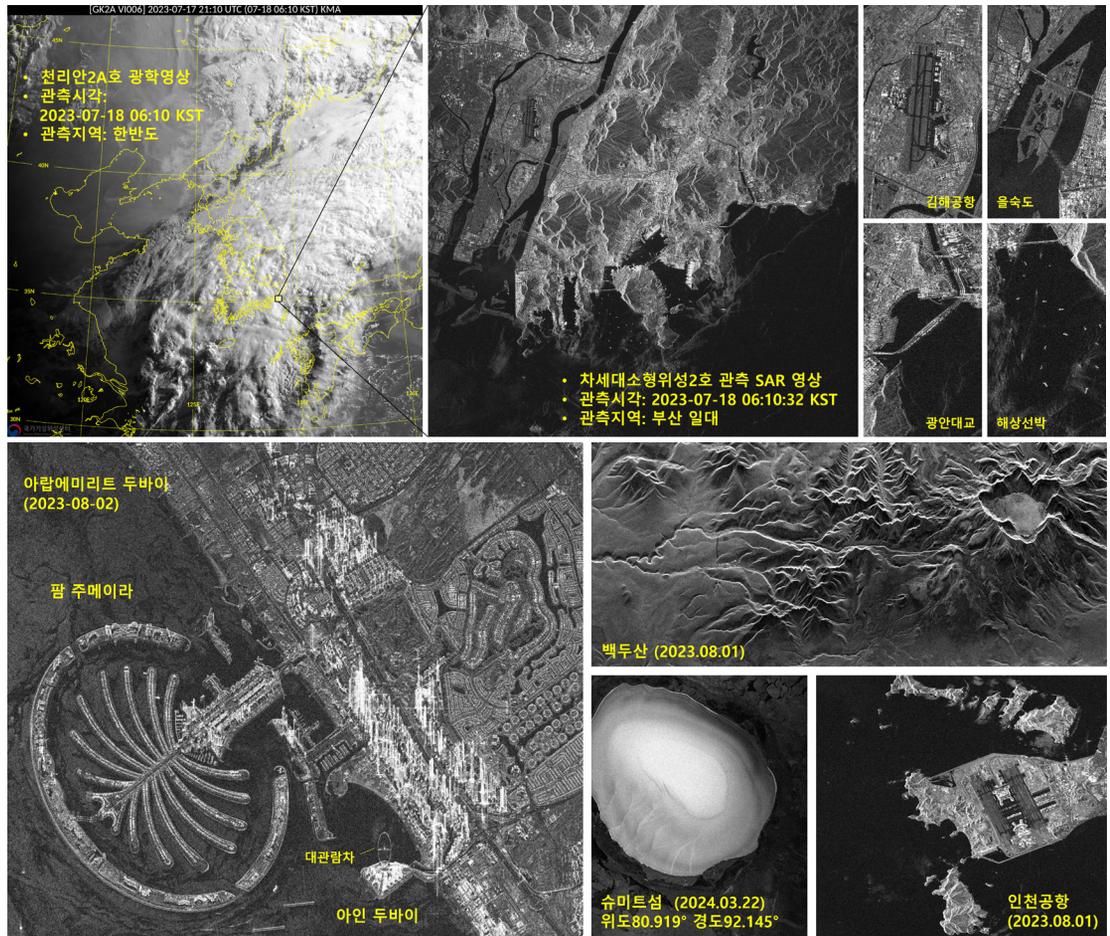
Anthropogenic Warming Induced Intensification of Summer Monsoon Frontal Precipitation over East Asia, Science Advances, 24 Nov 2023, 9, 47, DOI: 10.1126/sciadv.adh4195

방송 4건 (YTN사이언스, TV조선, 대전MBC, TV아사히), 언론보도 40여건

연구비 지원

한국연구재단, 해외우수과학자유치사업 (BP+)
한국연구재단, 인류세연구센터

(대표 관측 결과) 2023.7.18일 06시10분(KST)에 차세대소형위성2호가 관측한 SAR 영상을 동시간대 천리안 2A호의 가시광선 대역 기상영상과 함께 비교하였다. 한반도 전역에 두꺼운 구름층이 형성된 기상 조건에서도 김해공항, 울산도, 광안대교, 해상선박 등 부산 일대를 선명하게 식별할 수 있다. 또 다른 SAR 영상에서는 아랍에미리트 두바이의 인공섬 팜 주메이라, 백두산, 북위도 슈미트섬의 빙하, 영종도 및 인천공항을 확인할 수 있다. 이들 영상은 가시광선이 아닌 마이크로파로 바라본 세상을 담은 것이다. 빛과 구름의 영향을 받지 않고 지표 관측이 가능한 국산 SAR 위성의 성능을 우주에서 실제 관측임무를 통해 검증하였다.



기대효과

전천후 SAR 관측위성 국산화 및 자립화를 통해 국내 위성기술 경쟁력 강화에 기여하였다. 차세대소형위성2호 SAR 영상은 해빙변화탐지, 산림영역변화탐지 및 해양상황인식 분야에 활용될 것이다.

연구성과

- [논문] “Development of Small Radar Satellite NEXTSat-2,” The 2022 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology, held in Niigata, Japan, Oct. 12-14, 2022.
- [홍보] 차세대소형위성2호 SAR 관측영상 대국민 공개보도 (‘23.08.28 / ’23.09.05 / ’23.12.11 / ’23.12.16)
- [수상] 한국항공우주학회 세호연구개발상 ‘차세대소형위성2호개발’ (’23.11.16)

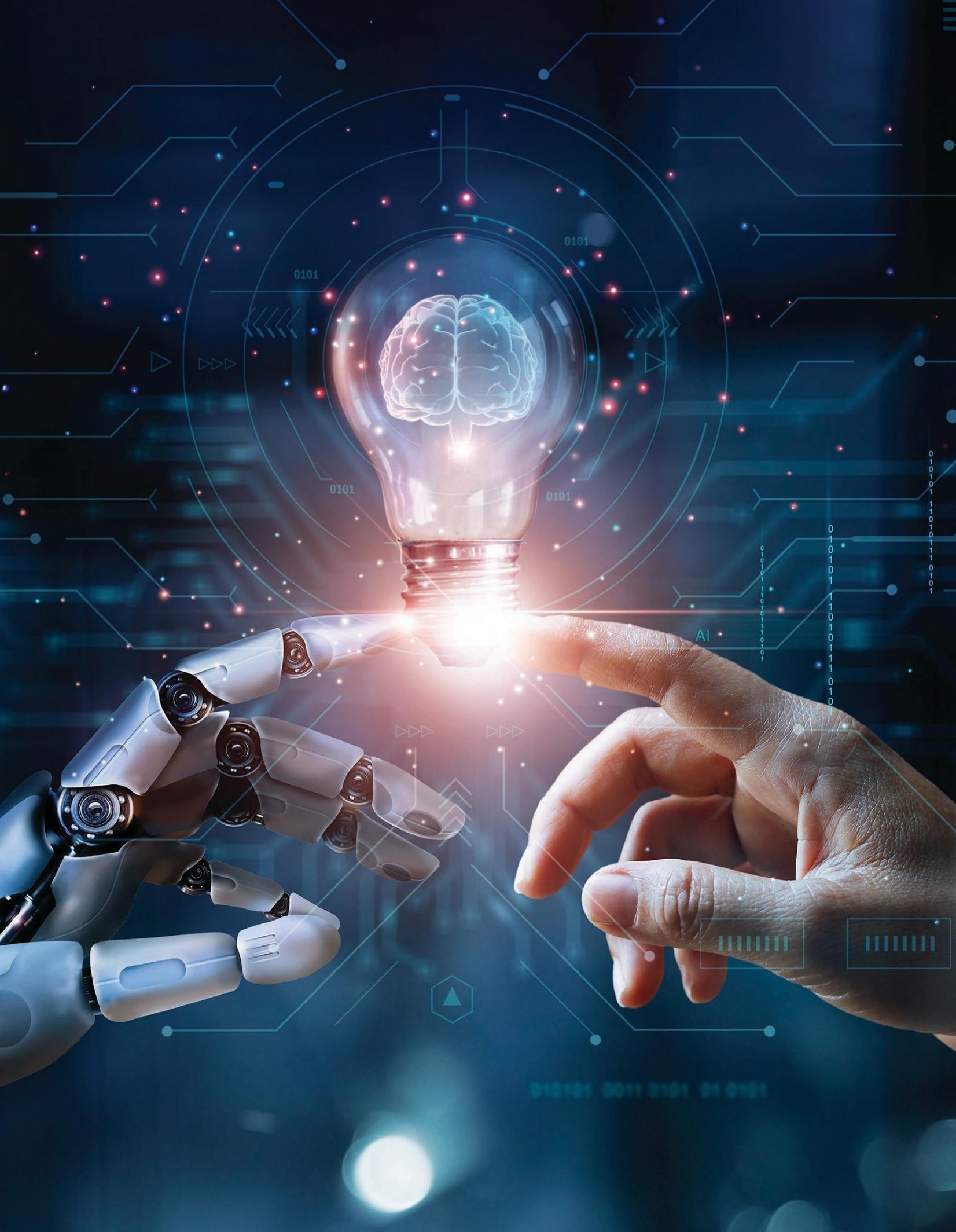
연구비 지원

과학기술정보통신부 소형위성개발사업, 과제명: 차세대소형위성2호 개발사업 (2017.3월 ~ 2023.8월, 총240억원)

KAIST'S RESEARCH HIGHLIGHTS OF 2023

2023년 주요 연구성과





0101

0101

0101

0101

AI

0101011110101111010

010101 0011 0101 01 0101



KAIST'S RESEARCH HIGHLIGHTS OF 2023

2023년 주요 연구성과

AI·AI+X | 44

- 동기화된 공동 확산 기법을 통한 일관된 몽타주 생성
- 데이터에 숨겨진 자기유사성을 찾아내는 인공지능을 통해, 데이터 압축 효율을 50배 이상 개선
- 인공지능을 활용한 효소 기능 분석 기술 개발

SW·IT | 47

- SegFuzz: 스레드 인터리빙 분할 기법을 활용한 커널의 동시성 버그 퍼징
- 축구장 두 개의 작동 범위와 머리카락 두께의 정밀도를 갖는 실내 위치 인식 태그 개발

기계·로봇·항공우주 | 49

- 극초단 펄스 레이저 기반 멀티모달 그래핀 전자섬유 개발
- 오그제틱 메타구조로 매듭지어진 옷감형 웨어러블 멀티모달 햅틱 인터페이스 개발
- 나선 직조 기반 고강성 소프트 그리퍼
- 국내 첫 민간우주발사체 비행제어 알고리즘 개발
- 변형 가능한 지형에서의 사족 보행 학습

기초과학·인문·경영 | 54

- 전기이중층 구조의 이론적 규명과 촉매 활성 제어 기작 이해
- 원자수준의 정밀도를 갖는 극미세 나선형 채널
- 초정밀 나노 소광 기술을 이용한 맞춤형 고성능 양자광원 플랫폼 개발
- 사회적 위기와 미디어 역할

도시·환경·에너지 | 58

- 기후변화와 도시 트랜스포메이션: 재생 에너지, 기후 위험, 젠트리피케이션 간의 메커니즘 규명
- 그린수소 생산에 탁월한 전해질 신소재 개발
- 연료전지 백금 대체용 비(非)귀금속 촉매 개발
- 넓은 온도 범위에서 구동하는 리튬금속전지 전해액 개발

반도체·디스플레이 | 62

- 거대언어모델 전과정 가속 가능한 LPU 반도체 세계 최초 개발

첨단소재·부품 | 63

- 그래핀을 이용한 헤라클래스 인공근육 개발
- 단일벽 탄소나노튜브로 인한 균일한 리튬 이온 충전전 영상화

헬스·바이오·뇌 | 65

- 희귀질환 환자맞춤형 치료가능 환자 발굴 및 치료제 개발을 위한 프레임워크
- 원형탈모증 일으키는 새로운 면역 T 세포 발견
- 모바일과 오프라인의 상대적 비만 관리 효율성 비교: 자기절제와 외부전문가 도움 관점에서
- 합성 sRNA를 사용한 다양한 박테리아에서의 표적 유전자 억제 범용기술 개발
- 핸드헬드 초고속 광열 분자진단시스템
- 유전자가위와 약물로 동시에 암을 잡는 신약 개발
- 파킨슨병 환자 맞춤형 치료를 위한 인공지능 플랫폼 개발
- 빛에너지 전달을 활용한 의약품의 주요 골격의 합성법 개발

01

AI·AI+X

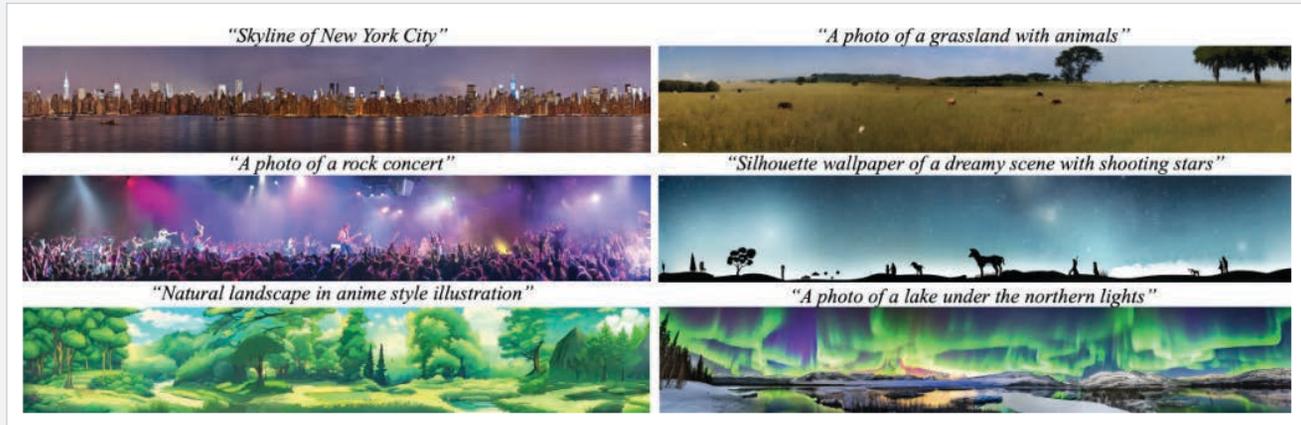
동기화된 공동 확산 기법을 통한 일관된 몽타주 생성

 전산학부

 성민혁, 이유승, 김건호,
김현진

 <https://mhsung.github.io>

사전 훈련된 이미지 확산 모델의 놀라운 능력은 고정 크기의 이미지를 생성할 뿐만 아니라 파노라마를 만드는 데에도 활용되어 왔다. 그러나 기존의 방식은 이미지 내의 여러 부분들이 서로 일관되지 않도록 생성하는 문제점을 지니는데, 이 한계를 극복하기 위해 본 연구진은 SyncDiffusion을 제안했다. 이는 지각적 유사성(perceptual similarity) 손실로부터 경사 하강법을 통해 여러 확산 과정을 동기화하는 플러그 앤 플레이(plug-and-play) 모듈이다. 구체적으로 각 소음 제거 단계에서 예측된 최종 이미지를 사용하여 지각적 유사성 손실의 기울기를 계산함으로써 일관된 몽타주를 달성하는데 유의미한 지도(guidance)를 제공한다. 실험 결과는 본 연구진의 방법이 이전 방법과 비교하여 훨씬 더 일관된 결과물을 생성하면서 여전히 입력 프롬프트와 충실성 및 호환성을 유지한다는 것을 보여주었다.



연구성과

[논문] Yuseung Lee, Kunho Kim, Hyunjin Kim, and Minhyuk Sung. "SyncDiffusion: Coherent Montage via Synchronized Joint Diffusions", Thirty-seventh Conference on Neural Information Processing Systems, 2023.

[기타] NeurIPS 2023 - 포스터 발표.

NeurIPS 2023 Workshop on Diffusion Models - 포스터 발표.

NeurIPS 2023 Workshop on Machine Learning for Creativity and Design - Spotlight 발표.

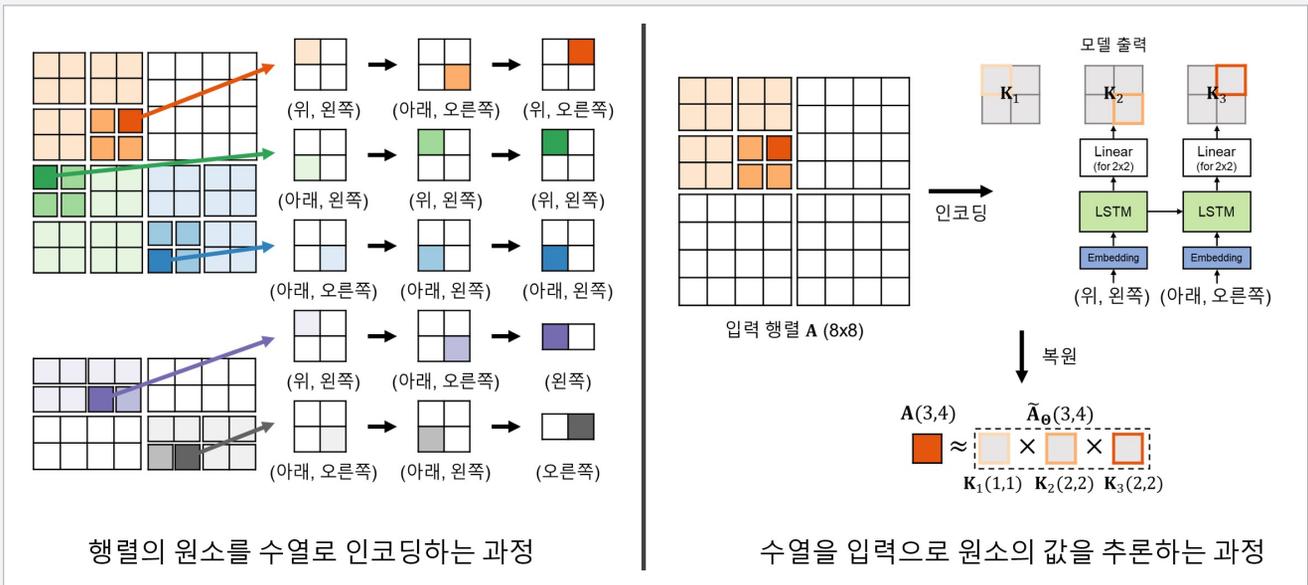
02

AI·AI+X

데이터에 숨겨진 자기유사성을 찾아내는 인공지능을 통해, 데이터 압축 효율을 50배 이상 개선

- 김재철(KAIST 대학원)
- 신기정, 고지훈, 권태형
- <https://kijungs.github.io>

본 연구진은 행렬 및 텐서(고차원 행렬) 데이터를 위한 손실 압축 기술을 개발했다. 희소(sparse) 행렬 및 텐서를 위한 압축 기술인 “뉴크론”과, 밀집(dense) 행렬 및 텐서를 위한 압축 기술인 “텐서코덱”을 개발하였다. 과학 시뮬레이션 데이터, 센서 데이터, 전자상거래 구매 내역, 온라인 소셜네트워크 등 다양한 데이터가 행렬 및 텐서로 표현되는데, 이러한 데이터를 효율적으로 인공지능에 활용하려면 압축이 필수적이다. 제안된 기술은 기존 기술 대비 압축률을 50배 이상 개선하지만, 추가 정보 손실이 없다. 이러한 제안된 기술의 우수성과 범용성은 열 종류 이상의 실세계 데이터를 통해 검증되었다. 높은 압축률의 비결은 인공지능을 활용해 데이터에 숨겨진 자기유사성(self-similarity)을 찾아내어 활용하는 것이다. 이를 위해 행렬의 행과 열의 순서를 재배치하고 재귀적으로 분해하는 과정을 거친다.



연구성과

- [논문 1] Taehyung Kwon, Jihoon Ko, Jinhong Jung, and Kijung Shin. “NeuKron: Constant-Size Lossy Compression of Sparse Reorderable Matrices and Tensors.” ACM World Wide Web, 2023 (acceptance ratio 19%).
- [논문 2] Taehyung Kwon, Jihoon Ko, Jinhong Jung, and Kijung Shin. “TensorCodec: Compact Lossy Compression of Tensors without Strong Data Assumptions.” IEEE International Conference on Data Mining, 2023 (acceptance ratio 9%).
- [기타] IEEE ICDM 2023 Best Student Paper Runner-up Award (one of 4 best papers among 1003 submissions)

03

AI·AI+X

인공지능을 활용한 효소 기능 분석 기술 개발

 생명화학공학과

 이상엽, 김기배

 <http://mbel.kaist.ac.kr>

본 연구진은 단백질 서열만을 사용하여 해당 단백질이 가지고 있는 효소 기능을 예측하는 딥러닝 기반의 예측 시스템 DeepECtransformer를 개발했다. 아미노산 잔기 간 기능적 상호 작용 정보를 추출하기 위해 인공신경망 내 transformer layer를 사용하였으며, 그 결과 총 5,360 종류의 EC 번호를 예측할 수 있는 시스템을 개발하였다. 개발한 DeepECtransformer를 활용해 아직 기능이 명확하게 밝혀지지 않은 대장균의 단백질 중 464 종류의 효소를 새롭게 발굴하였으며, 이를 실험적으로 검증하여 기능 유전체학의 발전에 기여했다.

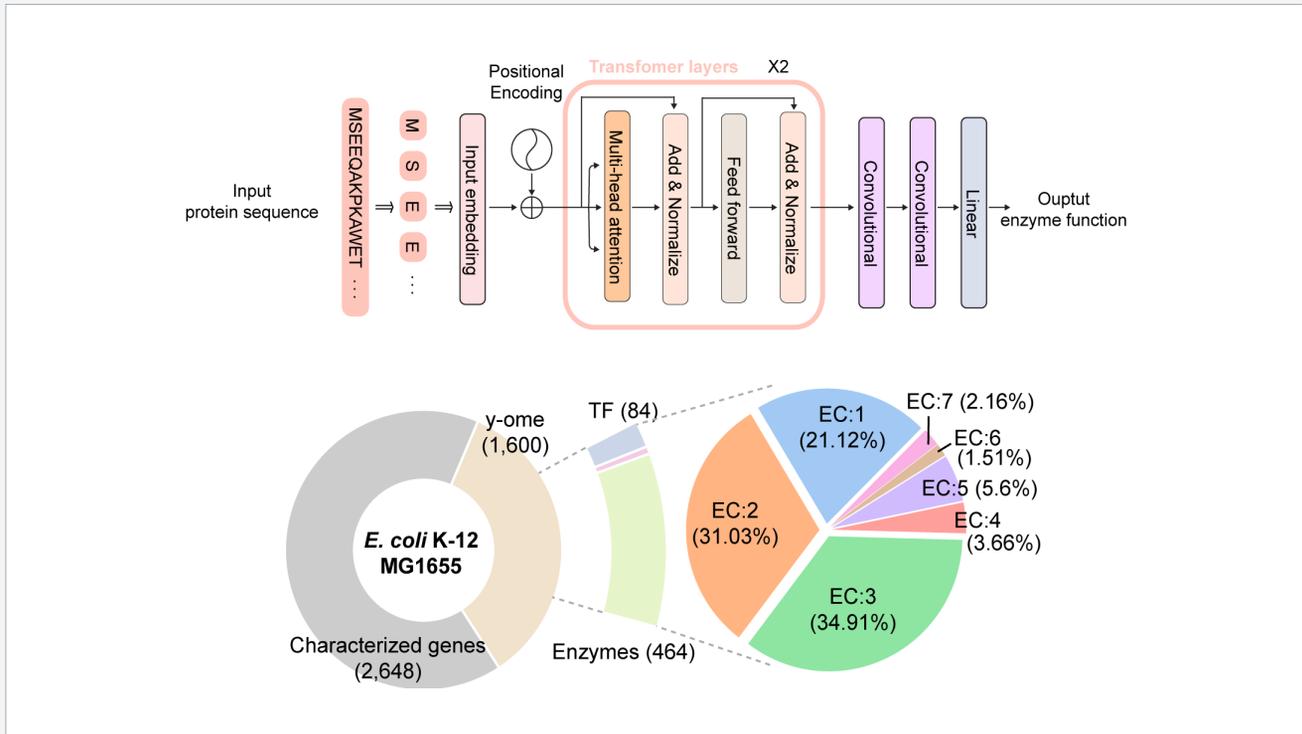


그림 1. 딥 EC 트랜스포머의 인공 신경망 구조

연구성과

[논문] Functional annotation of enzyme-encoding genes using deep learning with transformer layers, Nat. Commun., 14: 7370 (2023)

[언론] 국내외 언론 보도 다수 (인공지능신문, 메디컬투데이, 뉴스1, 헤럴드경제, 이데일리, 테크월드, 의료정보기술, 동아시아언스, 연합뉴스, 충청뉴스, 시타임스, 대학저널, 워크투데이, 이뉴스투데이, 중소기업뉴스, 베리타스알파, 충청일보, 헬로디디, Phys.org, Mirage news, Azo robotics 포함 총 22회)

04

SW·IT

SegFuzz: 쓰레드 인터리빙 분할 기법을 활용한 커널의 동시성 버그 퍼징



전산학부

권영진, 신인식, 정대룡,
이병영<https://casyslab.kaist.ac.kr>

커널 동시성 버그 (kernel concurrency bug)를 탐지하는 일은 매우 어려운 일이다. 이는 비동시성 버그와 다르게, 커널 동시성 버그를 식별하려면 여러 스레드 간의 인터리빙에 대한 분석이 필요하기 때문이다. 그러나 스레드 인터리빙의 검색 공간은 방대하기 때문에, 가능한 모든 스레드 인터리빙을 조사하는 것은 사실상 불가능하다. 이런 방대한 검색 공간을 탐색하기 위해 대부분의 이전 연구들은 스레드 인터리빙에 대한 무작위 또는 휴리스틱 (heuristic)에 기반한 검색을 수행한다. 이 때문에, 이전 연구들은 중복된 실행으로 인해 컴퓨팅 자원을 낭비하거나, 테스트 과정에서 동시성 버그를 찾지 못하는 경우가 발생한다. 이러한 한계를 극복하기 위해, 본 연구는 커널 동시성 버그에 대한 퍼징 프레임워크인 SegFuzz를 제안한다. 스레드 인터리빙의 검색 공간을 탐색할 때, SegFuzz는 전체 스레드 인터리빙을 소수의 명령어의 인터리빙인 명령어 조각 (interleaving segment)으로 분해하여, 스레드 인터리빙의 탐색 정도를 나타낸다. 스레드 인터리빙을 검색할 때에는, 탐색된 명령어 조각의 인터리빙을 변경 (mutate)하여 아직 탐색되지 않은 새로운 스레드 인터리빙을 구성한다. 이러한 탐색 기법을 최초로 고안하여 커널 동시성 버그 탐지에 적용하여 그 효율성을 입증하였다. 본 연구팀은 SegFuzz를 활용하여 Linux 커널에서 새로운 30개 (그 중 21개가 confirmed 혹은 고쳐졌음)의 동시성 버그를 발견할 수 있음을 보이고, SegFuzz가 Google의 Syzkaller 시스템보다 약 4000배 빠르게 알려진 버그를 식별할 수 있음을 실험을 통해 입증하였다.

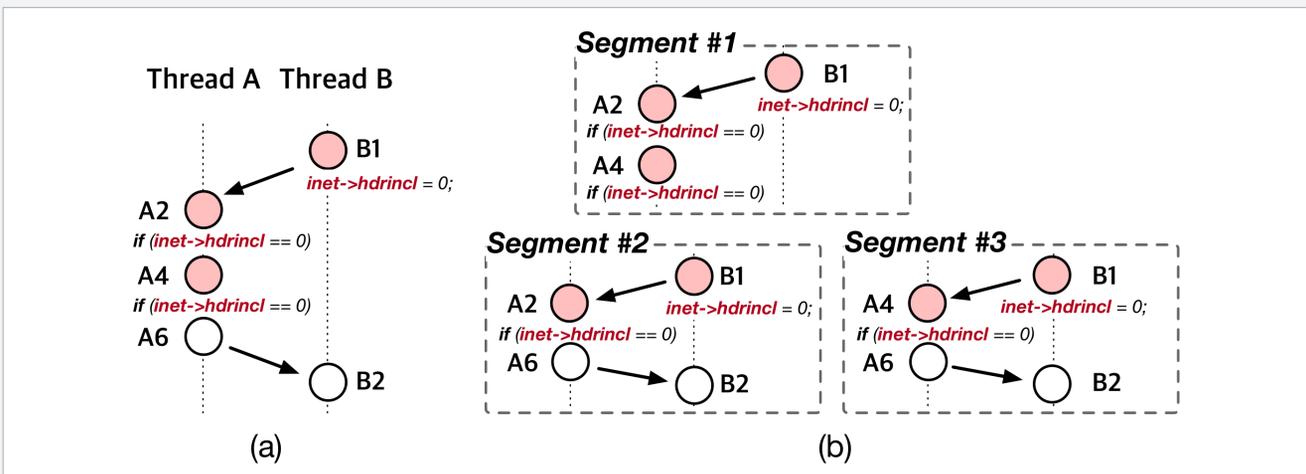


그림 1. Segmentation 예제. (a) 두 스레드가 실행한 명령어들. (b) 실행된 명령어들로부터 추출된 segment들

연구성과

[논문] SEGFUZZ: Segmentizing Thread Interleaving to Discover Kernel Concurrency Bugs through Fuzzing, IEEE S&P (acceptance rate = 12%)

[기타] 최신 리눅스 커널 (버전 5.19 - 6.0)에서 30개의 새로운 동시성 버그를 찾았고 그 중 21개의 버그가 개발자에 의해서 확인되었거나 고쳐졌음.

05
SW·IT

축구장 두 개의 작동 범위와 머리카락 두께의 정밀도를 갖는 실내 위치 인식 태그 개발

전기 및 전자공학부

김성민, 문한결, 배강민

<https://smile.kaist.ac.kr>

세계 최초로 장거리 (180m), 초정밀 (0.17mm), 대규모 (1000개 동시), 초저전력 (코인셀 배터리 한 개로 40년 구동) 실내 위치 인식 태그를 개발했다. 각각의 지표에서 현재 기술의 수십에서 수백 배 성능으로, 로봇, VR/AR, 스마트 팩토리 등 무선 정밀 제어와 대규모 모니터링의 핵심 원천기술이다. 밀리트랙(주)를 24년 1월 창업하였으며 다양한 스마트팩토리에 핵심 기술로 도입을 논의하고 있다.

정밀도		규모	작동 거리*		
KAIST 본 연구	0.17mm	KAIST 본 연구	1000 Tags	KAIST 본 연구	180m
Miit (2019)	5.1mm	CMU (2021)	6 Tags	Miit (2019)	10m
CMU (2021)	78mm	Miit (2019)	2 Tags	CMU (2021)	5m

*cm 이하 정확도 기준

그림 1. 본 연구와 경쟁 위치 인식 연구들과의 성능 비교. 본 연구는 모든 지표에서 기존 최고 성능의 위치 인식 연구에 비해 18배 이상 개선된 성능을 보인다.



그림 2. 본 연구의 초정밀, 대규모, 장거리 성능은 실내의 다양한 실험을 통하여 검증되었다.

연구성과

- [논문 1] Kang Min Bae, Namjo Ahn, Yoon Chae, Parth Pathak, Sung-Min Sohn, and Song Min Kim. OmniScatter: extreme sensitivity mmWave backscattering using commodity FMCW radar. MobiSys '22. <https://doi.org/10.1145/3498361.3538924>
- [논문 2] Kang Min Bae, Hankyeol Moon, Sung-Min Sohn, and Song Min Kim. Hawkeye: Hectometer-range Subcentimeter Localization for Large-scale mmWave Backscatter. MobiSys '23. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3581791.3596869>
- [수상 1] Best Paper Award, ACM MobiSys '22 (세계 최고 모바일 시스템 학회, 아시아 두 번째)
- [수상 2] ACM SIGMOBILE Research Highlights (모바일 시스템 30개 대표논문)
- [국내 출원] 대한민국 특허 제22-146399호, 대한민국 특허 제22-66606호, 대한민국 특허 제22-66611호, 대한민국 특허 제22-162049호, 대한민국 특허 제23-77736호
- [해외 출원] US Patent No. 72,322, 2022, US Patent No. 73,149, 2022, US Patent No. 501,592, 2023, CN Patent No. 202211539902.3, CN Patent No. 202311459610.3

06

기계·로봇·
항공우주

극초단 펄스 레이저 기반 멀티모달 그래핀 전자섬유 개발

-  기계공학과
-  김영진, 남한구, 양동욱
-  <https://upm2.kaist.ac.kr>

김영진 교수 연구팀은 극초단 펄스 레이저 직접 묘화 기술을 이용하여 케블라 섬유상에 레이저-유도 그래핀을 형성함으로써 멀티모달 그래핀 전자섬유 구현에 성공하였다. 본 연구팀은 화학적 처리나 광학 마스크를 사용하지 않고, 단일 과정으로 레이저 유도 그래핀을 형성하여 멀티모달 전자 섬유를 성공적으로 제조했다. 본 연구는 기존의 웨어러블 디바이스 생산 방법에서 벗어나 친환경적이고 간단한 방식으로 맞춤형 전자 섬유를 대량 생산할 수 있는 점에서 중요한 의미를 갖는다. 또한, 이 기술은 웨어러블 유연성 정보소자, 전자 소자 및 에너지 저장 장치와 같이 미래 사회에서 높은 수요가 예상되는 분야에 응용될 것으로 기대되며, 세계적인 경쟁력을 확보하는데 기여할 것으로 기대된다.

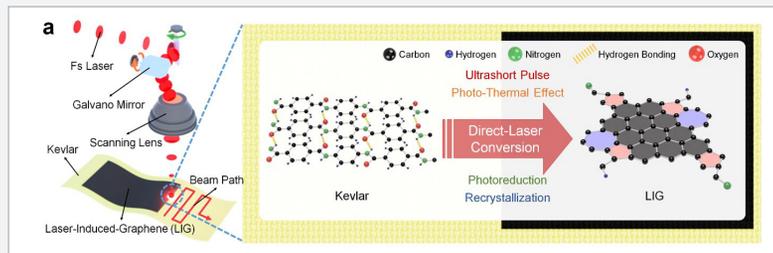
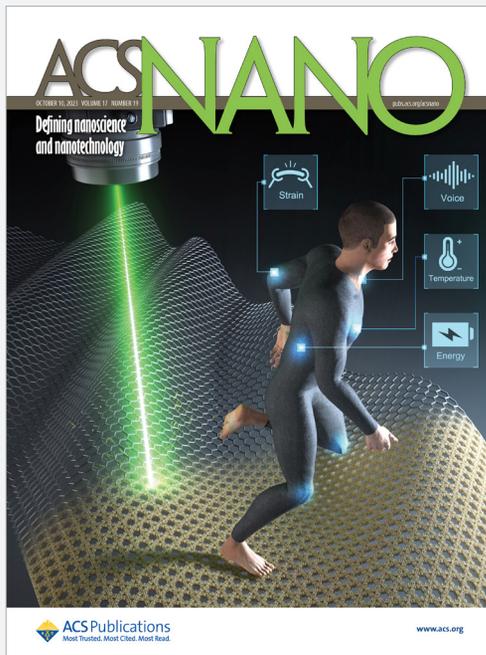


그림 1. 펨토초 레이저 기반의 케블라 섬유상 레이저-유도-그래핀 형성

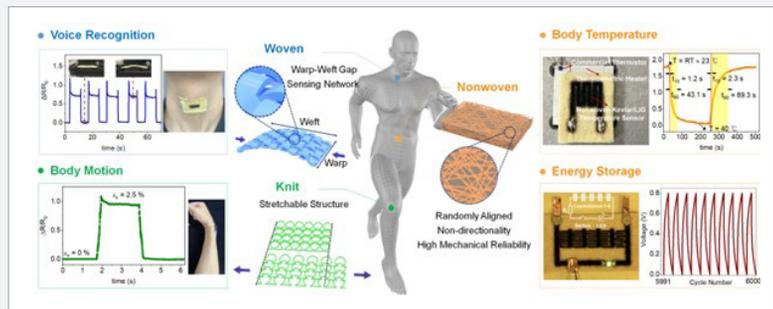


그림 2. 레이저-유도 그래핀 기반 멀티모달 전자섬유의 다양한 응용

연구성과

[출판 1] D. Yang, H. K. Nam, T.-S. D. Le, J. Yeo, Y. Lee, Y.-R. Kim, S.-W. Kim, H.-J. Choi, H. C. Shim, S. Ryu, S. Kwon, and Y.-J. Kim, "Multimodal E-Textile Enabled by One-Step Maskless Patterning of Femtosecond-Laser-Induced Graphene on Nonwoven, Knit, and Woven Textiles," ACS Nano, 17, 18893-18904 (2023) [2023 Impact Factor = 18.027].

[출판 2] Highlighted on the cover page of ACS Nano, Vol 17, Issue 19, 2023.

[특허] Y.-J. Kim, D. Yang, H.K. Nam, Y. Lee, Y. Kim, T.-S.D. Le, S.-W. Kim. "Graphene formation on textile via femtosecond laser direct writing for E-textile" Republic of Korea, P2022-0226-KR01.

[수상] Best Paper Award, Dongwook Yang, Young-Jin Kim*, ISMTII 2023, September 2023.

[언론] Highlighted on many Korean and international websites including KAIST news and KIMM news, AZO, PHYS ORG, and so on.

07

기계·로봇·
항공우주

오그제틱 메타구조로 매듭지어진 옷감형 웨어러블 멀티모달 햅틱 인터페이스 개발

 기계공학과

 오일권, 김지석, 송태은,
오세웅, 유현준, 이명준,
Manmatha Mahato,
Mannan Khan

 <http://srim.kaist.ac.kr>

KAIST 기계공학과 오일권 교수 연구팀은 형상기억합금 (shape memory alloy) 와이어를 오그제틱 메타 구조 형태로 매듭지어 형상 적응이 가능한 옷감 형태의 착용형 햅틱 인터페이스를 개발하였다. 연구팀은 기존의 천 제작 방식을 활용해 와이어 형태의 형상기억합금을 매듭지어 옷감처럼 제작하는 방식을 활용하였고, 특히, 형상기억합금 와이어를 오그제틱 (auxetic) 구조로 매듭지어 일반 구조에서는 볼 수 없는 3D 방향으로 구조 전체가 동시에 수축 및 이완 하는 특성을 구현하였다. 이런 비자연적 특성을 통해, 마치 영화 속 스파이더맨 슈트처럼 사이즈가 자동으로 조절되는 기능을 연상케 하는, 굴곡진 신체의 표면에 순응하여 사이즈가 자동으로 조절되는 옷감형 액추에이터를 세계 최초로 선보였다. 연구팀이 개발한 옷감형 액추에이터는 사용자의 팔목에 착용해 가상현실(VR) 속 모빌리티 로봇 주변의 공간적 정보를 촉각 피드백으로 전달하는 착용형 햅틱 인터페이스로서 응용되었다. 시각 및 청각 정보가 제한된 상황에서 연구팀이 개발한 착용형 햅틱 인터페이스를 팔목에 입은 사용자는 가상현실 속 모빌리티 로봇 주변의 위치정보를 파악하고, 장애물을 피해 로봇을 안정적으로 주행하는 것이 선보여졌다.



그림 1. 오그제틱 패턴으로 매듭지어진 착용형 햅틱 인터페이스를 통해 VR 환경 속 모바일 로봇의 주변 환경에 대한 정보를 전달받고 모바일 로봇을 제어

연구성과

[기타] 국제학술지 Advanced Materials (IF=29.4)에 게재 (Title : “Easy-To-Wear Auxetic SMA Knot-Architecture for Spatiotemporal and Multimodal Haptic Feedbacks”)

국제학술지 Advanced Materials의 cover image로 선정 (Volume 35, Issue 47)

국제학술지 Advanced Materials Technology에서 “Hot Topics:Robotics”로 선정

[홍보] ‘연합뉴스 TV’, ‘KBS 과학으로 보는 세상 SEE’, ‘YTN 사이언스 투데이’ 외 9건 이상 보도·홍보

08

기계·로봇·
항공우주

나선 직조 기반 고강성 소프트 그리퍼

 항공우주공학과

 이대영, 이성진

 <http://amll.kaist.ac.kr>

인구 감소, 인건비 상승, 노동 환경 개선에 대한 사회적 요구와 함께 제조업, 농경업, 물류업 등 고강도 노동이 필요한 기반 산업에 대한 위기가 대두되고 있다. 로봇은 이에 대한 해결책으로 주목 받고 있지만 제조, 농경, 물류 현장은 섬세하고 복잡한 로봇 그리퍼가 사용되기 어려운 환경이며, 이는 로봇의 현장 투입을 가로막는 큰 장애 요소로 작용한다. 본 연구에서는 나선 직조 (Spiral Weaving)라는 독특한 기하 구조를 활용하여 단순하면서도 안정적인 파지가 가능한 새로운 개념의 그리퍼를 제안하고, 현 그리퍼 기술의 한계를 극복했다. 제안하는 그리퍼는 유연한 필름 소재로 구성되어 별도의 센서 없이 하나의 구동기만을 이용하여 다양한 대상 물체를 포획할 수 있으며, 특히 130 g.f의 그리퍼 무게로 100 kg.f 이상의 무게를 들어 올림으로써 그 성능을 입증하였다. 해당 연구 성과는 Nature Communications 최신호에 게재되었으며, 국내 로봇 기업 (주)뉴로메카와 기술이전 계약을 체결하여 실용화를 준비 중에 있다.



그림 1. 나선 직조 그리퍼 동작 개념

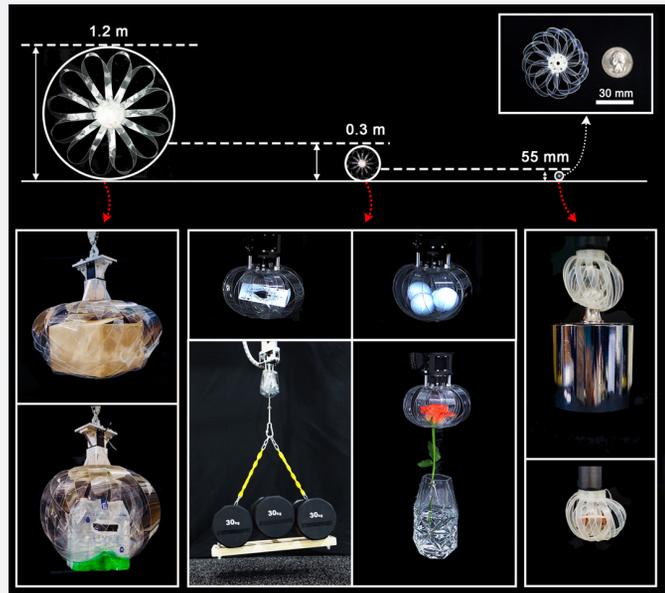


그림 2. 나선 직조 그리퍼의 다양한 사이즈 변화 및 물체 포획 성능

연구성과

[논문] Nature Communications, vol. 14, no. 1, pp. 4633, Aug. 2023

[특허] 국내 등록 (10-2555319), 해외 출원 (미국: 18/159,896, PCT: PCT/KR2023/001252)

[기타] 기술이전 (주)뉴로메카

09

기계·로봇·
항공우주

국내 첫 민간우주발사체 비행제어 알고리즘 개발

항공우주공학과

이창훈, 탁민제

<http://fdcl.kaist.ac.kr>

2023년 3월 20일 브라질 알칸타라 우주센터에서 발사 성공한 국내 민간 첫 우주발사체인 “한빛-TLV”의 비행제어 알고리즘 및 성능분석 프로그램을 개발했다. 순수 국내기술로 소형위성발사체 비행제어 S/W를 자체개발하여 비행시험에 성공하였고, 하이브리드 엔진을 장착한 소형위성발사체 비행제어 기술로는 전 세계에서 최고 수준을 달성했다. 협력기관으로서 발사체 상단에 KAIST 로고가 부착되어 발사되었으며, 대학에서 독자적으로 개발한 발사체의 비행제어 알고리즘을 적용하여 비행시험에 성공한 사례는 세계 최초이다. 첫 비행시험에서 성공한 사례는 소형위성발사체 개발역사에도 흔치 않은 일이며, 민간 기술을 통해 우주발사체 비행제어기술 개발을 처음으로 성공했다는 점에서도 큰 의미가 있다.



그림 1. 발사체 동역학 모델링

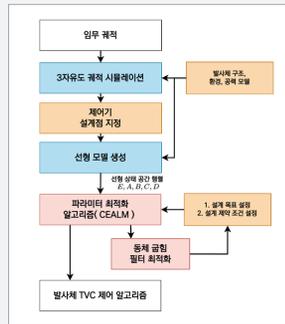


그림 2. 자세제어 자동설계

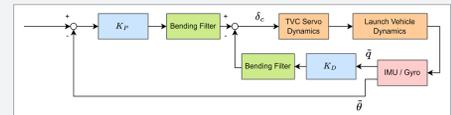


그림 3. TVC 자세제어기 구조

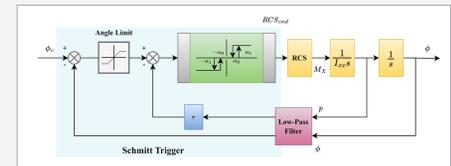


그림 4. RCS 자세제어기 구조

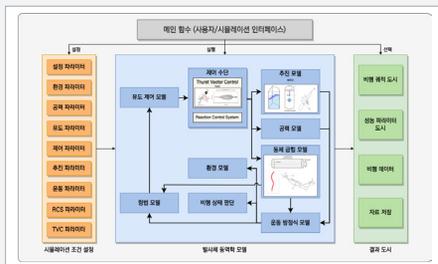


그림 5. 6자유도 성능분석 프로그램 구조

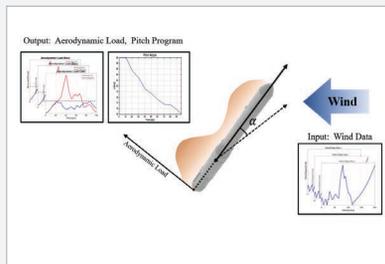


그림 6. 공력하중 경감을 위한 상승궤적 최적화



그림 7. 국내 첫 민간우주발사체 발사 장면 (KAIST 로고) 및 발사체 주요 제원

연구성과

[논문 1] “Parameter Optimization-Based Automatic Design of Launch Vehicle’s Attitude Controller,”-74회 국제우주대회,

[논문 2] “A Design Scheme for a Launch Vehicle’s Attitude Control Algorithm during Atmospheric Ascent via Parameter Optimization,”-2023 우주발사체기술 심포지움)

[언론] 국내 언론보도 52회(경향신문, 동아일보 등), 해외 언론보도 1건.

[기타] 민간 기술을 통해 우주발사체 비행제어기술 개발을 처음으로 성공했다는 점에서 큰 의미가 있으며, 대통령 및 과기부 장관의 축전을 받는 등 국가적으로도 의미 있는 연구 성과로 인정받음.

전기이중층 구조의 이론적 규명과 촉매 활성 제어 기작 이해

화학과학

김형준, 신승재

<http://m-design-lab.net>

“전기 이중층”이란 전기화학 분야에서 전극과 전해질 계면에 형성되는 복잡한 액체 구조를 일컫는다. 전기화학 반응의 핵심인 전자 전달이 바로 이 전기 이중층 내에서 이루어지기 때문에 전기 이중층 성질과 전기화학적 성질은 밀접한 관계를 가지고 있다. 하지만, 전기 이중층의 실제 구조를 정확하게 이해하는 것은 전기화학 분야에 100년 간의 난제로 남아있으며, 더욱이 전기 이중층 구조를 제어하여 전기-화학 에너지 전환 프로세스를 제어하는 것은 더욱 어려운 난제로 여겨져왔다. 두 벌크상에 묻혀있는 계면을 실험적으로 직접 관찰하기는 매우 어렵기 때문에, 이를 극복하고자 전기 이중층 구조 규명을 위한 새로운 계산화학 방법을 개발하였고, 이를 이용하여 실제 전기 이중층 구조와 이중층 축전량, 그리고 전기화학적 이산화탄소 전환 촉매 효율성 간의 상관관계를 분자 레벨에서 최초로 밝혔다.

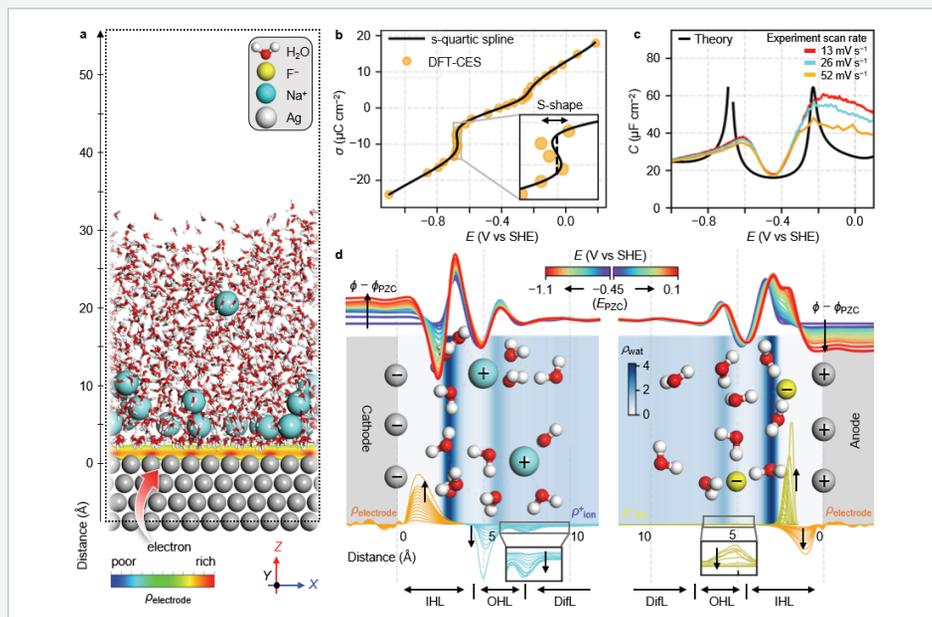


그림 1. (A) 전기 이중층 구조 규명을 위한 DFT-CES 시뮬레이션, (B, C) 전기 이중층 축전량 예측과 실험 비교, (D) 분자 수준의 전기 이중층 상세 구조

연구성과

[논문 1] S.-J. Shin, D.H. Kim, G. Bae, S. Ringe, H. Choi, H.-K. Lim, C.H. Choi*, and H. Kim*, “On the importance of the electric double layer structure in aqueous electrocatalysis”, Nat. Commun., 13, 174 (2022) [2022 Impact Factor = 16.6]

[논문 2] S.-J. Shin, H. Choi, S. Ringe, D.H. Won, H.-S. Oh, D.H. Kim, T. Lee, D.-H. Nam, H. Kim*, and C.H. Choi*, “A unifying mechanism for cation effect modulating C1 and C2 productions from CO2 electroreduction”, Nat. Commun., 13, 5482 (2022) [2022 Impact Factor = 16.6]

[논문 1], [논문 2]에 대하여 각각 언론보도 10여 회

· 논문 발표 2년도 채 안된 기간에 [논문 1]은 86회, [논문 2]는 45회 피인용으로 높은 학계의 관심을 받음 (Google scholar 기준)

12

기초과학·
인문·경영원자수준의 정밀도를 갖는
극미세 나선형 채널

화학

이희승, 김재욱,
홍정우, 박미정<http://hslee.kaist.ac.kr>

카이랄 분자는 생명의 복잡성과 기능을 유지하는 데 중요하며, 두 이성질체는 다른 생물학적 효과를 가질 수 있다. 카이랄 선택적 약물 전달은 부작용을 줄이고 효과를 극대화할 수 있다. 특정 화학 반응을 선택적으로 촉매하는 효소의 카이랄 환경 모방은 다양한 응용이 가능하지만, 원하는 기능기를 정확한 위치에 도입한 카이랄 채널을 만드는 것은 매우 도전적인 과제이다. 본 연구에서는 인간 머리카락 직경보다 5만배 작은 카이랄 채널을 원자 수준에서 합성하는 방법을 개발했다. 비천연 펩타이드와 구리 클러스터로 구성된 금속-펩타이드 네트워크에 1nm직경의 균일한 카이랄 통로를 만들었다. 나선의 크기, 모양, 기능성을 자유롭게 설계할 수 있으며, 나선형 채널의 카이랄성을 원하는 대로 합성하는 것이 가능하다. 본 연구결과는 약물 개발, 첨단 소재 설계 등 다양한 분야에 혁신적인 응용을 가능하게 할 것이며, 원자 단위로 정의된 카이랄 채널 제작은 카이랄 촉매, 광학센서, 암 치료용 약물 전달 분야에 파급효과가 클 것으로 기대된다.

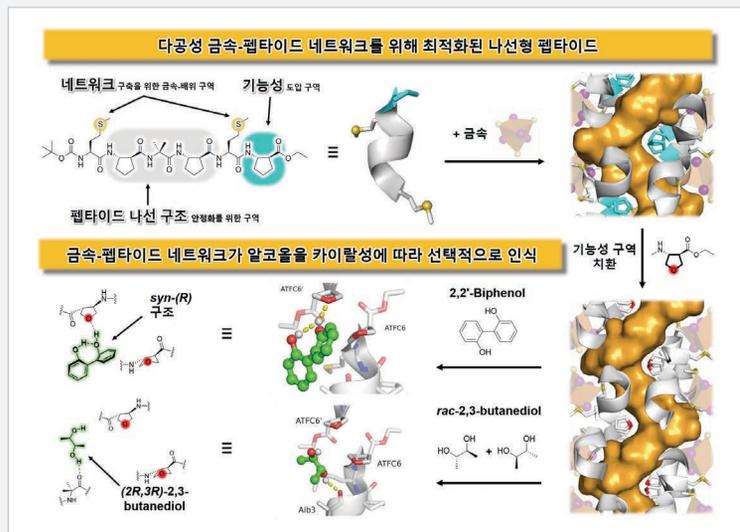


그림 1. 카이랄성 알코올 화합물을 선택적으로 인식하는 펩타이드 기반 기능성 소재 개발 모식도. 금속-펩타이드 네트워크를 활용한 카이랄 채널 구조와 분자 상호작용 도식

상단: 금속-펩타이드 네트워크를 이용한 카이랄 채널 형성 과정 도식화. 펩타이드 구조와 그와 결합된 특정 원자들로 구성된 나선형 채널 형성. 나선형 채널이 복잡한 분자 네트워크 안에서 어떻게 형성되는지를 시각적으로 표현.

중간 및 하단: 카이랄 채널 내의 호스트-게스트 상호작용 시각화. 특정 분자들이 카이랄 채널 내에서 어떻게 배치되는지와 그로 인한 상호작용 표현.

연구성과

[논문] Tailoring Enantiomeric Chiral Channels in Metal-Peptide Networks: A Novel Foldamer-Based Approach for Host-Guest Interactions" Adv. Mater. 2023, 202305753. Highlighted as the inside back cover.

[특허] 카이랄 채널을 갖는 금속-펩타이드 네트워크의 설계, 합성 및 이의 용도(출원일: 2023.10.12, 출원번호: 10-2023-0135693)

[홍보] 카이랄 과학 혁신으로 암질환 치료제부터 인공호소까지 (2023.10.19.)

https://researchnews.kaist.ac.kr/researchnews/html/news/?mode=V&mng_no=32030&skye=&sval=&list_s_date=&list_e_date=&GotoPage=3

13

기초과학·
인문·경영

초정밀 나노 소광 기술을 이용한 맞춤형 고성능 양자광원 플랫폼 개발

 물리학과

 조용훈

 <http://qnp.kaist.ac.kr>

고성능의 단일 양자점 양자광원을 밀도가 높은 양자점 기판 위에서 맞춤형으로 다량 만들 수 있는 원천 기술을 개발했다. 우선 고밀도 양자점 중에서 단 하나의 양자점을 선별해 내는 비파괴적인 선택 방법을 고안하고, 이렇게 선택된 양자점의 광학적 특성을 분석하여 그 특성과 꼭 들어맞는 맞춤형 공진기를 양자점 위치에 맞추어 제작하는 방식으로 접근했다. 본 연구에서는 고밀도 양자점 시료 위에 집속 이온빔을 도넛 패턴으로 조사하면 이온빔을 맞은 도넛 패턴 위의 양자점들은 소광되는 것을 확인하였는데, 도넛 패턴의 안쪽 지름을 더욱 줄여가면서 최종적으로 정중앙에 있는 단일 양자점에서만 선명한 빛을 내도록 조절하는데 성공하였다. 이렇게 의도한 위치에 남겨진 단일 양자점의 광특성을 조사한 후에 그 특성에 꼭 맞게 설계한 공진기 구조를 양자점 위치에 정확히 맞추어 제작함으로써 단일 광자의 방출효율을 훨씬 높이고 빛의 방향성을 제어할 수 있었다. 기존에 단광자 순도가 낮거나 밀도를 조절하기 어려워 외면받던 고밀도 양자점 시료들에 대해서 고성능 양자광원을 맞춤형으로 구현할 수 있는 새로운 방법을 제시하였으며, 원하는 위치에 단일 양자점을 반복적으로 구현할 수 있기 때문에 확장성 있는 양자 광학 플랫폼의 개발을 위한 핵심적인 원천 기술이 될 것으로 기대된다.



그림 1. 고밀도 양자점으로부터 고성능의 맞춤형 양자광원을 대면적 웨이퍼에 다량 제작하는 모식도. 고밀도 양자점 시료에 대하여 집속이온빔을 이용한 선택적 나노 소광 기술을 적용하여 단일 양자점 양자광원 배열 구조를 형성한 후, 각각의 단일 양자점의 광특성에 맞추어 원형공진기와 같은 광학구조를 맞춤형으로 제작하여 각각의 양자점과 결합한다. 이러한 방식을 이용하면 양자점 특성에 맞는 광학구조와 결합된 맞춤형 고성능 양자광원을 다량 제작할 수 있게 된다.



그림 2. Inside Front Cover로 2편 선정

연구성과

[논문 1] “Single quantum dot selection and tailor-made photonic device integration using nanoscale focus pinspot”, M. Choi, M. Lee, S. Y. Park, B. S. Kim, S. Jun, S. I. Park, J. D. Song*, Y. H. Ko*, and Y. H. Cho*, *Advanced Materials* 35, 2210667 (2023). [Impact Factor = 32.086]

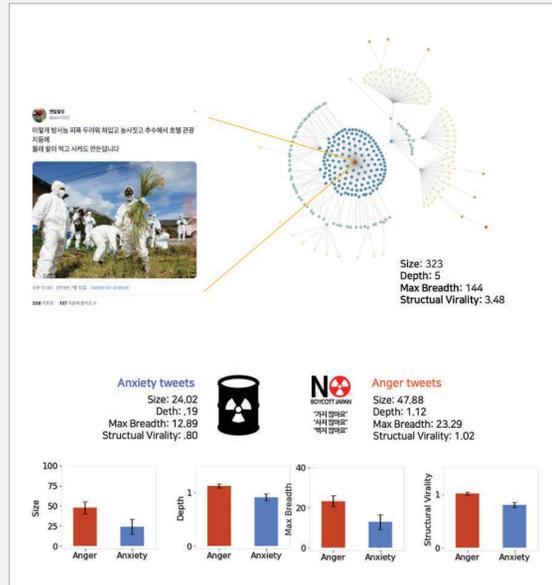
[논문 2] “Electrically driven sub-micrometer light-emitting diode arrays using maskless and etching-free pixelation”, J. H. Moon, B. U. Kim, M. Choi, K. Y. Woo, B. S. Kim, S. H. Ahn, S. M. Jun, Y. H. Song, Y. H. Cho*, *Advanced Materials* 35, 2206945 (2023). [Impact Factor = 32.086]

- 상기 2편의 논문은 모두 *Advanced Materials* 저널에 각각 Inside Front Cover로 선정됨
- 상기 논문 2편 모두 언론 보도 다수 (2023년), 한국물리학회 ‘물리학과 첨단기술’에 소개 등

14

기초과학·
인문·경영사회적 위기와
미디어 역할
 문술미래전략대학원

 한지영, 이은주 외

 N/A


코로나19 팬데믹과 같은 사회적 위기 상황에서 미디어는 중요한 정보원으로 작용한다. 특히 위기 상황에서는 정확한 정보를 얻기 위해 정파적 미디어에 대한 선택적 노출 현상이 완화되는 특징이 있다. 우리 연구는 이러한 미디어 소비패턴을 확인하는 동시에, 결과적으로 위기 상황에서의 뉴스 노출은 대중의 코로나 19 위험인식을 높이는데 기여함으로써 팬데믹에 대한 공동체의 대응이 더 효율적으로 이뤄질 수 있도록 도왔다는 점을 밝혔다(Han & Lee, 2023). 이는 미디어 환경이 파편화, 정치화

되고 있다는 우려가 커지는 상황 속에도 미디어의 핵심적 역할은 현실에 대한 공유된 인식(shared perception of reality)을 형성함으로써 다양한 사회적 위기에 대한 공동체적 대응을 가능하게 한다는 점을 보여줬다. 하지만 미국과 달리 우리나라의 경우에는 미디어 노출이 많을수록 보수와 진보 주의자 사이에 코로나 19 팬데믹 관련 현실 인식 괴리가 오히려 커졌고 코로나 19 허위정보 수용도가 높아졌다. 이는 코로나 19 팬데믹이라는 위기상황에서 한국언론이 얼마나 신종바이러스에 대한 과학적 불확실성을 정파적으로 소비해왔는가를 방증한다(한지영, 2023). 또한 후쿠시마 방사능 누출사고와 관련해서는 사회적 위기 상황에서 불안과 분노를 자극하는 메시지가 온라인 상에서 어떻게 확산되는가를 비교했다. 분석 결과, 분노를 표현한 메시지는 불안을 표현하는 메시지보다 더 많은 사람들에게 꼬리에 꼬리는 무는 방식으로 퍼졌다. 후속 설문조사는 후쿠시마 방사능 누출사고에 대해 분노를 느끼는 사람들은 분노 뿐만 아니라, 불안 및 다른 부정적 감정을 자극하는 메시지들도 적극적으로 공유하려는 특징을 보였는데, 이는 분노가 불안보다 더 강력하게 정보 공유를 추동할 수 있음을 보여주는 희소한 분석결과 중 하나다(Han et al., 2023).

연구성과

[논문 1] Han, J., & Lee, E-J. (2023). Partisan polarization or mainstreaming? How news exposure affects perceptions of the pandemic and susceptibility to COVID-19 misinformation. *Science Communication*. 45(3), 367-401.

[논문 2] Han, J., Lee, S., & Cha, M. (2023). The secret to successful evocative messages: Anger takes the lead in information sharing over anxiety. *Communication Monographs*. 90(4), 545-565.

[언론] 한지영 (2023). 과학저널리즘으로 본 가짜뉴스와 언론의 역할. *관훈저널* 168호.

15

도시·환경·에너지

기후변화와 도시 트랜스포메이션: 재생 에너지, 기후 위험, 젠트리피케이션 간의 메커니즘 규명

 문술미래전략대학원

 김승겸

 <https://sites.google.com/view/skim-lab/home>

본 연구는 글로벌 재생 에너지 전환 트렌드와 기후변화가 주거 이동성 및 도시 트랜스포메이션에 미치는 영향을 분석하였다. 첫 번째 연구는 30년간의 전 세계 재생 에너지 전환율과 기후 취약성 간의 상호작용을 규명하여, 기존 재생 에너지 정책이 기후 불평등을 악화시키고 공간적 불평등을 촉진할 수 있음을 밝혀냈다. 두 번째 연구는 미국의 해안 도시들을 대상으로 기후위험으로 인한 주거 이동성 패턴을 분석하여 기후 젠트리피케이션을 유발하는 인구 통계학적 변화를 분석하였다. 연구 결과는 기후위험으로 인한 이주가 기후위험이 상대적으로 낮은 지역에서 인구 통계학적 변화를 야기하면서 기후 젠트리피케이션을 유발한다는 것을 규명하였다. 이 연구들은 기후변화 대응 정책 및 전략 개발에 있어 사회적, 환경적 불평등을 고려하고, 기후변화와 주택시장, 에너지 정책 간의 역할을 체계화함으로써 미래 도시의 지속가능성 향상에 기여한다.

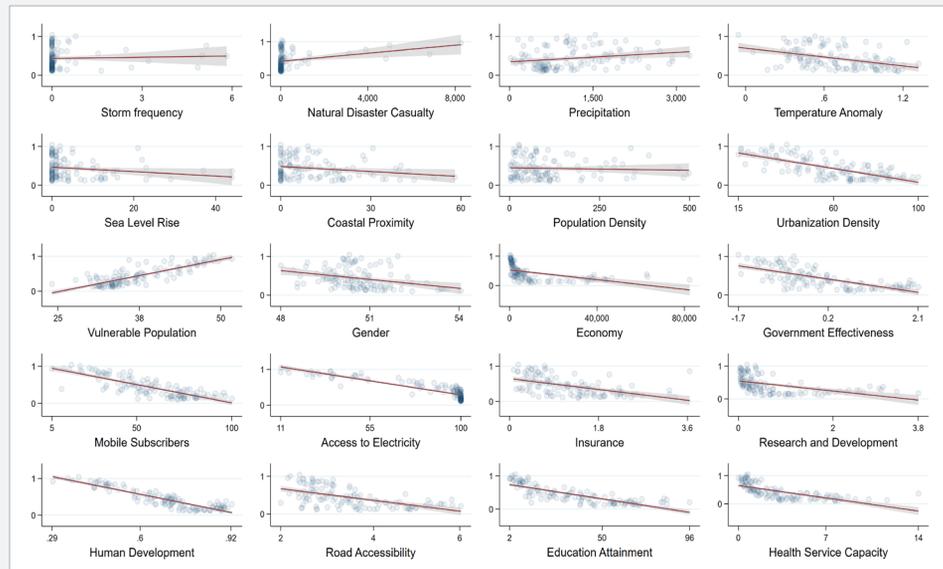


그림 1. 기후영향-취약성 격차와 지표간 상관관계

연구성과

[논문 1] Kim, S. K. & Park, S. (2023). How does exposure to climate risk contribute to gentrification? *Cities*, 137, 104321, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104321>

* This research is highlighted by Nature Climate Change (Unequal transformations), <https://www.nature.com/articles/s41558-023-01672-x>

[논문 2] Kim, S. K. & Park, S. (2022). Impacts of renewable energy on climate vulnerability: A global perspective for energy transition in a climate adaptation framework. *Science of the Total Environment*, 859, 160175, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160175>

16

도시·환경·
에너지그린수소 생산에 탁월한
전해질 신소재 개발

기계공학과

이강택, 유형민,
정인철, 장승수,
김도엽, 임하니,
이찬우,
Eric D. Wachsman<http://www.ktlee.kaist.ac.kr>

양방향 고체 산화물 연료전지(SOC)는 탄소 배출 없이 그린수소 및 친환경 전력 생산이 가능한 기술로서 화석연료 고갈과 기후변화에 대응하기 위해 활발히 연구되고 있다. 그러나 SOC의 높은 작동 온도로 인해 상용화에 어려움이 있으며 구동온도를 낮추는 것이 필수적이지만 중저온에서는 전극과 전해질의 활성도가 낮아지는 문제가 있다. 이를 위해 낮은 온도에서도 높은 성능 및 안정성을 갖는 소재가 요구되나 신소재 개발에 어려움을 겪고 있는 실정이다. 본 연구에서는 비스무트 산화물 (Bi_2O_3) 소재에 등가 및 이가 양이온을 동시에 도핑하는 전략을 사용하여 중저온에서 안정하면서도 높은 전도도를 갖는 전해질 신소재를 개발했다. 이 신소재는 기존 Zirconia 기반 소재 대비 600°C 에서 140배 이상 높은 전도도를 나타내었고, 1000시간 이상 안정한 성능을 유지하였다. 개발된 신소재는 SOC에 적용되어 중저온 영역대에서 기존 소재를 사용한 SOC 대비 2배 이상 높은 그린수소 및 전력 생산 능력을 보여주었으며, 안정적인 성능을 400시간 이상 유지하며 SOC의 성능을 대폭 향상시키는 효과가 확인되었다. 본 연구를 통해 중저온에서 고성능 및 안정성을 갖춘 SOC 개발에 대한 연구가 가속화 될 것으로 보이며, 탄소중립 사회를 실현 하는데 기여할 수 있는 고성능 차세대 에너지 변환기술의 발전에 도움이 될 것으로 기대된다.

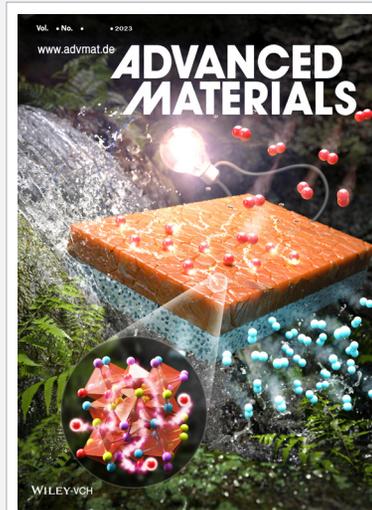


그림 1. Advanced Materials Cover image

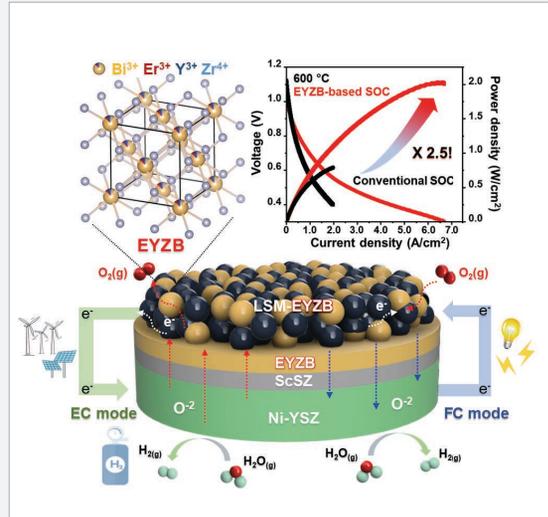


그림 2. 전해질 신소재 적용 SOC 구동 모식도

연구성과

[논문] K. T. Lee et al. "Lowering the Temperature of Solid Oxide Electrochemical Cells Using Triple-Doped Bismuth Oxides." *Advanced Materials* (2023): 2306205. [Impact Factor = 29.4]

[언론] YTN 사이언스 포함 논문 관련 언론보도 10회 이상

17

도시·환경·에너지

연료전지 백금 대체용 비(非)귀금속 촉매 개발

신소재공학과

조은애, 노정환, 권용근

<http://ecsm-kaist.net>

- 연료전지 백금 촉매 대비 약 100 ~ 1,000배 저렴한 비(非)귀금속 촉매 소재 개발
 - 철-질소-탄소-인 촉매 소재를 활용한 연료전지 비백금 전극 (최고 출력밀도 0.59 W/cm²)
 - : 연료전지 내 백금 전극 (출력밀도 0.62 W/cm²)과 동등한 성능 구현
 - : 백금보다 약 1000배 저렴한 소재로 연료전지 전극에 적용한 가격 저감 효과
 - 니켈-몰리브데넘 촉매 소재를 활용한 연료전지 비백금 전극 (수소산화반응 0.96 mA/cm²)
 - : 연료전지 수소산화반응 백금 촉매 (수소산화반응 0.52 mA/cm²) 대비 약 2배 우수한 성능 구현
 - : 백금보다 약 100배 저렴한 소재로 연료전지 전극에 적용한 가격 저감 효과

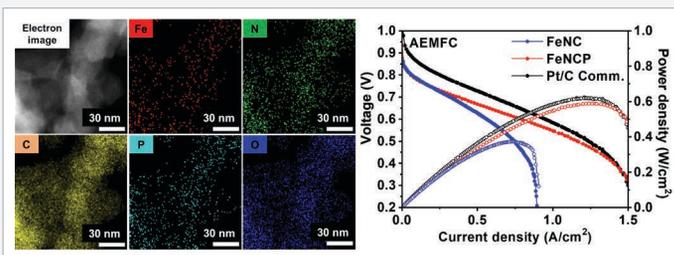


그림 1. 철-질소-탄소-인 촉매 및 연료전지 성능

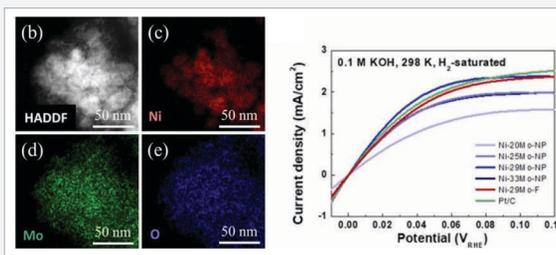


그림 2. 니켈-몰리브데넘 촉매 및 수소산화반응 성능



그림 3. 연료전지 비귀금속 촉매 개발 논문 성과 (보조 표지논문 선정)



그림 4. 연료전지 비귀금속 촉매 관련 특허증

연구성과

- [논문 1] ACS Catalysis (2023), 13, 9427 [Journal IF: 13.7] 보조 저널 커버 선정
- [논문 2] Applied Catalysis B: Environmental 332 (2023) 122740 [Journal IF: 24.3]
- [수상 1] 한국에너지기술연구원 에너지신산업 투자 일자리 박람회 우수연구 부문 (KETEP, 2023)
- [수상 2] 한국전기화학회 수소/연료전지 심포지엄 우수포스터발표상 (KIST, 2019)
- [특허 1] 대한민국 등록 특허 KR 10-2211841 : 이종원소가 도핑된 산소환원반응용 금속 단일원자 촉매 및 이의 제조방법
- [특허 2] 대한민국 등록 특허 KR 10-2010406 : 니켈-몰리브데넘 촉매, 이의 제조방법 및 이를 이용한 연료전지
- [기술이전] '이종원소가 도핑된 산소환원반응용 금속 단일원자 촉매 및 이의 제조방법' (2023) (주) LT메탈
- [홍보 1] YTN 사이언스 과학서터뷰 (2023. 08. 23)
- [홍보 2] 한국경제, 헤럴드경제, 월간수소경제, 충남일보, 부산일보 등 국내 주요 경제/과학 언론

18

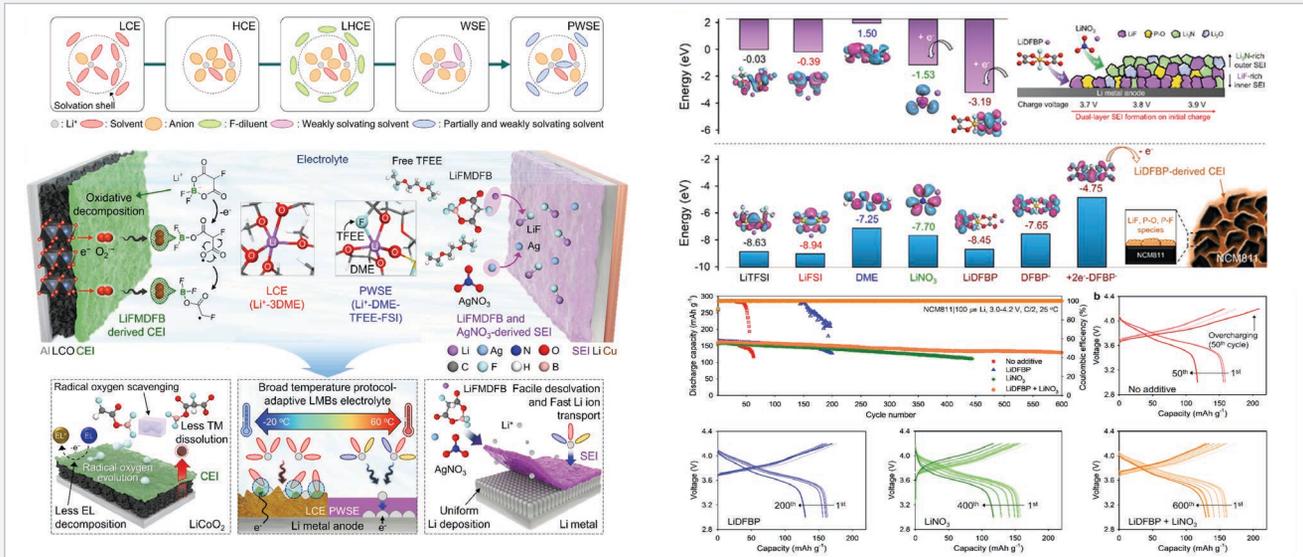
도시·환경·에너지

넓은 온도 범위에서 구동하는
리튬금속전지 전해액 개발
 생명화학공학과

 최남순, 김세훈, 이정아, 이태경, 백경은, 김주영, 김보근, 변정환, 이현욱, 강석주, 최지애, 이소영, 최문형, 이종현

 <https://surfchem.kaist.ac.kr>

솔베이션 구조는 전해액 내 리튬 양이온이 용매와 음이온에 의해 동심원 형태의 껍질을 형성하는 것을 말한다. 기존에 연구되고 있는 솔베이션 구조는 넓은 온도범위에서 리튬금속전지를 구동할 수 없어 전해액 개발에 걸림돌이 되어왔다. 본 연구에서는 솔베이션 구조 제어를 통해 영하 20도에서 영상 60도까지 안정적으로 작동되는 전해액 기술을 최초로 제시하였으며, 이를 응용하여 고에너지 리튬금속전지의 구동 온도범위를 넓히는데 성공하였다. 본 제안 기술은 넓은 온도범위에서 작동하는 전해액을 필요로 하는 이차전지 분야에 있어서 새로운 대안으로 대두될 것으로 기대된다.



연구성과

[논문 1] Energy & Environmental Science, 16, 5108–5122 (2023) [상위 1%이내, Impact Factor = 32.5]

[논문 2] Energy Storage Materials, 45, 1–13 (2022) [상위 5%이내, Impact Factor = 20.4].

[수상 1] 한국전기화학회 학생발표경진대회 우수상 (2023)

[수상 2] 한국전기화학회 우수포스터발표상 (2022)

[특허] 대한민국 등록특허 1023757140000

[홍보 1]에 대하여 전자신문, 연합뉴스 등 언론보도 40여 회

[홍보 2]에 대하여 YTN-사이언스 등 언론보도 6회

19

반도체· 디스플레이

거대언어모델 전과정 가속 가능한 LPU 반도체 세계 최초 개발

전기및전자공학부

김주영, 홍성민, 문승재,
김준수, 김정훈, 차준서

<http://castlab.kaist.ac.kr>

김주영 KAIST 전기및전자공학부 교수팀이 거대 언어 모델 추론 연산(LLM)을 효율적으로 가속하는 인공지능(AI) 반도체 개발에 성공했다. 개발 AI 반도체 ‘레이턴시 프로세싱 유닛(LPU)’은 메모리 대역폭 사용을 극대화하고, 추론에 필요한 모든 연산을 고속 수행 가능한 연산 엔진을 갖춘 AI 반도체다. 자체 네트워킹을 내장해 여러개 가속기로 확장이 용이하다. 이 LPU 기반 가속 어플라이언스 서버는 고성능 GPU인 엔비디아 A100 기반 슈퍼컴퓨터보다 성능은 최대 50%, 가격 대비 성능은 2.4배가량 높다. 데이터센터 고성능 GPU의 LLM 추론 비용 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대된다. 김주영 교수 연구팀은 해당 기술의 사업화를 위해 (주)하이퍼엑셀을 2023년 1월 창업하여, 현재 4nm 첨단 반도체 공정을 이용하여 LPU 칩을 개발하고 있다.

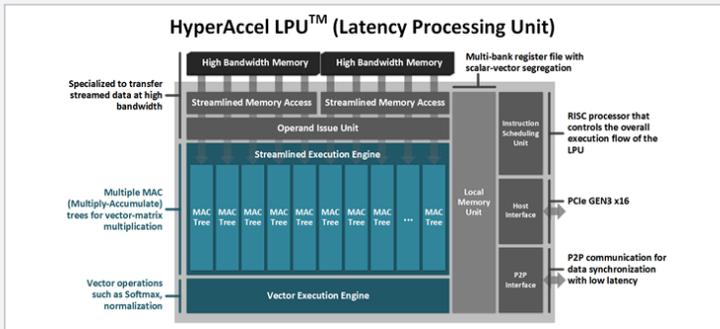


그림 1. 연구팀이 개발한 LPU의 구조 개요



그림 3. DAC 학회에서 문승재(박사과정)가 수상하는 모습

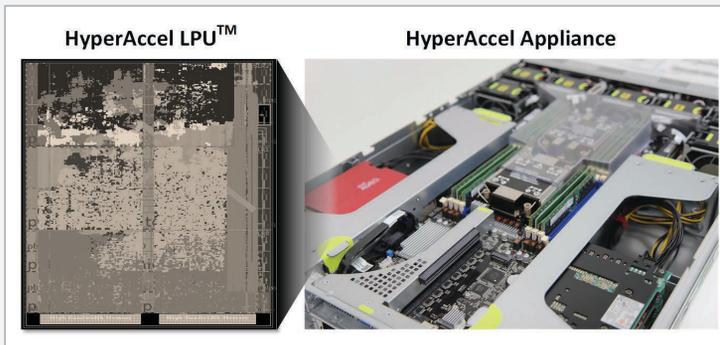


그림 2. 연구팀이 개발한 LPU와 가속 어플라이언스

연구성과

- [논문 1] S. Hong et al., “DFX: A Low-latency Multi-FPGA Appliance for Accelerating Transformer-based Text Generation,” IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture (MICRO), Oct. 202
- [논문 2] S. Moon et al., “HyperAccel LPU: Accelerating Hyperscale Models for Generative AI,” IEEE Hot Chips Symposium (HCS), Aug. 2023
- [수상] S. Moon et al., “Latency Processing Unit (LPU) for Acceleration of Hyperscale AI Models,” IEEE/ACM Design Automation Conference (DAC), Jul. 2023, Engineering Track Best Presentation Award 수상

20

첨단소재·
부품

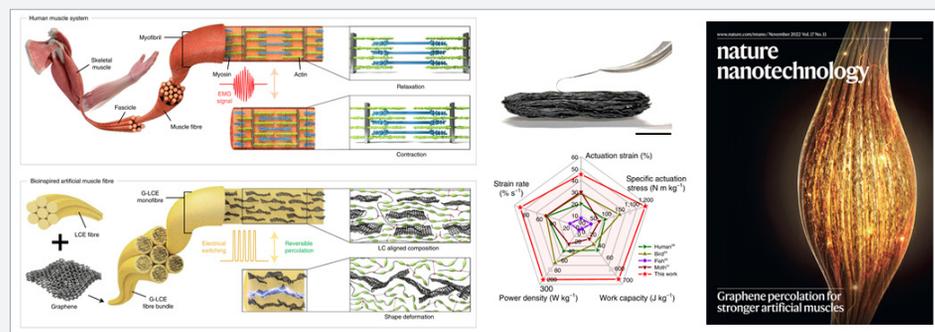
그래핀을 이용한 헤라클레스 인공근육 개발

신소재공학과

김상욱, 김인호, 김준태

<http://snml.kaist.ac.kr>

인공 근육은 외부 자극을 통해 구조변형이 가능한 특성을 가지는 스마트 소재로서 특히 최근 로봇틱스 기술의 대두와 함께 다양한 작동 원리를 기반으로 활발히 연구되고 있다. 하지만 기존 연구들은 한두 가지 근육 특성이 매우 우수한 경우는 많이 보고되어 왔으나 다양한 기계적 물성 측면에서 고르게 자연 근육을 뛰어넘기는 힘들다는 한계점을 가지고 있었다. 본 연구에서는 그래핀-열 감응형 고분자 복합소재를 분자구조가 잘 정렬된 액정 섬유 형태로 가공함으로써 레이저로 가역적인 원격 제어가 가능하면서도 매우 우수한 근육운동을 보이는 헤라클레스 인공근육을 구현하였다. 특히 인간 근육의 작업 수행능력(17배)과 출력밀도(6배)를 크게 증가하는 운동능력을 가졌을 뿐 아니라 섬유형태로 개발된 근육 소재를 1000개 이상까지 다발로 조직화하여 거시적으로 의미 있는 운동을 보이는 실용적인 인공 근육으로 작동하는데 성공하였다. 가장 중요한 점은 근육운동의 구조변형률, 변형 속도, 변형 응력 및 출력밀도 등 모든 중요한 성능 척도 측면에서 인간 근육이나 여타 대부분의 생체 근육의 성능을 크게 뛰어넘는 우수한 특성을 세계 최초로 구현하였다는 점이다. 이러한 장점 덕분에 인공관절이나 인공손, 인공곤충 등 생체 운동을 모사한 다양하고 복잡한 움직임들을 상대적으로 손쉽게 구현할 수 있다. 앞으로 인공근육 섬유의 대량생산과 생체근육과 유사한 형태의 조직화를 통해 노약자나 장애인을 위한 신체 보조장치나 미래형 소프트 로봇틱스, 우주와 심해 같은 극한 환경용 인간 보조장치 등 다양한 응용분야를 기대할 수 있다.



연구성과

[논문 1] I. H. Kim, S. Choi, J. E. Lee, J. Y. Jung, J. W. Yeo, J. T. Kim, S. H. Ryu, S. K. Ahn, J. H. Kang, P. Poulin and S. O. Kim, "Human-muscle-inspired single fibre actuator with reversible percolation", *Nature Nanotechnology*, 17, 1198-1205, 2022 (표지논문, 2022. 10. 27.)

[논문 2] I. H. Kim, S. O. Kim, "Muscle-like actuation realized with graphene-liquid crystalline elastomer composites", *Nature Nanotechnology*, 17, 1132-1133, 2022 (Research Briefing: 저널 해당호의 하이라이트 소개)

[특허] 자극감응성 복합섬유와 이의 제조방법 및 이를 포함하는 광열 액추에이터 시스템, KR, 10-2022-0032288

[언론] KBS2, MBC 포함 총 3회; MBC와 연합뉴스 보도 내용은 유튜브에서 각각 40만회, 50만회 이상 조회수 기록

[기타] 2023년 IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) Top 10 Emerging Technologies in Chemistry 기술 선정
2023년 과기정통부 국가연구개발 우수성과 100선 선정 (기계소재부문), 2023년 나노기술연구협의 10대 나노기술 선정

21

첨단소재·
부품

단일벽 탄소나노튜브로 인한 균일한 리튬 이온 충방전 영상화

신소재공학과

홍승범, 박 건

<http://mii.kaist.ac.kr>

실리콘이 함유된 고용량 복합음극 내 단일벽 미량의 탄소나노튜브가 충방전 시 400% 이상의 부피 팽창을 하면서 열화되는 전자전도 네트워크를 보호하는 과정을 전도성 원자간력 현미경으로 영상화하는 결과를 세계 최초로 얻었다. 이런 보호 작용으로 리튬 이온의 충방전이 일어날 때 실리콘 입자 내에 리튬이 균일하게 들어갔다 나오는 과정을 켈빈프루브 현미경을 활용하여 영상화하고, 단일벽 탄소나노튜브가 들어가 있지 않은 경우에 전자전도 네트워크가 깨지면서 동시에 실리콘 입자에 리튬 이온이 불균일하게 공급되어 배터리 성능이 열화됨을 직접적으로 보여주었다.

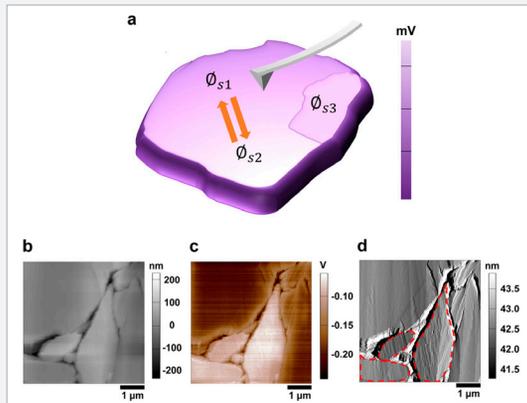


그림 1. (a) SiO 활물질의 표면전위를 측정하고 있는 켈빈 프루브 현미경(KPFM) 탐침의 도식화된 그림. (b-d) 초기 상태의 SiO/흑연 복합 음극의 형상 및 표면전위 영상.

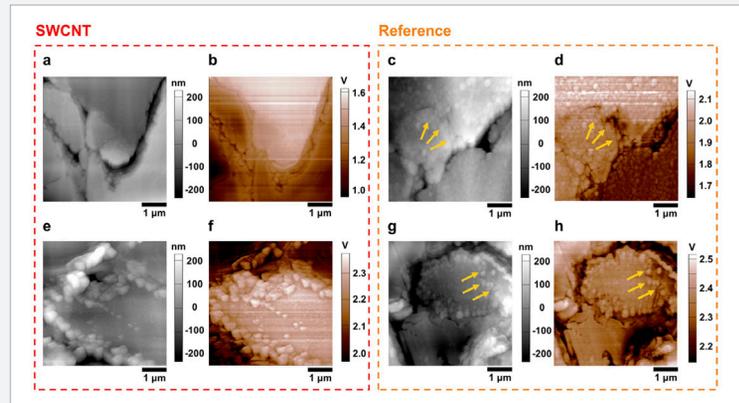


그림 2. 단일벽 탄소나노튜브가 첨가된 전극(SWCNT)과 첨가되지 않은 기준 전극(Reference) 간의 형상(a, c, e, g)과 표면전위(b, d, f, h) 영상 비교. 90회 충방전 사이클 후, (a, b, c, d) 방전 및 (e, f, g, h) 충전 상태를 보여줌.

연구성과

[논문 1] G. Park et al., "Spatially Uniform Lithiation Enabled by Single-Walled Carbon Nanotubes," ACS Energy Letters, 8, 3154-3160 (2023) [IF: 22]

[논문 2] G. Park et al., "Nanoscale Visualization of the Electron Conduction Channel in the SiO/Graphite Composite Anode," ACS Applied Materials and Interfaces, 14, 30639-30648 (2022) [IF: 9.5]

[홍보] 2건(카이스트 뉴스, 공대뉴스)

22

헬스·
바이오·뇌

희귀질환 환자맞춤형 치료가능 환자 발굴 및 치료제 개발을 위한 프레임워크

 의과학대학원

 김진국, 우시재

 <http://jinkukkim.org>

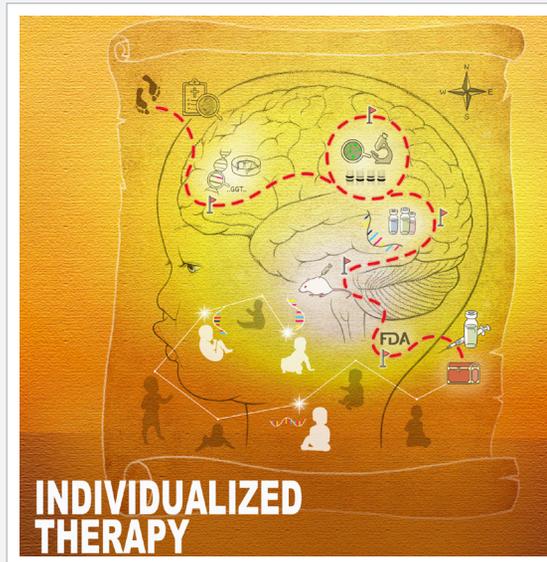


그림 1. 자료사진 (저널표지 후보 이미지, 미선정)

에 적합한지 평가하기 위해 predictive taxonomy를 개발하였으며, 9%와 6%의 개인들이 ASO 치료 적용 가능한 ‘probably’ 또는 ‘possibly’ 변이를 가지고 있다는 사실을 확인했다. 대부분의 치료 적용 가능한 변이들은 exon-targeted sequencing 방법으로 찾아낼 수 없는 deep intronic region에 있었습니다. 이렇게 찾은 두 변이들에 대해 A-T 환자세포에서 잘못된 splicing과 ATM 세포 신호 전달을 성공적으로 회복시킬 수 있는 ASO 약물들을 개발하였다. 이 중 하나의 ASO는 n-of-1 임상 연구를 통해서 출생 직후 A-T로 진단받은 환자를 치료하는데 실제로 적용되었고 안전성이 확인되었다. 이 연구는 splice-switching ASO를 이용한 치료 적용가능한 환자들을 체계적으로 발굴하고 치료제를 개발하기 위한 프레임워크를 제시한다.

Splice-switching antisense oligonucleotides(ASOs)는 유전적 질환을 가진 일부 환자들을 치료하는데 사용될 수 있지만, 이러한 환자들을 체계적으로 식별하는 것은 여전히 어려운 과제다. 본 연구에서는 심각하고 생명을 위협하는 희귀유전질환인 ataxia-telangiectasia(A-T)를 가진 209개 가족의 235명의 환자들을 대상으로 whole genome sequencing(WGS) 분석을 수행하여 거의 모든 환자들에 대해서 유전적 확진을 도출하였다. 우리는 각 환자들이 splice-switching ASO 치료

연구성과

[논문] Jinkuk Kim*§, Sijae Woo*, Claudio de Gusmao*, Boxun Zhao*, ..., Timothy W. Yu§, A framework for individualized splice-switching oligonucleotide therapy, Nature (2023)

[수상] 2023 Paper of the Year, Oligonucleotide Therapeutics Society

[홍보] 조선비즈 (2023-07-13), [사이언스샷] “희소질환자 10%는 맞춤형 치료 가능” 韓美 연구진 확인
연합뉴스 (2023-10-26), KAIST 의과학대학원 김진국 교수, ‘2023 올해의 논문상’

23

헬스·
바이오·뇌

원형탈모증 일으키는 새로운 면역 T 세포 발견

의과학대학원

박수형, 석준, 조성동,
이정수, 최윤서

<http://ltiv.kaist.ac.kr>

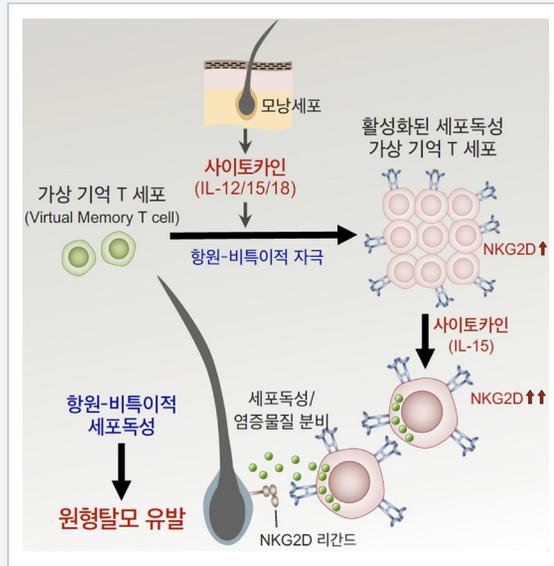


그림 1. 본 연구를 통해 새롭게 제시한 원형탈모증 유발 기전 모델

원형탈모는 1~2%의 유병률을 가진 비교적 흔한 질환으로, 면역세포 (CD8⁺ T세포)에 의한 자가면역반응으로 인해 발생한다고 알려져 있지만 그 정확한 발병 기전은 아직 명확히 밝혀지지 않았다. 연구팀은 가상 기억 CD8⁺ T 세포 (virtual memory CD8⁺ T cell)에서 유래한 새로운 면역세포군이 원형탈모의 주요 원인을 최초로 규명하였다. 가상 기억 T 세포는 외부항원의 자극이 없음에도 불구하고 기억 면역세포의 특성을 보이는 특이한 세포군으로, 이 세포군의 면역학적 특성을 포함하여 염증질환

발병과의 인과관계 전혀 보고되지 않았다. 연구팀은 가상기억 CD8⁺ T 세포가 피부에서 분비되는 사이토카인(IL-12, IL-15, IL-18) 자극을 통해 활성화가 되고, 높은 세포독성을 갖는 면역세포군 (CD44^{s-hi}CD49^{dlo} CD8⁺ T 세포)로 분화시키는 것을 발견하였고, 이 CD44^{s-hi}CD49^{dlo} CD8⁺ T 세포가 NKG2D 수용체를 통해 항원 비특이적인 세포독성을 일으켜 모낭세포를 파괴함으로써 원형탈모를 유발할 수 있음을 최초로 증명하였다. 또한, 연구팀은 사이토카인과 NKG2D 수용체의 기능을 억제함으로써 원형탈모의 발생을 거의 완벽하게 억제할 수 있음을 확인함으로써 새로운 치료법으로의 활용가능성을 제시하였다. 본 연구는 기존에 제시되어온 만성 염증질환의 발병 원인에 추가하여, 인간에게 염증질환을 일으키는 새로운 발병기전을 제시하여 만성 염증질환의 병태생리를 더 깊이 이해하는 데 중요한 기여를 할 것이며, 자가면역질환과 만성 염증질환 치료를 위한 후보 물질 개발에 근본적인 이론적 토대를 마련했다는 점에서 의미가 큰 연구이다.

연구성과

[논문] A virtual memory CD8⁺ T cell-originated subset causes alopecia areata through innate-like cytotoxicity. Nature Immunology 24(8), 1308-1317 (2023년 8월 발표).

* This study is highlighted in Nature Immunology 24(8), 1215-1216

[특허] NKG2D Ab 결합제제를 포함하는 만성 염증질환 치료용 조성물 및 병인 T세포의 바이오마커 (2023년 4월)

24

헬스·
바이오·뇌

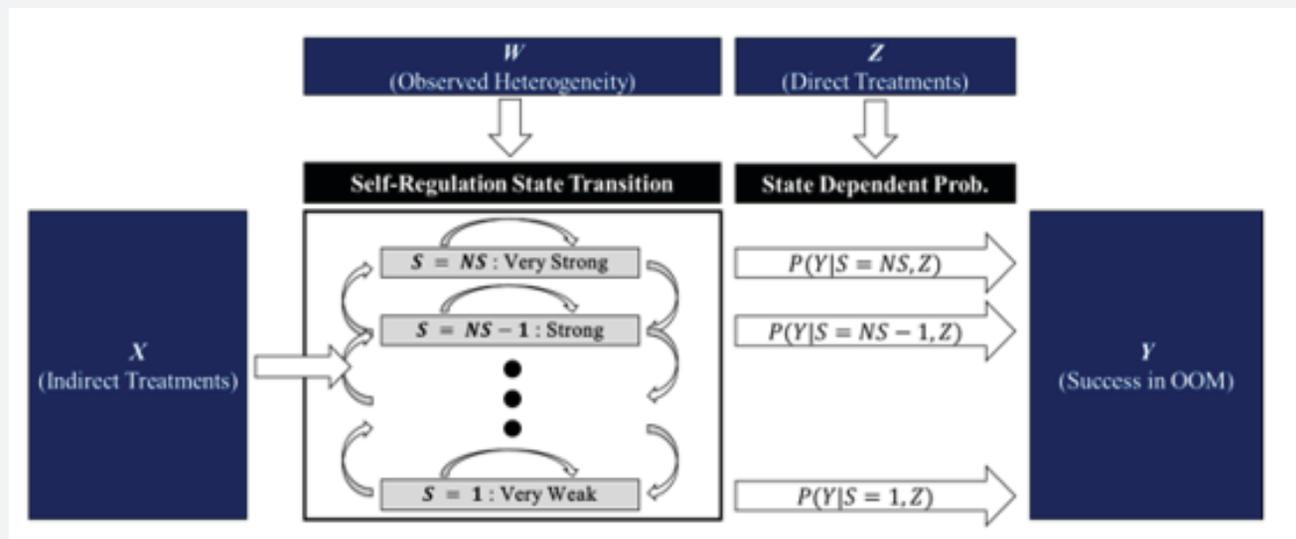
모바일과 오프라인의 상대적 비만 관리 효율성 비교: 자기절제와 외부전문가 도움 관점에서

 경영공학

 오원석

 www.business.kaist.ac.kr/faculty/ohws

인류는 오랜 기간 동안 비만과의 전쟁을 벌여왔다. 비만 관리와 치료는 미용의 목적뿐만 아니라 건강한 삶을 영위하는 데 중요한 요소이다. 최근 IT 기술과 데이터 분석의 급격한 발전으로 비만 관리와 치료에 혁신적인 변화가 일어나고 있다. 본 연구는 비만 치료에 있어서 모바일 앱을 통한 건강 관리와 오프라인 피트니스 전문가들의 트레이닝 (offline fitness training)을 비교하여 상대적 효율성을 검증하였다. 국내 유명 온라인/오프라인 통합 헬스케어 플랫폼이 개발한 앱을 기반으로 빅데이터를 활용하고 온라인/오프라인 채널의 효과를 비교 분석하였다. 주요 연구 결과는 단기 비만 관리 (short-term weight management)에 있어서는 온라인/오프라인 채널의 병행 사용이 가장 효과적인 결과를 나타냈다. 그러나 중장기적인 관리는 모바일 사용을 통한 관리가 특히 중요하며, 이는 비만 관리가 꾸준한 노력과 자기절제(self-regulation)를 필요로 하기 때문이다. 특히, 본 연구에서는 모바일 사용을 통한 개인 사용자들의 자기절제 의지력 변화를 은닉마코브 모델 (Hidden Markov Model)을 사용하여 분석하고 형상화하였다. 또한 본 연구를 통해 건강한 다이어트 (healthy diet) 를 어떻게 정의해야 하고 이를 계속 유지하기 위해서는 어떠한 육체적, 정신적 노력들이 필요한지 검증하였다.



연구성과

[논문] Kwon, H., Dewan, S. Oh, W. and Kim, K. "Self-Regulation and External Influence: The Relative Efficacy of Mobile Apps and Offline Channels for Personal Weight Management," Information Systems Research 34(1), 2023, pp.50-66

[기타] Senior Editor, Information Systems Research (Jan. 2019 - present)
2013. 1.1 부임 후 S급 저널 17편 게재

25

헬스·
바이오·뇌

합성 sRNA를 사용한 다양한 박테리아에서의 표적 유전자 억제 범용기술 개발

 생명화학공학과

 이상엽, 조재성, 양동수,
신디 프리시리아, 기파리,
한태희, 최경록, 문천우,
주항서, 류재용, 김현욱

 <http://mbel.kaist.ac.kr>

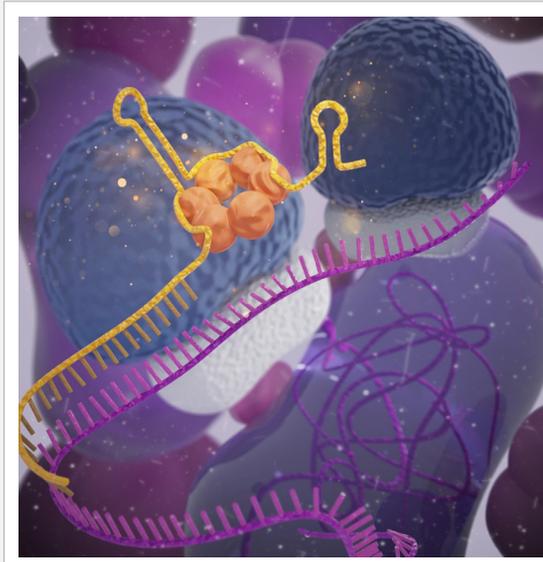


그림 1. 표적 mRNA에 결합하여 유전자 발현을 억제하는 sRNA

이하 BHR-sRNA'를 개발하였다. 또한 BHR-sRNA를 산업용 박테리아에 적용해 표적 물질을 고효율로 생산하고자 하였는데, 특히 폴리아마이드 고분자의 원재료인 발레로락탐(valerolactam), 포도향 첨가제인 메틸안트라닐산(methyl anthranilate), 그리고 청색 천연염료인 인디고이딘(indigoidine)을 최고 농도로 생산할 수 있었다. BHR-sRNA 플랫폼은 산업 및 의학적 관심 분야의 다양한 박테리아 엔지니어링을 가속화할 것으로 기대된다.

널리 사용되는 유전자 조작 도구 중 하나인 sRNA는 대장균에서 표적 유전자를 억제하기 위해 합성 조절하는 효과적인 도구이지만 그동안 대장균과 같은 그람 음성균 외에 산업적으로 유용한 고초균이나 코리네박테리움 같은 그람 양성균에서는 적용이 어려웠다. 이에 따라 본 연구진은 의료 및 산업 응용을 위해 공생균, 프로바이오틱스, 병원성 및 산업용 박테리아를 포함한 15종의 박테리아 중에서 표적 유전자를 효과적으로 억제 가능한 '광범위 미생물 적용 sRNA (Broad-Host-Range sRNA,

연구성과

[논문] Cho, Jae Sung, et al. "Targeted and high-throughput gene knockdown in diverse bacteria using synthetic sRNAs." *Nature Communications* 14.1 (2023): 2359.

[언론] 국내외 언론 보도 다수 (전자신문, 충청뉴스, 헤럴드경제, 이데일리, 뉴스웍스, e-의료정보, 뉴스1, 충남일보, 뉴데일리, 대전시티저널, 동아사이언스, 조선비즈, 메디컬투데이, 국제뉴스, 에너지경제, 헬로디디, Eurek Alert, Phys.org, Mirage news 포함 총 24회)

26

헬스·
바이오·뇌

핸드헬드 초고속 광열 분자진단시스템

 바이오및뇌공학과

 정기훈

 <http://biophotonics.kaist.ac.kr>

코로나 19 팬데믹 기간 동안 KAIST는 코로나19 대응 과학기술뉴딜사업의 대표성과 중 하나로서, 세계 최초로 현장진단용 초고속 실시간 분자진단(PCR) 시스템 개발을 성공했다. 상용 실시간 PCR 시스템은 장비의 크기, 고비용 및 긴 검사 시간과 같은 일부 기술적 문제로 임시검사소, 보건소, 1차 병원에서 활용이 제한적이었다. 본 연구에서는 초고속 플라즈모닉 열순환기, 일회용 플라스틱-금속 카트리지 및 초박형 마이크로렌즈 형광현미경의 핵심기술을 개발하고, 이를 탑재한 플라즈모닉 광열 분자진단기기 개발을 성공했다. 해당 광열 분자진단기기는 10분이내의 빠른 검사 시간, 높은 휴대성, 저비용 장비가격의 높은 경제성, 간단한 작동 및 실시간 분석을 제공하여, 공인기관의 임상시험을 통해 95% 이상의 임상 정확도를 실험적으로 확인하여 현장진단용 분자진단기기로서의 활용 가능성을 확보하였다.

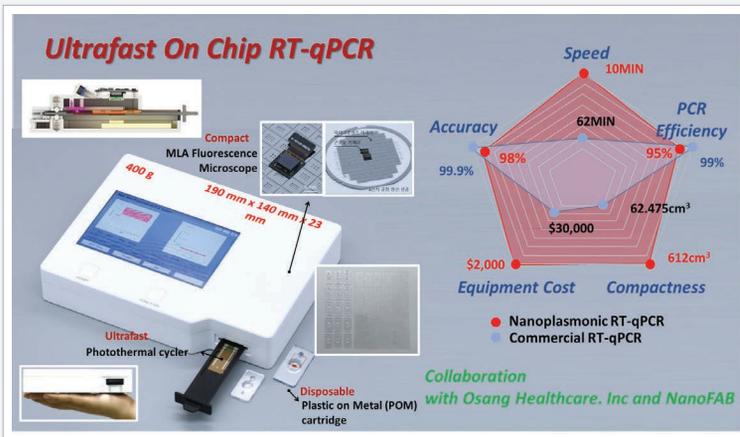


그림 1. 나노플라즈모닉구조의 광열(고효율 흡광을 통한 발열) 효과 이용한 플라즈모닉 열순환기, PCR 증폭을 위한 금속박막 랩온어칩을 가진 일회용 카트리지, 실시간 유전자증폭 형광신호를 모니터링하기 위한 곤충눈구조를 모사한 초소형 형광현미경의 핵심소자를 이용하여 개발된 플라즈모닉 분자진단용 PCR 기기는 10분이내의 검사시간, 최대 2천불이내의 낮은 비용의 장비가격, 손바닥크기의 높은 휴대성과 상용 PCR 장비와 유사한 99%이상의 PCR 검사정확도를 가짐.

연구성과

[논문 1] B.-H. Kang, K.-W. Jang, E.-S. Yu, H. Na, Y.-J. Lee, W.-Y. Ko, N.H. Bae, D. Rho, K.-H. Jeong*, "Ultrafast Plasmonic Nucleic Acid Amplification and Realtime Quantification for Decentralized Molecular Diagnostics", ACS Nano (2023)

[논문 2] B. -H. Kang, Y. Lee, E. -S. Yu, H. Na, M. Kang, H. Huh, and K. -H. Jeong*, "Ultrafast and Real-Time Nanoplasmonic On-Chip Polymerase Chain Reaction for Rapid and Quantitative Molecular Diagnostics", (link) ACS Nano (2021)

[특허] 현장진단용 초고속 PCR 장치관련 PCT/KR2019/006420 등 총 8 건 출원

[홍보] 조선일보, YTN 등 연구성과 언론홍보

[수상] 2022 MicroTAS CHMINAS Award, 2022 NanoKorea Silver Prize

[기술이전] 제품개발을 위한 (주)오상헬스케어에 통상 기술실시권 이전완료 (1억원/3년: 22~24년)

[대형과제수주] 학산연병(KAIST/오상헬스케어/나노종합기술원/삼성서울병원) 컨소시엄 구성 및 이를 통해 한국연구재단 나노커넥트연구사업 30억/3년 규모의 과제 수주 (총괄책임, 연구기간: 2022.07-2025.06)

[연구실창업] 핵심소자인 형광측정용 마이크로렌즈카메라의 연구실 창업 (주식회사 마이크로픽스, 장경원 대표-2023.02 KAIST 바이오및 뇌공학과 공학박사학위 수여)

27

헬스·
바이오·뇌

유전자가위와 약물로 동시에 암을 잡는 신약 개발



생명과학과

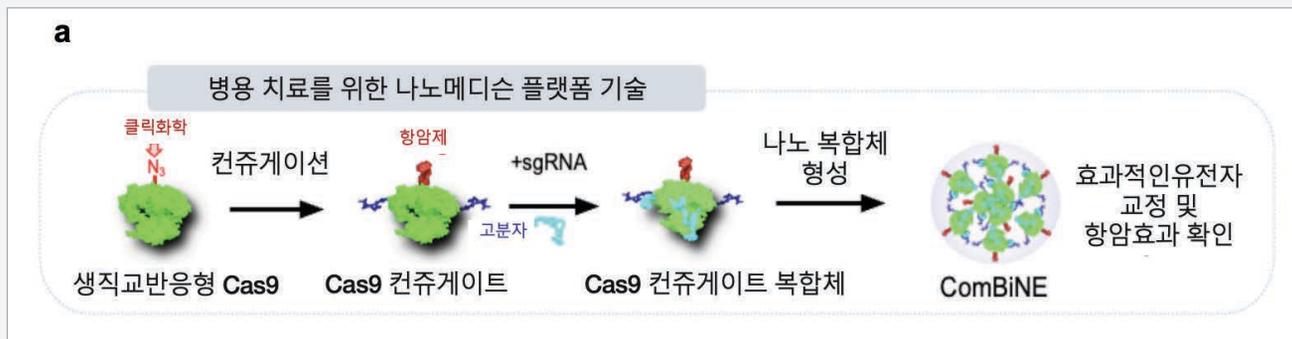


정현정, 박희성,
Marcel Beha, 김주찬,
임산해, 이주희



<http://nanomedicine.kaist.ac.kr>

연구자들은 체내에 크리스퍼(CRISPR) 단백질과 화학 약물을 동시에 전달하는 나노복합체를 만들어 암 치료에 큰 효능을 보였다. 본 연구는 심한 부작용과 반복 투여가 필요한 현재의 암 치료제의 문제점을 극복할 수 있는 방법으로, 크리스퍼 유전자 교정 도구인 Cas9 단백질에 클릭 화학 반응을 통해 항암 약물 및 고효율 전달체를 결합시켜 나노복합체인 ComBiNE (Combinatorial and bioorthogonal nano-editing complex)을 개발하였다. 본 연구팀은 ComBiNE을 유방암 세포와 동물 모델에서 기존 치료제보다 월등히 향상된 항암 효과를 나타냈다. 본 연구는 항암 치료를 위한 안전하고 효과적인 체내 유전자 교정 뿐만 아니라, 항암제 등 다양한 약물과의 병용 치료가 가능한 유망한 플랫폼으로 기대된다.



연구성과

[논문 1] M. J. Beha, J.-C. Kim, S. H. Im, Y. Kim, S. Yang, J. Lee, Y. R. Nam, H. Lee, H.-S. Park*, H. J. Chung*, Bioorthogonal CRISPR/Cas9-Drug Conjugate: A Combinatorial Nanomedicine Platform, *Advanced Science* 10, 2302253 (2023).

[논문 2] J. Lee, Y. K. Kang, E. Oh, J. Jeong, S. H. Im, D. K. Kim, H. Lee, S. G. Kim, K. Jung*, H. J. Chung*, Nano-Assembly of Chemically Tailored Cas9 Ribonucleoprotein for In Vivo Gene Editing and Cancer Immunotherapy, *Chemistry of Materials* 34, 547-561 (2022).

[특허] 미국, US 11,319,533, CRISPR nanocomplex for nonviral genome editing and method for preparing the same.

[특허] 호주, 2017390080, CRISPR nanocomplex for nonviral genome editing and method for preparing the same.

[언론] 대전MBC, 2023.08.07., “유전자가위-약물 결합” 항암 신약 개발

해럴드경제, 2023.08.03., ‘유전자 가위기술과 약물로 유방암 잡는 신약 개발’

28

헬스·
바이오·뇌

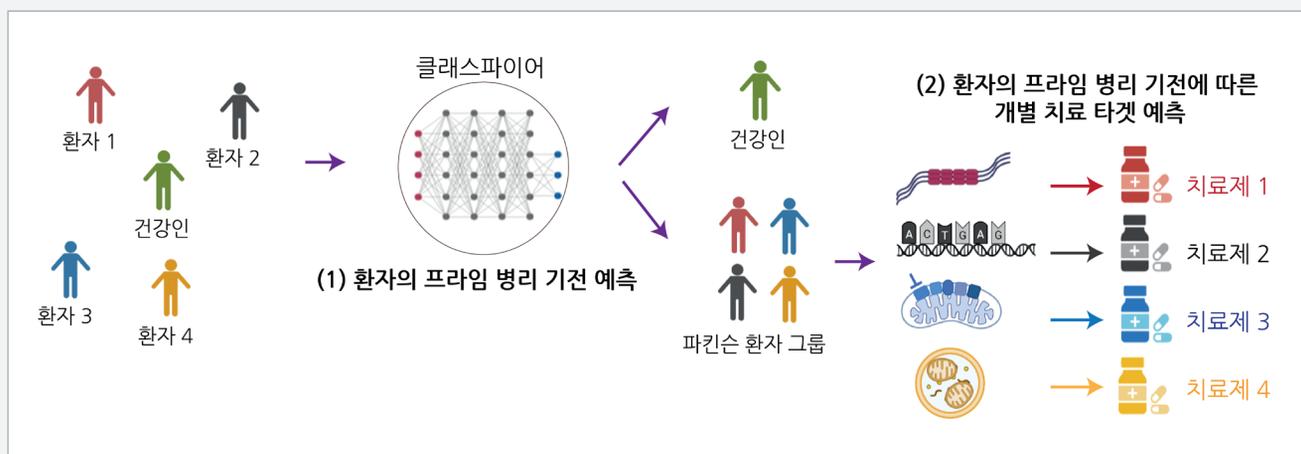
파킨슨병 환자 맞춤형 치료를 위한 인공지능 플랫폼 개발

 뇌인지과학과

 최민이, 장호중

 <https://minechoilab.kaist.ac.kr>

영국 프랜시스 크릭 연구소 (Francis Crick Institute)와의 공동 연구로 파킨슨 환자의 개인별 질병 하위 유형을 예측하는 인공지능 기반의 플랫폼을 개발했다. 파킨슨 환자 유래 역분화 줄기 세포 (hiPSC)에서 분화된 신경 세포의 핵, 미토콘드리아, 리소좀 이미지 정보만 학습시켜 파킨슨 환자의 병리적 하위 유형을 정확하게 예측할 수 있다. 이 기술을 활용하면 환자별로 다르게 나타나는 파킨슨 양상을 겉으로 보이는 발현형이 아닌 생물학적 메커니즘 별로 분류할 수 있다. 이를 통해 원인 미상의 파킨슨 환자가 속한 분자 세포적 하위 유형별로 진단이 가능해져 환자 맞춤형 치료의 길을 열 수 있다. 또한, 이 플랫폼은 고속의 대량 스크리닝 시스템을 사용하기 때문에 병리적 하위 유형에 적합한 맞춤형 약물 개발 파이프라인으로도 활용될 수 있다.



연구성과

[논문] Prediction of Mechanistic subtypes of Parkinson's using patient-derived stem cell models" Nature Machine Intelligence, 5, 933-946 (2023) (IF: 25.8)

29

헬스·
바이오·뇌

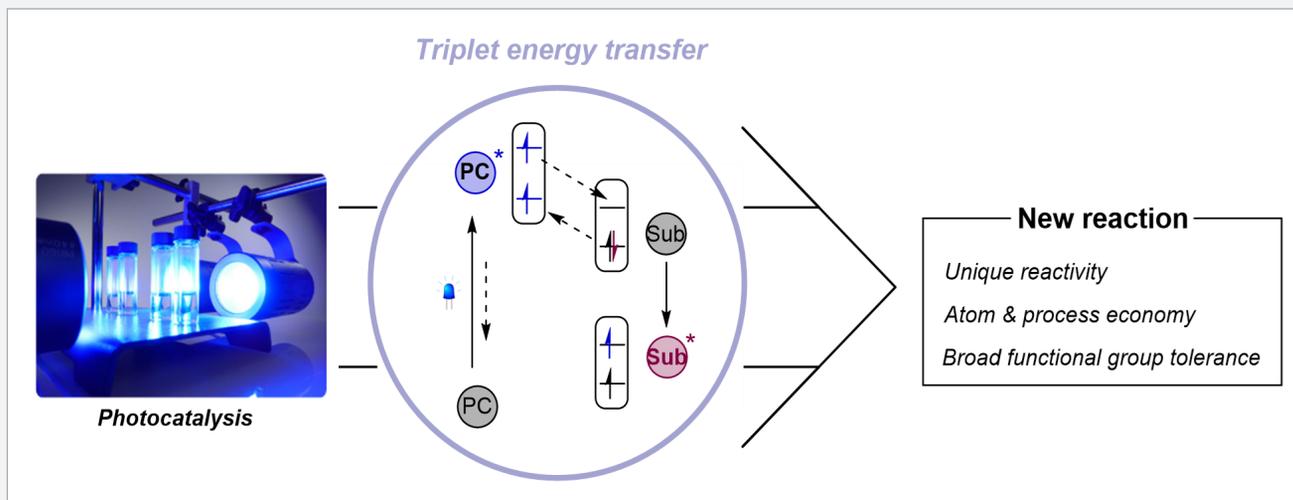
빛에너지 전달을 활용한 의약품의 주요 골격의 합성법 개발

 화학과

 홍승우, 이우석, 구예진

 <http://ddnpslab.kaist.ac.kr>

환경 오염을 유발하는 부산물이나, 높은 에너지가 필요한 고온 공정 없이 빛의 에너지 전달 화학 반응을 이용하여 의약품의 주요 골격인 피리딘과 락탐을 하나의 화합물에 도입하는 합성법을 최초로 개발했다. 피리딘 골격에서 삼중항 디라디칼 형성은 이전에 발견되지 못했는데, 에너지 전달 기작을 활용하여 전자가 부족한 피리딘에 아미드 그룹을 부착, N-N 피리디늄 염의 디라디칼 형성을 성공적으로 예측하고 구현했다. 유기촉매와 광촉매를 활용해 환경 친화적인 반응을 성공적으로 개발하고, 헤테로고리 화합물의 특정 위치에서 거울상 선택적 합성을 성공적으로 수행했다. 또한, 가시광선을 활용하여 자연계에서 풍부하게 존재하는 피드스톡 알케인을 출발물질로 이용하여 특정 위치에 기능화하는 유기합성법을 개발하였다.



연구성과

[논문 1] Lee, W.; Koo, Y.; Jung, H.; Chang, S.; Hong, S.* *Nature Chem.* 2023, 15, 1091.

[논문 2] Kim, J.; Kim, M.; Jeong, J.; Hong, S.* *J. Am. Chem. Soc.* 2023, 145, 14510.



KAIST
Annual R&D Report

KAIST