

AI for Science를 위한 과학기술 AI 에이전트 기술 동향

2025. 9

한국과학기술정보연구원
초거대AI연구센터

제1장 서론 1

제 1 절 과학기술 AI 에이전트의 배경	1
1. 과학기술 특화 AI 에이전트의 정의	1
2. 기존 AI 에이전트와의 차이점	2
3. 과학기술 AI 에이전트의 특성	4
제 2 절 과학기술 AI 에이전트의 필요성	10
1. 과학기술 연구에서 AI 에이전트의 필요성	10
2. 과학기술 연구에서 AI 에이전트의 역할	12
3. 변화하는 과학 연구 방식과 함께하는 AI 에이전트	14

제2장 연구 전 과정을 위한 과학기술 AI 에이전트 16

제 1 절 과학기술 연구 단계별 AI 에이전트의 역할	16
1. 과학적 문제 발견 및 탐구 주제 정의	16
2. 가설 설정 및 실험 설계 단계	18
3. 실행, 분석, 보고 단계	20
제 2 절 과학기술 AI 에이전트를 위한 요건	21
1. 과학기술 데이터 자원	22
2. 모델 지능 역량의 강화	25
3. AI 에이전트 활용 환경의 마련	38

제3장 과학기술 연구에서의 AI 에이전트 활용과 확산 41

제 1 절 과학 연구 지원형 에이전트의 활용	41
--------------------------------	----

1. 과학기술 연구 환경에서 AI 에이전트의 도입	41
2. AI 에이전트와 연구자의 협업 향상에 따른 기대 효과	59
제 2 절 과학기술 연구 지원형 AI 에이전트 확산	62
1. 기관·산업별 맞춤형 확산 전략	62
2. 데이터·모델·플랫폼 자원의 융합	63
제 3 절 AI 에이전트 기반 연구 생태계 구축을 위한 향후 과제	65
1. 과학기술 특화 AI 에이전트 생태계 조성	65
2. 국가 연구 정보(데이터) 플랫폼의 통합	66

제4장 미래 전망 및 정책 제언 70

제 1 절 AI 에이전트 기술의 미래 진화 방향	70
1. 기술 진화의 주요 방향	70
2. 연구·산업 적용에서의 변화와 전략적 과제	72
제 2 절 소버린 AI와 국가 기술주권 확보 전략	75
1. 글로벌 소버린 AI 추진 동향	75
2. 한국의 소버린 AI 추진 동향	78
제 3 절 기관·산업·학계의 삼각 협력 추진 전략	83
1. 기관·산업·학계의 역할 구분과 상호 협력	83
2. 과학기술 AI 에이전트 협력 기반 정착을 위한 제도	85

제5장 결론 및 향후 연구 방향 87

제 1 절 보고서 요약 및 핵심 주요 관점	87
1. 과학기술 연구 환경의 전환	87
2. AI 에이전트 기반 연구 생태계의 확산과 전략적 대응	89
제 2 절 에이전트 기반 과학기술 연구의 확산을 위한 제언	70
1. 과학기술 연구 중심의 개방형 에이전트 생태계	91
2. 기술 자립성과 지능화 수준을 위한 도약	93

CONTENTS

그림목차

그림 1 과학기술 연구를 위한 연구자 AI 개발 체계	2
그림 2 AI for Science 개발 단계 및 기대효과	7
그림 3 AI 에이전트 진화 및 최적화 기법에 대한 시각적 분류 체계	8
그림 4 AI 기반으로 연구 패러다임의 전환	11
그림 5 연구자 AI 에이전트 기술 구성도	13
그림 6 국내의 논문 및 문헌 제공 서비스(ScienceON, RISS, KCI, DBpia)	17
그림 7 신약 연구 분야에서의 AI 기반 실험 개요도	19
그림 8 Copilot for Testing의 시퀀스 다이어그램	20
그림 9 실험, 분석, 보고 각 단계를 지원하는 서비스(AccessON, SCI Space, Gamma AI, Claude Code)	21
그림 10 KISTI 제공의 과학기술 데이터 제공 인프라 서비스(AccessON, ScienceON, DataON, AIDA)	23
그림 11 과학기술 분야 학습데이터 자동화 생성 시스템	24
그림 12 멀티모달 에이전트 흐름도	26
그림 13 Cross-modal 컨셉	28
그림 14 MS AutoGen 생태계	29
그림 15 GAIA 벤치마크에서 복잡한 작업을 완료하는 Magnetic-One 다중 에이전트	29
그림 16 MS Magnetic-One 워크플로우	30
그림 17 LG 엑사원 4.0 43B 추론 모델 성능 결과	32
그림 18 네이버 'HyperCLOVA X THINK' 모델 성능 요약	34
그림 19 한국어 중심 벤치마크를 통한 언어 모델의 성능 비교	34
그림 20 카카오 i 시스템 아키텍처	35
그림 21 카카오 i 플랫폼 구성 요소	36
그림 22 SKT AI 에이전트 '에스터'	37
그림 23 AIDE 플랫폼	40
그림 24 인공지능 시대의 다양한 과학 연구 방법 및 분야	42
그림 25 Sakana의 The AI Scientist 시스템 개요도	44
그림 26 AI-native 자율형 실험실 AutoDNA 시스템	45

그림 27 Bekeley 대학에서 개발한 Autonomous Lab 시스템 개요도	46
그림 28 CMU대학에서 개발한 Coscientist	47
그림 29 ChemCrwo 에이전트 구성	48
그림 30 Robin 시스템 통합 워크플로우	49
그림 31 AI co-scientist 시스템	50
그림 32 ORGANA 시스템	51
그림 33 MindScience 아키텍처	52
그림 34 Google 딥마인드의 프로젝트 아스트라	54
그림 35 OpenAI의 오퍼레이터 작동 방식	55
그림 36 Anthropic의 멀티 에이전트 아키텍처	56
그림 37 ChatEXAONE의 4가지 주요 기능과 6가지 핵심 역량	57
그림 38 LG Exaone Deep과 Naver HyperCLOVA X	58
그림 39 멀티에이전트 오케스트레이션 프레임워크	60
그림 40 AI 에이전트 실험실 워크플로우	61
그림 41 MCP 구조도	66
그림 42 KISTI의 과학기술 문헌 정보 제공 플랫폼과 RAG와의 결합 시스템	67
그림 43 KISTI AI for Science AI 에이전트	68
그림 44 멀티에이전트의 다양한 예시와 시스템 아키텍처	70
그림 45 인공지능 모델의 진화 형태	71
그림 46 세계 각국의 소버린 AI	77
그림 47 글로벌 소버린 AI 정책 및 현황	78
그림 48 국가전략기술 10대 플래그십 프로젝트	79
그림 49 ‘국가대표 AI’에 선정된 5개 정예팀 참여 기업·대학	81

CONTENTS

표목차

표 1 기존 AI 시스템과 과학기술 특화 AI 에이전트의 역할 비교	3
표 2 과학기술 AI 에이전트의 진화 5단계	5
표 3 주요 기업 및 기관별 AI 에이전트	30
표 4 The AI Scientist 시스템 구조	43

제 1 절 과학기술 AI 에이전트의 배경

1. 과학기술 특화 AI 에이전트의 정의

□ 배경 및 정의

- 연구 전반에 걸쳐 자율적으로 사고하고 실행할 수 있는 지능형 AI 시스템
 - 단순한 정보 검색이나 문서 생성 기능을 넘어 연구 수행을 위한 종합적 이해를 바탕으로 추론 및 결과 생성에 이르는 과학적 탐구의 전 과정에 개입할 수 있는 에이전트 구조를 지향한다 [1-5].
 - 입력에만 반응하는 수동적 시스템이 아닌, 목표를 중심으로 판단하고 계획을 세우며 필요한 자원을 활용해 작업을 수행하는 능동적 AI로 정의할 수 있다.
 - 이러한 에이전트는 인간 연구자의 연구 목적 및 맥락을 이해하고, 실행 가능한 계획을 수립하고 이를 도구나 시스템과 연계하여 수행하며, 그 결과를 해석하고 개선하는 과정을 반복할 수 있는 구조를 가져야 한다.
 - 연구자의 직접적인 명령 없이도, 에이전트 스스로 필요한 정보나 실행 절차를 탐색하고 수행하는 자율적 판단 능력과 맥락 인식 능력이 핵심이다.

□ 과학기술 특화 AI 에이전트의 개념

- 단순 질의응답이나 텍스트 생성에 그치지 않음
 - 특정 목표를 중심으로 여러 단계를 유기적으로 연결하여 수행한다 [3-6].
- 과학적 지식에 기반한 종합적 인지·추론·실행 능력을 전제로 함
 - 과학기술 분야의 복잡한 문제를 분석하고 대응하기 위한 통합적 기능을 갖춘 시스템이다 [3-6].
- 과학자의 사고 흐름과 연구 맥락 이해
 - 능동적으로 문제 해결의 각 단계를 수행하며, 연구 과정 전반에 걸쳐 판단·

추론 · 실행 기능이 통합된 구조로 구성된다.



그림 1 과학기술 연구를 위한 연구자 AI 개발 체계

2. 기존 AI 에이전트와의 차이점

□ 재현성과 최적화를 지원하는 실험 설계 단계의 AI 에이전트

- 실험 설계의 핵심
 - 실험 설계는 기존 연구 데이터와 문헌을 토대로 변수와 조건을 구성하며, 재현성을 높이는 구조 마련이 핵심이다.
 - 이 과정에서는 전문 지식 기반의 논리적 추론, 변수 간 관계 설정, 실험 조건 구성, 검증 가능성 판단 등 복합적 사고와 반복적 설계 접근이 요구된다.
- 과학기술 분야의 설계 요구
 - 단순 변수 · 조건 나열을 넘어, 기존 연구 데이터와 문헌을 기반으로 잠재 위험 요소를 사전 식별해야 한다.
 - 실험 결과의 재현성을 극대화할 수 있는 구조 마련이 중요하다.
- AI 에이전트의 연구 수행 범위

- 선행연구 데이터 패턴을 분석해 최적 변수 범위를 제안한다.
- 예상 결과 분포를 시뮬레이션하여 설계안을 사전에 검증한다.
- 장비 사양, 환경 조건, 재료 특성 등 다중 요인을 통합적으로 고려해 설계 효율성을 높인다.
- 장비·환경 변수의 영향이 큰 분야에서 반복 실험을 빠르고 안정적으로 수행 하도록 지원한다.

□ 지식 기반 응답을 제공하는 과학기술 특화 추론

○ 과학기술 데이터 기반의 응답

- 기존의 생성형 AI 에이전트는 주로 범용 언어모델을 기반으로 사용자 입력에 따라 자연어 형태의 텍스트를 생성해내는 방식에 머물러 있었다. 주로 사전 학습된 데이터의 통계적 경향에 따라 응답을 구성하기 때문에, 실제 문헌의 근거를 정확히 참조하거나 출처를 명시하는 데에는 한계가 존재한다.
- 과학기술 특화 AI 에이전트는 논문, 특허, 보고서, 실험 데이터 등 고신뢰성 과학기술 문헌을 기반으로 정보를 추출하고, 그 결과를 응답에 포함시킬 수 있는 구조로 설계된다.

○ 논리적 연결과 추론 기반의 응답

- 과학기술 AI 에이전트는 실험 설계나 가설 검증과 같이 정확성과 근거 기반 해석이 중요한 작업에 있어서 에이전트가 실제 협력자로 기능할 수 있도록 만든다. 또한, 응답 결과물 내 인용 문헌 정보, 관련 논문의 수치·도표 연결 등이 자동으로 제공될 수 있어, 연구자의 검토 시간을 크게 단축시키는 효과가 있다.

□ 도구 연계와 시뮬레이션 자동화

○ 도구 연계로 인한 과학기술 연구 자동화

- 과학기술 연구는 실험 장비, 시뮬레이션 환경, 분석 소프트웨어 등 다양한 도구를 통합적으로 사용하는 복합 작업이 대부분이다.
- 과학기술 특화 AI 에이전트는 단일 응답 생성이 아닌, 외부 도구(API, 계산 모듈 등)와 연동되어 자동으로 계산을 수행하고 결과를 시각화하거나, 파라

미터를 조정하여 반복 시뮬레이션을 실행하는 기능을 수행한다.

표 1 기존 AI 시스템과 과학기술 특화 AI 에이전트의 역할 비교

구분	기존 AI 시스템	과학기술 특화 AI 에이전트
목표	질의 응답, 문서 생성	과학 문제 해결을 위한 지원
처리 방식	단발성 입·출력 중심	목표 지향과 지속적인 추론
지식 처리	사전 학습된 언어 지식 위주	실험/논문 기반 도메인 지식 연계
문제 접근 방식	사전 학습된 패턴과 규칙에 따른 반응	상황·맥락 분석 후 맞춤형 전략 수립
데이터 활용 범위	훈련 시점의 데이터	최신 실험데이터·논문·외부 지식베이스
결과 검증 및 개선	검증 절차 없음	근거 기반 결과 검증, 오류 기반의 피드백

3. 과학기술 AI 에이전트의 특성

□ 연구 흐름 전체를 지원하는 과학기술 AI 에이전트

- 문제 중심의 목표 지향

- 사용자의 목적과 연구 상황을 이해하고 문제 해결을 위한 계획 수립과 단계적 실행을 지원한다.
- 명확한 지시 없이도 문맥을 해석해 다음 작업을 스스로 판단·제안하는 ‘ 자율적 판단 구조’를 갖춘다.
- 멀티 스텝 추론 능력
 - 단일 정답 도출이 아닌, 정보 조합·관점 비교·가능성 검토를 포함하는 복잡한 사고 과정을 수행한다.
 - 다단계 추론 흐름을 따라가며 도구 활용과 외부 지식 호출을 통해 사고를 확장·정제한다.
- 실행과 외부 도구 연동
 - 계산, 시뮬레이션, 데이터 분석, 보고서 및 논문 작성 등 실제 실행 능력을 갖춘다.
 - 코드 실행, 계산 도구 호출, 문서·표 자동 작성 등 실질적 행동을 수행한다.
- 과학지식 기반 판단과 설명 가능성
 - 결과 생성 시 명확한 출처와 근거를 제시하고, 논리적 설명·참고문헌·도식화를 제공한다.
 - 연구자가 신뢰할 수 있는 근거 중심 응답을 생성한다.
- 연구 환경 통합성
 - 연구 전체 흐름을 이해하고 단계별 역할을 연결·지원하는 구조를 갖춘다.
 - 연구지원 시스템, 데이터베이스, 과제관리 시스템 등과 통합되어 현장 적용성을 확보한다.
- 협업 가능성과 적응 학습
 - 다양한 분야 전문가와의 협업에 유연하게 적응하고, 피드백을 학습해 맞춤형 연구자로 진화한다.
 - 다수의 에이전트가 협력·역할 분담하는 멀티 에이전트 구조로 확장 가능하다.
- 기술 발전은 다음과 같이 네 가지 주요 단계로 구분된다.

표 2 과학기술 AI 에이전트의 진화 5단계

진화 단계	기술적 특징
1단계 (과학 지식베이스)	<ul style="list-style-type: none"> 단순 정보 검색, 정형 질의 응답, 사전 정의된 반응 실행
2단계 (논리적 사고능력)	<ul style="list-style-type: none"> 가설 설정, 문헌 요약, 사용자의 목적 인식, 계획 수립
3단계 (과학적 실험 수행)	<ul style="list-style-type: none"> 시뮬레이션 호출, 도구 연동, API 활용 등 외부 도구와 연계된 실행
4단계 (연구자 통합 지원)	<ul style="list-style-type: none"> 데이터 분석 결과 시각화, 행정 업무 수행
5단계 (AI 과학자)	<ul style="list-style-type: none"> 실험 설계 · 수행 · 분석 전 과정 자율 실행

□ 개방형 사고와 실행 지능을 요구하는 과학적 탐구

○ 과학적 탐구의 특성

- 명확한 답이 정해지지 않은 상태에서 다양한 가설을 설정하고, 실험을 반복 하며, 다중 조건을 고려해 해석하는 개방형 사고 과정을 요구한다.

○ 실행 가능한 지능의 필요성

- AI는 단순 정답 제공 방식으로는 충분하지 않으며, 다단계 추론 · 실행 · 상황 반영 · 결과 개선의 전 과정을 통합하는 구조가 필요하다.
- 과학기술 연구자는 자동화 기능보다, 특정 목적에 따라 스스로 판단하고 필요한 도구를 능동적으로 활용하는 ‘실행 가능한 지능’을 갖춘 AI 동료 시스템을 필요로 한다.

○ 상호작용과 피드백의 필요성

- AI 동료 시스템은 연구자와 상호작용이 가능하고 연구과정에 대한 피드백을 줄 수 있어야 한다.

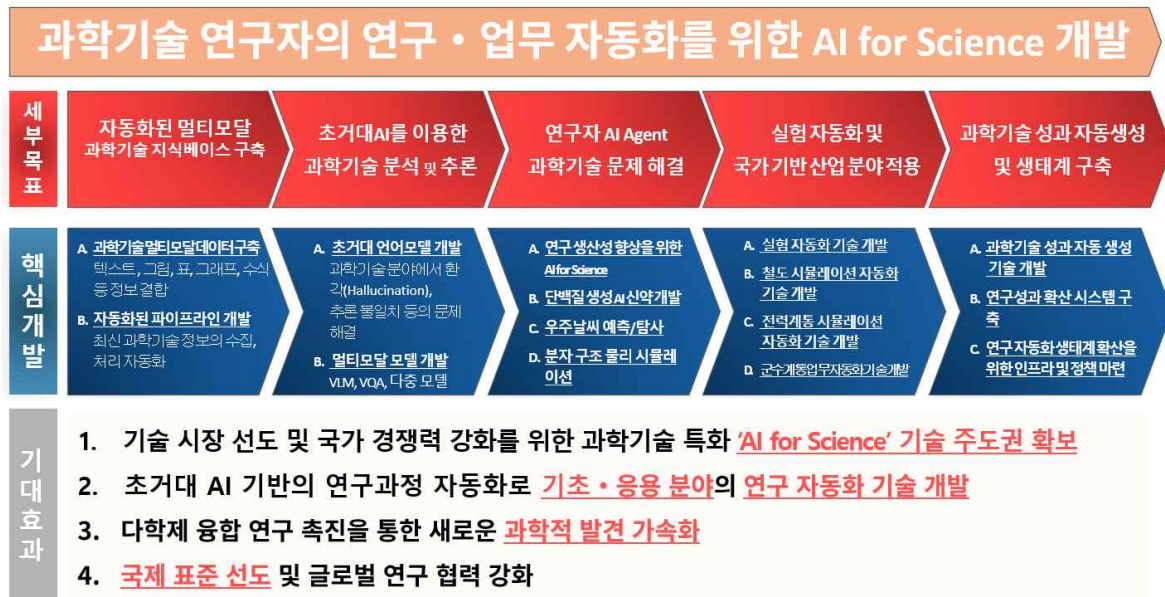


그림 2 AI for Science 개발 단계 및 기대효과

□ 데이터 활용과 자율 실행을 통한 과학기술 AI 에이전트의 진화

○ 발전 방향

- 과학기술 AI 에이전트는 데이터 수집 · 활용, 자율적 문제 해결, 실험 · 시뮬레이션 자동화를 통해 연구자의 사고와 실행력을 지원하는 연구 시스템으로 발전하고 있다.

○ 핵심 목표

- 최신 과학기술 정보를 효율적으로 수집 · 활용하는 자동화 파이프라인과 데이터 결합 구조 구축
- 환각(hallucination) · 불완전 추론 문제를 줄이는 초거대 언어모델과 멀티모달 모델 적용

- 복잡한 데이터 분석과 문제 해결을 자율적으로 수행하는 AI 에이전트 기술 구현
- 실험·시뮬레이션 자동화를 통한 국가 기반 산업 적용
- 연구 성과의 신속한 생성과 확산을 가능하게 하는 시스템 마련
- 복합형 시스템으로의 발전
 - 단순 생성형 AI 또는 범용형 어시스턴트를 넘어, 현실 세계의 도구와 연계되고 상황 판단에 따라 행동하며, 다중 목적을 조율하는 복합형 시스템으로 진화해야 한다.

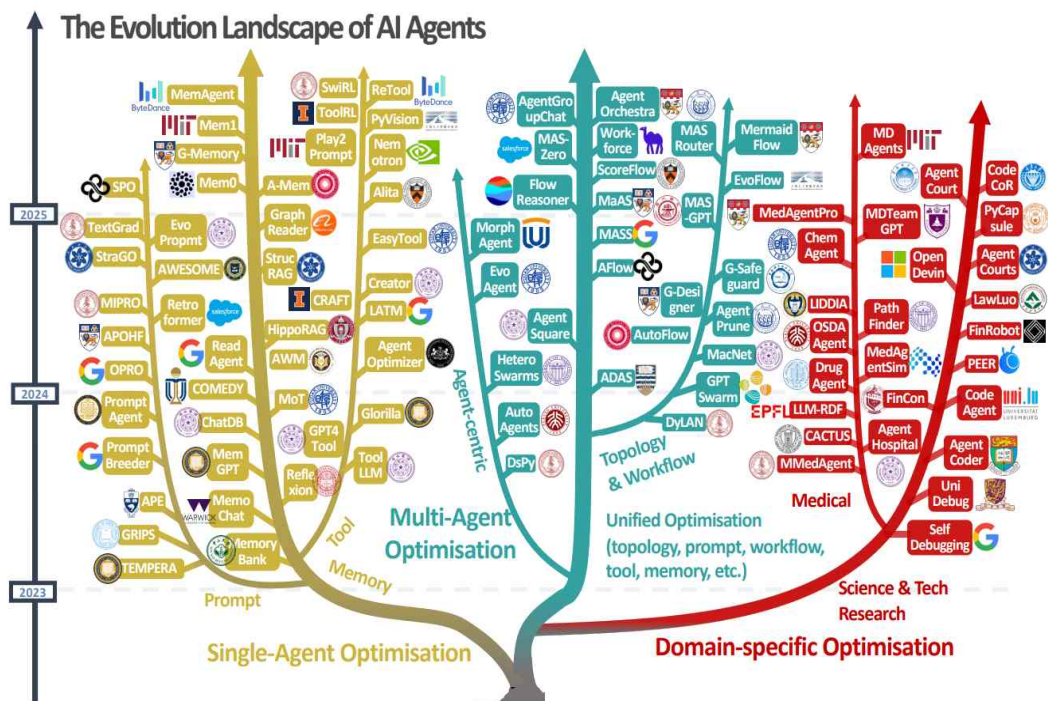


그림 3 AI 에이전트 진화 및 최적화 기법에 대한 시각적 분류 체계 [5]

- 미래형 연구 환경의 핵심 요소
 - 단순한 기술 스택 확장이 아닌, 과학자의 창의적 사고와 실험적 실행력을 보조하는 구조화된 지능 행위 시스템으로의 전환이 필요하다.
 - 단순 보조 기능을 넘어, 연구자의 사고 흐름을 구조화하고 다양한 실험 경로와 분석 옵션을 능동적으로 제안하는 ‘탐색형 연구 도구’로서의 기능을 수

행한다.

- 결과적으로 연구자는 반복적 작업에서 해방되어 고차원적 전략 수립과 창의적 문제 해결에 집중할 수 있는 환경을 확보하게 되며, 이러한 특성은 과학 기술 AI 에이전트를 미래형 연구 환경의 핵심 요소로 자리매김하게 한다.

제 2 절 과학기술 AI 에이전트의 필요성

1. 과학기술 연구에서 AI 에이전트의 필요성

□ 복잡성과 다단계화로 진화하는 현대 과학기술 연구

○ 연구 환경 변화

- 현대 과학기술 연구는 과거보다 훨씬 복잡하고 다단계적인 과정으로 발전하고 있다.
- 연구 데이터의 양과 복잡성이 폭발적으로 증가하며, 분석·해석 과정에서 고도의 집중력과 반복 작업이 요구된다.
- 필요한 정보, 도구, 협업 자원들이 다양화되고 다중 시스템에 분산되어 있어 일관된 흐름 유지가 어렵다.

□ AI 기반으로 전환되는 5세대 연구 패러다임

○ 패러다임 변화와 기대 효과

- 전 세계는 AI 기술을 활용한 연구 생산성 향상 기술 개발에 박차를 가하고 있다.
- 5세대 연구 패러다임에서는 AI 기술을 통해 연구와 문제 해결의 자동화를 기대한다.

○ 과학기술 분야의 특수성

- 단순 정보 조회나 텍스트 생성 이상의 전문성·신뢰성·정밀성이 요구된다.
- 연구자의 질문은 종종 구조화되지 않은 문제로 구성되며, 명확한 정답이 존재하지 않는 경우가 많다.
- 데이터 해석, 모델 설계, 가설 수립 등은 고도의 논리적 추론과 상황 맥락 해석이 필요하며, 기계적 도구만으로 대체하기 어려운 고난이도 지식 작업이 포함된다.

□ 범용 AI 시스템의 한계와 특화 에이전트 필요성

○ 기존 시스템의 한계

- 생성형 언어모델은 문장을 자연스럽게 생성할 수 있으나, 계획 수립·가설 검증·실험 설계·결과 분석 등 다단계 업무 흐름에 직접 개입하기 어렵다.
- 전통적 정보 시스템은 연구자의 목적과 맥락을 반영해 능동적으로 행동하지 못하며, 도구 연결·맞춤 실행 경로 제안 기능이 부족하다.

○ 과학기술 특화 AI 에이전트의 가치

- 실제 문제 해결 흐름에 능동적으로 개입할 수 있으며, 사용자의 목적 이해·문제 구조화·외부 지식·도구 연계를 통한 실행이 가능하다.
- 실험 조건 설정, 문헌 통합 분석, 시사점 도출, 보고서 작성 보조 등 ‘공동 연구자’로서의 역할을 수행한다.

□ 연구 생산성과 창의성을 높이는 핵심 기술로서의 AI 에이전트

○ AI 에이전트의 기여

- 시간 효율성, 반복 작업 자동화, 다중 시스템 연계 등 과제를 해결해 생산성과 창의성을 동시 향상시킨다.
- 복합 문제 해결, 도구 간 통합 실행, 고신뢰 정보 기반 판단, 협업 구조 구현을 가능하게 하는 연구 핵심 기술로 자리 잡고 있다.

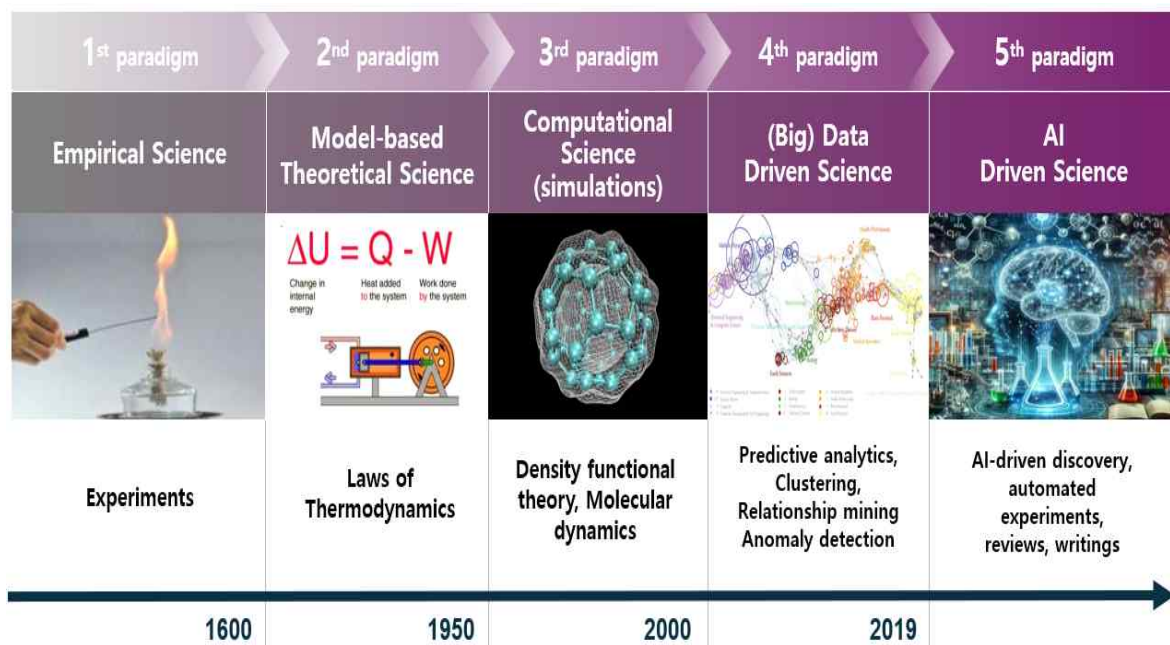


그림 4 AI 기반으로 연구 패러다임의 전환

2. 과학기술 연구에서 AI 에이전트의 역할

□ 데이터·자동화·협업 중심으로 진화하는 과학기술 연구 과정

- 연구 과정의 특성
 - 과학기술 연구는 문제 정의, 정보 수집, 가설 설정, 실험 설계, 분석, 검증, 보고 등의 연속된 과정을 포함하며, 각 단계마다 고유한 사고력과 전문 지식이 요구된다.
- 진화 방향과 지원 필요성
 - 연구 과정은 점차 데이터 중심, 자동화 중심, 협업 중심으로 변화하고 있다.
 - 기존 연구자가 수행하던 모든 역할을 지속 가능하고 확장 가능한 방식으로 분산·지원할 필요성이 커지고 있다.

□ 지식 기반 의사결정을 지원하는 AI 에이전트

- 새로운 연구자로서의 부상
 - AI 에이전트는 단순한 작업 자동화나 질의응답을 넘어, 연구자의 인지적 부담을 경감하고 지식 기반 의사결정을 지원하는 새로운 연구자로 인식된다.
 - 단순 도구가 아닌, 목표 기반으로 사고·탐색·판단·실행하는 자율적 구조(Agentic System)로 설계된다.
- 과학기술 분야의 특수 요구사항
 - 도메인 지식에 대한 이해와 적절한 통합 능력, 선행지식의 정리 및 해결할 문제의 발굴, 문제해결을 위한 연구방법의 설계 등
 - 증거 기반의 해석과 신뢰 가능한 추론 과정
 - 외부 도구(코딩 프로그램, 계산 시뮬레이션 도구, 문헌 DB)와의 유기적 연계
 - 반복적 실험 설계 및 분석 과정을 자동화하고, 변수 간 관계를 논리적으로 재구성하는 기능
 - 최신 연구 동향을 반영한 적시적 정보 업데이트와 연계된 판단 능력
 - 사용자 맞춤형 지원을 위한 연구자 스타일·선호도 학습 및 대응 능력

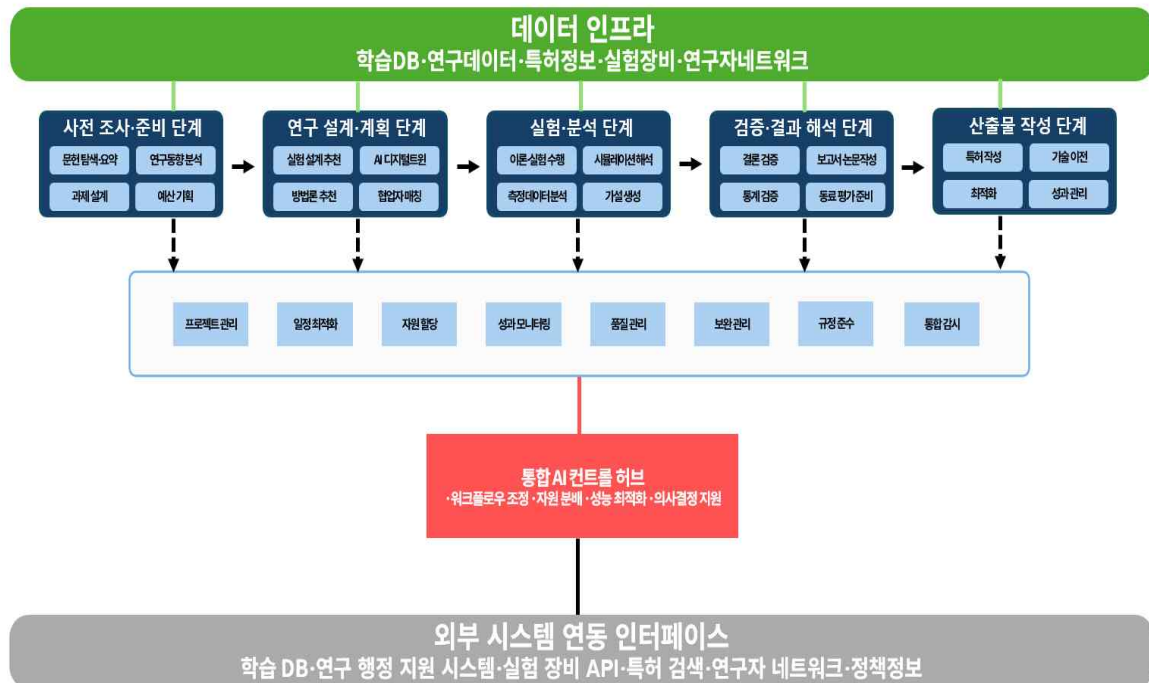


그림 5 연구자 AI 에이전트 기술 구성도

□ 연구 전 과정에서의 AI 에이전트 역할

- 문제 정의 및 정보 탐색
 - 초기 질의나 관심 주제에 대해 선행연구 분석, 관련 이론 비교, 공백 영역 탐색을 수행한다.
 - 수천 건의 문헌에서 주요 개념을 요약하고, 상관관계를 시각적으로 구조화해 제공한다.
 - 질의 목적에 따라 탐색 경로를 조정하거나 다양한 접근법을 제안한다.
- 가설 수립 및 실험 설계 지원
 - 기존 연구 데이터를 활용해 통계적 연관성을 분석하고 가설 생성을 보조한다.
 - 다양한 실험 조건을 시뮬레이션하거나 계산 도구를 연계해 타당성을 사전 검토한다.

- 실험 재현성과 측정 신뢰도를 사전에 예측한다.
- 분석 및 해석
 - 정량적 실험 결과나 관찰 데이터를 분석하고, 의미 있는 패턴·이상점을 탐지한다.
 - 다양한 분석 기법을 비교 적용해 최적의 해석 모델을 추천한다.
 - 통계적 검증과 과학적 논리 전개를 위한 근거 기반 해설을 생성한다.
- 문서화 및 연구 공유
 - 실험 과정과 결과를 체계적으로 정리하고, 보고서·논문 형식 초안을 자동 구성한다.
 - 문헌 인용, 결과 요약, 도표 작성 등 반복 업무를 효율화한다.
 - 학회지, 기관보고 등 사용 목적에 따른 정확한 형식으로 성과물을 생성한다.
- 공동 연구자로서의 가치
 - AI 에이전트는 단순한 보조를 넘어, 과학자의 고차원적 사고 과정을 대리 수행·촉진하는 역할을 한다.
 - 다양한 접근법을 병행 실험하거나 예상치 못한 시사점을 재해석하는 탐색 기반 연구 전략 수립이 가능하다.
 - 반복적 설계·분석 작업에서 벗어나 창의성과 판단력이 요구되는 본질적 문제 해결에 더 많은 역량을 집중할 수 있다.

3. 변화하는 과학 연구 방식과 함께하는 AI 에이전트

□ 능동형 AI 에이전트가 요구되는 진화하는 과학기술 연구 환경

- 연구 환경 변화
 - 디지털 전환, 데이터 기반 문제 해결, 협업 중심 구조로 빠르게 진화하고 있다.
 - 연구 방식은 단순 이론 검증에서 벗어나 다분야 데이터 분석·통합, 복잡계 시스템 해석, 시뮬레이션 기반 예측 등으로 확장되고 있다.

- 연구자는 단일 문제를 독립적으로 해결하지 않고 글로벌 공동연구, 대형 프로젝트, 실시간 협업을 수행하며, 대규모 정보 처리·설계 자동화·다차원 분석·결과 해석 및 전달 등 다양한 역할을 수행해야 한다.
- AI 에이전트 수요 증가
 - 과거에는 계산·검색 등 단일 작업에 AI가 적용되었으나, 최근에는 연구 흐름 전체를 이해하고 문제 해결에 참여하는 능동형 AI 에이전트 수요가 확대되고 있다.
 - 기존에는 인간 연구자 중심의 반복된 연구 작업 중심에서 현재는 AI가 데이터 요약·통합·추천, 연구자는 핵심 판단과 창의적 설계를 담당한다.

□ AI 에이전트의 역할 전환

- 인간과 AI 협력 모델로의 진화
 - 과거의 AI는 연구자의 보조 역할로 기능했지만, 오늘날의 에이전트는 연구 전반의 목적과 맥락을 이해하고, 계획을 수립하며, 실행을 주도하는 파트너로 진화하고 있다.
 - 연구자가 문제를 정의하면, AI 에이전트는 관련 정보를 찾아 정리하고, 가능한 해결 방법을 제안하는 방식으로 협력한다.
- AI와 연구자 중심 협업 체계
 - 반복적이고 복잡한 작업은 AI가 맡고, 연구자는 중요한 판단과 아이디어 도출에 집중할 수 있다.
 - 이렇게 역할을 나눔으로써 연구 효율이 높아지고, 새로운 아이디어도 더 빠르게 실현될 수 있는 환경이 만들어지고 있다.

연구 전 과정을 위한 과학기술 AI 에이전트

제 1 절 과학기술 연구 단계별 AI 에이전트의 역할

1. 과학적 문제 발견 및 탐구 주제 정의

□ 과학적 문제의 시작과 AI 에이전트

- 과학 정보 탐색과 문제 정의의 방향성을 지원하는 도구
 - 과학기술 연구는 명확한 문제의식과 탐구 주제를 설정하는 데서 출발하며, 이 단계는 전체 연구의 품질과 방향성을 결정짓는 핵심 과정이다. 하지만 현대의 연구 환경에서는 연관 분야의 논문, 특허, 보고서, 기술백서 등 방대한 문헌과 데이터를 일일이 확인하고 분석하는 데 시간과 자원이 과도하게 소모된다.
 - 연구 초기 탐색 단계의 전략적 도구로 확장된 AI 에이전트는 대규모 과학기술 문헌과 데이터를 빠르게 정리·요약하고, 연관 키워드 간 관계를 시각화하거나 기술 흐름의 단절 지점을 탐지함으로써, 연구자가 새로운 문제를 발견할 수 있는 기반을 제공한다.
 - AI 에이전트는 단순한 정보 정리뿐 아니라 주제 정의에 필요한 핵심 논거를 조직화하고, 전략적 연구 설계를 위한 사고의 방향을 설정하는 데 있어 중요한 역할을 수행한다.
 - AI 에이전트는 연구의 ‘시작’을 보다 정교하게 설계할 수 있도록 돕는 파트너로 자리 잡고 있으며, 연구자가 보다 고차원적인 창의성과 판단력에 집중할 수 있도록 초기 인지 부담을 줄이는 역할을 수행한다.

□ 과학적 문제 발견과 탐구 주제 정의에서의 AI 에이전트 역할

- 연구 기획·시작 단계
 - 연구는 대상을 정의하고 문제의 배경을 탐구하는 것으로 출발한다.
 - 연구 대상 현상에 대한 개념 정리, 선행연구 탐색, 연구 필요성·차별성 검토가 필요하다.

○ 자료 검색·수집·정리

- 국내·외 논문 검색 사이트에 접속하여 결과를 통합한다.
- AI는 학술논문, 특허, 보고서, 기술백서 등 방대한 자료의 내용을 분석해 신속하게 지식을 제공한다.
- 다학제·융합 분야에서 단독으로 수행하기 어려운 선행정보 수집과 분류·구조화를 지원한다.

○ 초기 아이디어 확장

- 연구자의 키워드를 기반으로 관련 개념, 문제 유형, 기술 응용 분야를 구조화해 제시한다.
- 대표 논문, 최신 연구, 핵심 개념을 자동 탐색·요약하고, 논문 초록·도입부·결론 분석을 통해 기존 연구의 목표와 한계를 파악한다.

○ 다중 출처 정보 통합

- 웹, 오픈 액세스 논문, 기관 DB, 특허 검색 등 다양한 출처를 연계해 통합 정보를 제공한다.
- RAG(Retrieval-Augmented Generation) 기반 기술로 질의 목적에 맞는 실시간 정보 탐색을 수행한다.

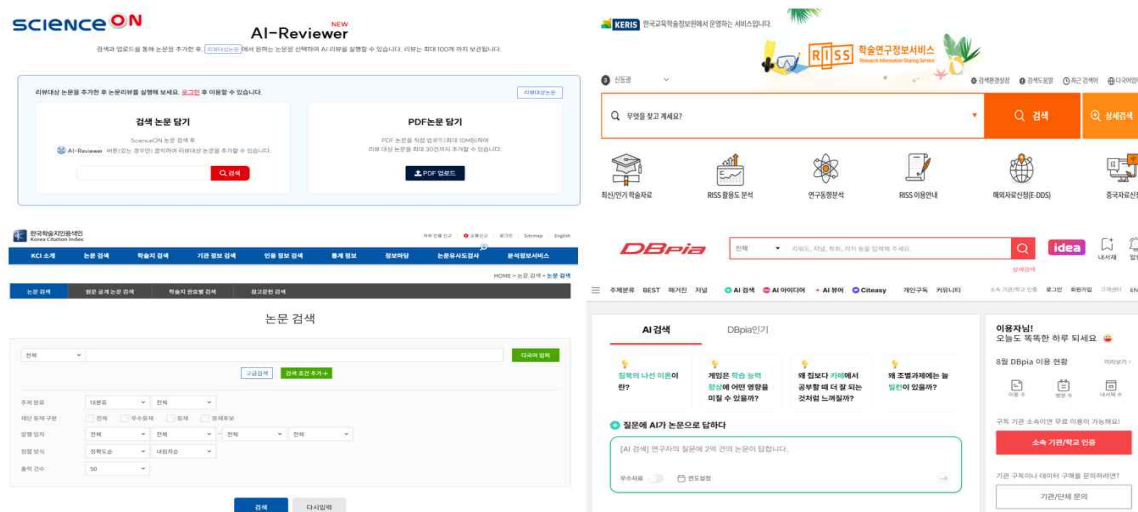


그림 6 국내의 논문 및 문헌 제공 서비스(ScienceON, RISS, KCI, DBpia)

2. 가설 설정 및 실험 설계 단계

□ 재현성과 최적화를 지원하는 실험 설계 단계의 AI 에이전트 역할

- 실험 설계의 중요성
 - 실험 설계는 기존 연구 데이터와 문헌을 토대로 변수와 조건을 구성하며, 재현성을 높이는 구조 마련이 핵심이다.
 - 이 과정에는 전문 지식 기반의 논리적 추론, 변수 간 관계 설정, 실험 조건 구성, 검증 가능성 판단 등 복합적 사고와 반복적 설계 접근이 요구된다.
- 과학기술 분야 설계 요구사항
 - 단순 변수·조건 나열을 넘어, 기존 데이터와 문헌을 기반으로 잠재 위험 요소를 사전에 식별해야 한다.
 - 실험 결과의 재현성을 극대화할 수 있는 구조를 마련하는 것이 중요하다.
- AI 에이전트의 지원 기능
 - 선행연구 데이터 패턴 분석을 통해 최적 변수 범위를 제안한다.
 - 예상 결과 분포를 시뮬레이션하여 설계안을 사전 검증한다.
 - 장비 사양, 환경 조건, 재료 특성 등 다중 요인을 통합적으로 고려해 효율적인 반복 실험을 지원한다.

□ 가설 설정 및 실험 단계에서의 AI 에이전트 주요 기능

- 핵심 기능 구성
 - 변수 관계 차트 자동 생성
 - 조건 조합 및 반복 횟수 자동 계산
 - 외부 시뮬레이션 도구·API 연동
 - 문헌 기반 가설 검증 및 피드백 제공
- 가설 구성 보조
 - 초기 연구 아이디어나 키워드를 기반으로 관련 가설 예시와 근거를 정리한다.

- 가설 구성 요소(주요 변수, 영향, 방향 등)를 시각자료·표 형태로 표현한다.
- 변수 관계를 시각화하여 구조를 명확히 정리한다.
- 실험 조건 생성 자동화
 - 주요 변수를 기준으로 조건 조합을 자동 생성하고 요약한다.
 - 반복 횟수, 대조군·실험군 구조 등을 추천한다.
 - 사전 시뮬레이션 기반 예비 검증을 수행한다.
 - 외부 시뮬레이터·계산 도구와 연계해 결과를 사전 검토하고 조건 조정을 지원한다.
- 논리 정합성 점검과 피드백
 - 가설과 실험 조건이 과학 논리에 부합하는지 검토한다.
 - 주요 논문 사례와 비교해 근거 수준을 평가하고 보완 방향을 제안한다.

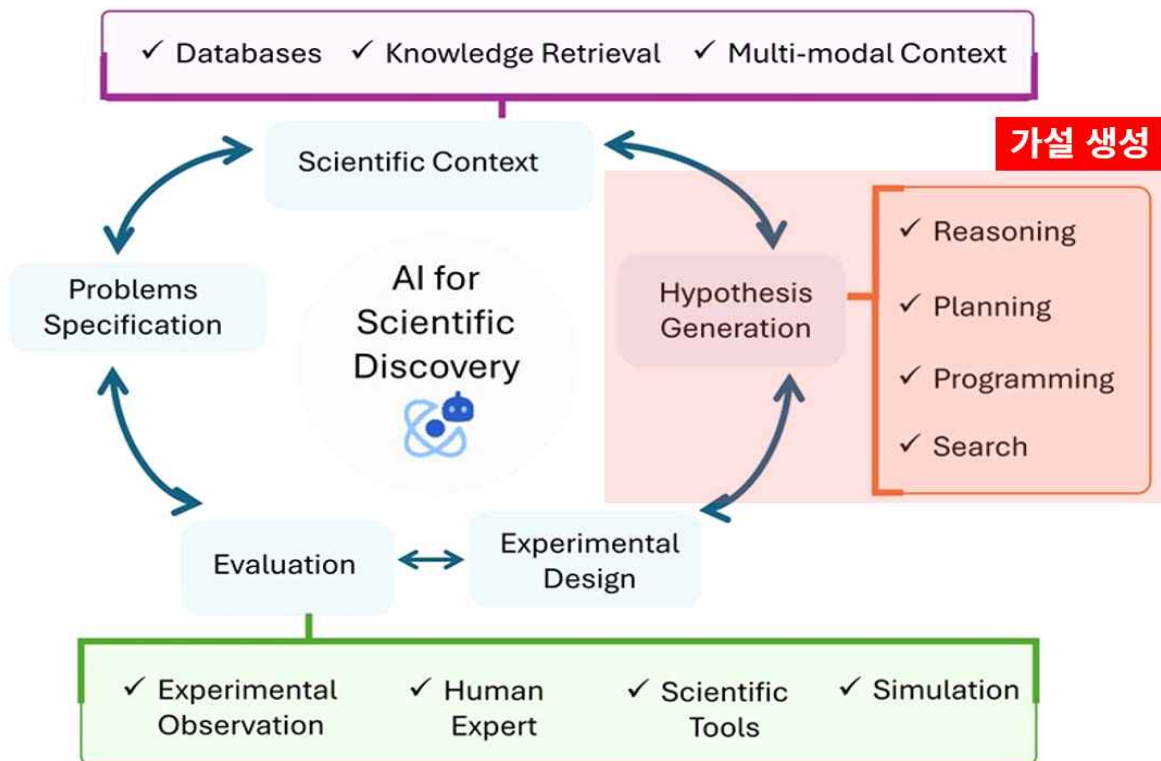


그림 7 신약 연구 분야에서의 AI 기반 실험 개요도 [10]

3. 실행, 분석, 보고 단계

□ 실행 · 분석 · 보고 단계에서의 AI 에이전트 주요 기능

- 실험 실행 및 코드 자동화
 - 실험 환경 구축을 위한 코드 작성, 테스트, 디버깅을 자동 수행한다.
 - 실험 중단 시 재시작 포인트를 설정하고 결과 로그를 자동 관리한다.
 - 시뮬레이션 중심의 연구에서는 Copilot, CodeWhisperer, Tabnine, Cursor, Claude Code 등과 연계해 코드 자동 생성 · 디버깅 · 테스트 생성을 지원한다 [11-15].

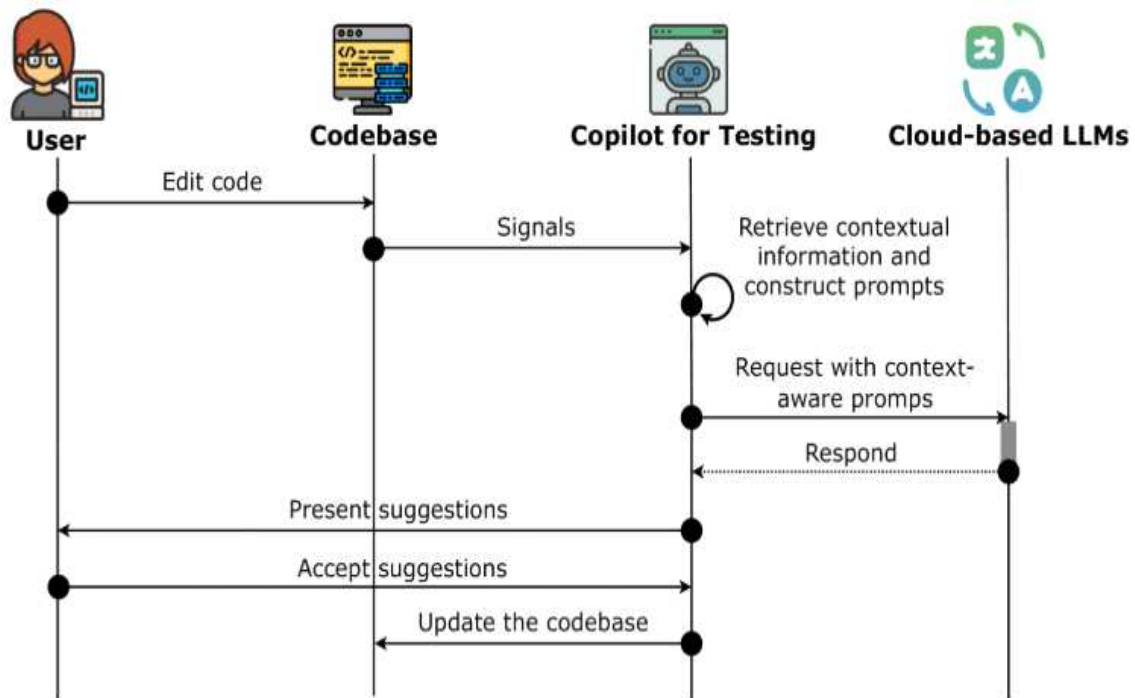


그림 8 Copilot for Testing의 시퀀스 다이어그램 [16]

- 데이터 분석 및 시각화
 - 실험 · 시뮬레이션 결과를 불러와 통계 분석, 수치 비교, 그래프 생성을 수행한다.
 - 데이터 전처리, 이상치 제거 및 보정, 회귀분석, 분산분석 등 다양한 분석 기법을 자동 추천 · 실행한다.

- 멀티모달 데이터 처리 시 이미지 분석, 음성 변환, 영상 분할 등도 지원한다.
- 연구 결과 문서화
 - 실험 결과와 분석 내용을 기반으로 구조화된 문서 초안을 자동 생성한다.
 - 수식, 표, 인용, 출처를 포함해 논문 초안 또는 내부 보고서를 완성한다.
 - 한글/영문 변환과 PDF·LaTeX 등 다양한 포맷 출력을 지원한다.
- 발표 자료 제작
 - 연구 결과를 요약해 슬라이드, 발표 자료, 인포그래픽을 생성한다.
 - 청중 특성에 맞춰 문체와 시각 자료 스타일을 자동 조정한다.

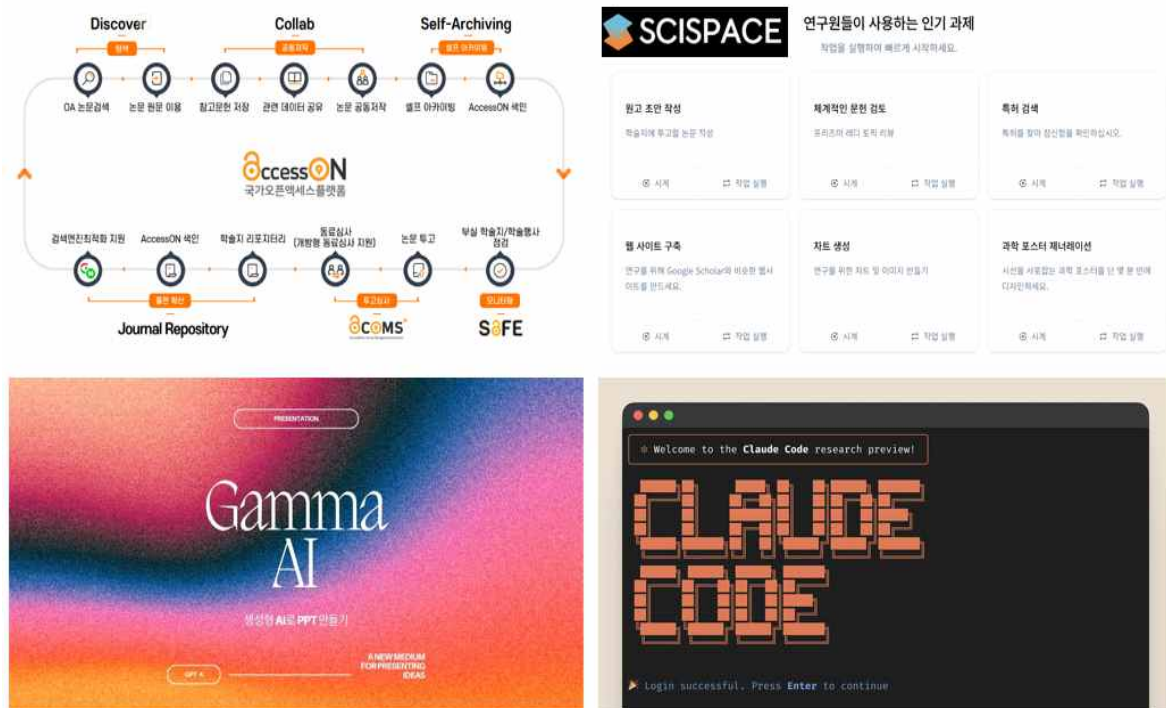


그림 9 실험, 분석, 보고 각 단계를 지원하는 서비스(AccessON, SCI Space, Gamma AI, Claude Code) [15, 17-19]

제 2 절 과학기술 AI 에이전트를 위한 요건

1. 과학기술 데이터 자원

□ 데이터 자원이 결정하는 과학기술 AI 에이전트의 경쟁력

- 학술 논문 데이터의 가치
 - 과학기술 AI 에이전트의 핵심 경쟁력은 축적된 양질의 데이터 자원에서 비롯된다.
 - 학술 논문은 연구 전 과정을 재현할 수 있는 실험 설계, 측정 결과, 분석 기법, 수식, 그림·표, 참고문헌 등을 포함해 AI가 과학적 사실과 논증 구조를 동시에 학습할 수 있는 기반을 제공한다.
- 학술 논문 데이터 활용 방식
 - 문헌 검색·추천 : 주제·키워드 기반으로 관련 논문을 제시하고 추천 근거를 함께 제공한다.
 - 유사 연구 탐색 : 제안된 가설·실험 조건과 유사한 연구를 자동 탐지해 비교 분석 지원한다.
 - 실험 설계 지원 : 선행 연구의 장비, 재료, 조건, 변수 값을 추출해 설계에 반영한다.
 - 가설 검증 보조 : 유사 연구 결과나 통계적 경향을 찾아 검증 참고 자료로 활용한다.
 - 다중 데이터 결합 분석 : 논문 내용과 특허, 실험 데이터, 시뮬레이션 결과를 연계한 복합 분석 수행한다.
- 데이터 제공 플랫폼·AI 결합
 - 과학기술 정보(자료) 관리 플랫폼과 AI 에이전트를 결합하면, 연구자의 질의에 맞춰 적합한 데이터와 분석 도구를 즉시 연결하고 상황 맞춤 정보 제공과 실행 지원이 가능해진다.
 - KISTI는 논문, 기술보고서, 데이터셋 등 다양한 과학기술 정보를 제공하고 있는 ScienceON, AccessON, AIDA 등 플랫폼 및 인프라와 데이터 큐레이션을

통해 도메인 특화 AI 모델 구축을 지원한다.

전주기 오픈엑세스 통합 지원 플랫폼, AccessON



그림 10 KISTI 제공의 과학기술 데이터 제공 인프라 서비스(AccessON, ScienceON, DataON, AIDA) [17, 20-22]

□ 도메인 특화 기능을 위한 과학기술 데이터 확보와 활용

○ 데이터 자원 확보와 표준화

- 국내외 연구기관, 학회, 특허청, 산업체 등과의 협력을 통해 특허 문서, 표준 문서, 실험 장비 로그, 공정 데이터, 시뮬레이션 결과, 영상·이미지 등 멀티모달 자료를 포함한 폭넓은 데이터 자원이 확보되고 있다.
- 확보된 자료는 표준화·품질 검증 절차를 거쳐 학습용 데이터로 변환되며, 이를 통해 과학기술 AI 에이전트가 도메인별 특화 기능을 발휘할 수 있는 기반이 마련된다.

○ AIDE 플랫폼의 역할

- KISTI의 초거대AI연구센터 AI플랫폼팀이 개발한 AIDE(AI Development Environment) 플랫폼은 과학기술 도메인 특화 모델 개발을 위해 데이터 전처리부터 학습 데이터 생성까지 지원하는 환경을 제공한다 [61].

○ 통합 과학기술 데이터 허브

- 논문, 특허, 실험 데이터, 멀티모달 자료를 아우르는 통합 데이터 허브를 구축하고, 데이터 수집·전처리·표준화·학습·배포까지 이어지는 전주기 관리 체계를 고도화함으로써 글로벌 데이터 교류와 공동 연구를 활성화할 수 있다.

○ 멀티모달 AI 기술 필요성

- 과학기술 데이터는 텍스트뿐 아니라 실험 결과 이미지, 그래프, 표, 장비 화면 캡처 등 시각 자료를 포함하는 경우가 많아, 텍스트 단독 처리만으로는 충분한 해석이 어렵다.

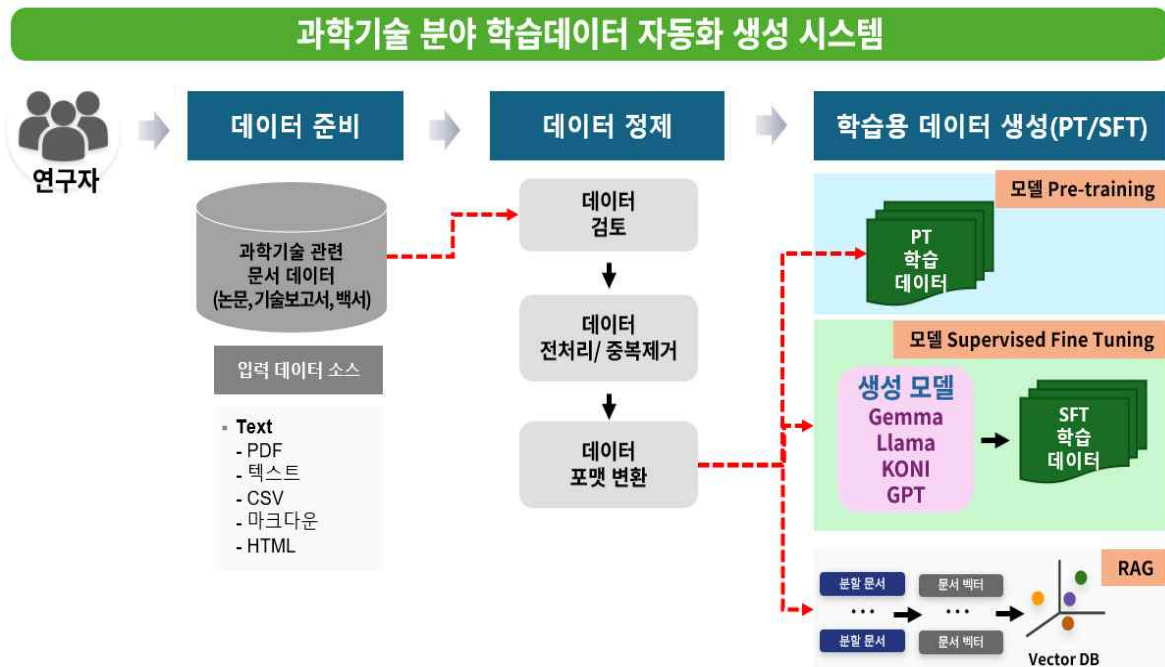


그림 11 과학기술 분야 학습데이터 자동화 생성 시스템

- 텍스트와 시각 자료를 함께 분석할 수 있는 멀티모달 AI 기술, 특히 VQA(Visual Question Answering) 모델은 논문·특허·보고서의 시각 자료를 정밀하게 이해·설명할 수 있다.
- VQA 적용 시 AI 에이전트는 표·차트 데이터 의미를 빠르게 파악하고, 시각 자료 기반 가설 검증·결과 해석을 지원할 수 있다.

○ 다국어 지원 필요성

- 해외 과학기술 데이터 활용을 위해 다국어 지원 AI 모델의 중요성이 커지고 있다. 일부 오픈소스 LLM이 다국어를 지원하나, 학습 데이터가 부족한 언어에서는 성능 저하가 크다. 이를 극복하기 위해 대규모 데이터 구축, 전문 용어 정합성 확보, 지속 학습·미세조정이 필요하다.
- 과학기술 AI 에이전트가 주요 국제어뿐 아니라 데이터가 적은 언어까지 지원할 경우, 국가 간 지식 교류, 공동연구, 해외 학술자원 활용 범위가 크게 확장될 수 있다.

2. 모델 지능 역량의 강화

□ 모델 지능 역량 강화의 필요성

○ 도메인 특화 모델 확보

- 과학기술 AI 에이전트가 연구 전 과정에 걸쳐 안정적·정밀한 지원을 수행하기 위해서는 해당 도메인에 최적화된 지능형 언어모델이 필수다.
- 이를 위해 대규모 과학기술 문헌, 특허, 실험 보고서를 학습한 도메인 특화 지능 모델이 필요하다.
- 모델은 과학 개념과 용어의 맥락을 이해하고, 연구 질문의 의도를 파악하여 계획을 제안하거나, 관련 데이터를 근거로 결론을 도출할 수 있어야 한다.
- 분야별로 요구되는 지식과 분석 방식이 다르므로 세부 도메인에 맞춘 모델의 지속적 개발·개선이 중요하다.

○ KISTI의 KONI 모델 개발

- KISTI는 과학기술 특화 대규모 언어모델 KONI를 개발·운영하고 있다 [23, 24].
- KONI는 대규모 과학기술 논문, 특허, 보고서, 학술 데이터셋을 학습해 개념·용어·문헌 구조 이해도와 추론 능력을 강화했다.
- 이를 통해 연구자는 복잡한 과학기술 질의에 대해 정확하고 근거 기반의 응답을 받을 수 있으며, 실험 조건 설계, 데이터 해석, 가설 검증 등 고차원 연

구 업무에 활용 가능하다.

○ 멀티모달 모델 확장

- 과학기술 데이터 자원과 연결된 모델 지능 강화 연구에는 다국어 지원 및 시각 자료 이해를 포함한 멀티모달 대형모델(LMM) 개발이 포함된다.
- 특히 VQA 기반 LMM은 논문 내 그래프·표·이미지에 대한 질의응답을 수행하고, 시각 자료를 분석해 실험 결과 해석 기능을 강화한다.

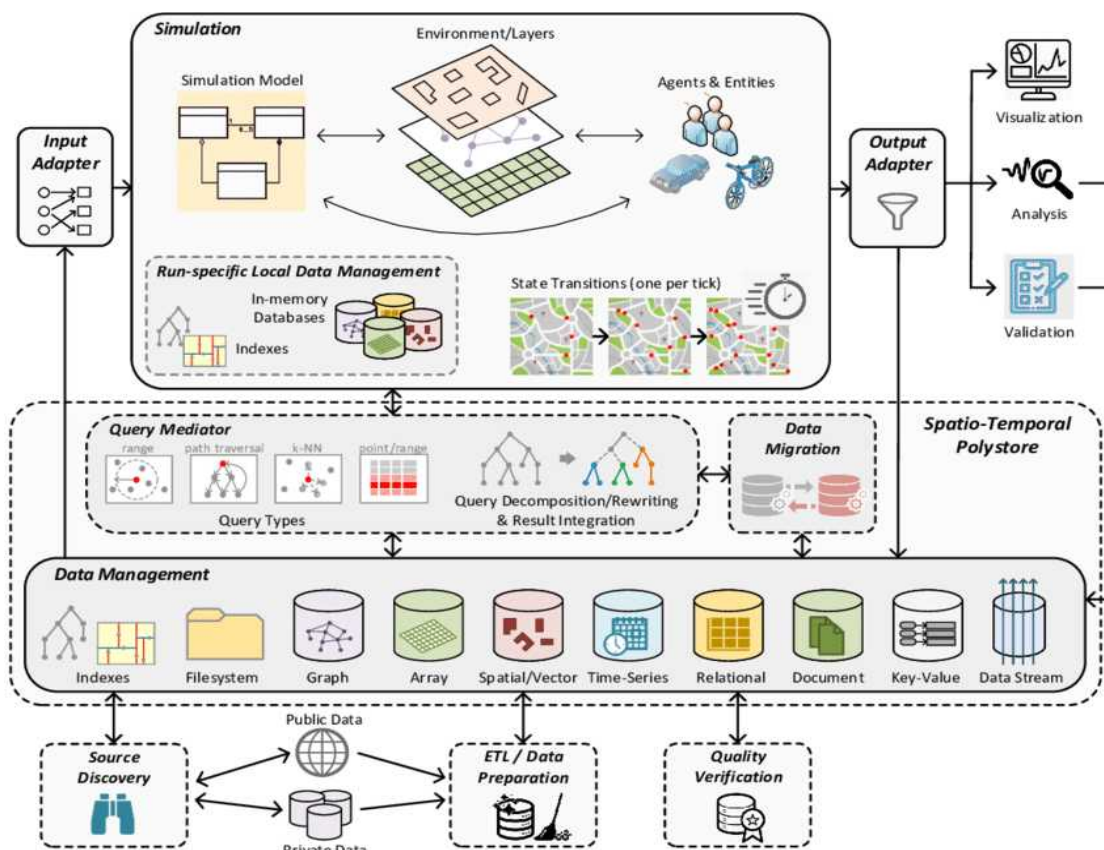


그림 12 멀티모달 에이전트 흐름도 [32]

□ 멀티모달 AI 에이전트를 통한 역량 강화

○ 멀티모달 AI 에이전트의 역할

- 멀티모달 AI 에이전트는 텍스트, 이미지, 음성, 영상 등 다양한 입력 모달리

티를 동시에 인식하고 통합적으로 처리하는 에이전트 시스템이다.

- 단일모달 AI로는 해결이 어려운 복합 문제를 다양한 정보 자원의 상호보완적 결합을 통해 해결할 수 있다.
- 과학기술 영역에서의 활용 필요성
 - 복잡한 실험 설계, 논문 내 수식, 텍스트, 이미지의 통합 해석, 실험 데이터와 시뮬레이션 시각자료 연계 분석 등 과학기술 연구 현장에서는 멀티모달 처리가 필수적이다.
 - 단순 질의응답형 AI를 넘어, 과학자와 함께 실험 절차를 이해하고 결과를 해석할 수 있는 능력이 요구된다.
- 크로스모달 아키텍처 기반 통합 처리
 - 텍스트, 이미지, 음성 등 서로 다른 모달리티를 동시에 처리하기 위해 크로스모달 트랜스포머 구조를 활용하며, Cross-Attention 메커니즘을 통해 각 모달리티 간 의미적 연결과 일관성을 확보한다.
- 멀티모달 기반 과학 추론 능력 강화
 - 텍스트 기반의 논문과 이미지 기반의 실험 결과를 통합 분석하여 새로운 연구 가설을 생성할 수 있는 고차원 추론 능력이 필요하다.
 - 예를 들어, 그래프 이미지의 추세와 논문 본문의 통계를 결합하여 연구의 신뢰도를 자동 판단하는 기능이 요구된다.
- 실시간 데이터 연동 및 상황 인식 고도화
 - 센서 기반 실험실 데이터, 실시간 시뮬레이션 결과, 음성 기록 등 동적 입력을 수용하고, 이에 따라 적절한 판단과 실행을 수행할 수 있어야 한다.
 - 이는 단순 문서 이해를 넘어 실제 환경과 상호작용하는 피지컬 AI(Physical AI)의 기반이 되며, 실험 자동화 등과도 직접적으로 연결된다.

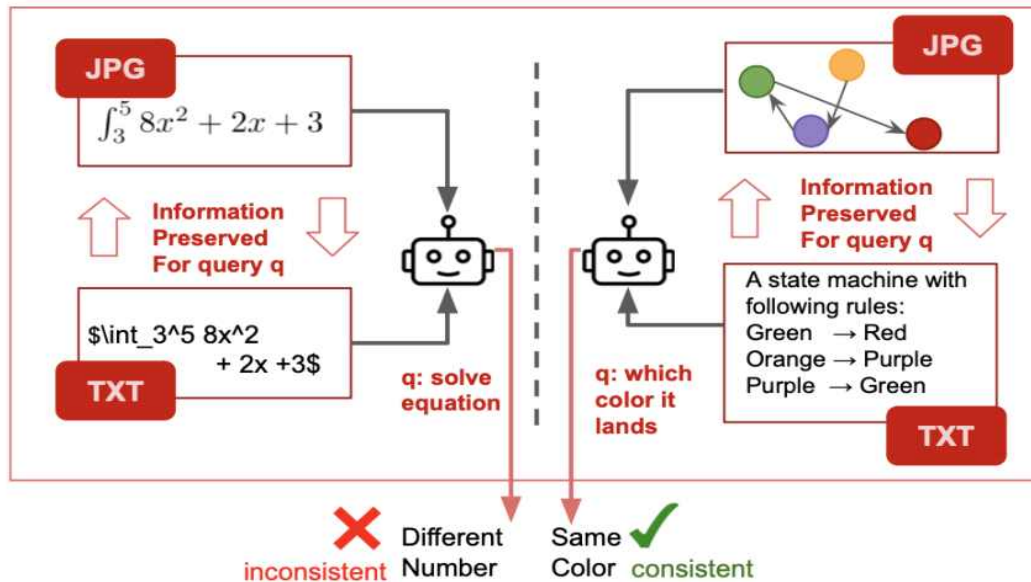


그림 13 Cross-modal 컨셉 [67]

○ 멀티모달 AI 에이전트의 연구 동향

- 최근 멀티모달 AI 에이전트 기술은 기존의 단일 모달리티(텍스트, 이미지, 음성 등) 처리에서 벗어나, 다양한 형태의 데이터를 통합 처리하여 보다 인간과 유사한 복잡적이고 다차원적 사고를 수행하는 방향으로 발전하고 있다.
- 특히 2024년 하반기부터 주요 글로벌 기업 및 연구기관들은 멀티모달 AI 에이전트의 상용화와 함께 차세대 인공지능 기술의 핵심 영역으로 적극 육성하고 있다.

○ 다중 모달 입력 통합 및 처리 고도화

- 다양한 입력을 하나의 맥락(context)으로 통합하여 동시 처리하는 기술이 크게 향상되고 있다.
- 기존의 단순 멀티모달 모델에서 한 단계 더 나아가, 여러 에이전트들이 각기 다른 모달리티를 전담 처리한 뒤 결과를 통합하여 최종적인 결론을 도출하는 분산형 멀티모달 에이전트 아키텍처가 확산 중이다.

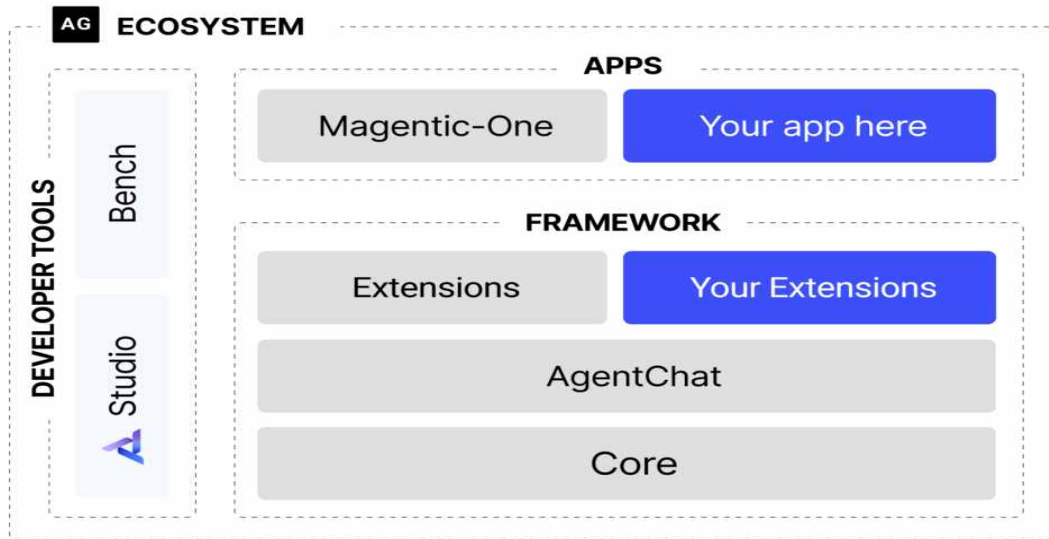


그림 14 MS AutoGen 생태계 [68]

○ 모달리티 간 동기화 및 협력적 에이전트 구조

- 개별 모달리티를 처리하는 에이전트들이 독립적으로 작업을 수행하면서도 동시에 전체 목적을 위해 긴밀히 협력하는 분산적이고 협력적 구조가 정착되며, Microsoft AutoGen 기반 Magnetic-One과 Google DeepMind 등이 이러한 분산 협력 구조를 채택하여 높은 복합 작업 처리 능력을 보인다.

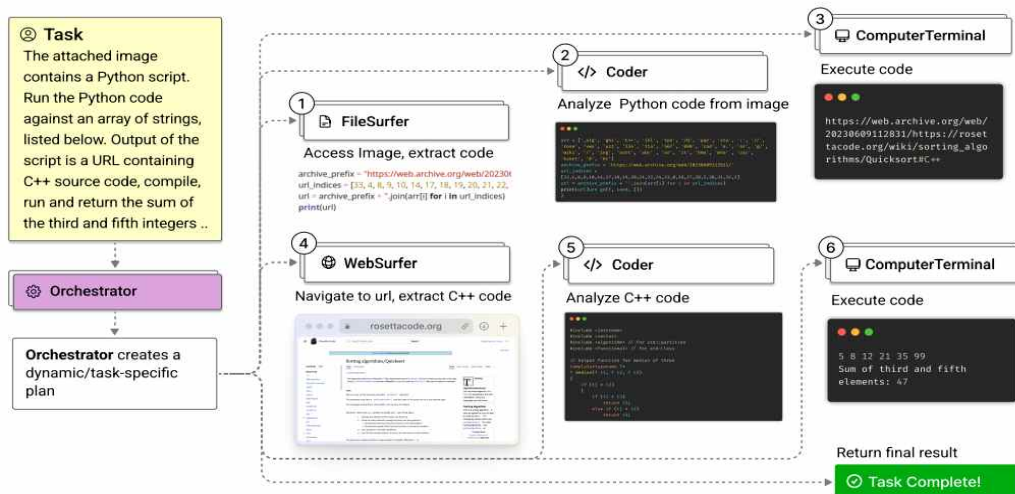


그림 15 GAIA 벤치마크에서 복잡한 작업을 완료하는 Magnetic-One 다중 에이전트 [69, 70]

○ 실시간 멀티모달 처리 기술 강화

- 이미지나 음성 데이터를 실시간으로 분석하고, 즉각적인 행동을 결정하여 대응할 수 있는 에이전트 기술이 상용 단계로 진입하고 있다.
- 예시로는 의료 영상 실시간 분석 및 실시간 통역·번역이 가능한 AI 에이전트 등이 있다.

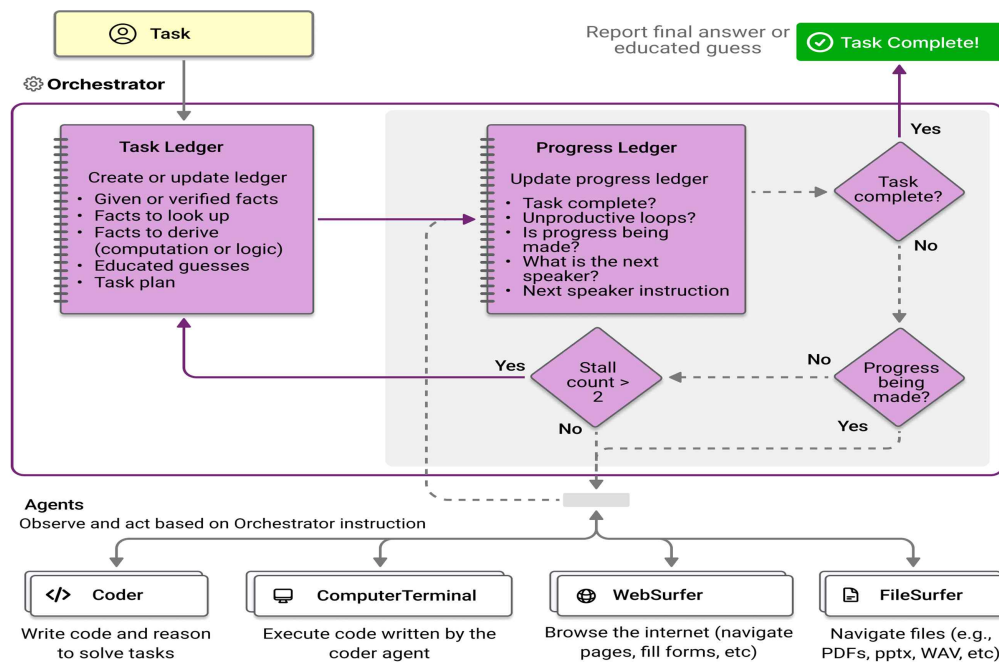


그림 16 MS Magnetic-One 워크플로우 [69. 70]

○ 주요 기업 및 기관별 멀티모달 AI 에이전트 사례

표 3 주요 기업 및 기관별 AI 에이전트

기관/ 기업명	AI 에이전트명	특징 및 활용 분야
OpenAI	GPT-46o, Chat GPT Vision	텍스트, 음성, 이미지, 영상까지 입력·출력 지원. 고객지원, 교육, 프로그래밍, 이미지 분석, 문서 요약, 의료 등 다양한 분야에 적용
Google D eepMind	Gemini 1.5 Pro /Flash, Project Astra	텍스트-음성-이미지-코드 등 다중 모달, 실시간 영상 기반 대화, 문서·이미지·웹탐색 통합 질의응답. 스마트폰, 웨어러블 등에서 실시간 AI 비서로 활용

Anthropic	Claude 3 Opus/ Sonnet/Haiku (Vision)	이미지 · 문서 · 차트 · 그래프 등 인식, 문서 요약, 포 해석, 업무자동화, 기업 내 데이터 분석/상담, IT · 법 률 · HR 지원
Microsoft	Copilot, Copilot Studio	워드, 엑셀, 파워포인트 등 MS 365 전반에서 텍스트 /이미지/코드 등 멀티모달 작업 자동화 및 문서 생 성, 회의 요약, 업무 지원
Meta	Llama 3 (멀티 모달 베타), CM3leon	이미지 생성 · 해석 · 편집, Facebook/Instagram/What sApp 챗봇, 멀티모달 콘텐츠 제작 및 추천, 광고 최 적화
Amazon	Amazon Q, Ale xa LLM	음성 · 이미지 · 텍스트 통합 인식, 가정용 음성비서, 쇼핑 도우미, 사물인식, 스마트홈 컨트롤
NAVER	HyperCLOVA X, CLOVA X Vision	한글 기반 멀티모달 입력(이미지+텍스트), 검색/고객 상담/문서 분석/법률/금융 등 산업 특화 서비스
카카오	KoGPT-3.5, 카카오i	한글 이미지+텍스트 인식, 카카오톡 챗봇, 검색, 쇼 핑 추천, 금융 상담, 콘텐츠 큐레이션
삼성전자	Bixby Vision, S amsung Gauss	스마트폰/가전에서 이미지 · 음성 · 텍스트 통합 인식, 사물 탐지, 실시간 번역, 사용자 행동 분석
SKT	A*, A.Biz	텍스트 · 음성 · 이미지 멀티모달 챗봇, 개인 일정관 리, 상담, 미디어 추천, IoT 제어 등
Tesla	Tesla Bot, FSD (Full Self-Drivi ng) Agent	차량 내/로봇에 멀티모달 센서(비전+라이다+음성) 적 용, 자율주행, 실시간 환경 인식, 제조 현장 업무
Baidu	ERNIE Bot, We nxin Yiyan	텍스트 · 음성 · 이미지 지원, 검색, 번역, 상담, 정 부 · 금융 등 B2B 서비스
Tencent	Hunyuan, Tenc ent Cloud Multi modal Agent	텍스트+이미지+음성 인식, 고객상담, 동영상 분석, 게임 지원, 기업 데이터 분석

□ 한국어 특화 대형 언어모델의 성능 비교 및 EXAONE Deep의 주요 특징

- 국내 LLM 간 벤치마크 경쟁과 EXAONE Deep의 위치

- 최근 공개된 HyperCLOVA X THINK는 Qwen3, QwQ, EXAONE Deep 등과 함께 다수의 한국어 중심 벤치마크에서 평가되었으며, 전반적으로 HyperCLOVA X THINK가 높은 평균 성능을 기록하였다.
- LG AI연구원의 EXAONE Deep (32B) 모델은 연구 전문성 강화와 다중모달 이해 능력 확보를 중점으로 설계된 LLM으로, 과학·기술·산업 분야 문서에 특화된 자연어 처리 성능을 보인다.

	MID-SIZE				FRONTIER	
	EXAONE 4.0 32B (REASONING)	Phi 4 reasoning-plus	Magistral Small-2506	Qwen 3 32B (REASONING)	Qwen 3 235B (REASONING)	DeepSeek R1 -0528
Type # Total Params	Hybrid 32.0 B	Reasoning 14.7 B	Reasoning 23.6 B	Hybrid 32.8 B	Hybrid 235 B	Reasoning 671 B
<i>World Knowledge</i>						
MMLU-REDUX	92.3	90.8	86.8	90.9*	92.7*	93.4*
MMLU-PRO	81.8	76.0*	73.4	80.0	83.0	85.0*
GPQA-DIAMOND	75.4	68.9*	68.2*	68.4*	71.1*	81.0*
<i>Math / Coding</i>						
AIME 2025	85.3	78.0*	62.8*	72.9*	81.5*	87.5*
HMMT FEB 2025	72.9	53.6*	43.5	50.4	62.5*	79.4*
LIVECODEBENCH v5	72.6	51.7	55.8*	65.7*	70.7*	75.2*
LIVECODEBENCH v6	66.7	47.1	47.4*	60.1	58.9*	70.3*
<i>Instruction Following</i>						
IFEVAL	83.7	84.9*	37.9	85.0*	83.4*	80.8
MULTI-IF (EN)	73.5	56.1	27.4	73.4	73.4	72.0
<i>Agentic Tool Use</i>						
BFCL-v3	63.9	N/A	40.4	70.3*	70.8*	64.7*
TAU-BENCH (Airline)	51.5	N/A	38.5	34.5	37.5	53.5*
TAU-BENCH (Retail)	62.8	N/A	10.2	55.2	58.3	63.9*
<i>Multilinguality</i>						
KMMLU-PRO (KO)	67.7	55.8	51.5	61.4	68.1	71.7
KMMLU-REDUX (KO)	72.7	62.7	54.6	67.5	74.5	77.0
KSM (KO)	87.6	79.8	71.9	82.8	86.2	86.7
MMMLU (ES)	85.6	84.3	68.9	82.8*	86.7*	88.2
MATH500 (ES)	95.8	94.2	83.5	94.3	95.1	96.0

그림 17 LG 엑사원 4.0 43B 추론 모델 성능 결과 [71]

○ EXAONE Deep의 도메인 특화 강점

- EXAONE Deep은 단순 회화·일상 지식이 아닌, 기술 문서, 논문, 보고서 등의 고난이도 정보를 처리할 수 있도록 사전 학습되어 있으며, 멀티모달(텍스트, 이미지) 기반의 정보 통합 능력도 포함되어 있다.
- 이는 과학기술 AI 에이전트 구현 시 복잡한 개념 이해, 시각 정보 해석, 전문

용어 분석 등 복합적 기능을 수행할 수 있는 기반이 된다.

○ 성능 평가에서의 상대적 위치

- EXAONE Deep은 LogicKor, KoMTBench 등 명령 수행 능력 항목에서는 HyperCLOVA X THINK보다 낮은 점수를 기록했으나, 기술 전문 문서의 정밀 처리나 분석 정확성 면에서는 경쟁 모델 대비 강점을 보이는 것으로 평가된다.
- 향후 도메인 특화 에이전트의 구성 요소로 활용될 가능성이 높으며, 특히 산업계와 R&D 환경에서의 적용성이 기대된다.

□ 한국어 특화 대형 언어모델 HyperCLOVA X THINK의 성능 및 의의

○ 다범주 한국어 벤치마크에서의 우수 성능

- HyperCLOVA X THINK는 Qwen3 (32B, 14B), QwQ (32B), EXAONE Deep (32B) 등과의 비교 평가에서 일반 지능, 언어·문화 이해, 명령 수행 능력 항목 모두에서 선도적 성능을 보였다.
- 특히 한국어 중심 벤치마크(KMMLU, CSAT, KoMedMCQA 등)에서 경쟁 모델 대비 높은 일관성과 평균 점수를 기록하며 한국어 기반 LLM의 강점을 입증하였다.

○ 전문 도메인 이해에서의 탁월한 결과

- 국가 수준 수능(CSAT) 항목에서 83.2점, 의학 문해력 평가(KorMedMCQA)에서 76.0점을 기록하여, 일반 상식뿐 아니라 전문성 있는 고난이도 지식 영역에서도 높은 이해도를 보였다.
- 이는 한국어 기반 LLM이 단순 회화 수준을 넘어 실질적 도메인 문제 해결에도 기여할 수 있음을 시사한다.

○ 정밀한 명령 수행 능력 확보

- LogicKor 및 KoMTBench 기반 명령 수행 항목에서 각각 9.65점, 8.90점을 기록하며 GPT-4o에 근접한 수준의 명령 해석·실행 능력을 달성했다.
- 복합 조건 추론, 단계적 명령 처리 등 고차원적 명령 이해력에서 기존 국산 모델 대비 눈에 띄는 성과를 보였다.

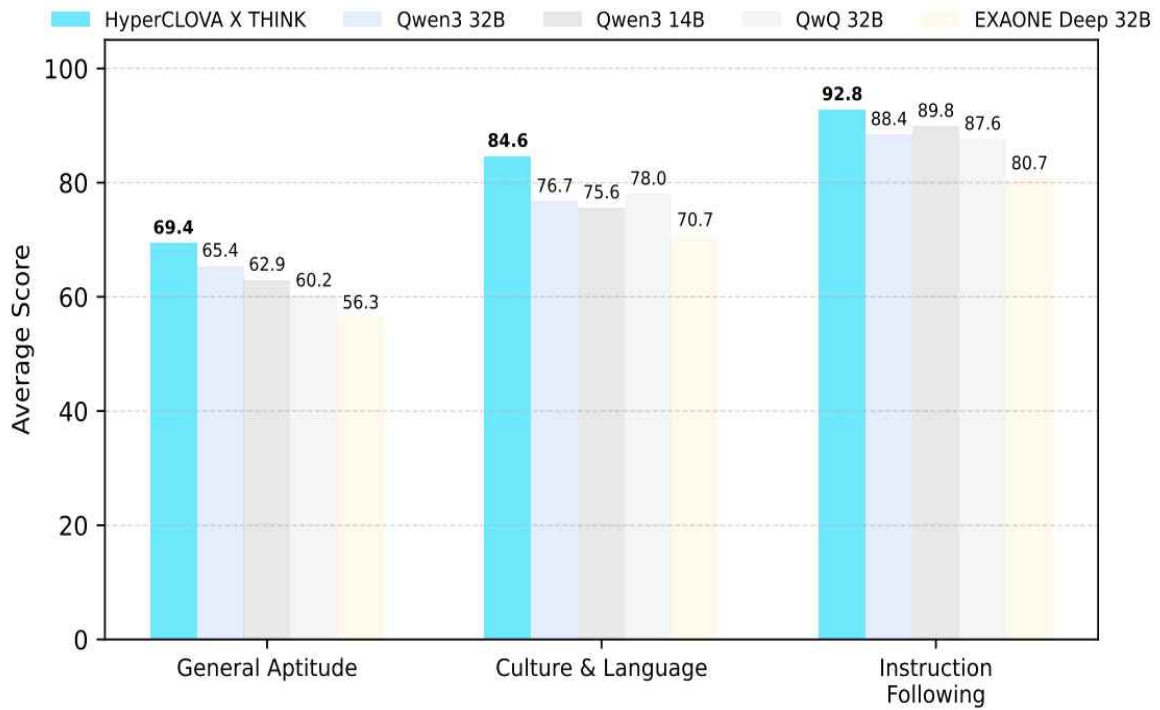


그림 18 네이버 ‘HyperCLOVA X THINK’ 모델 성능 요약 [72]

Category	Benchmarks	HCX THINK (-)	Qwen3 (32B)	Qwen3 (14B)	QwQ (32B)	EXAONE Deep (32B)
General Aptitude	KMMLU	69.7	63.5	49.3	54.1	53.6
	CSAT	83.2	81.9	77.1	84.7	69.7
	KorMedMCQA	76.0	74.7	68.5	69.4	68.8
	KoBALT	48.9	41.4	38.4	32.4	33.0
Culture & Language	HAERAE	87.8	75.1	74.1	76.2	74.7
	CLiCK	80.1	71.1	68.8	73.6	62.2
	KoBigBench	85.9	83.9	83.8	84.1	75.3
Instruction- Following	LogicKor	9.65	8.93	9.15	9.02	8.54
	KoMTBench	8.90	8.75	8.82	8.50	7.59

그림 19 한국어 중심 벤치마크를 통한 언어 모델의 성능 비교 [72]

□ 카카오의 모듈형 AI 에이전트 아키텍처

- 서비스 중심 3계층 구조 설계
 - 카카오는 Service Agent - Agent Interface - Skill/Domain Agent의 3계층 구조로 AI 에이전트 플랫폼을 구성하였다.
 - 각 계층은 사용자 인터페이스, 이벤트 해석, 도메인 기능 실행 등 고유 역할을 분담하며 상호 연동 구조를 형성한다.

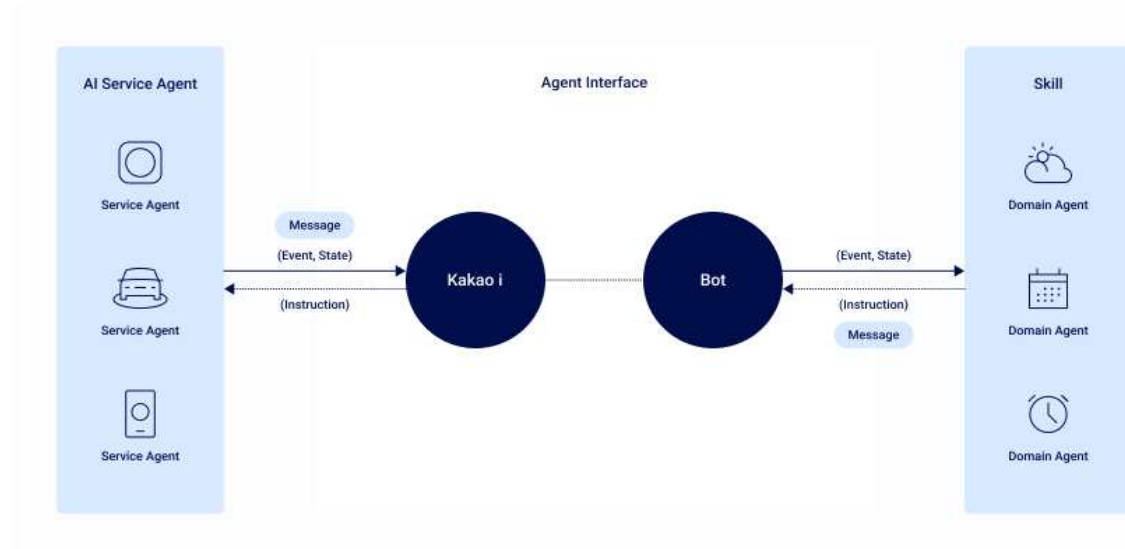


그림 20 카카오 i 시스템 아키텍처 [73]

- 계층별 기능 구성
 - Service Agent는 사용자와의 접점을 담당하며, 자동차 · 모바일 · IoT 기기 등 다양한 채널에서 직접 서비스를 제공한다.
 - Agent Interface는 Kakao i 및 Bot으로 구성되어 사용자 이벤트를 해석하고, 명령을 적절히 라우팅하는 중추 역할을 수행한다.
 - Skill/Domain Agent는 날씨 · 음악 등 주제별 기능 모듈로 구성되어 있으며, 요구된 업무를 처리하는 실행 단위이다.
- 모듈화 기반의 확장성 확보
 - 전체 구조는 모듈화와 분산 처리 방식에 기반하여 개발되어, 다양한 AI 기능

연동과 확장, 유지보수가 용이하다.

- 멀티 서비스 지원 환경에서 범용성과 유연성을 동시에 확보할 수 있는 아키텍처적 장점을 가진다.

구분	항목	설명
Agent	Service Agent	사용자와 인터랙션을 위한 Agent ex) 카카오 미니 음성 인식 스피커, HeyKakao 애플리케이션 및 내비게이션 등
	Domain Agent	도메인별(날씨, 알람 등) 비즈니스 로직이 구현된 Agent - Skill 서버에 구현되어 있음
서버	카카오 i 서버	AI 음성 인식 서비스를 제공하는 서버 - Kakao i agent Virtual Service(KVS) 탑재
	Skill 서버	비즈니스 로직이 구현된 서버 - Service Agent에서 발생한 Event를 처리 - 각 도메인(날씨, 알람 등)별로 구분된 Domain Agent(Skill)로 구성
Interface	Service Agent Interface	Service Agent와 카카오 i 사이에 인터랙션(Interaction) 하는 인터페이스
	Domain Agent Interface	해당 Bot과 Domain Agent(Skill)사이에 인터랙션을 하는 인터페이스

그림 21 카카오 i 플랫폼 구성 요소 [73]

□ SK텔레콤 ASTER: 도메인 협력형 AI 생태계

- ASTER 프레임워크 개요
 - SKT는 ASTER(에스터)를 통해 다양한 산업·기관과 협력하는 멀티레이어 기반 AI 생태계를 구축하고 있다.
 - ASTER는 통신 인프라 자산과 외부 기술 자원을 연계하는 허브 역할을 하며, 산업 맞춤형 AI 기술 확산을 가속화하고 있다.
- 계층별 기능 협력 구조
 - 프레임워크는 기능별 계층 구조를 통해, 음성 인식, 자연어 처리, 서비스 연계 등 역할별 전문화를 실현한다.

- ASTER는 내부 통신망, 클라우드, API 연동 기술과 외부 모델 및 플랫폼 기술을 통합하는 구조로, 기업 및 공공기관과의 연계를 전제로 한다.
- 도메인 특화형 모델 확산 전략
 - SKT는 ASTER를 기반으로 금융·헬스케어·통신 등 각 산업 도메인에 특화된 AI 모델을 공동 개발하며, 실증 및 상용화를 병행하고 있다.
 - ASTER는 단일 기업형 AI 시스템을 넘어, 범국가적 산업 AI 기반으로 확장 가능한 플랫폼 전략을 추진 중이다.



그림 22 SKT AI 에이전트 ‘에스터’ [74]

□ 맞춤형 통합성과 실현 가능성을 요구하는 과학기술 AI 기술 조건

- 과학기술 연구의 복잡성
 - 과학기술 연구는 실험 장비, 변수 조합, 도메인별 연구 방법론 등이 서로 상이하여 정형화된 일관된 처리 방식이 어렵다.
 - 물리·화학·생명과학 및 공학에 이르기까지 연구 데이터의 형식, 해석 방식, 지식 체계가 매우 다양하고 복잡하게 얽혀 있다.

- AI 기술이 연구 현장에 적용되기 위해선 단일 모델 또는 범용 기능으로는 충분하지 않으며, 연구 분야별 세밀한 요구사항을 반영할 수 있는 구조가 필요하다.

○ 기술 조건의 특수성

- 일반적인 상업용 AI 시스템은 사용자 편의성과 범용성을 중심으로 설계되지만, 과학기술 연구에서는 정밀성, 검증 가능성, 장기 맥락 유지 등의 조건이 우선된다.
- 특히, 높은 재현성(reproducibility)과 추론 기반의 설계 가능성은 연구 AI 시스템의 핵심 요건으로, 실제 실험 설계나 데이터 해석에 활용되기 위해선 예측의 근거와 과정에 대한 설명이 요구된다.
- AI 시스템은 단순히 기능을 나열하는 것이 아닌, 목적 기반으로 기능이 통합되고 상호작용할 수 있도록 구성되어야 한다.

○ 에이전트 중심 기술 설계의 필요

- 기존의 AI 서비스는 대부분 단일 기능에 최적화되어 있어, 문제 인식부터 실행, 결과 해석까지 이어지는 연속된 작업 흐름을 수행하기에 한계가 있다.
- 과학기술 AI 에이전트는 이러한 한계를 극복하기 위해 추론, 계획, 실행, 피드백 구조를 갖춘 능동형 아키텍처가 요구되며, 다중 시스템과의 연결성, 동적 자원 활용, 사용자 맥락 기반 등 복합 기술이 필요하다.
- 실험 설계나 데이터 해석 과정에서의 AI 개입은 단순 실행이 아닌, 창의적 대안 제시 및 전략적 판단 보조 역할까지 확대되어야 하며, 이는 기술 설계 단계에서부터 고려되어야 할 필수 조건이다.

3. AI 에이전트 활용 환경의 마련

□ 전주기 지원을 위한 플랫폼 기반 과학기술 AI 에이전트 환경

○ 통합 지원 플랫폼 환경의 필요성

- 과학기술 AI 에이전트가 연구 현장에서 안정적으로 활용되기 위해서는 데이터 수집부터 모델 학습·평가, 서비스 배포까지 전 단계를 통합 지원하는 플

랫폼 환경이 필수적이다.

- 연구 주제별 데이터 구조와 분석 방식이 상이하므로, 도메인 특화 모델 개발을 위해 전체 프로세스의 자동화·표준화가 요구된다.

○ AIDE 플랫폼 사례

- KISTI의 AIDE 플랫폼은 데이터 확보, 전처리, 학습 데이터 생성, 모델 구조 선택, 학습·파인튜닝(PT/SFT), 성능 평가까지 전 과정을 자동화한다 [61].
- 이를 통해 연구자는 논문·특허·실험 데이터 등 방대한 자료를 기반으로 단기간에 맞춤형 도메인 특화 모델을 확보할 수 있다.

○ 연구 생산성 향상 효과

- AIDE는 연구자에게 ‘개인 전용 AI 연구자’를 신속하게 만드는 효과를 제공한다.
- 수작업이던 데이터 정리, 모델 선택, 하이퍼파라미터 조정, 성능 검증이 자동화되면서 연구자는 핵심 실험과 분석에 더 많은 시간을 투입할 수 있다.
- 특히 근거 기반 추론, 실험 설계 지원, 시각 자료 분석이 가능한 모델을 빠르게 확보할 수 있다.

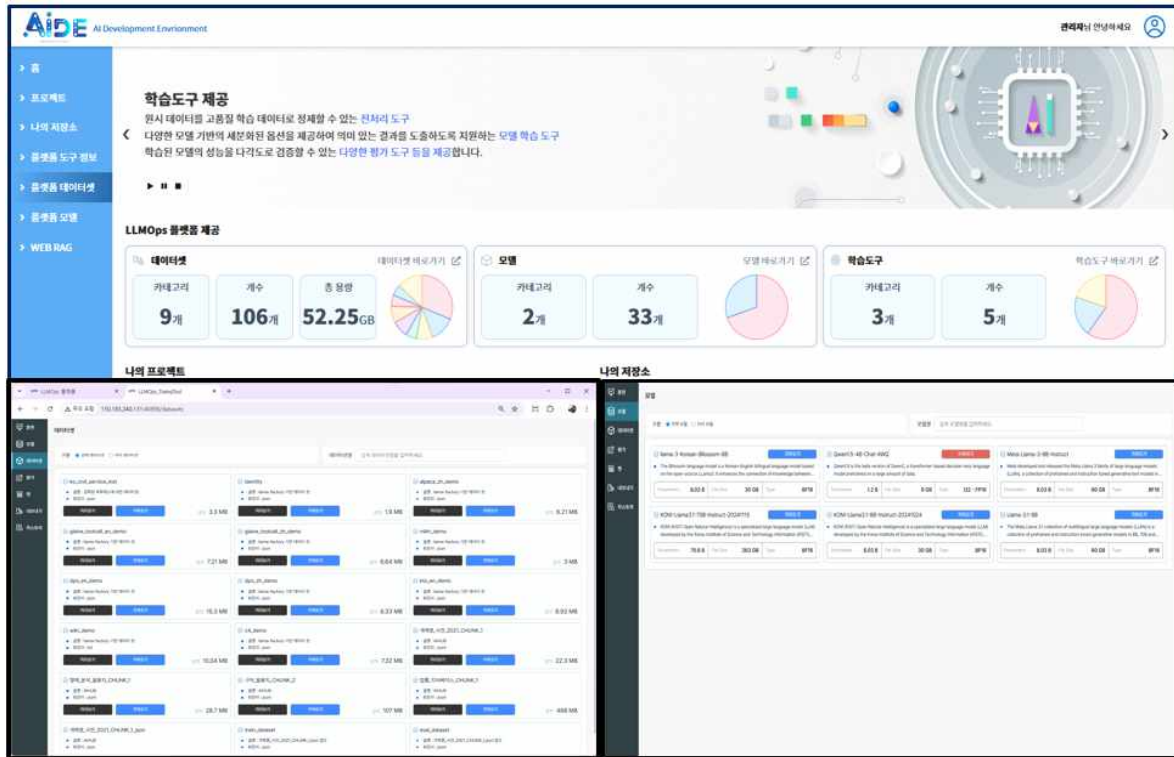


그림 23 AIDE 플랫폼 [61]

○ 에이전트 계층 구조

- 데이터 계층: 논문, 특허, 실험 데이터, 멀티모달 자료를 표준화하여 재사용 가능한 학습 자원으로 변환한다.
- 모델 계층: 도메인 특화 모델 학습, 파인튜닝, 멀티모달·다국어 확장 기능 지원한다.
- 서비스 계층: 완성된 모델 기반 AI 에이전트를 연구·행정·과제 관리 등 현장에 배포한다.

○ 데이터-모델-플랫폼의 유기적 결합

- 데이터 계층은 신뢰성 있는 학습 자원을 지속 공급하고, 모델 계층은 이를 바탕으로 도메인 지능을 강화한다.
- 플랫폼 계층은 전 과정 실행과 피드백을 통합 지원하여, AI 에이전트가 문제 정의부터 결과 보고까지 전 과정을 수행하는 진정한 연구 파트너로 자리매김하게 한다.

제3장

과학기술 연구에서의 AI 에이전트 활용과 확산 전략

제 1 절 과학 연구 지원형 에이전트의 활용

1. 과학기술 연구 환경에서 AI 에이전트의 도입

□ AI와 협업 중심으로 전환되는 과학 연구와 AI 에이전트의 본격 도입

- 연구 생산방식의 변화
 - 과학자들은 단순 계산 자원 효율화에서 벗어나 AI 에이전트와 협업하는 구조로 전환을 시작했다.
 - 이는 향후 연구 생산방식의 근본적 혁신으로 이어질 가능성이 높으며, AI 기술 발전에 따라 심층적·창의적인 연구 지원이 가능한 수준으로 진화하고 있다.
- 연구실 단계의 AI 에이전트 도입 형태
 - 논문·특허·연구보고서 등 다양한 과학기술 자료를 자동 수집·정리하고, 연구 주제·실험 설계 요구에 맞춰 구조화된 지식으로 가공한다.
 - 단순 키워드 검색을 넘어 문헌 비교·분석을 통해 패턴, 변수 상관관계, 최신 동향, 연구 공백을 도출해 근거 중심 의사결정을 지원한다.
- 다중 에이전트 협업 실험 자동화
 - 실험 준비, 장비 설정, 측정, 데이터 로깅 등 전 과정을 에이전트가 분담 수행하는 멀티에이전트 체계로 발전하고 있다.
 - 반복 실험에 대한 정확성 향상, 변수 제어 자동화, 장시간 무인 실험이 가능하다.
- 시뮬레이션 연동 가설 검증
 - 계산 과학 분야에서 시뮬레이션 환경 자동 구성, 입력 매개변수 반복 변경, 신속한 가설 검증을 수행한다.
 - 결과를 문헌 분석과 통합해 검증 루프의 정확도를 향상 시킨다.

- 문헌-실험 피드백 루프 자동화
 - 최신 연구 결과를 자동 분석하고 실험 설계 · 시뮬레이션 조건에 반영한다.
 - 문헌 · 데이터 흐름과 실험 · 분석 과정을 하나의 파이프라인으로 통합, 연구 주기를 단축시킨다.
- 도입 가속화 추세
 - 최근 과학기술 연구 현장에서 실험 설계, 데이터 분석, 문헌 검토 등 다양한 연구 과정을 자동화하는 특화 AI 에이전트 도입이 빠르게 확산되고 있다.

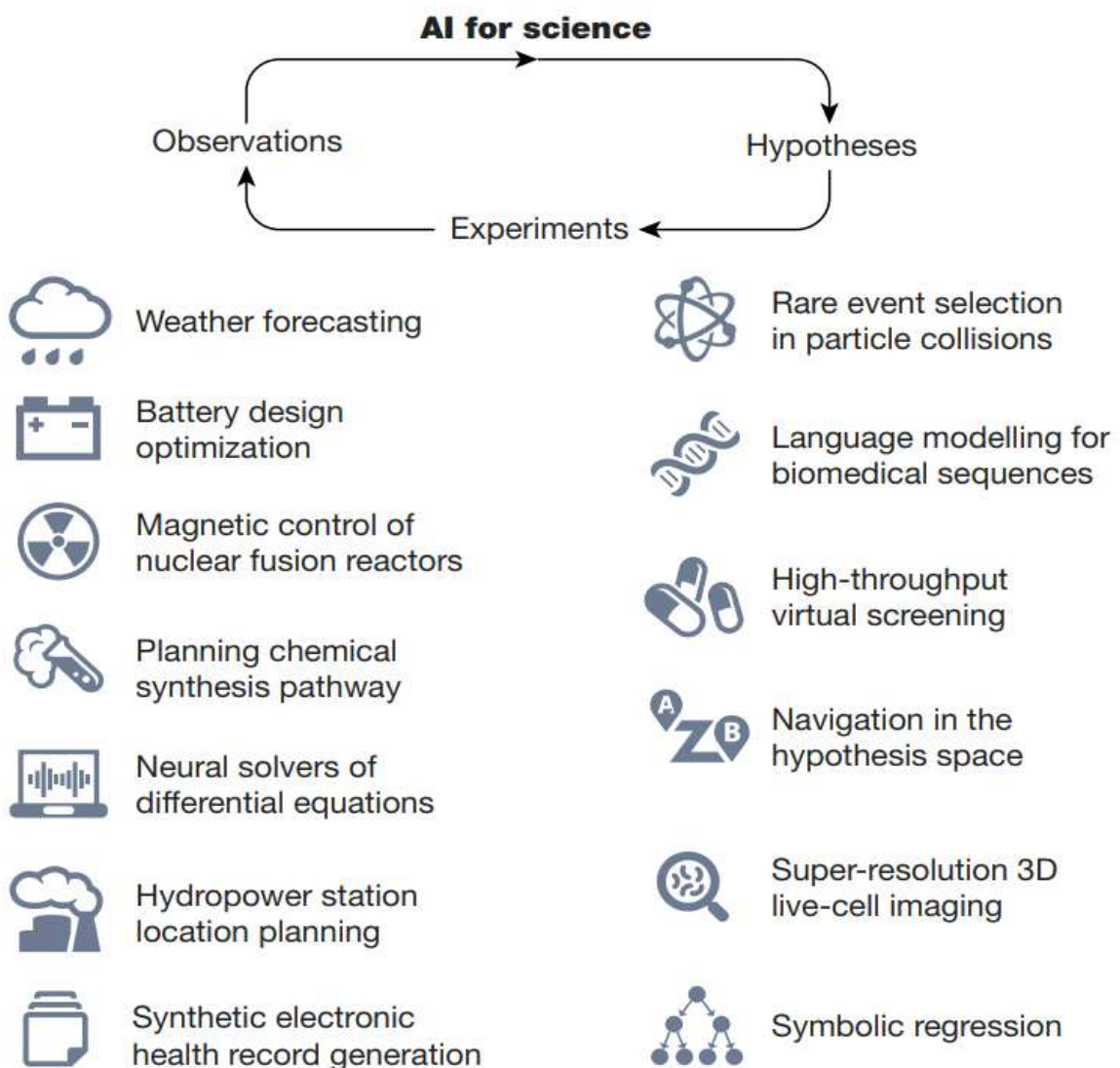


그림 24 인공지능 시대의 다양한 과학 연구 방법 및 분야 [4]

□ The AI Scientist (Sakana AI)

○ 소개

- Sakana AI가 개발한 The AI Scientist는 단일 작업 자동화를 넘어, 과학 연구 전 과정을 다양한 전문 AI 에이전트들이 협력해 수행하도록 설계된 자율 지식 생성형 연구 플랫폼이다 [25, 26].

○ 특징

- 특정 실험·데이터 분석뿐 아니라 문헌 조사, 연구 질문 수립, 실험 설계, 결과 분석, 가설 검증에 이르기까지 인간 과학자의 전형적 연구 흐름을 다중 AI 에이전트 협업 구조로 재현한다.
- 연구자가 자연어로 질문을 입력하면, 내부 에이전트들이 이를 과학적 절차로 해석하고, 필요한 데이터를 검색·분석해 결과를 도출하며, 최종 결론까지 자율적으로 구성한다.

표 4 The AI Scientist 시스템 구조

역할	설명
문헌 조사 에이전트 (Literature Agent)	최신 논문 및 PubMed 데이터베이스를 참조해 질문과 관련된 기존 연구 정보를 요약 정리
질문 구조화 에이전트 (Question Agent)	사용자의 질의에서 핵심 과학적 질문을 도출하고 세부 작업으로 분할
시뮬레이션 실행기 에이전트 (Simulation Agent)	필요한 경우 모델링 기반 실험 또는 수치 해석을 통해 가설을 검증
비판 및 교차검증 에이전트 (Critic Agent)	타 에이전트의 결과물에 대해 비판적 검토를 수행하고, 결론의 신뢰도를 평가
결론 요약 에이전트 (Summarized Agent)	모든 작업 결과를 통합하고, 사용자에게 인간과 유사한 논리적 설명으로 결과를 전달

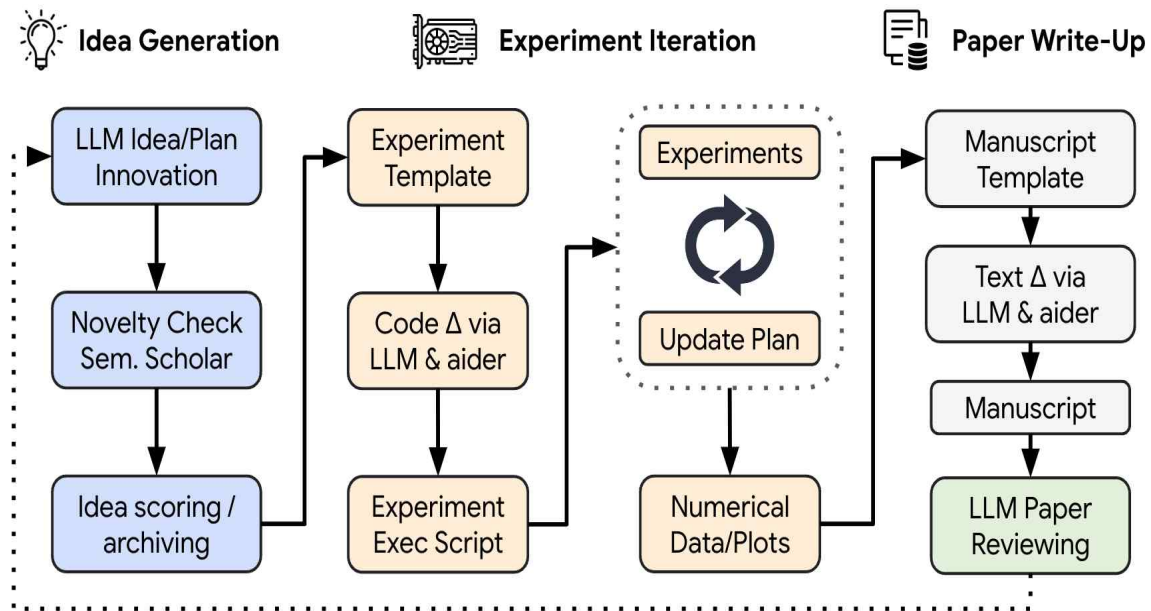


그림 25 Sakana의 The AI Scientist 시스템 개요도

□ AI-native 자율 실험실 (중국 상하이 교통대학교)

○ 소개

- 중국 상하이 교통대학교 연구진은 복잡한 생체분자 공학 실험을 자율적으로 수행할 수 있는 AI 기반 실험실 플랫폼 AutoDNA를 개발하였다 [27].
- AutoDNA는 장비 제어와 실험 최적화를 AI 에이전트들이 협업하여 처리하며, 다중 사용자 요청을 동시에 처리할 수 있다.
- 시스템은 Chemical Planning 모듈과 Hardware Execution 모듈로 구성된 다중 에이전트 아키텍처를 기반으로 한다.

○ 특징: Chemical Planning 모듈 구성

- Experiment Planner Agent: 사용자의 요구를 바탕으로 실험 절차를 설계한다.
- Hypothesis Proposer Agent: 기존 실험 절차의 개선 아이디어를 생성한다.
- Literature Researcher Agent: 관련 과학 논문 정보를 수집하여 절차 설계에 반영한다.

- Reagent Manager Agent: 시약 재고를 확인하고, 자원 제약 사항을 절차 설계에 반영한다.
- 특징: Hardware Execution 모듈 구성
 - Program Developer Agent: 장비 기능을 'atomic services'로 추상화하고, 상위 수준의 실험 절차를 실행 가능한 코드로 변환합니다.
 - Hardware Executor & Validator Agent: 코드를 배포하고 실험을 실행하며, 실험 결과를 검증해 다시 chemical planning 모듈에 전달합니다.

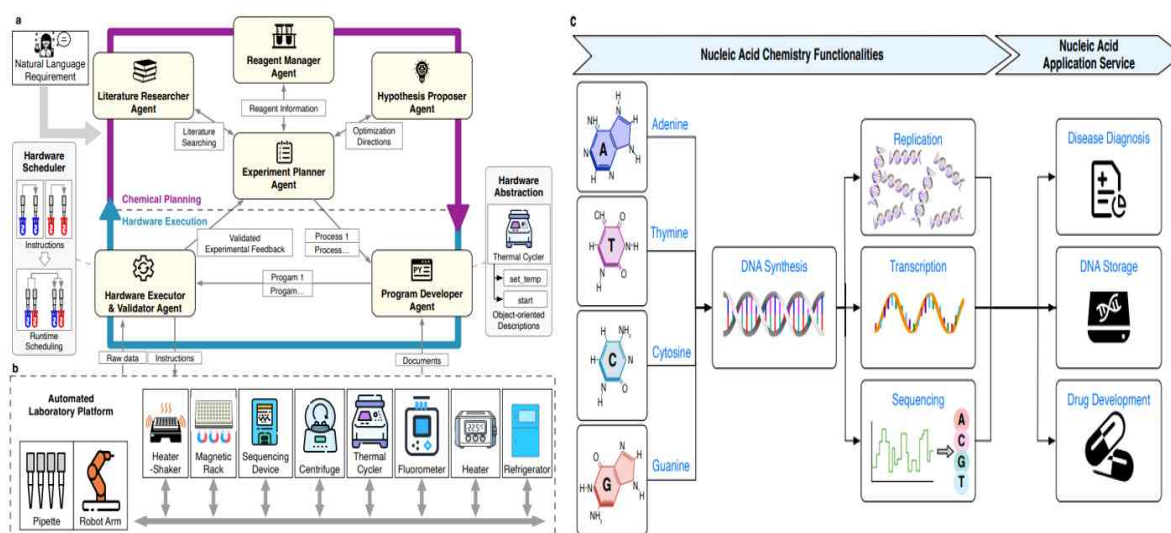


그림 26 AI-native 자율형 실험실 AutoDNA 시스템

□ Autonomous Lab (UC Berkeley)

- 소개
 - Berkeley 연구팀이 발표한 Autonomous Lab은 계산 기반 후보 선정, 문헌 기반 ML 경로 예측, 로봇 자동화 실험, XRD 분석, 액티브 러닝 기반 조건 최적화를 통합한 자율 실험 플랫폼이다 [28].
- 특징
 - 기존 자동화 실험실과 달리, 소재 후보 선정부터 합성 실패 분석·재설계까지 연구 전 주기를 자동화한다.
 - 문헌 학습과 열역학 기반 액티브 러닝을 통해 합성 조건을 지속적으로 개선

한다.

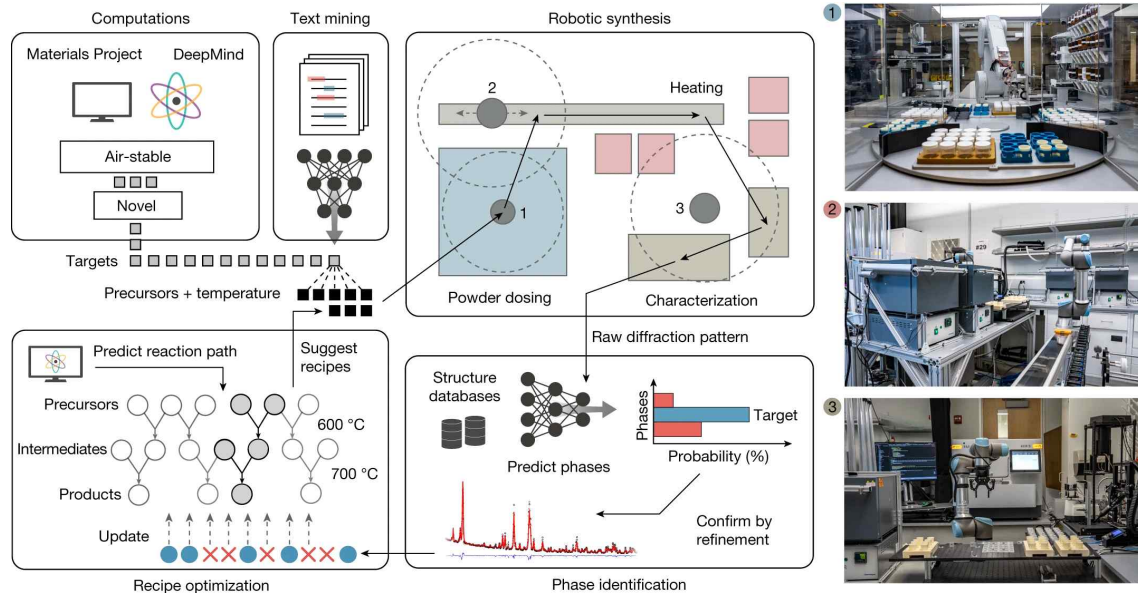


그림 27 Bekeley 대학에서 개발한 Autonomous Lab 시스템 개요도

□ Coscientist (CMU)

○ 소개

- Carnegie Mellon University 연구팀이 개발한 Coscientist는 GPT-4 등 대형 언어모델(LLM)에 인터넷·문헌 검색, 코드 실행, 실험 자동화 기능을 통합하여 화학 실험을 자율적으로 설계·계획·수행하는 플랫폼이다 [29].

○ 특징

- 기존 자동화 실험 도구와 달리, LLM이 실험 목표 해석부터 정보 수집, 코드 생성, 자동화 장비 제어까지 전 과정을 주도한다.
- 다양한 화학 분야 과제를 범용적으로 처리할 수 있으며, 팔라듐 촉매 교차결합 반응 최적화를 포함한 여섯 가지 화학 실험 과제를 자율 수행하여 설계·실행 능력을 입증했다.

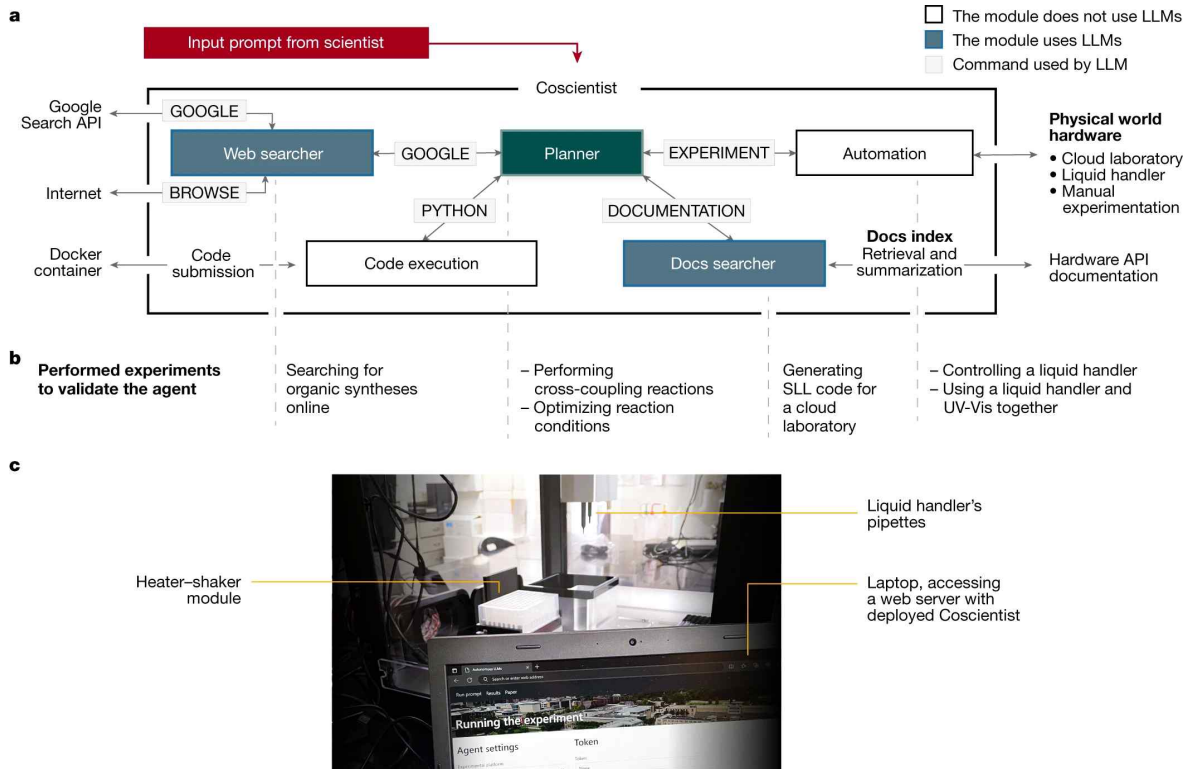


그림 28 CMU대학에서 개발한 Coscientist

□ ChemCrow (EPFL 외)

○ 소개

- ChemCrow는 유기 합성, 신약 개발, 소재 설계 등 화학 분야 전반의 과제를 수행하도록 설계된 대형 언어모델(LLM) 기반 화학 에이전트이다 [30].
- GPT-4와 전문화된 화학 도구 18종을 통합하여 다양한 화학 실험·설계 업무를 지원한다.

○ 특징

- 기존 LLM에 전문가 설계 화학 도구를 결합해 계산·실험 연계 능력을 크게 향상시켰다.
- 단순 질의응답을 넘어 화학적 추론과 실험 계획 수립까지 수행 가능하다.
- 화학 실험 계획과 실행을 자율적으로 수행하며, 곤충 기피제 합성, 3중 유기 촉매 합성, 새로운 크로모포어(색소 분자) 후보 발굴 성과를 달성했다.

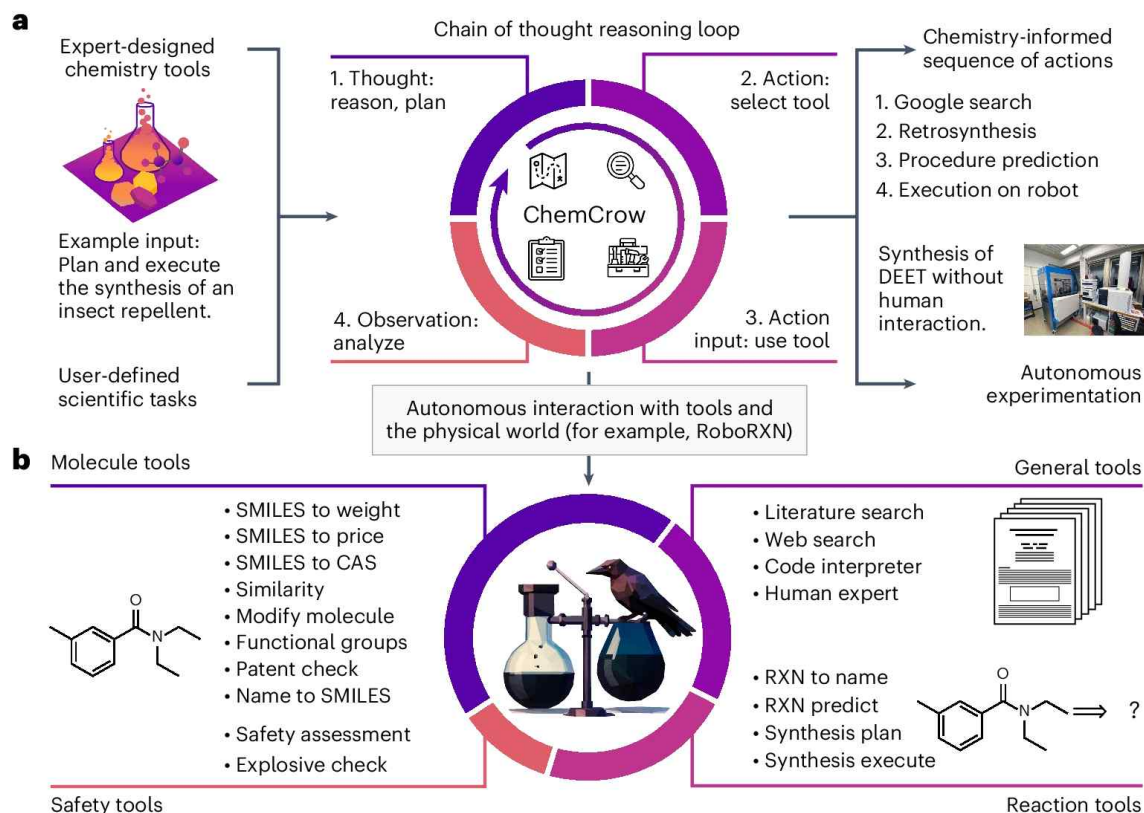


그림 29 ChemCrwo 에이전트 구성

□ Robin (FutureHouse)

○ 소개

- Robin은 과학 연구의 구상부터 설계, 분석까지 전 과정을 완전 자동화할 수 있는 최초의 다중 에이전트 시스템이다 [31].
- Owl(Precedent Search), Crow(Concise Search), Falcon(Deep Search), Phoenix(Molecular Synthesis)의 네 개의 에이전트로 구동된다.
- 문헌 조사, 데이터 분석, 가설 수립, 실험 제안 등을 하나의 통합 워크플로우로 수행한다.
- 문헌 검색 및 정보 수집에 대한 에이전트와 가설 수립과 실험 제안을 수행하는 에이전트, 실험 결과 데이터를 분석하는 에이전트들이 역할별로 상호작용하며 연구 전 과정을 협력 수행한다.

○ 특징

- Robin은 과학 연구의 구상부터 설계, 분석까지 전 과정을 완전 자동화할 수 있는 최초의 다중 에이전트 시스템으로 과학 탐구 특화 멀티툴 프레임워크: 다양한 도구(계산기, 문헌검색기 등)를 LLM이 자동 호출해 과학 문제 해결을 지원한다.
- 도구 사용 결과를 반영하며 반복적으로 전략을 조정하고 정답에 수렴하는 기능과 실패 원인을 분석해 다음 시도에 전략을 수정한다. 또한, 도메인 일반성 확보를 위해 화학, 물리, 재료 등 다양한 분야의 과학적 질문에 적용 가능하다.

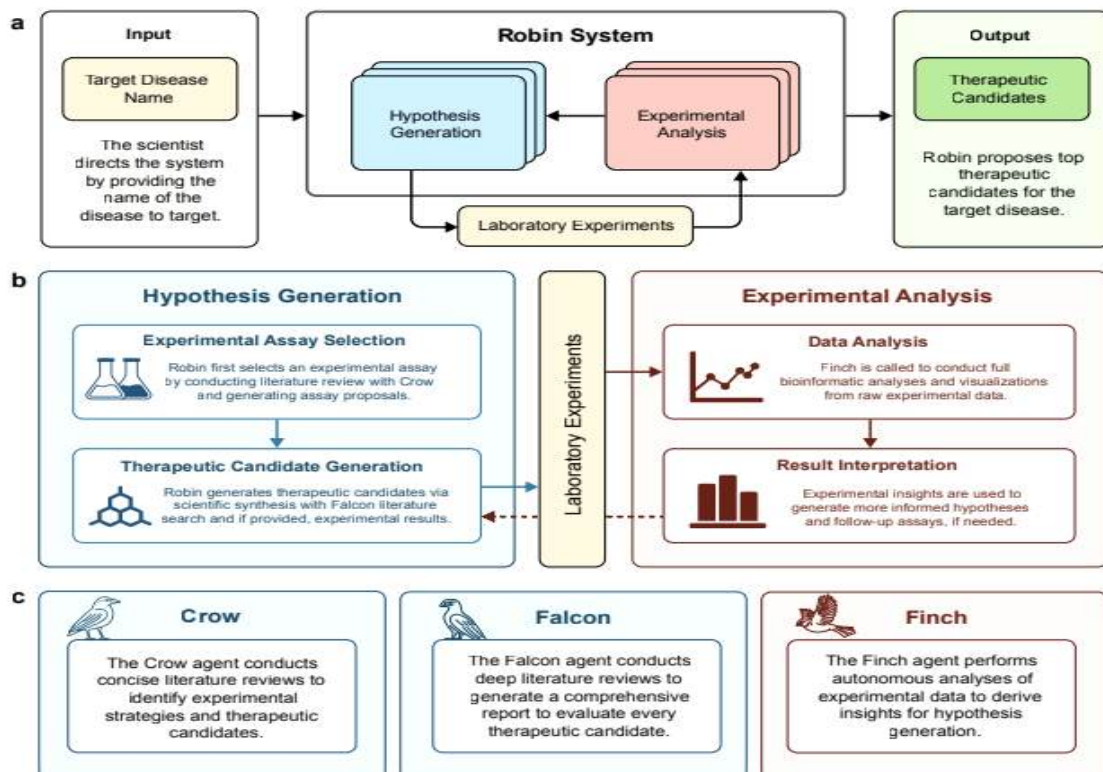


그림 30 Robin 시스템 통합 워크플로우

□ AI co-scientist (Google)

○ 소개

- AI co-scientist는 과학자가 제공한 연구 목표와 지침을 기반으로 새로운 연구 가설과 제안을 창출하도록 설계된 Gemini 2.0 기반 다중 에이전트 시스템이

○ 특징

-
- The diagram illustrates the AI co-scientist system design, showing the interaction between a **Scientist** and **The AI co-scientist multi-agent system**.
- Scientist**
- The scientist interacts with the system by specifying a research goal in natural language. They can also suggest their own ideas and proposals, provide feedback and reviews, and interact via a chat interface to guide the co-scientist system.
- Scientist inputs**
- Research goal**: Scientist describes a research goal along with preferences, experiment constraints, and other attributes.
 - Add idea**
 - Review idea**
 - Discuss research**
 - Research proposals and overview**: Top-ranked research hypotheses and proposals are summarized into a research overview and shared with the scientist.
- The AI co-scientist multi-agent system**
- Research plan configuration**
 - Ranking Agent tournaments**: Research hypotheses comparison and ranking with scientific debate in tournaments. Limitations and top win-loss patterns are summarized and provided as feedback to other agents. This enables iterative improvement in quality of research hypothesis generation creating a self-improving loop.
 - Generation Agent**: Literature exploration, Simulated scientific debate.
 - Reflection Agent**: Full review with web search, Simulation review, Tournament review, Deep verification.
 - Evolution Agent**: Inspiration from other ideas, Simplification, Research extension.
 - Proximity Check Agent**
 - Meta-review Agent**: Research overview formulation.
- AI co-scientist**
- The AI co-scientist continuously generates, reviews, debates, and improves research hypotheses and proposals toward the research goal provided by the scientist.
- Tool Use**
- Search
 - Additional tools
- Memory**
- The AI co-scientist system design

☐ ORGANA (토론토 대학 외)

- ## ○ 소개

- ### ○ 특징

- 50

- 전기화학 분야에서는 흐름전지용 귀금속 용도 특성 분석을 위해 19단계 실험 계획을 병렬로 실행한다.

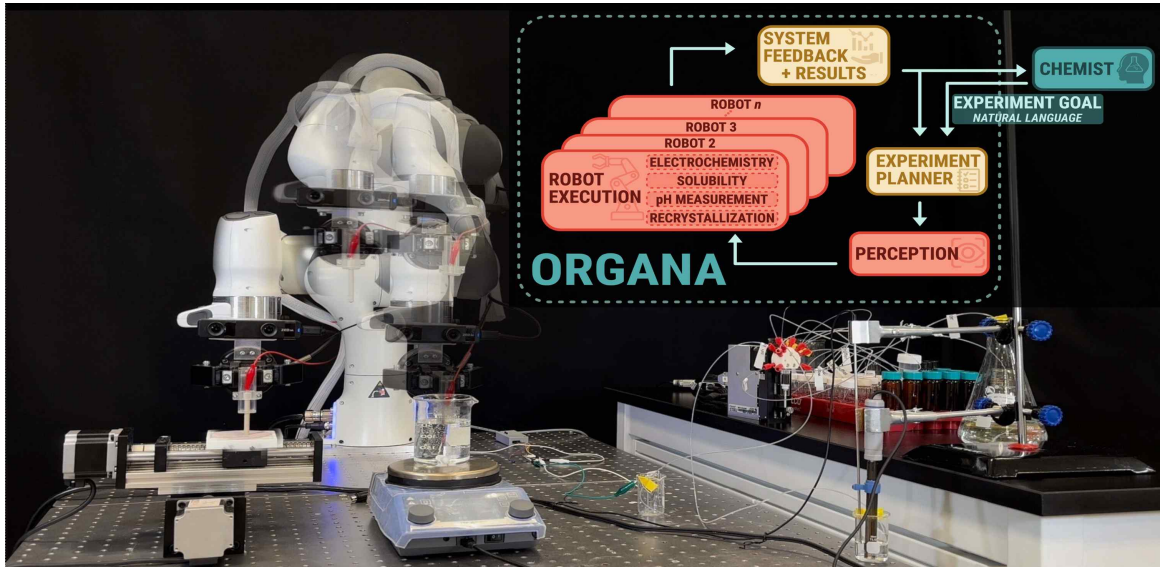


그림 32 ORGANA 시스템

□ MindScience (토론토 대학 외)

○ 소개

- MindScience는 화웨이(Huawei) 주도하에 개발된 MindSpore 프레임워크 기반의 과학 계산 툴킷 모음입니다. 이 플랫폼은 AI 기술과 전통 과학 계산을 융합하여 다양한 산업 분야의 응용을 가속화한다 [66].
- MindScience는 MindSpore 프레임워크 기반으로 개발된 과학 계산을 오픈소스 툴킷 모음이다.
- 기상, 유체역학, 전자기, 화학, 생물학 등 다양한 과학 분야의 연구와 산업 응용을 지원한다.
- 전통적 수치 계산과 AI 모델을 결합해 과학적 문제 해결 속도와 정확성을 크게 향상시킨다.

○ 특징

- 도메인 특화 툴킷(MindEarth, MindFlow, MindElec, MindChemistry, MindSPON

GE, SciAI)을 통해 각 분야 맞춤형 기능과 데이터셋을 제공한다.

- 모든 구성 요소가 자동 미분(Autodiff)을 지원하며, 튜링 완전 IR을 채택해 복잡한 수학적 계산과 최적화를 효율적으로 처리한다.
- 모듈화된 구조를 갖추어 다양한 연구 시나리오에 맞게 확장과 재사용이 용이하다.

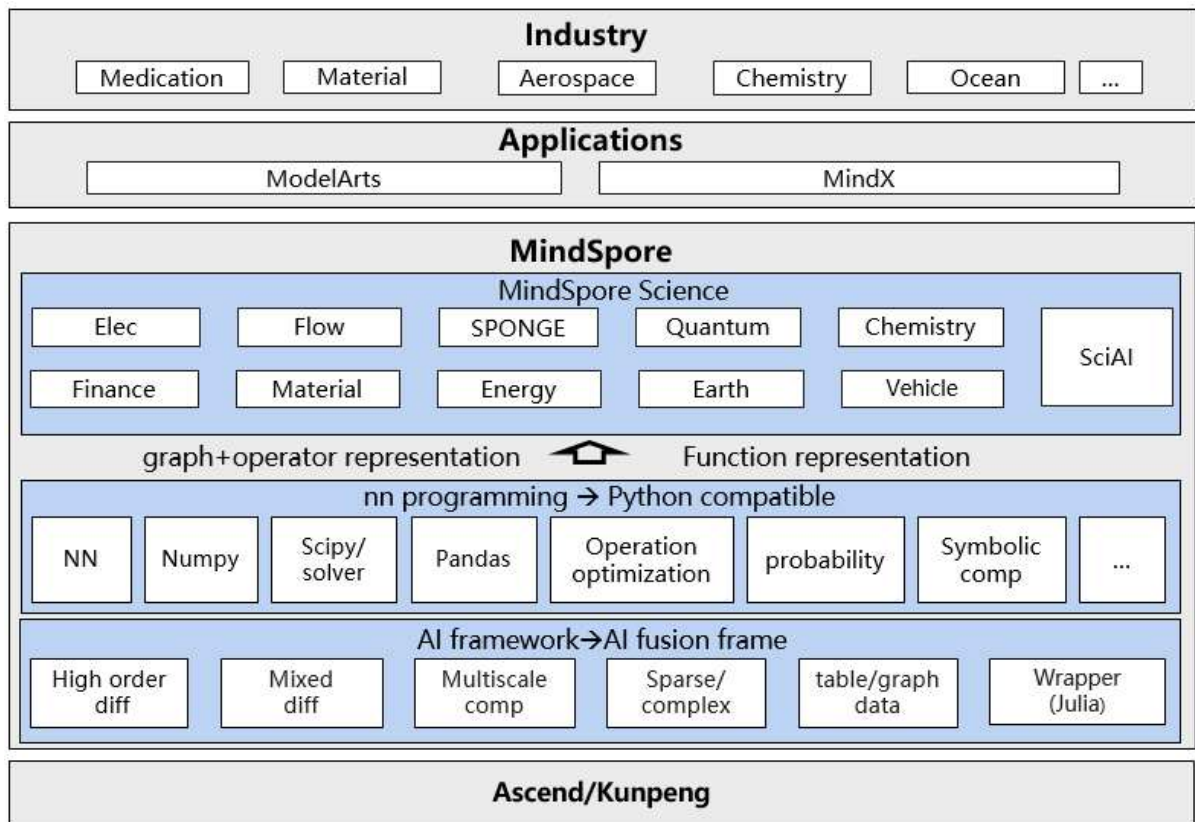


그림 33 MindScience 아키텍처

□ 지식 추론형 에이전트(Knowledge Reasoning Agent)의 급부상

- 과학기술 및 다양한 산업 분야에서의 실질적 응용 모델
 - 이들은 기존의 단순 응답 시스템을 넘어서, 복잡한 질의의 의미를 해석하고, 다중 출처의 정보 통합, 논리 기반 추론, 실행 가능한 응답 생성 등을 수행한다.
 - 특히 과학기술, 의료, 법률, 정책 등 고신뢰성과 설명가능성이 요구되는 분야

에서 핵심적인 역할을 수행한다.

- 복잡한 문헌 간 지식 통합 및 논증 구조 해석, 사용자의 질의 목적에 따른 상황 기반 추론, 정보 부족 환경에서의 불완전 정보 보완 추론, 과학 실험 설계 및 가설 검증 자동화 등 다양한 고차원 지적 활동을 지원하는 핵심 기반으로 자리매김하고 있다.

□ 주요 글로벌 사례

○ Google DeepMind Gemini (Project Astra)

- Gemini는 구글 딥마인드에서 개발한 멀티모달 대형 언어모델로, 텍스트, 이미지, 오디오, 비디오 등 다양한 모달리티 입력을 통합적으로 이해하고 처리할 수 있는 차세대 AI 에이전트이다.
- Gemini 1.5 시리즈부터는 장문 처리 능력(LRC)을 획기적으로 개선하였으며, 2025년에는 Astra 프로젝트를 통해 카메라, 마이크 등 외부 장비와 연결된 실시간 상호작용 기반의 에이전트로 진화하였다.
- 사용자가 영상 속 사물에 대해 질의하거나, 주변 환경을 실시간으로 해석하고 이에 기반한 도구 호출 및 피드백 반복이 가능한 구조를 구성된다.
- Astra는 사용자와의 상호작용을 바탕으로 연속된 추론과 도구 연동을 조합하는 고차원적 에이전트 인터페이스(agent interface)의 시범 구현체로 평가된다.
- DeepMind는 해당 시스템을 통해 차세대 멀티모달 에이전트가 시각적 세계를 인식하고, 지식 추론과 연동된 실행 능력을 실현하는 방향성을 선도하고 있다.



그림 34 Google 딥마인드의 프로젝트 아스트라 [63]

○ OpenAI (Operator Computer Use Agent)

- OpenAI의 Operator는 웹 브라우저와 소프트웨어 인터페이스 상에서 사용자의 명령을 자동화하는 CUA(Computational Use Agent)이다.
- 시스템은 사용자의 명시적 명령이나 프롬프트 없이도 과거 상호작용 기반의 행동 시퀀스를 학습하고 이를 반복 실행하는 방식으로 동작한다.
- 예컨대 항공권 가격 비교, 결제, 이메일 예약 전송 등 여러 단계를 포함하는 실제적인 웹 기반 작업을 자동화할 수 있다.
- 시스템은 강화학습 기반으로 개선되며, UI 조작을 직접 수행하는 실제 ‘사용자 행위 기반 AI’의 가능성을 제시하며, Operator를 통해 단순 질의응답을 넘어, 도구 활용, 화면 제어, 연속적 계획 수행이 가능한 차세대 실행형 AI 에이전트의 기술적 원형을 구현 중이다.

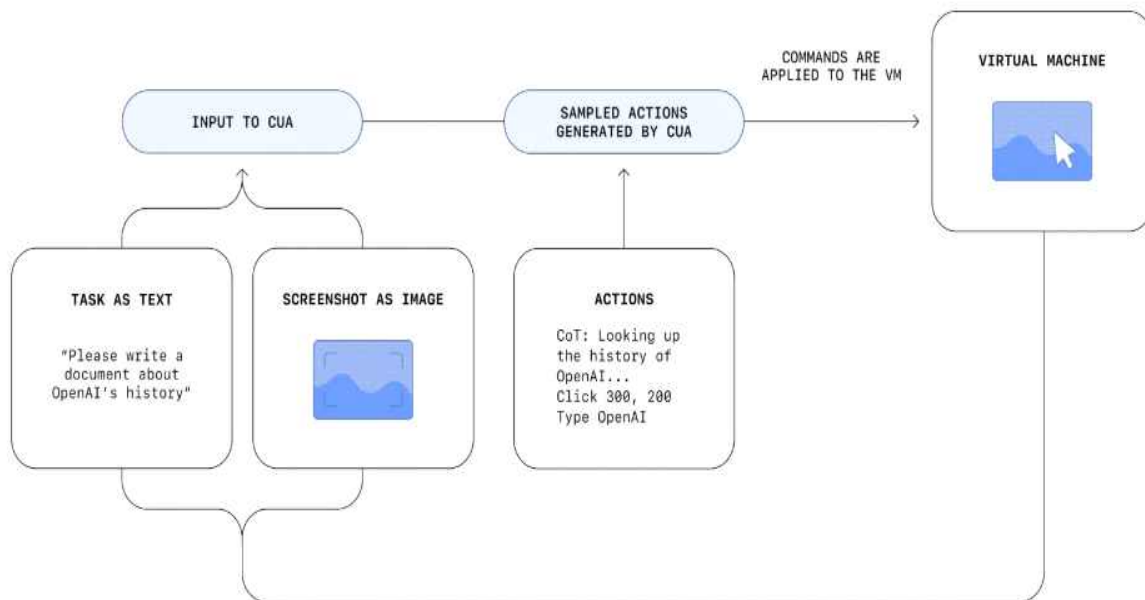


그림 35 OpenAI의 오퍼레이터 작동 방식 [64]

○ Anthropic (Claude 3)

- Claude 3 시리즈는 수만 단어에 이르는 장문 문서의 처리, 문서 간 연관 추론, 사실 검증, 인용 기반 응답 등 고정밀 문서 이해 능력을 갖춘 지식 중심 에이전트이다.
- 최근 공개된 Claude 3 Opus는 GPT-4와 동등 이상의 성능을 다양한 벤치마크에서 입증하였으며, 사용자 프롬프트를 보다 안전하고 책임감 있게 처리하는 특징이 있다.
- 특히 Claude 3는 논문 검토, 법률 문서 분석, 정부 정책 보고서 작성 등 신뢰성과 논리성이 중요한 전문 도메인에서의 적용이 활발하다.
- 다양한 API 레벨의 통합을 지원하며, 사용자 정의 도구 호출이나 데이터 기반 근거 생성에도 특화된 아키텍처 구조를 갖췄다.
- Anthropic은 Claude를 통해 고신뢰형 지식 추론 에이전트의 방향성을 제시하고 있으며, 실질적인 기업 및 정부 기관 협업에서도 그 활용도가 확산되고 있다.

High-level Architecture of Advanced Research

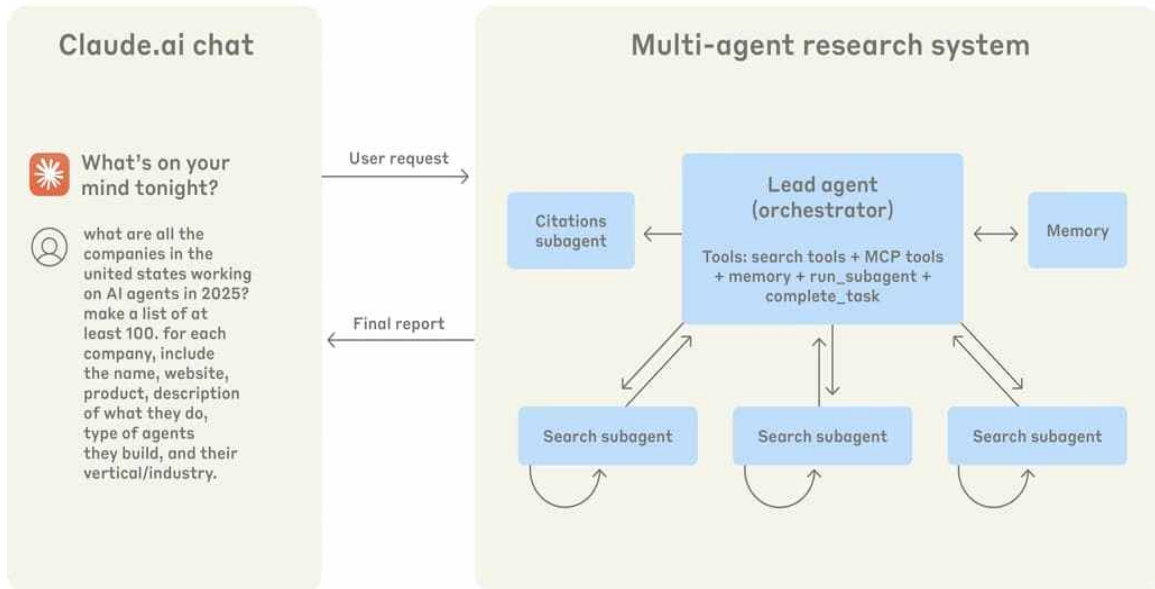


그림 36 Anthropic의 멀티 에이전트 아키텍처 [65]

□ 주요 국내 사례

○ LG AI Research (Exaone Deep)

- Exaone Deep은 LG AI연구원이 개발한 Exaone 시리즈의 고차 추론 특화 버전으로, 수학, 과학, 논리 기반 문제 해결 능력을 중점적으로 강화되었다.
- 실험적으로는 수식 기반 문제해결(MATH, GSM8K), 논문 기반 질의응답, 코딩 문제 해결(HumanEval) 등 고난이도 벤치마크에서 국내 최고 수준의 성능을 보였다.
- 에이전트 구조 측면에서는 사고 경로 기록(trace), 자기 피드백 기반 결과 수정(reflection), 멀티스텝 계획 모듈(planner)을 적용해 자기 주도적 학습과 실행을 실험 중이다.
- 과학 연구, 산업 자동화, 교육 분야 등에서 다양한 응용 가능성이 검토되고 있다.

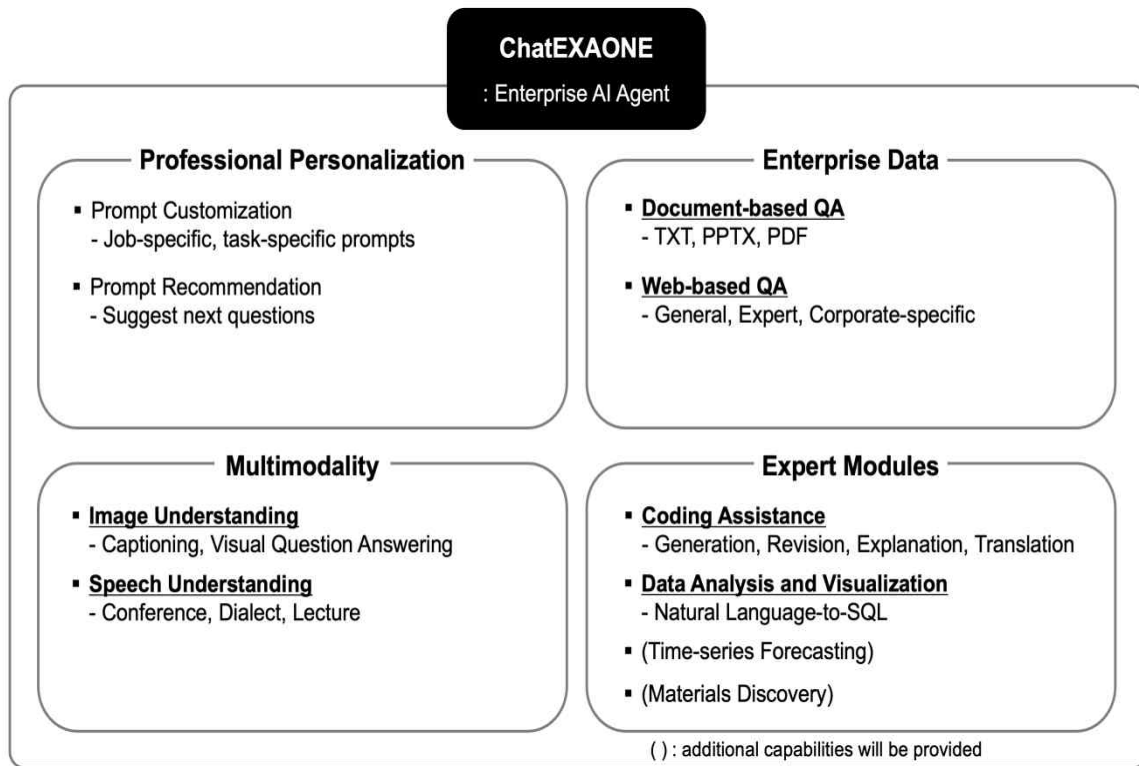


그림 37 ChatEXAONE의 4가지 주요 기능과 6가지 핵심 역량

○ NAVER (HyperCLOVA X)

- HyperCLOVA X는 NAVER가 개발한 초거대 언어모델 HyperCLOVA의 차세대 버전으로, 한국어 기반의 도메인 특화 지식 추론 능력을 고도화하고 있다.
- 기술적으로는 2048K 이상의 context length를 처리할 수 있는 확장형 attention 구조, mixture-of-experts(MoE) 기반 다중 경로 추론, 도메인 적응을 위한 lightweight adapter 구조가 적용되어 있다.
- Exaone Deep은 Exaone 시리즈의 고차 추론 특화 버전으로, 수학, 과학, 논리 기반 문제 해결 능력을 중점적으로 강화되었다.
- 실험적으로는 수식 기반 문제해결(MATH, GSM8K), 논문 기반 질의응답, 코딩 문제 해결(HumanEval) 등 고난이도 벤치마크에서 국내 최고 수준의 성능을 보였다.



그림 38 LG Exaone Deep과 Naver HyperCLOVA X

○ KT (Mi:dm Agent Framework)

- KT AI연구소는 기업용 LLM인 mi:dm을 기반으로 문서 기반 질의응답, 문서 생성, 요약, 대화형 업무보조 등을 수행하는 에이전트형 프레임워크를 설계하였다 [75].
- 내부적으로는 PDF, DOCX, 이미지 등 다양한 형식의 문서에서 정보를 추출·요약하고, 질문-답변 루프를 통해 정보의 정확성을 검증·보강하는 기능을 구현 중이다.
- KT는 통신 및 ICT 인프라와 결합해 고객센터 자동화, 전자계약 분석, 기업보고서 생성 등 실제 업무와 연계된 RAG 기반 에이전트 PoC를 다수 수행하고 있다.

□ 국내·외 지식 추론형 에이전트의 기술적 공통점

○ 핵심 기술 구조의 수렴

- 국내외에서 개발 중인 지식 추론형 AI 에이전트는 공통적으로 RAG, 멀티모달 처리, 톨 연계, 메모리 구조 등을 내장하고 있다.
- 이는 단순한 생성 기능을 넘어 실시간 정보 연동과 추론 기능을 통합한 고도화된 시스템 구조로 진화하고 있다.

○ 기술적 공통 요소

- RAG 기반 정보 증강 구조로 실시간 검색과 생성 기능을 통합하여 최신 정

보 활용을 가능하게 한다.

- 문서, 이미지, 수식 등 다양한 정보 형태인 멀티모달을 통합 처리하여 맥락 이해력을 향상시킨다.
- Tool Use 및 Planning 모듈 내장
 - 계산기, 브라우저, API, 검색 툴 등 외부 도구와의 연계를 통해 실행 기반 추론을 지원한다.

2. AI 에이전트와 연구자의 협업 향상에 따른 기대 효과

□ 공동 연구자로서의 과학기술 AI 에이전트

- 연구자와의 협업 향상
 - AI 에이전트와의 협업은 단순한 업무 효율성 향상을 넘어, 연구의 질적 수준 제고와 혁신적 문제 해결을 가능하게 한다.
 - 연구 목표에 따라 스스로 계획을 수립하고 필요 자원을 할당해 공동 연구자 처럼 기능한다.
 - 이를 통해 실험 설계와 데이터 해석 과정에서 인간과 AI 간 상호 피드백이 신속하게 이루어져 의사결정 속도가 크게 향상될 것으로 기대된다.
- 에이전트 아키텍처 구조
 - 과학기술 AI 에이전트는 복잡한 다중 모듈 기반의 에이전틱 아키텍처 (Agentic Architecture)를 따른다.
 - 각 에이전트는 연구 전 과정에 걸친 개별 업무를 담당하며, 중앙 오케스트레이터(orchestrator)의 통제 하에 서로 유기적으로 연결된다 [5, 6, 34].
 - 연구 전 과정을 지원하는 AI 에이전트의 아키텍처는 단순한 자동화 수준을 넘어, 연구 수행의 각 단계별 기능을 갖춘 서브 에이전트들이 상호 협력하며 작동하는 구조로, 복잡한 과학 탐구 과정을 단계별로 분할·조율할 수 있게 한다.
 - 또한, 멀티에이전트 간 협업 구조를 통해 하나의 문제에 대해 다양한 접근을

병렬적으로 시도하거나, 복수의 도구와 데이터 소스를 연계하는 멀티모달 전략이 가능해지면서, 인간 연구자가 감당하기 어려운 복합 작업도 분산·병렬적으로 수행할 수 있다.

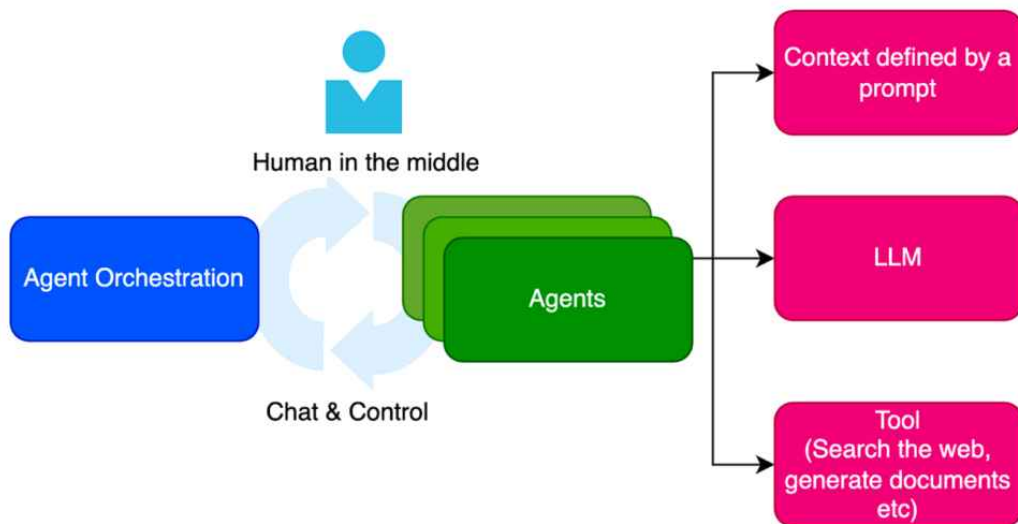


그림 39 멀티에이전트 오케스트레이션 프레임워크 [62]

□ 단계별 특화 에이전트 연계에 따른 연구 효율화

○ 연계 구조의 효과

- 연구 단계별로 특화된 에이전트들이 유기적으로 연결되어 개별 업무가 단절되지 않고 하나의 흐름으로 이어진다.
- 문헌 분석 에이전트가 발견한 새로운 연구 방향이 즉시 가설 설정·실험 설계 단계로 전달되고, 분석 결과가 자동으로 보고서 작성에 반영된다.

○ 상호 피드백과 정확성 향상

- 연구자와 AI 에이전트 간 피드백 속도가 빨라져 중간 단계의 오류나 정보 누락을 즉시 보완할 수 있어 결과의 정확성과 신뢰성이 동시에 향상된다.
- AI 에이전트와의 협업은 도메인 특화 모델의 생산 속도와 접근성을 혁신적으로 높인다.

○ 맞춤형 모델 생산 라인

- 연구자가 필요한 분야와 요구 조건을 입력하면, 에이전트가 내부 데이터 자원과 외부 협력 네트워크에서 관련 데이터를 수집한다.
- 전처리·정제를 거쳐 학습용 데이터셋을 생성하고, 플랫폼 내에서 적합한 모델 구조를 선택·학습·검증 후 연구자 검토를 받는다.
- 이는 ‘연구자 맞춤형 모델 생산 라인’과 유사하며, 필요한 재료(데이터)와 설계도(모델 구조)만 정하면 신속하게 목적 최적화 모델을 제공한다.

○ 공정형 협업 구조의 가치

- 단순 모델 제작 속도 향상을 넘어, 새로운 연구 아이디어의 실험, 검증, 개선 연구 수행 사이클을 단축한다.

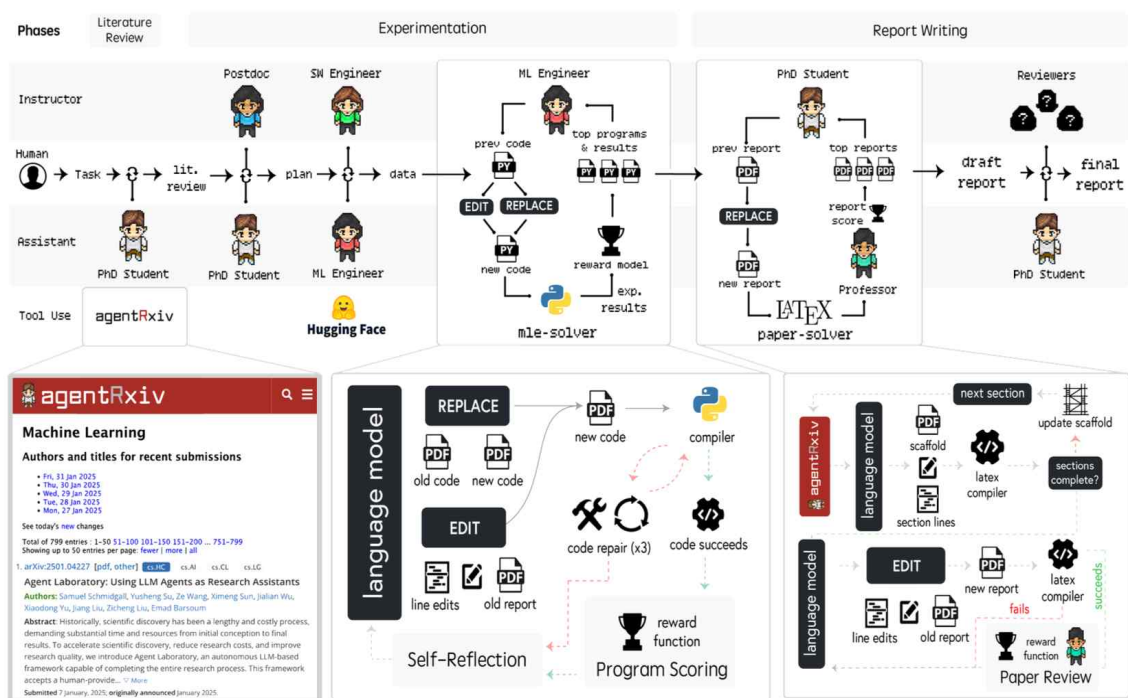


그림 40 AI 에이전트 실험실 워크플로우 [35]

제 2 절 과학기술 연구 지원형 AI 에이전트 확산

1. 기관·산업별 맞춤형 확산 전략

□ 수요 집단 맞춤형 확산 전략

○ 수요 확대와 자원 격차

- 과학기술 특화 AI 에이전트 수요는 연구기관과 산업 전반에서 빠르게 증가하고 있으며, 적용 범위도 다변화되고 있다. 하지만 기관별로 보유 자원과 역량이 상이하다.
- 대규모 고품질 데이터를 보유했으나 학습 가능한 모델에 대한 전문적인 도메인 지식이 부족한 경우, 자체 개발 모델은 있으나 학습용 도메인 데이터가 부족한 경우 등 상황에 따른 맞춤형 지원이 필요하다.

○ 기관 상황별 지원 방향

- 데이터 자원이 갖춰진 기관은 전처리·표준화·데이터셋 구축을 포함한 데이터 준비 과정과 최적화 모델 아키텍처 설계·학습을 결합해 도메인 특화 모델 개발을 지원한다.
- 데이터 자원이 부족한 기관은 외부 데이터 연계, 공공 데이터 개방, 타 기관과의 데이터 협력 등을 통한 학습 데이터 자원을 보강하여 도메인 특화 모델에 적용한다.

○ 데이터·모델 융합 전략의 중요성

- 기관별 상황에 맞춘 데이터·모델 자원 융합은 현장 적합성을 높이는 핵심 요소이다.
- 데이터 수집·가공, 모델 개발·학습, 배포·운영을 하나의 흐름으로 연결하는 플랫폼·기술 지원 체계가 필요하다. 이러한 과정을 통해 각 기관 요구에 맞춘 맞춤형 에이전트를 안정적으로 설계·공급이 가능하다.

○ 맞춤형 확산 전략의 목표

- 단일 표준형 에이전트를 일괄 보급하는 것이 아니라, 산업·연구 분야 특성·보유 자원·운영 환경에 최적화된 다양한 형태의 에이전트를 제공한다.

- 과학기술 AI 에이전트를 단순 보조 도구가 아닌, 각 조직의 고유한 연구·산업 활동 핵심 구성요소로 발전한다.
- 기관·산업별 도입 시나리오
 - 대형 연구기관은 방대한 논문·실험 데이터를 보유하고 있으므로 관련 도메인 특화 모델 개발 및 고도화를 지원한다.
 - 중소형 연구소는 데이터 확보를 지원하고, 클라우드 기반의 모델 학습 환경을 제공하여 빠르게 AI 에이전트를 도입할 수 있도록 지원한다.
 - 산업계의 대규모 연구실은 제품 개발·제조 전문 데이터를 활용하고 설계 자동화·성능 예측을 수행하는 AI 에이전트를 개발하여 지원한다.
 - 공공기관은 대규모 행정 데이터 통합과 RAG 기반 지원을 통해 의사결정 지원을 수행하는 에이전트를 구축한다.
- 기대 효과
 - 각 도메인과 필요에 따른 여러 지원 방법을 다각도로 파악하여 기관별 연구 속도와 품질을 향상시키는 목적을 지원하며 중복 연구 감소와 자원 활용 효율성을 극대화한다.

2. 데이터·모델·플랫폼 자원의 융합

□ 데이터·모델·플랫폼 융합을 통한 과학기술 AI 에이전트 고도화

- 융합의 필요성
 - 과학기술 연구 지원형 AI 에이전트가 현장에서 안정적이고 고도화된 기능을 발휘하려면 데이터·모델·플랫폼 세 가지 자원의 긴밀한 결합이 필수다.
 - 데이터·모델·플랫폼 세 요소는 각각 독립적으로 발전했지만, 실제 연구 환경에서는 상호 연결된 하나의 체계로 작동할 때 최대 효과를 발휘한다.
- 데이터 자원
 - 연구 논문, 특허, 보고서, 실험·시뮬레이션 결과, IoT 데이터 등 방대한 자료가 도메인별로 축적돼야 한다.

- 단순한 데이터양 확보만으로는 부족하며, 이질적 형식·품질의 데이터를 통합·정제·구조화해 모델이 학습 가능하도록 변환해야 한다.
- 과학기술 분야는 텍스트뿐 아니라 수치, 표, 그래프, 이미지, 센서 로그 등 멀티모달 데이터를 포함하므로 효율적인 전처리·정규화 기술이 필요하다.

○ 모델 자원

- 정제된 데이터를 기반으로 도메인 특화 지식을 학습하고 연구자의 요구에 맞는 결과를 도출하는 핵심 엔진 역할을 한다.
- 범용 LLM은 초기 성능 확보에는 유리하지만, 과학기술처럼 특수성이 강한 분야에서는 한계가 뚜렷하다.
- 과학기술 분야처럼 전문 용어 해석과 인과 관계 기반 추론 등 고정밀 분석이 요구되는 영역에서는 일반 모델만으로는 신뢰할 만한 결과를 기대하기 어렵다. 따라서 도메인별 지식 반영, 지속적 파인튜닝, 고급 reasoning 능력을 포함한 전문 특화 모델 개발이 필수적이며, 이를 위한 전용 모델 허브 및 훈련 파이프라인이 함께 구축되어야 한다.
- SFT(Supervised Fine-Tuning), Continual Learning 등을 통한 모델 학습법은 도표 해석, 수식 계산, 실험 데이터 분석이 가능한 멀티모달·멀티태스크 모델 대상으로 확장되어야 한다.

○ 플랫폼 자원

- 데이터 수집·전처리·학습·평가·배포 전 과정을 하나의 자동화 파이프라인으로 처리할 수 있는 플랫폼이 요구된다.
- 연구자는 인프라 구축 없이 곧바로 AI 에이전트를 활용할 수 있으며, 향후 AgentOps 기능이 도입되면 연구 목적에 최적화된 에이전트를 자동 조립·배포하는 환경 구현이 가능하다 [36, 37].

○ 융합 구조의 효과

- 데이터·모델·플랫폼이 단절되면 가치가 제한되지만, 유기적으로 결합되면 맞춤형 연구 지원 에이전트 생산 공정처럼 작동한다.
- 특정 산업·기관이 연구 목표를 입력하면, 플랫폼이 도메인 데이터를 신속히 수집·정제하고 학습 모델을 생성한 뒤 맞춤형 에이전트로 제공한다.

제 3 절 AI 에이전트 기반 연구 생태계 구축을 위한 향후 과제

1. 과학기술 특화 AI 에이전트 생태계 조성

□ 연구 전 주기 지원을 위한 AI 에이전트 필요성 확대

- 데이터·모델·플랫폼의 통합 운영 필요
 - 연구 지원 기능은 데이터·모델·플랫폼이 유기적으로 결합될 때 극대화된다.
- 맞춤형 에이전트 생산 라인 구축
 - 연구 목적에 따라 데이터 수집부터 모델 생성, 배포까지 자동화한다.

□ 도메인 특화 데이터 확보 및 융합

- 다른 도메인 기관의 고부가가치 데이터 상호 공유
 - 실험 데이터, 시뮬레이션 결과, 관측 자료, 특허·표준 문서 등 다양한 형식의 도메인별 데이터를 기관 간 공유 체계를 통해 상호 활용성을 극대화한다.
- AI 학습 최적화를 위한 데이터 품질 관리
 - 표준화·검증 절차를 통해 데이터 품질을 보장하고, 자동화된 전처리·정제 파이프라인을 운영하여 AI 학습에 적합한 형태로 변환한다.
- 안전한 데이터 공유 환경 구축
 - 기밀성·무결성을 보장하는 안전한 공유 프로토콜과 접근 제어 체계를 마련해 연구자 간 안전하고 효율적인 데이터 교류를 지원한다.

□ 기관 간 연계형 AI 에이전트 협업 구조

- A2A(Agent-to-Agent) 기반 협업 아키텍처 도입
 - 특정 분야에 특화된 AI 에이전트들이 상호 협력할 수 있도록 A2A 기반의 협업 구조를 적용하여, 기관 간 연구 지원과 데이터 활용의 효율성을 극대화한다 [38, 39].
- 표준화된 기술 규격 마련
 - API, 인증, 보안, 지식 표현 언어 등 핵심 기술 요소의 표준을 제정해 기관별 에이전트 간 원활한 정보 교환과 상호 운용성을 보장한다.

○ 서로 다른 인프라 환경 간 호환성 확보

- 서로 다른 하드웨어·소프트웨어 환경에서도 안정적인 연계를 가능하게 하기 위해 인터페이스 호환성을 확보하고, 변환·중계 모듈을 제공한다.

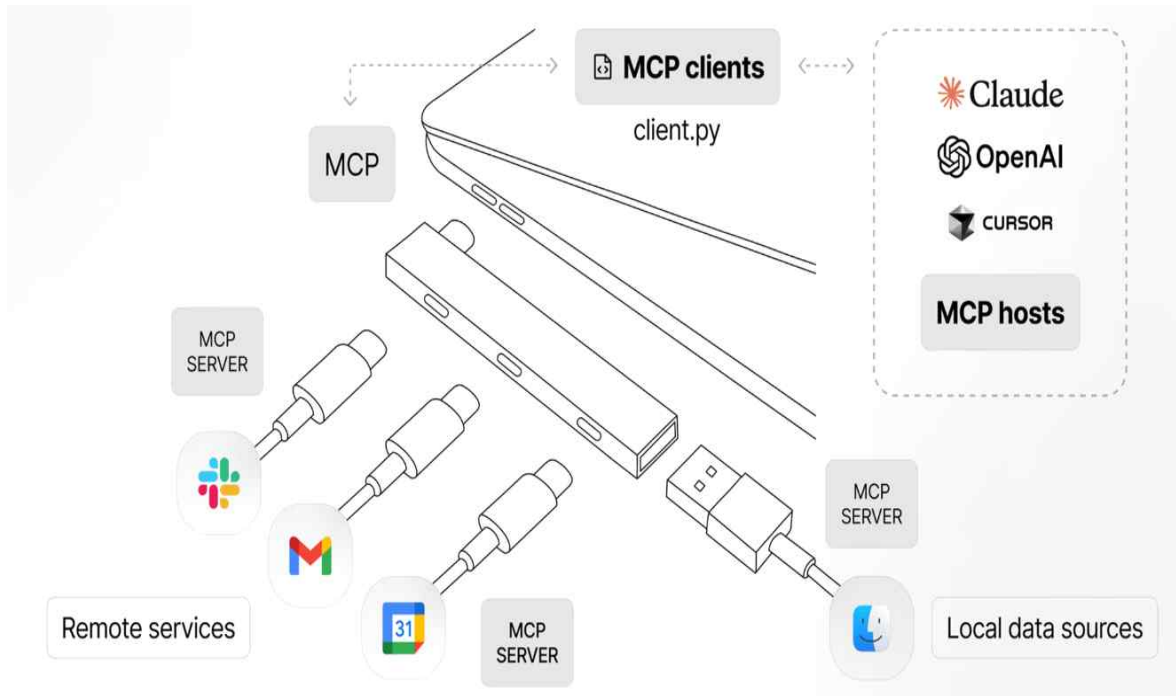


그림 41 MCP 구조도 [40]

2. 국가 연구 정보(데이터) 플랫폼의 통합

□ 연구과제 행정 지원 플랫폼 통합

○ 분산된 행정·관리·정보 시스템의 일원화

- 각 부처·기관별로 분리 운영되는 연구 과제 관리, 성과 보고, 행정 절차 플랫폼을 통합해, 연구자의 반복 입력·중복 작성 부담을 최소화한다.

○ 데이터·AI 자원 기반의 통합 연계 환경 구축

- KISTI 등 국가 연구기관이 보유한 데이터와 AI 자원을 활용하여, 기관 간 시스템을 하나의 접근 채널에서 이용할 수 있는 연계 구조를 마련한다.

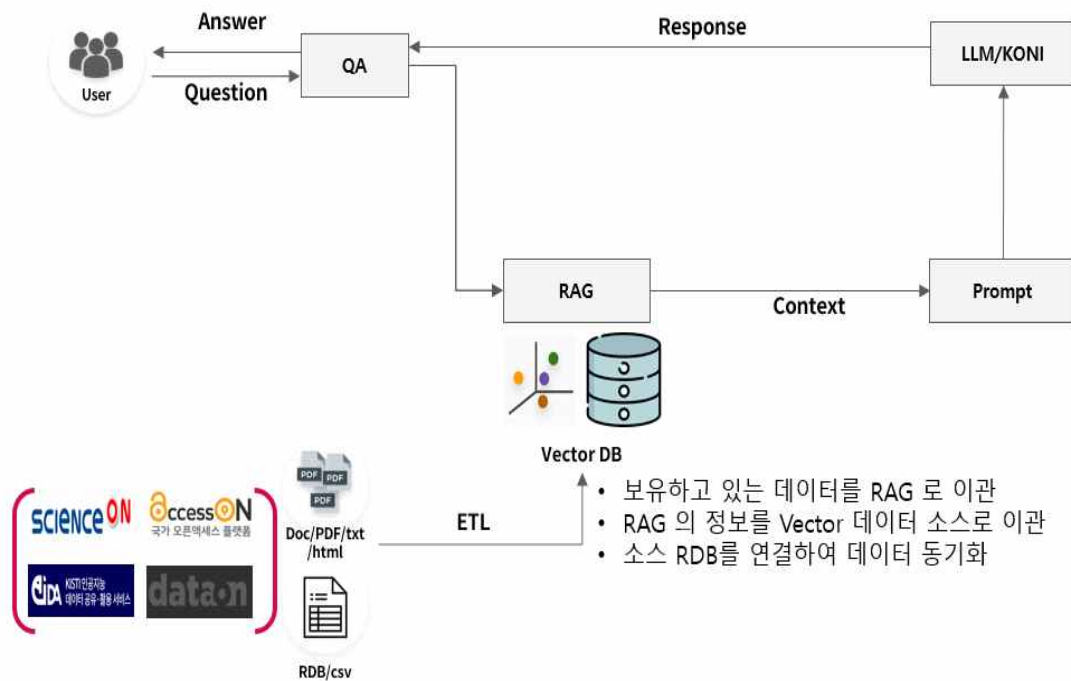


그림 42 KISTI의 과학기술 문헌 정보 제공 플랫폼과 RAG와의 결합 시스템

□ 연구 행정 업무에 AI 도입을 통한 자동화 및 지능형 지원

- 반복적·형식적 행정 업무의 AI 자동화
 - 보고서 작성, 표·차트 생성, 회의록·요약 문서 작성 등 업무를 AI 에이전트를 통해 자동 처리하여 연구자가 핵심 연구에 집중할 수 있도록 한다.
- 연구 과제 관리 플랫폼과의 연계 지원
 - IRIS, GAIA 등과 연동하여 과제 제안서 작성, 연구비 집행 보고, 중간·최종 보고서 작성 등 전 과정을 통합 지원한다.
- 맞춤형 행정 절차 최적화
 - 행정 정보 중복 입력 방지, 연구자별 맞춤형 입력 항목 안내, 필수 제출 서류 자동 생성·검증 기능을 통해 업무 경감을 실현한다.

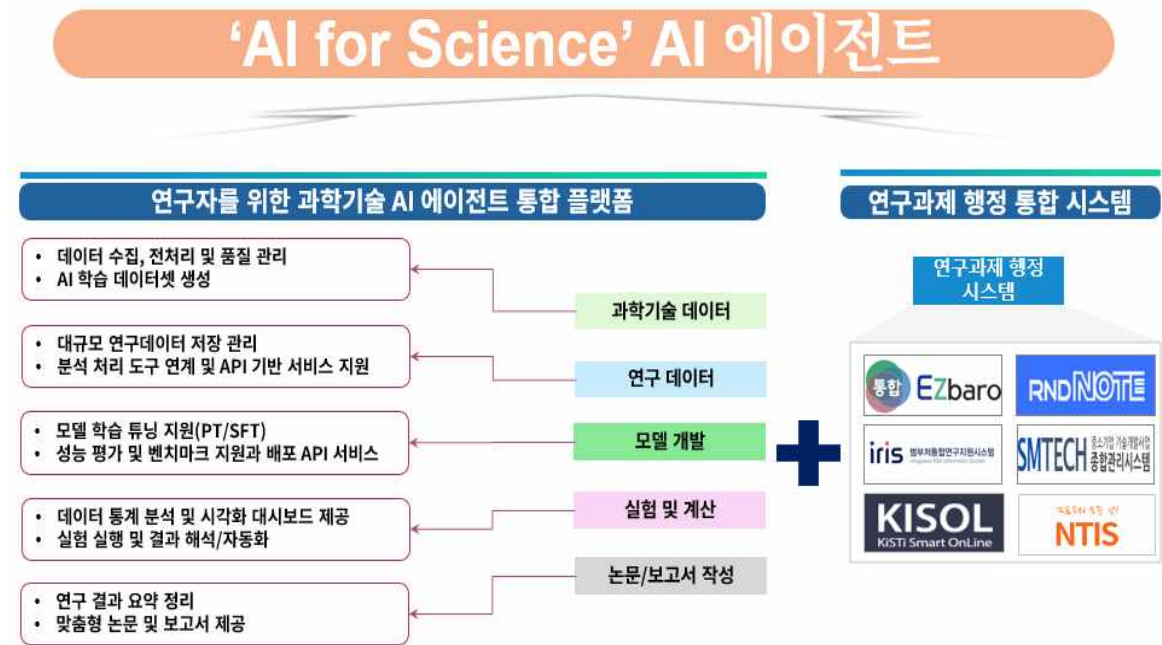


그림 43 KISTI AI for Science AI 에이전트

□ 연구기관 간 데이터·서비스 연계 표준화

- 데이터·API·보안 체계의 표준화 추진
 - 각 플랫폼에서 사용하는 데이터 형식, API 규격, 인증·보안 체계를 표준화하여 기관 간 시스템 연계의 기술적 장벽을 해소한다.
- 표준화된 인터페이스 기반의 AI 활용 확장
 - 표준화된 인터페이스를 통해 AI 에이전트가 다양한 플랫폼의 데이터를 실시간 조회·갱신하고, 행정·관리 기능을 직접 호출할 수 있도록 지원한다.

□ 연구 행정과 연구 실행의 연계 강화

- 연구 수행 데이터와 행정 관리 데이터의 통합
 - 실험 결과, 문헌 정보, 특허 검색 등 연구 데이터와 과제 계획, 예산 집행, 성과 보고 등 행정 데이터를 연계해 실시간 진행 상황과 성과를 분석·제공한다.
- 연구 전주기 AI 주도 기반 마련

- 계획 수립부터 수행·성과 관리까지 전 주기에 걸쳐 AI 에이전트가 개입할 수 있는 통합 환경을 구축한다.

미래 전망 및 정책 제언

제 1 절 AI 에이전트 기술의 미래 진화 방향

1. 기술 진화의 주요 방향

□ 과학기술 AI 에이전트의 진화 방향

○ 멀티모달 지능의 심화

- 텍스트·이미지 중심에서 음성, 동영상, 시뮬레이션 로그, 실험 장비 센서 데이터 등 다양한 신호를 동시 처리하는 능력이 핵심 경쟁력으로 부상하며, 이를 통해 물리·화학·생물학적 데이터를 직접 해석하고 실험 조건에 반영 가능해진다.

○ 멀티에이전트 협력 시스템의 고도화

- 개별 작업 중심에서 여러 에이전트가 팀처럼 문제를 해결하는 집단지능 구조로 발전하며, LangGraph·AutoGen·CrewAI 등 오케스트레이션 기술이 표준화된 협업 프레임워크로 자리잡게 된다 [41-43].

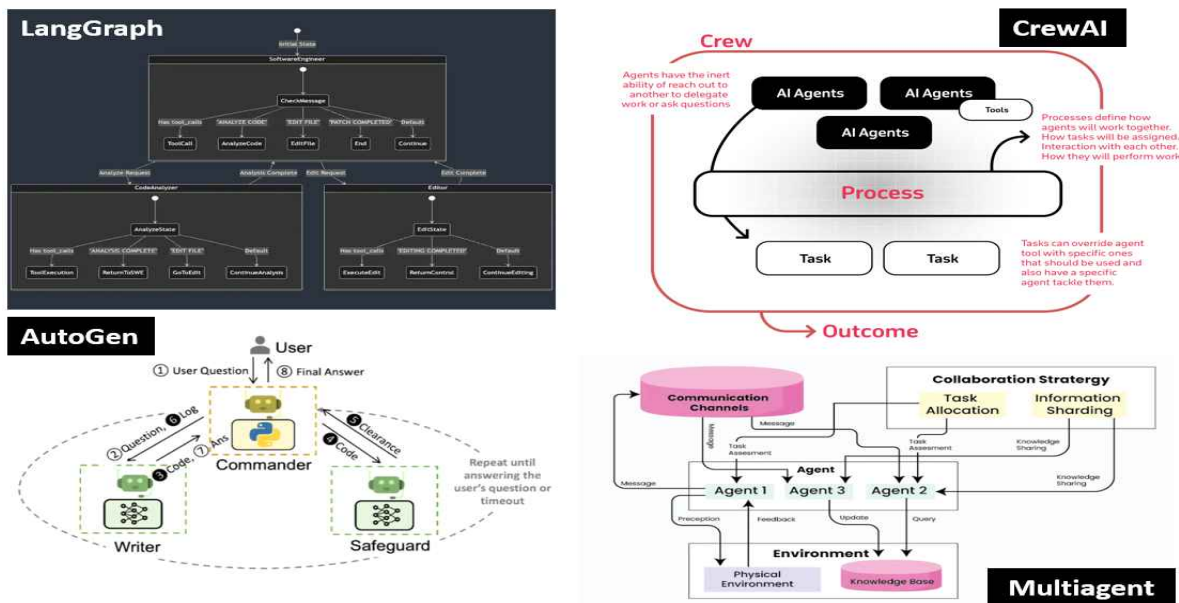


그림 44 멀티에이전트의 다양한 예시와 시스템 아키텍처

○ 기획·추론 능력의 강화

- 단순 반응형 응답에서 벗어나 연구 기획 단계부터 목표 설정, 중간 단계 설계, 반복 검증을 수행하는 능력이 강화되며, 다양한 추론 기반 학습 방법론이 이를 지원한다.

○ 지식 내재화와 온디바이스 지능화

- 클라우드 의존형 LLM에서 경량화 모델 기반 로컬 동작이 확산되며, 연구실·장비·개인 단위 맞춤형 에이전트 배포를 통해 데이터 보안성과 독립성을 강화한다.

○ 안전성과 신뢰성 확보

- 출처 기반 정보 제공, 설명 가능성 등을 내장하여 자율 의사결정 오류를 방지하고 결과의 신뢰성을 높인다.

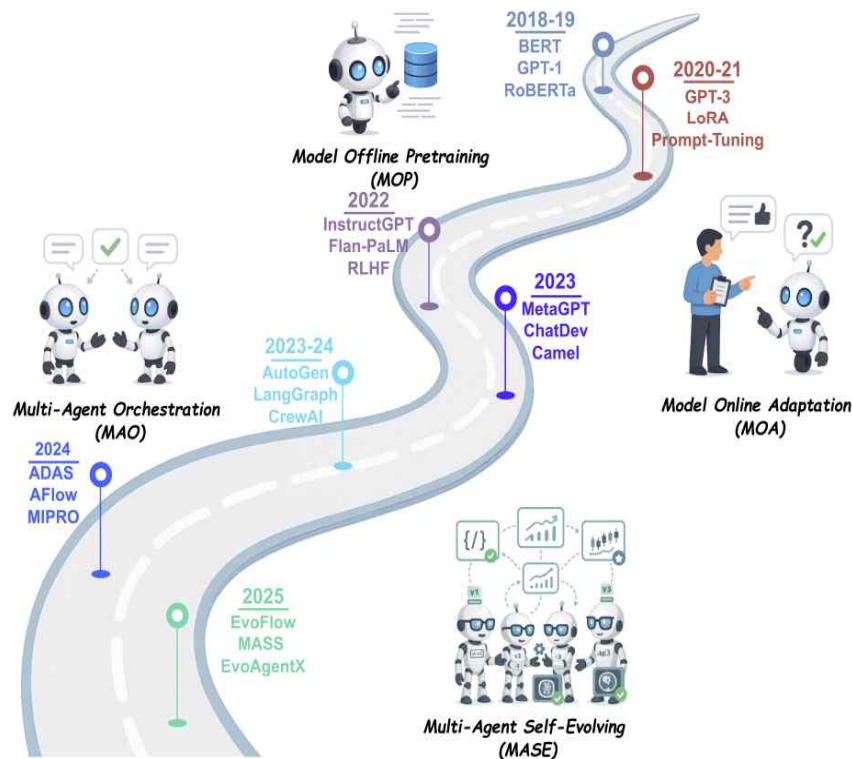


그림 45 인공지능 모델의 진화 형태 [5]

- 추가 발전 경향

- 모델 중심에서 시스템 중심으로 전환되어 LLM 성능보다 데이터·모델·에이전트·툴이 통합된 시스템의 자율성과 유기적 작동 여부가 경쟁력의 핵심이 된다.
- 학습 데이터 활용 방식 변화를 통해 웹 기반 대규모 데이터 의존에서 벗어나 실험 데이터, 시뮬레이션 로그, 실시간 운영 데이터를 활용하는 자기증강(Self-augmenting) 에이전트가 부상한다.
- 에이전트 간 상호작용 방식 혁신을 통해 영상 분석, 음성·제스처 결합 등 멀티모달 인터페이스를 통한 자연스러운 인간-에이전트 협업 환경이 구현된다.

2. 연구·산업 적용에서의 변화와 전략적 과제

□ 연구·산업 적용에서의 변화와 전략적 과제

- 연구자·AI 에이전트 협력 패러다임 정착

- AI 에이전트는 과학기술 연구와 산업 운영 방식을 근본적으로 재편하며, 연구 생산성과 경쟁력을 결정짓는 핵심 인프라로 자리매김할 전망이다.

- 글로벌 연구 경쟁 심화

- 에이전트 활용 역량이 높은 국가·기관은 성과 도출 속도와 재현성에서 우위를 점하며, 데이터·모델 중심의 새로운 과학 경쟁 체계가 형성될 것이다.

- ScienceOps를 위한 에이전트 통합 가속

연구자와 AI 에이전트의 경계가 사라지고 의사결정을 필요로 하는 연구 과정의 모든 에이전트가 단일 파이프라인으로 통합되어 산업 자동화 시스템의 ‘두뇌’ 역할을 수행할 것이다.

- 전략 과제

- 분야 특화 에이전트 모델 개발로 물리·화학·생명공학·재료 등 도메인별 전문 데이터 학습을 통한 지식 깊이 강화와 모델 최적화가 필요하다.

- 멀티에이전트 협업 표준화를 통해 연구 전 주기 협업을 지원하는 표준 인터페이스·작업 상태 추적 메커니즘을 국제 표준 수준으로 정립해야 한다.
- 보안·신뢰성 확보 체계: 데이터 유출 방지, 모델 편향 제어, 의사결정 추적·감사 기능을 내장하여 과학기술 AI 에이전트의 보완성을 높인다.
- 국가 단위 오픈 플랫폼 구축하여 공공 HPC·데이터 레이크·오픈 API 기반의 개방형 AI 연구 플랫폼을 제공한다.

□ 연구 데이터 흐름 최적화와 자동화의 내재화

- 데이터의 전주기 흐름과 자동화 파이프라인을 구축해야 함
 - 현재는 각 단계가 단절되어 수작업 조정이 많지만, AI 에이전트가 이를 연속적으로 처리하면 효율성이 극적으로 향상된다.
 - 특히 고빈도 반복 실험이나 다변량 실험을 다루는 경우, 자동화된 데이터 흐름 구조는 실험 설계부터 결과 분석까지의 생산성을 크게 높일 수 있다.
- 데이터 흐름 기반의 실시간 피드백
 - 데이터가 축적될수록 실험 설계, 가설 수립, 모델 해석에 대한 에이전트의 판단력이 고도화되고, 연구의 전략적 결정도 더욱 정교해질 수 있다.
 - 이를 통해 ‘단일 프로젝트 단위 최적화’에서 ‘전체 연구 생태계의 흐름 최적화’로 패러다임 전환이 이뤄질 수 있다.

□ 모델 학습 및 평가의 통합 구조 구축

- 도메인 특화 모델 학습을 위한 자동화된 학습 파이프라인 필요
 - AI 에이전트의 고도화를 위해서는, 수작업에 의존하지 않고도 학습 데이터를 자동 정제하고 적절한 모델 아키텍처를 선택하여 학습을 수행하는 ‘자동화된 모델 학습 구조’가 필요하다.
 - AIDE 플랫폼과 같은 개발 환경을 활용하여, 학습 데이터 확보부터 모델 생성까지 모델 개발을 위한 전 과정이 자동화될 수 있어야 한다.
- 에이전트 모델의 성능을 다면적 기준으로 평가해야 함
 - 과학기술 도메인에서는 단순 정확도 외에도 재현성, 해석 가능성, 도구 연계 효과 등 다양한 기준에서 모델의 품질을 측정해야 한다.

- 벤치마크용 표준 데이터셋과 다차원 평가 지표 세트(Metrics Set)를 마련하고, 이를 통해 도메인별 에이전트 모델의 신뢰성과 활용성을 객관적으로 비교할 수 있는 체계가 요구된다.

제 2 절 소버린 AI와 국가 기술주권 확보 전략

1. 글로벌 소버린 AI 추진 동향

□ 소버린 AI의 정의

- 대한민국 과학기술정보통신부
 - 데이터, 알고리즘, 인프라, 인재에 이르는 AI 가치사슬 전반에 걸쳐 외부의 영향력에서 벗어나, 독립적으로 개발, 관리, 통제하려는 국가 차원의 포괄적인 전략을 의미한다 [44].
- 세계경제포럼 (WEF)
 - 국가가 자국 내 인프라·데이터·전문가·컴퓨트 등의 AI 스택 전반을 자립적으로 구축해 외부 의존을 줄이고 안보를 강화하는 전략을 의미한다 [45].

□ 소버린 AI의 핵심

- 알고리즘 및 데이터 주권
 - AI 모델과 그 학습에 사용된 데이터셋을 통제하는 것을 의미한다. 이는 AI 시스템의 판단 기준이나 논리적 편향이 우리 사회에 가치와 비즈니스 환경에 부합하도록 보장하는 능력과 직결된다. 예를 들어 국내 법률과 정서에 맞는 고객 응대 AI, 한국의 산업 환경에 최적화된 품질 검사 AI를 만들기 위해서는 국내 데이터와 기술에 기반한 알고리즘 주권이 필수적이다
- 인프라 주권
 - AI가 구동되는 물리적, 디지털 기반 시설에 대한 통제권을 말한다. 여기에는 국내에 위치한 데이터 센터, 고성능 컴퓨팅(HPC) 클러스터, 그리고 GPU와 같은 핵심 반도체 자원 등이 모두 포함된다.

□ 소버린 AI 구축을 통한 확보 전략

- 디지털 주권 정책으로서의 전략적 접근
 - IDC는 정부 IT 리더들이 AI 주권 솔루션을 도입하여 민첩성과 혁신을 확보할 수 있다고 강조하였다. 실제로 전 세계 정부의 절반 이상이 AI 워크로드를 소버린 클라우드 상에서 실행하길 희망한다 [46].

○ 글로벌 기술 기업들의 지원 전략

- TechPolicy.Press는 NVIDIA가 “모든 국가에 소버린 AI가 필요하다”고 주장하며, 이를 위해 전 세계에 AI 인프라를 구축하고 ‘소버린 클라우드’ 서비스를 제공한다고 분석하였다 [47].
- AWS는 유럽 전용의 소버린 클라우드를 운영할 예정이며, 현지 법적 주권을 유지하기 위해 운영 인력을 EU 시민으로 구성하고자 한다 [47].

○ 일본 및 유럽의 AI 주권 전략 강화

- 노무라연구소(NRI)는 소버린 AI가 데이터 주권을 넘어 일본의 경제·기술 자립성을 확보하는 수단이 되고 있다고 평가한다 [48]
- 유럽은 기술 인프라 의존도를 낮추기 위해 계산 자원 확대 정책과 함께 Gaia X, EuroStack 등 대표적인 디지털 주권 인프라 프로젝트를 추진하고 있다 [49, 50]

○ 국내외 기업의 소버린 AI 인프라 구축 움직임

- 네이버는 NVIDIA와 협력하여 동아시아 시장에 맞춰 ‘하이퍼클로바 X’ 기반의 소버린 AI 생태계를 구축 중이다 [51].
- 인도네시아에서는 인도셋(IOH)이 Accenture, NVIDIA와 함께 자국어 기반 AI 클라우드 ‘Sahabat-AI’를 개발 중이며, 이를 통해 산업용 AI 서비스를 추진하고자 한다 [52].

□ 글로벌 소버린 AI 현황

○ 유럽연합 (EU)

- 디지털 주권과 AI 기술 자립을 핵심 목표로 삼고, 데이터 로컬라이제이션, 유럽형 클라우드, ‘AI made in Europe’ 전략을 통해 글로벌 빅테크 의존도를 축소하며 자체 대규모 언어모델(LLM) 개발을 촉진하고 있다 [53].
- 독일, 네덜란드, 스웨덴, 영국 등은 정부 투자와 연구기관 협력을 통해 자국어·유럽 다언어 지원 LLM을 개발하고, 공공 행정·국가안보·산업 경쟁력 강화를 도모한다 [49, 50].
- 오픈소스와 투명성 확보를 중시해 기업·연구기관이 공동 활용 가능한 공유

형 AI 자원 생태계를 조성하며, AI 윤리·신뢰성·설명가능성을 국제 표준 수준으로 끌어올리는 데 주력하고 있다.



그림 46 세계 각국의 소버린 AI [76]

○ 아시아 주요국

- 일본, 인도, 싱가포르, 대만 등은 데이터 주권 확보와 자국 산업·문화 특성에 맞춘 AI 자립 생태계 구축을 전략 핵심으로 삼고 있다 [48, 54].
- 다언어·다문화 환경을 반영한 LLM과 멀티모달 AI 개발로 글로벌 AI 의존도를 줄이고, 국가 인프라 확충·데이터 공유 플랫폼·법·제도 정비를 병행하고 있다.
- 자국어·지역 언어 고성능 처리 및 산업별 맞춤형 도메인 AI 모델을 개발하여 교육·의료·제조·공공서비스 등 분야에서 AI 활용을 확대하고 있으며, 이는 문화적·정치적 자율성 확보에도 기여하고 있다.



그림 47 글로벌 소버린 AI 정책 및 현황

2. 한국의 소버린 AI 추진 동향

□ 정부 정책 동향

○ 국가과학기술자문회의 [55]

- 2024년 8월 제10회 심의회의에서 제1차 국가전략기술 육성 기본계획(2024~2028)을 심의·의결하고, 3대 게임체인저를 포함한 12대 전략기술에 향후 5년간 30조 원 이상 투자하기로 결정하였다. 해당 기본계획은 범부처 5개년 계획으로, 글로벌 기술패권 경쟁에 주도적으로 대응하고 국가역량을 총결집하는 것을 목표로 한다.
- 주요 내용은 ① 국가전략기술 신속 사업화 총력 지원, ② 기술안보 선제 대응 역량 제고, ③ 임무중심 연구개발(R&D) 혁신 등 3대 정책과제와 전략기술 분야별 중점 정책 방향을 포함한다.

○ 과학기술정보통신부 [56]

- 2025년 5월 12일 국가전략기술 특별위원회 제10차 회의에서 제1차 국가전략

기술 육성 기본계획의 2025년도 투자 시행계획을 심의·의결하였다.

- 총 6조 4천억 원 규모로, 전략기술 분야별 연구개발과 인프라 확충을 본격적으로 추진할 계획이다.



그림 48 국가전략기술 10대 플래그십 프로젝트 [77]

□ 소버린 AI와 관련된 인공지능 정책 방향 및 AI 생태계 구축

- 국정기획위원회 ‘함께 만드는 AI 국정과제’ 간담회 [57]
 - 인공지능 학습용 데이터 관련 저작권·개인정보 규제 혁신, 범용·물리 인공지능(Physical AI)을 위한 데이터 수집·관리 체계, 데이터 표준체계 마련 등 데이터 정책 전반에 대한 의견이 제시되었다.
 - 산업별 특성을 반영한 소버린 AI 특화 모델 개발, 분야별 AI 개발·활용 촉진을 위한 실증·상용화 지원, 혁신 AI 스타트업 성장 사다리 구축 등이 논의되었다.
 - 연구 현장 컴퓨팅 인프라 지원, 기초과학 분야 AI 활용 확대, 범용 인공지능 핵심 원천기술 개발, AI에 대한 시민 신뢰 제고 및 참여형 거버넌스 체계 구축 필요성이 언급되었다.
- 과학기술정보통신부 장관 취임사 [58]
 - 배경훈 장관은 취임사에서 AI 생태계 구축을 강조하며, 연구개발 분야에서 ‘박사급 분야별 AI 에이전트’ 개발의 필요성을 역설하였다.
 - 특히 ‘AI 3대 강국 도약’을 제1 정책 목표로 제시하고, 이를 위해 AI 컴퓨

팅 인프라 확충, 파운데이션 모델 및 학습데이터 확보, AI 반도체 생태계 조성, AX(모든 영역의 AI 전환) 지원, AI 스타트업 육성 등을 주요 추진 과제로 언급하였다.

○ 네이버 데이터센터 간담회 [59]

- 과학기술정보통신부 장관(배경훈) 주재로 산학연 관계자가 참석해 AI 고속도로 구축과 첨단 GPU 5만 장 확보를 통한 AI 3대 강국 도약 방안이 논의되었다.
- 민간 협력을 통한 AI 파운데이션 모델 개발, 과감한 마중물 투자, AI 인프라 확충(전력 공급·인허가 규제 완화·토지·전력 장기 임차제도, 분산형 전력 계통 영향평가 개선) 방안이 제시되었다.
- 국내 기업 간 협력과 정부 지원을 통해 글로벌 경쟁력을 확보하고, 민·관이 함께 AI 생태계 활성화에 노력하기로 합의하였다.

□ 소버린 AI 구축을 위한 ‘국가대표 AI’ 사업

○ 국내 자립형 AI 파운데이션 모델 육성 [60]

- 과학기술정보통신부는 ‘국가대표 인공지능 모델’ 개발을 위한 독자 AI 파운데이션 모델 정예 5개 팀을 선정했다. 선정된 팀은 네이버클라우드, 업스테이지, SK텔레콤, NC AI, LG AI연구원으로, 모두 ‘프롬 스크래치’ 방식의 자립형 AI 모델 개발 경험과 오픈소스 정책 역량을 갖춘 것으로 평가됐다.
- 이 프로젝트는 ‘모두의 AI’ 전략 아래 글로벌 빅테크에 견줄 국산 AI 모델 확보를 목표로 하며, 2027년까지 2000억 원 규모의 정부 지원이 투입되며, 최종 2개 팀은 향후 국방·공공 분야 등에서 생태계 확장을 지원받게 된다.


<div>  ‘국가대표 AI’ 5개 정예팀 참여 기업·대학 보니 <div>자료: 과학기술정보통신부</div> </div>		
주관사	컨소시엄 참여사 기업·기관	과제 목표 및 방향
 네이버클라우드	네이버·트웹브랩스·서울대·카이스트·포스텍·고려대·한양대	범국민 AI 접근성 확대를 위한 옴니(Omni) 파운데이션 모델 구축
 업스테이지	노타·래블업·플리토·로앤컴퍼니·데이원컴퍼니·금융결제원·서강대 등	글로벌 프런티어 수준 모델 개발 및 법률·의료 등 B2B 서비스 확산
 SK텔레콤	크래프톤·포티투닷·리벨리온·라이너·셀렉트스타·서울대·카이스트	차세대 트랜스포머 기반 초거대 모델 개발 및 K-AI 서비스 구현
 NC AI	NHN·포스코DX·롯데이노베이트·MBC·서울대·고려대·연세대·카이스트 등	제조·유통·콘텐츠 등 산업용 멀티모달 파운데이션 모델 개발
 LG AI연구원	LG유플러스·LG CNS·퓨리오사AI·이스트소프트·한글과컴퓨터·뤼튼테크놀로지스 등	전문성·범용성 갖춘 글로벌 최고 수준 프런티어 모델 K-EXAONE 개발

그림 49 ‘국가대표 AI’에 선정된 5개 정예팀 참여 기업·대학 [60]

□ 국내 소버린 AI 추진의 방향: 자립이 아닌 글로벌 리더

○ 소버린 AI의 필요성과 본질

- AI는 장기적 주권과 전략적 자율성을 위해 필수적이며, 단순한 기술이 아닌 살아있는 생태계이자 권력의 기반이 되는 ‘운영체제(Operating System)’와 같다.
- AI가 다루는 데이터는 비정형·멀티모달이며, 시스템과 모델은 지속적으로 진화·최적화되는 비선형적 인프라/플랫폼의 성격을 갖는다.
- AI 기반 혁신은 국가·기업 운영체제, 직무 구조, 산업구조까지 재편할 수 있으며, 이는 국가 체질 변화와 직결된다.

○ 디지털 주권의 한계와 언어·문화적 리스크

- 타국의 AI 모델 위에서 행정·교육 서비스를 설계하더라도, 해당 모델의 철학·훈련 데이터·알고리즘·업데이트 정책에 영향을 주지 못하면 진정한 디지털 주권이라 보기 어렵다.
- 현재 대부분의 상용·오픈소스 LLM은 영어 기반, 서구적 가치관, 자본주의

중심 세계관을 내포하고 있어 그대로 적용하는 것은 전략적으로 불리하다.

○ 글로벌 타깃형 LLM 개발 필요성

- LLM은 본질적으로 다국어·다도메인·대규모 상호기반 기술이므로, 특정 국가나 언어에 국한된 모델은 피드백 루프와 데이터 커버리지가 제한된다.
- 처음부터 글로벌 다국어 시장을 겨냥한 고성능 LLM 개발이 필요하며, 이를 통해 지속적인 데이터 확장과 생태계 확장이 가능하다.

○ 피드백 루프와 생태계 통제

- AI의 핵심은 모델 자체보다 훈련-실행-평가-재훈련의 피드백 루프에 있으며, 이를 통제하지 못하면 우리는 단순 소비자에 머무르게 된다.
- 사용 과정에서 생성되는 데이터가 공급자의 학습자료로만 활용된다면 주도권은 외부에 있다.

○ 진정한 자립을 위한 조건

- 모델 구조 설계, 데이터 파이프라인 통제, 훈련 인프라 보유, 사용자 피드백 반영 등 전체 생태계 구조를 직접 설계해야 한다.
- 한국형 AI 교육 시스템, K-헬스케어 모델, 과학기술·법률·정책·문화·행정 특화 AI 에이전트 개발을 위해서는 모델 구조 설계 역량이 필수적이다.

제 3 절 기관·산업·학계의 삼각 협력 추진 전략

1. 기관·산업·학계의 역할 구분과 상호 협력

□ 국가·정부출연연구소의 역할

- 선도적 연구개발과 실증 기반 마련
 - 단순한 데이터 제공을 넘어서, AI 에이전트의 핵심 기술에 대한 선도적 연구 개발을 수행한다.
 - 산업 및 학계가 활용할 수 있도록 시범적 에이전트 프로토타입을 개발·검증하고, 이를 통해 기술의 확산성과 실효성을 제시하는 실증 환경을 구축한다.
- 민간·학계와의 연계 및 기술 확산 허브 역할
 - 다양한 산업 및 학문 분야와 연계하여 요구 기반의 맞춤형 AI 에이전트 개발을 지원하며, 기술 이전 및 공동연구를 통한 민간 확산 경로를 활성화한다.
 - 교육·세미나·오픈 플랫폼 등을 통해 AI 에이전트 기술에 대한 접근성을 확대하고, 생태계 전반의 기술 역량 향상을 위한 허브 역할을 수행한다.
- 국가 전략과 정책 수립의 지식 기반 제공
 - 축적된 데이터와 기술 인사이트를 기반으로, AI 에이전트 관련 국가 정책 및 중장기 R&D 전략 수립에 기여한다.
 - 글로벌 기술 경쟁 상황과 국내 수요를 분석하여, 국가 차원의 기술 확보 방향성 및 투자 우선순위 설정에 핵심 자료를 제공한다.
- 과학기술 데이터의 공공 인프라 구축 및 표준화 추진
 - 국가적 차원의 데이터 수집·관리 인프라를 마련하고, 공공성이 보장된 과학기술 데이터셋을 확보·배포한다. 이를 통해 산업과 학계가 AI 에이전트 개발에 필요한 고품질 데이터를 안정적으로 활용할 수 있게 한다.
 - 데이터 형식, API, 메타데이터 규격 등 공통 표준을 제정하고, AI 에이전트의 신뢰성·안전성 검증 체계를 마련한다.
- NST 산하 23개 과기출연연은 ‘국가 공공 분야 소버린 AI 토론회(25. 08.13)’를 개최하고, 공공분야 중심의 소버린 AI 특화모델 개발 방향을 공유하고 협업기

반의 R&D 추진방안을 협의함

- 국가 공공분야 소버린 AI 개발 방향에 대한 출연연간 필요성, 출연연 도메인 별 특화 AI 개발 전략, AI 자립생태계를 위한 구체적인 전략을 논의하였다.

□ 산업계의 역할

- 산업 맞춤형 기술 실증 추진
 - 실제 산업 환경에서 마주하는 복잡하고 특수한 문제를 명확히 정의하고, 이를 AI 에이전트 설계에 반영한다. 기관과 학계가 개발한 기술을 사업화 가능한 형태로 패키징하고, 현장 테스트를 거쳐 상용 솔루션으로 발전시킨다.
 - 국제 표준 채택, 해외 협력 네트워크 구축, 해외 진출 등을 통해 국내 AI 에이전트 기술을 세계 시장과 연결한다.

□ 학계의 역할

- 원천 기술 연구와 융합 인재 육성
 - AI 에이전트의 추론·계획·협업 구조를 고도화하는 알고리즘 연구, 멀티모달 처리, 저자원 언어 처리 등 기초 연구를 수행하며 AI 에이전트가 생성한 결과의 정확성과 근거를 해석할 수 있는 방법론을 개발하여 신뢰성을 높인다.
 - 데이터 과학, AI 모델링, 도메인 전문성을 두루 갖춘 융합형 인재를 양성하여 기관과 산업의 수요를 충족시킨다.

□ 상호 협력 구조

- 기관·산업·학계 협력 기반 실용화 생태계 구축
 - 기관이 제공하는 표준화된 데이터와 플랫폼을 산업과 학계가 공동 활용하여, 시제품 단계에서 상용화까지의 속도를 단축한다.
 - 세 주체가 컨소시엄 형태로 참여하여, 실증 실험·기술 검증·확산 전략을 한 흐름으로 이어가며 학계의 연구성과를 산업·기관이 실용화에 반영하는 선순환 구조를 만든다.
- 도메인 특화 지식 기반 학문적 협력
 - 기초·응용 과학기술 분야에 특화된 AI 에이전트 설계를 위해 학제 간 협력

연구를 선도한다.

- AI 에이전트가 도메인 지식을 효과적으로 학습하고 활용할 수 있도록, 전문 지식을 체계적으로 정리한다.

2. 과학기술 AI 에이전트 정착을 위한 제도

□ 과학기술 AI 에이전트의 안정적 정착을 위한 법·제도·정책 기반 마련

- 데이터 공유 및 표준화 제도
 - 국가 차원의 과학기술 데이터 수집·관리 체계를 마련하고, 기관·산업·학계가 공동 활용할 수 있는 공개 데이터셋을 확충한다.
 - 데이터 형식, API, 메타데이터 규격 등 표준을 제정하여 AI 에이전트 간 호환성을 보장하고, 데이터 품질 검증 절차를 제도화한다.
- 지식재산권 및 개인정보 보호 규정
 - AI 에이전트 학습·운영 과정에서 발생하는 데이터와 알고리즘의 지식재산권 귀속 기준을 명확히 규정한다.
 - 개인정보 및 민감 데이터의 활용 범위와 보호 절차를 법률에 반영하고, 익명화·비식별화 기술 적용을 의무화한다.
- 산·학·연 공동 연구 및 실증 지원 제도
 - 국가 차원의 컨소시엄을 구성하여 산·학·연이 공동으로 AI 에이전트 기술을 연구·개발·실증할 수 있도록 지원한다.
 - 실증 테스트베드 운영, 규제 샌드박스 제공, 상용화 전 단계를 지원하는 전주기 정책을 마련한다.
- 인력 양성 및 윤리·신뢰성 제도
 - AI 에이전트 개발·운영에 필요한 융합형 인재를 양성하기 위해 대학·연구소·기업 연계 교육 과정을 제도화한다.
 - AI 에이전트의 윤리적 사용, 설명가능성, 신뢰성 확보를 위한 가이드라인과

평가 인증 제도를 마련한다.

제5장

결론 및 향후 연구 방향

제 1 절 보고서 요약 및 핵심 주요 관점

1. 과학기술 연구 환경의 전환

□ AI 에이전트 기반 연구 방식의 재편

- AI 기술 진화와 연구 방식 변화의 교차점
 - 과학기술 연구는 더 이상 인간 연구자 중심의 일방적 사고와 실행만으로 성과를 도출하기 어려운 시대에 들어섰다. 초거대언어모델의 도입을 비롯한 AI 기술의 진보는 연구 방법론 전반을 근본적으로 재구성할 수 있는 전환점을 제공하고 있으며, 특히 AI 에이전트의 활용은 연구 활동의 구조를 변화시키는 핵심 요소로 부상하고 있다.
 - 단순한 보조 도구 수준의 활용을 넘어, 지식의 탐색·통합·적용 전반을 유기적으로 다루는 시스템적 변화로 이해할 수 있다. 기존에는 연구자가 수작업으로 수행하던 정보 수집, 선행 연구 분석, 실험 설계와 결과 해석 등의 과정이, 에이전트를 통해 하나의 연계된 작업 흐름으로 자동화·지능화되며, 각 단계 간 단절 없이 축적된 정보가 다음 단계의 판단과 실행에 유기적으로 반영되는 구조로 전환되고 있다.
- 과학기술 AI 에이전트는 연구 전주기를 관통하는 새로운 지능형 파트너로 진화 중
 - 과학기술 특화 AI 에이전트를 ‘연구자의 문제 해결과정 전반을 자율적으로 사고하고 실행할 수 있는 지능형 시스템’으로 정의하고, 기존의 생성형 AI 시스템과 구분되는 구조적·기능적 특성을 명확히 규정하였다.
 - 기존에는 정보 검색, 문서 요약, 코드 생성 등 단일 기능을 수행하던 AI가, 이제는 문제를 정의하고 관련 정보를 수집·해석하며, 실험 설계와 실행, 결과 해석 및 보고서 작성까지를 포괄적으로 지원할 수 있는 다기능 에이전트로 확장되고 있다.

○ 단계별 역할 정의와 구조적 진화 방향 제시

- 과학기술 연구의 전 주기를 기준으로 세분화된 단계별 에이전트의 역할을 정의하고, 문제 정의 및 정보탐색, 가설 설정 및 실험 설계, 실행·분석·보고로 이어지는 흐름 속에서 각 단계가 요구하는 지능적 처리 능력과 시스템 통합 조건을 제시하였다.
- 단순히 반응형 시스템이 아닌, 목적 중심의 판단과 행동, 다양한 톨 연계, 그리고 지속적 자기개선 기능을 갖춘 ‘능동형 AI 에이전트’의 기술적 조건을 정리하였다. 특히, 각 기능을 통합하는 중앙 조정 구조(Orchestrator)와 다중 에이전트 협업 기반 아키텍처가 미래 연구 현장에 도입될 수 있음을 강조하였다.

□ 연구 현장에서의 AI 에이전트 실증

○ AI 기술과 연구 현장의 실질적 접점 모색

- AI 기술의 발전은 연구의 ‘속도’ 뿐만 아니라 ‘사고 방식’의 변화까지도 이끌어내고 있다. 에이전트는 연구자의 질문을 더욱 정교하게 구조화하고, 반복적 작업을 자동화하며, 복수의 실험 경로와 해석 가능성을 동시에 제시함으로써 인간의 전략적 판단을 보조하는 방향으로 진화하고 있다.
- 연구자와 AI 에이전트는 공동 탐구 구조로 이어지며, 기존의 수직적 ‘도구와 사용자’ 관계를 수평적 ‘협력-동료’ 관계로 재편하는 변화를 야기한다. 이는 인간 연구자와 AI 에이전트 간의 공동 탐구 구조로 이어지며, 기존의 수직적 ‘도구와 사용자’ 관계를 수평적 ‘협력 동료’ 관계로 재편하는 변화를 가져온다.
- 에이전트는 단순 지시에 따른 결과 산출이 아니라, 상황을 해석하고 대안을 제시하며 스스로 실행을 계획하는 능동적 주체로 작동하게 되며, 연구자는 이러한 에이전트와의 상호 피드백을 통해 새로운 아이디어를 확장하고 기존에 접근하지 못한 복합 문제에 대한 해결 가능성을 높일 수 있다.

○ 향후 과제와 진화 전망

- 과학기술 AI 에이전트의 개발로부터 발생한 변화는 기술의 축적만으로 해결되는 것이 아니라, 연구 데이터, 모델, 플랫폼, 제도, 윤리체계 등 다방면의

기반 구축이 병행되어야 가능한 일이다.

- 가속화되는 ‘AI for Science’ 과학기술 데이터 자원의 확보, 모델 지능 역량 강화, 에이전트 운용 환경 마련 등을 3대 축으로 설정하고, 이를 기반으로 도메인 특화 AI 에이전트의 체계적 확산이 가능하다는 점을 강조하였다. 최종적으로, 과학기술 연구를 지원하는 AI 에이전트는 특정 모델의 문제가 아니라, 새로운 연구 생태계를 실현하는 구조적 요소로 인식되어야 하며, 이를 위한 국가 차원의 전략적 접근과 기술적 집중이 절실하다.

2. AI 에이전트 기반 연구 생태계의 확산과 전략적 대응

□ 기반 자원의 체계적 연계와 개방적 활용 환경

- 데이터·모델·플랫폼 기반의 통합 생태계 마련
 - AI 에이전트 생태계 확산을 위해서는 데이터·모델·플랫폼 등 주요 자원의 연계가 선결 조건이다. 특히 연구기관이 보유한 과학기술 논문, 특허, 실험데이터 등의 대규모 자산은 도메인 특화형 AI 에이전트 개발에 필수적인 기반 자원이며, 이러한 자산을 개방형 구조로 제공하여 다양한 기관과 산업이 손쉽게 활용할 수 있도록 해야 한다.
 - KISTI의 ScienceON, AccessON 등의 플랫폼은 이러한 과학기술 자원을 통합 제공하는 기반 시스템으로 기능하고 있으며, 향후 이를 더욱 고도화하고 타 기관과의 연계성을 확대함으로써 공공 AI 자원의 활용도를 높여야 한다.
 - 단순한 지원 이외에 학습데이터 생성, 모델 학습·평가, 시범 적용까지 이어지는 일관된 파이프라인을 설계함으로써, AI 에이전트 개발을 위한 ‘엔드 투 엔드’ 기반을 마련해야 한다.

□ 도메인 수요 기반 확산 전략과 추진체계

- 도메인 집중형 확산 전략 및 협력 마련
 - 연구기관, 공공기관, 산업체는 각기 다른 수준의 기술 역량과 요구를 지니고 있다. 어떤 기관은 자체 데이터를 보유하고 있으나 이를 모델로 전환할 역량이 부족하고, 반대로 일부 기업은 기술력은 갖추었으나 학습 데이터가 부족한 상황에 놓이기도 한다.

- 이러한 이질적 수요에 맞춰, 기관 맞춤형 에이전트 도입 시나리오를 설계하고, 필요한 기술·데이터·플랫폼 자원을 적시에 제공하는 구조가 필요하다.
- KISTI를 중심으로 도메인 특화형 에이전트 개발을 위한 AIDE 플랫폼, VQA 데이터셋 개발, KONI와 같은 과학기술 특화 모델 등을 활용해 산업별 협업 모델을 제안하고, 각 산업군에서 바로 활용 가능한 에이전트를 빠르게 보급하는 전략이 요구된다.
- 정책적 기반 조성 및 지속가능한 생태계 설계
 - 기술만으로 생태계 확산이 이뤄지기 어렵다. R&D 지원 정책, AI 에이전트 도입을 위한 제도적 인센티브, 데이터 공유에 대한 보상 구조, 법적·윤리적 안전망 등 다면적인 정책 기반이 병행되어야 한다.
 - 특히, 도메인별 에이전트가 다루는 데이터는 민감하거나 고도화된 전문성을 요구하는 경우가 많으므로, 이에 대한 검증 절차 및 품질 관리 체계가 제도적으로 마련되어야 한다.
 - 정부는 AI 에이전트 확산을 위한 별도의 사업군을 마련하고, 기관-산업-학계가 공동으로 참여할 수 있는 실증 사업, 평가 체계, 공동 연구 기반을 지속적으로 운영해야 한다.
 - 장기적으로는 에이전트 기술을 산업 기반에 정착시키는 것을 넘어, 과학기술 경쟁력의 핵심 인프라로 전환시키는 국가 전략이 수립되어야 하며, 이를 통해 한국형 AI 연구 생태계의 고유 모델을 만들어야 한다.

제 2 절 에이전트 기반 과학기술 연구의 확산을 위한 제언

1. 과학기술 연구 중심의 개방형 에이전트 생태계

□ AI 에이전트 중심의 과학기술 연구 생태계

○ 공공 중심 AI 에이전트

- 과학기술 AI 에이전트 생태계는 더 이상 개별 연구자의 실험 수준에서 머무르지 않고, 공공 중심의 인프라와 자원을 바탕으로 한 확장 가능한 생태계로 발전해야 한다.
- 데이터, 모델, 플랫폼 등 핵심 자원을 공공기관이 통합적으로 제공하고, 이를 통해 연구자와 산업계가 손쉽게 접근하고 활용할 수 있는 개방형 구조가 마련되어야 한다.
- 이는 단순히 공공 인프라를 제공하는 것을 넘어, 산업·학계와의 연계를 통해 기술의 실증과 확산을 가능하게 하는 중심 허브 역할을 수행하는 방향으로 발전해야 한다.

○ 데이터 자원 제공과 도메인 특화 환경 조성

- 각 기관이 보유한 과학기술 데이터 인프라와 플랫폼을 기반으로, 고품질 학습 데이터를 생성하고, 이를 활용해 도메인 특화형 에이전트를 설계할 수 있는 환경이 구축되어야 한다.
- 학습 데이터는 단순 텍스트 뿐 아니라 논문, 특허, 실험자료 등 고도화된 과학기술 정보로 구성되어야 하며, 정제·표준화·전처리된 형태로 제공되어야 모델 성능과 활용도가 극대화된다.
- 특히 과학 분야는 재현성, 검증 가능성이 핵심이므로, 학습 데이터 구성과정부터 품질 관리와 검증 프로토콜이 병행되어야 한다.

○ 실증 중심의 협력 생태계 전환

- 공공 중심 생태계는 민간 기술이 단편적 솔루션으로 단절되지 않도록 기관 간 공동개발과 시범 환경을 제공해야 한다.
- 다양한 산업군과 학계, 공공기관이 연계되어 시나리오 기반 실증 프로젝트를 수행함으로써 기술 완성도를 높이고, 결과를 정책 및 서비스 개선에 피드백

하는 순환형 생태계 구조가 필요하다.

- 공공 AI 플랫폼은 기술 실증, 협업 네트워크, 확산 전략의 중심축으로 자리 잡을 수 있으며, AI 에이전트 기술의 공공적 가치 실현이라는 정책적 목표에 부합할 수 있다.

□ 상호 연계와 기술 순환을 위한 개방형 구조 마련

○ 유연한 인터페이스와 모듈 연계 체계

- 공공 중심의 AI 에이전트 생태계가 실질적으로 기능하기 위해서는, 내부 기술 자산뿐 아니라 외부의 다양한 시스템, 데이터 소스, 분석 도구와 유기적으로 연결될 수 있는 유연한 구조가 반드시 필요하다. 특히 과학기술 연구는 특정 기관 내부의 자원만으로 완결되기 어렵기 때문에, 생태계 전체가 개방형 모듈화 체계를 기반으로 작동할 수 있도록 설계되어야 한다.
- 이를 위해 API 기반 연동 구조, 인터페이스 표준화, 외부 데이터 호환성 확보 등 기술적 기반이 마련되어야 하며, 연구자가 개별 요구에 따라 필요한 기능(문헌 수집, 모델 분석, 시각화 등)을 선택적으로 조립할 수 있는 플러그인 구조도 병행되어야 한다.
- 나아가 플랫폼 상에서 동일한 기술 스택을 공유하되, 기관별 특수성에 따라 커스터마이징이 가능한 설정 체계를 통해 범용성과 특화성을 동시에 충족할 수 있어야 한다.

○ 기술 확산을 촉진하는 순환형 에이전트 생태계

- AI 에이전트 생태계는 한 번의 실증이나 시범 적용에 그치는 것이 아니라, 지속적인 현장 피드백과 기술 개선이 순환되는 구조를 갖추어야 한다. 현재까지는 기술 개발과 실제 연구현장의 단절이 자주 발생하며, 이는 기술 완성도를 낮추는 주요 원인으로 작용해 왔다.
- 이러한 단절을 해소하기 위해, 공공 중심 플랫폼은 실증 프로젝트의 기획부터 실행, 결과 평가, 후속 개선까지를 하나의 루프 안에서 다루는 체계를 구축해야 하며, 이 과정에서 산업계와 학계가 공동으로 참여하는 것이 중요하다. 예를 들어 특정 실험 설계 지원형 AI 에이전트가 연구자 그룹에 의해 활용된 이후, 그 결과를 정량적·정성적으로 분석하고 이를 개선 사항으로 환

류시키는 작업이 하나의 파이프라인 내에서 이뤄져야 한다.

- 또한 이러한 기술 피드백 루프가 잘 작동하기 위해서는 사용자의 기여와 경험을 보상하는 메커니즘(예: 모델 개선 기여도에 따른 인센티브, 개선 제안 기반 피드백 공유 등)도 병행되어야 한다. 기술 순환과 개선이 생태계 내에서 활발히 작동한다면, 단일 프로젝트 수준을 넘어서 산업·기관 단위에서의 대규모 기술 확산도 보다 실현 가능해진다.

2. 기술 자립성과 지능화 수준을 위한 도약

□ AI 에이전트 중심의 과학기술 연구 생태계

- 기술 자립과 지능화 도약을 위한 과제
 - 현재의 AI 에이전트 기술은 기능적으로 빠른 발전을 거듭하고 있으나, 범용 시스템의 한계, 국내 기술의 해외 의존도, 물리적 자원 제약 등 다양한 장벽이 여전히 존재한다. 이러한 한계를 극복하고, 실질적인 기술 자립과 고도화를 실현하기 위해서는 국가 차원의 전략적 도약이 필요하다.
 - 우선, 과학기술 분야에 특화된 AI 에이전트 개발을 위해 기존 과학기술 데이터 인프라를 고도화하고, 연구자 수준의 해석 및 판단이 가능한 박사급 에이전트 설계를 목표로 해야 한다. 이와 동시에, 슈퍼컴퓨팅 자원 및 데이터센터 운영에 Supervising AI 기술을 도입함으로써, 자원의 운영 효율성을 높이고 연구 성과 창출 속도를 향상시킬 수 있다.
 - 나아가, 고성능 연산 자원과 초거대 언어모델 기반 기술, 멀티모달 모델, 언어처리 등 다양한 기술 요소에 대한 국산화와 핵심 알고리즘 개발이 병행되어야 한다. 이를 위해 기관·학계·산업의 삼각 협력 하에 전략적 R&D 투자 영역을 지정하고, 공공 주도의 연구개발이 민간 파트너와 연결되어 기술이 현장에 빠르게 적용될 수 있도록 해야 한다.
 - 마지막으로, AI 에이전트 시대는 단순히 기존 연구 프로세스에 도구를 삽입하는 것이 아니라, 과학기술 연구의 패러다임 자체를 구조적으로 바꾸는 과정이다. 따라서 정부는 R&D 제도 혁신, 규제 정비, 고급 인재 양성, 개방형 거버넌스 등의 정책적 수단을 통해, 기술적 성과를 사회 전반의 실질적 변화

로 연결하는 토대를 마련해야 한다.

□ 기술 자립성과 지능화 수준을 위한 도약

○ 지속 가능한 기술 생태계로의 이행

- 과학기술 분야에서의 AI 에이전트는 일회성 기술 도입을 넘어, 연구 역량의 지속 가능성과 국가 기술 자립성 확보를 동시에 추구하는 구조적 체계로 자리매김해야 한다. 이를 위해서는 단순히 개별 기술 요소를 개발·보유하는 수준을 넘어, 장기적 관점에서 학습 데이터의 지속 확보, 인재 양성 시스템 구축, 플랫폼 운영 및 고도화 전략이 병행되어야 한다.
- 특히 AI 에이전트 기술이 실질적 연구성으로 이어지기 위해서는, 기술 주도형 R&D에서 사용자 중심의 실증 기반 R&D로 무게중심을 전환할 필요가 있다. 이는 현장 연구자가 실제로 활용하고 성과를 입증할 수 있는 ‘사용자 주도형 기술 진화’ 구조로, 연구자와 시스템 간 상호 작용이 정밀하게 설계되어야 함을 의미한다.

○ 국가 전략 기술로서의 위상 확립

- AI 에이전트는 이제 범용 생성형 AI와 구별되는 과학기술 기반의 고도화된 전략 기술로 인식되어야 한다. 단순한 생산성 향상을 넘어, 과학적 창의성·재현성·협업의 깊이를 확장하는 ‘지식 기반 생산 인프라’로 기능하게 될 것이며, 이는 국가의 과학기술 경쟁력을 좌우하는 핵심 요소로 작용할 것이다.
- 따라서 정부와 연구기관은 AI 에이전트 기술을 차세대 국가 전략 기술로 규정하고, 이를 뒷받침할 전방위적 지원 체계와 법제도, 평가 기준을 조속히 마련해야 한다. 동시에, 국내 기술 생태계가 자생적으로 성장하고 글로벌 경쟁에서도 지속 가능한 위치를 확보할 수 있도록, 국제 기술 협력 및 오픈 생태계와의 연계 전략도 병행되어야 한다.

참고 문헌

- [1] Schneider, Johannes. “Generative to agentic ai: Survey, conceptualization, and challenges.” arXiv preprint arXiv:2504.18875 (2025).
- [2] Brohi, Sarfraz, et al. “A Research Landscape of Agentic AI and Large Language Models: Applications, Challenges and Future Directions.” *Algorithms* 18.8 (2025): 499.
- [3] Chan, Alan, et al. “Visibility into AI agents.” *Proceedings of the 2024 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*. 2024.
- [4] Wang, Hanchen, et al. “Scientific discovery in the age of artificial intelligence.” *Nature* 620.7972 (2023): 47–60.
- [5] Fang, Jinyuan, et al. “A Comprehensive Survey of Self-Evolving AI Agents: A New Paradigm Bridging Foundation Models and Lifelong Agentic Systems.” arXiv preprint arXiv:2508.07407 (2025).
- [6] Ma, Yubo, et al. “Sciagent: Tool-augmented language models for scientific reasoning.” arXiv preprint arXiv:2402.11451 (2024).
- [7] Van Noorden, Richard, and Jeffrey M. Perkel. “AI and science: what 1,600 researchers think.” *Nature* 621.7980 (2023): 672–675.
- [8] Chen, Qiguang, et al. “AI4Research: A Survey of Artificial Intelligence for Scientific Research.” arXiv preprint arXiv:2507.01903 (2025).
- [10] Reddy, Chandan K., and Parshin Shojaee. “Towards scientific discovery with generative ai: Progress, opportunities, and challenges.” *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*. Vol. 39. No. 27. 2025.
- [11] <https://copilot.microsoft.com/chats/B3XAae9G8PQMsCQiRPTSQ>
- [12] https://docs.aws.amazon.com/ko_kr/codewhisperer/latest/userguide/getting-started.html
- [13] <https://www.tabnine.com/>

- [14] <https://cursor.com/>
- [15] <https://github.com/anthropics/claude-code>
- [16] Wang, Yuchen, Shangxin Guo, and Chee Wei Tan. “From code generation to software testing: AI Copilot with context-based RAG.” *IEEE Software* (2025).
- [17] <https://accesson.kisti.re.kr/main/main.do>
- [18] <https://scispace.com/>
- [19] <https://gamma.app/>
- [20] <https://dataon.kisti.re.kr/>
- [21] <https://scienceon.kisti.re.kr/main/mainForm.do>
- [22] <https://aida.kisti.re.kr/>
- [23] https://www.kisti.re.kr/promote/post/news/6503;jsessionid=spUGqTHmN15Wd6o63eODPPjYlRvJqIhHKsBUDnJ7NrqltzCHzOAHevHac65AJa35.ar211_servlet_engine23?t=17236800000035
- [24] <https://huggingface.co/KISTI-KONI/KONI-Llama3.1-8B-R-Preview-20250320>
- [25] Lu, Chris, et al. “The ai scientist: Towards fully automated open-ended scientific discovery.” *arXiv preprint arXiv:2408.06292* (2024).
- [26] <https://sakana.ai/ai-scientist/>
- [27] Wu, Mingyu, et al. “An AI-native experimental laboratory for autonomous biomolecular engineering.” *arXiv preprint arXiv:2507.02379* (2025).
- [28] Szymanski, Nathan J., et al. “An autonomous laboratory for the accelerated synthesis of novel materials.” *Nature* 624.7990 (2023): 86–91.
- [29] Boiko, Daniil A., et al. “Autonomous chemical research with large language models.” *Nature* 624.7992 (2023): 570–578.
- [30] M. Bran, Andres, et al. “Augmenting large language models with chemistry tools.” *Nature Machine Intelligence* 6.5 (2024): 525–535.

-
- [31] Ghareeb, Ali Essam, et al. "Robin: A multi-agent system for automating scientific discovery." arXiv preprint arXiv:2505.13400 (2025).
- [32] Gottweis, Juraj, et al. "Towards an AI co-scientist." arXiv preprint arXiv:2502.18864 (2025).
- [33] Darvish, K., et al. "ORGANA: A robotic assistant for automated chemistry experimentation and characterization, arXiv, 2024." arXiv preprint arXiv:2401.06949 10.
- [34] Holstein, Ken, and Jennifer K. Olsen. "Human-AI co-orchestration: the role of artificial intelligence in orchestration." Handbook of artificial intelligence in education. Edward Elgar Publishing, 2023. 309-321.
- [35] Schmidgall, Samuel, et al. "Agent laboratory: Using llm agents as research assistants." arXiv preprint arXiv:2501.04227 (2025).
- [36] Wang, Zexin, et al. "A Survey on AgentOps: Categorization, Challenges, and Future Directions." arXiv preprint arXiv:2508.02121 (2025).
- [37] Dong, Liming, Qinghua Lu, and Liming Zhu. "AgentOps: Enabling Observability of LLM Agents." arXiv preprint arXiv:2411.05285 (2024).
- [38] Ehtesham, Abul, et al. "A survey of agent interoperability protocols: Model context protocol (mcp), agent communication protocol (acp), agent-to-agent protocol (a2a), and agent network protocol (anp)." arXiv preprint arXiv:2505.02279 (2025).
- [39] Habler, Idan, et al. "Building a secure agentic AI application leveraging A2A protocol." arXiv preprint arXiv:2504.16902 (2025).
- [40] <https://digitalbourgeois.tistory.com/875>
- [41] <https://www.langchain.com/langgraph>
- [42] <https://github.com/microsoft/autogen>
- [43] <https://github.com/crewAIInc/crewAI>
- [44] <https://blog-ko.superb-ai.com/what-is-sovereign-ai/>

- [45] <https://initiatives.weforum.org/ai-governance-alliance/home>
- [46] https://my.idc.com/mea/events/74040-unleashing-the-power-of-sovereign-cloud-for-modern-government#section_6968
- [47] <https://aws.amazon.com/ko/blogs/korea/in-the-works-aws-european-sovereign-cloud/>
- [48] https://www.nri.com/en/knowledge/publication/lakyara_202506/files/vol401.pdf
- [49] <https://gaia-x.eu/gaia-x-strengthens-european-digital-sovereignty-at-european-parliament-reception/>
- [50] https://www.euro-stack.info/docs/EuroStack_2025.pdf
- [51] <https://www.navercorp.com/media/pressReleasesDetail?seq=32403>
- [52] <https://blogs.nvidia.com/blog/indonesia-tech-leaders-sovereign-ai/>
- [53] <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-approach-artificial-intelligence>
- [54] <https://practiceguides.chambers.com/practice-guides/artificial-intelligence-2025/taiwan/trends-and-developments>
- [55] 국가과학기술자문회의 제10회 심의회의 결과, 보도자료 (2024)
- [56] 과학기술정보통신부 제1차 국가전략기술 육성 기본계획 2025년도 투자 시행계획 확정 - 제10차 국가전략기술 특별위원회 회의 결과, 대한민국 과학기술정보통신부 보도자료 (2025)
- [57] 국정기획위원회 ‘함께 만드는 AI 국정과제’ 간담회 결과 보도자료, 대한민국 국정기획위원회 (2024)
- [58] 과학기술정보통신부 배경훈 장관 취임사 전문, 대한민국 과학기술정보통신부 보도자료 (2025)
- [59] 과학기술정보통신부 네이버 데이터센터 간담회 결과, 대한민국 과학기술정보통신부 공식 발표 (2025).
- [60] 과학기술정보통신부 독자 AI 파운데이션 모델 프로젝트 발표 평가 결과,

- 과학기술정보통신부 공식 발표 (2025).
- [61] 이용, 구자현, 장래영, 이건우, 이경하. (2025). Scientific LLMOps: 과학기술 분야 AI 개발의 중추. 전자공학회지,, 51-63.
- [62] <https://www.devopsschool.com/blog/multi-agent-orchestrator-framework-for-ai-agents/>
- [63] <https://medium.com/@back2om/project-astra-the-deep-tech-behind-googles-real-time-ai-agent-34098516d355>
- [64] <https://openai.com/ko-KR/index/computer-using-agent/>
- [65] <https://discuss.pytorch.kr/t/anthropic/7100>
- [66] <https://github.com/mindspore-ai/mindscience>
- [67] Zhang, Xiang, et al. "Cross-modal consistency in multimodal large language models." arXiv preprint arXiv:2411.09273 (2024).
- [68] <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/autogen/>
- [69] Fourney, A., et al. "Magentic-One: A Generalist Multi-Agent System for Solving Complex Tasks (2024)." URL <https://arxiv.org/abs/2411.04468>.
- [70] <https://www.microsoft.com/en-us/research/articles/magentic-one-a-generalist-multi-agent-system-for-solving-complex-tasks/>
- [71] Research, L. G., et al. "EXAONE 4.0: Unified Large Language Models Integrating Non-reasoning and Reasoning Modes." arXiv preprint arXiv:2507.11407 (2025).
- [72] Team, NAVER Cloud HyperCLOVA X. "HyperCLOVA X THINK Technical Report." arXiv preprint arXiv:2506.22403 (2025).
- [73] https://docs.kakaoi.ai/kakao_i_agent/service_agent/
- [74] <https://www.unicornfactory.co.kr/article/2025032408540945862>
- [75] <https://huggingface.co/K-intelligence/Midm-2.0-Base-Instruct>
- [76] <https://blog-ko.superb-ai.com/sovereign-ai/>

[77] <https://www.news1.kr/it-science/general-it/5716658>

AI for Science를 위한 과학기술 AI 에이전트 기술 동향

저자

곽상환, 최선희, 최지영, 이건우, 장래영, 이경하, 이용

2025년 9월 30일 인쇄

2025년 9월 30일 발행

발행처



대전광역시 유성구 대학로 245

☎34141

전화 : 042-869-1004

등록 : 1991년 2월 12일 제 5-259호

발행인

이 식

인쇄처

맑은인쇄

