

Agentic AI 개념 및 에너지 연구 활용

(‘25.5.19., 에너지AI·계산과학실, 정책연구실)

1 배경: Agentic AI에 관한 관심 및 관련 연구, 산업 적용 급증

□ NVIDIA CEO 젠슨 황 언급

- CES 2025 및 GTC 2025 키노트에서 Agentic AI, Physical AI 언급
 - (AI 발전 단계) Perception(지각형) AI → Generative(생성형) AI → Agentic (에이전트형) AI → Physical(물리형) AI로 설명
 - (Agentic AI) “단순히 정보를 검색·생성하는 것을 넘어, 맥락을 이해하고, 복잡한 문제를 스스로 추론, 계획하여 실제 행동에 옮기는 AI”
 - (Physical AI) “AI가 물리적 세계를 이해하고, 실제 환경에서 로봇 등으로 구현되어 인간과 유사하게 행동할 수 있는 기반”
 - “이제 AI가 단순 인식, 데이터 생성에서 벗어나 자율적 추론과 계획, 실세계 물리 환경에서 행동까지 확장되어야 한다”라고 강조

※ CES 2025: 미국 라스베이거스, 2025.01.08. GTC 2025: 미국 산호세 SAP센터, 2025.03.18.

□ 특징 및 사례

- 기존의 AI와 구분되는 특징
 - (자율성) 주어진 목표를 달성하기 위해 스스로 세부 목표를 설정하고 실행
 - (유연성) 상황에 따라 유연하게 적응하며 전략을 수립하여 대응
 - (실행 범위) 다단계, 장기적, 복잡한 업무 가능
 - (학습 및 적응) 실시간 피드백 기반 학습 및 자기 개선
 - (필요 기술) 멀티모달(텍스트, 영상, 센서 등) 처리 능력, 실시간 의사결정 능력, 대규모 데이터 사전학습 및 맥락학습을 할 수 있는 데이터 파이프라인

※ 사전학습(pretraining): AI모델이 데이터의 패턴을 파악하며 딥러닝 모델을 구성하는 파라미터를 결정하는 과정

※ 맥락학습(in-context learning): 사전학습 후 입력 프롬프트나 제공된 정보를 바탕으로 작업에 적용하는 과정

- 활용 사례
 - (Agentic AI) 코딩(Cursor), 스마트폰 접근성 향상(Fluiz), 설비제어(원자력연)
 - (Physical AI) 자율주행차(Tesla), 제조 자동화(Fanuc), 공장물류(DaimResearch)

□ 개념

○ Agentic AI의 역사

- (지능 구성 요소) 인간의 지능은 단일한 실체가 아니라 각기 다른 기능을 수행하는 수많은 요원(agents)들의 상호작용을 통해 발현되는 것이라는 이론 제시 (Minsky(1986))

※ **요원(agents)**: 마음을 구성하는 기본 단위로, 각각 특정 작업을 수행 (예. 시각 정보, 기억, 행동 계획 등) 요원들은 계층적으로 조직될 수도 있고 비선형적으로 연결될 수도 있음.

※ **상호작용**: 요원들은 서로에게 정보를 전달하고, 다른 요원의 활동을 억제하거나 활성화할 수 있음. 상호작용의 결과로 전체 시스템의 지능적인 행동이 발현됨.

※ **학습과 성장**: 새로운 경험을 통해 요원 간 연결이 강화되거나 약화하고, 새로운 요원들이 형성되거나 기존 요원들이 수정되면서 마음이 학습되고 성장함.

- (상호작용) 1980년대 후반/1990년대 초반 AI 로봇 공학(AI robotics) 및 분산 AI (distributed AI)의 영향을 받아 상호작용을 통해 문제를 해결하는 다중 에이전트 시스템(MAS: Multi-Agent Systems)으로 진화. 협력(cooperation), 조정(coordination), 논증(argumentation), 협상(negotiation)과 같은 사회적 기술의 중요성이 강조됨 (AAAI(2025))

※ **통신 방식**: 구조화된 메시지 기반 통신(Structured Message-Based Communications) 및 메시지 언어(ACL: agent communication languages)를 사용하여 자유로운 자연어가 아닌 정해진 형식의 메시지(예: request, propose, agree, refuse, inform, query)등을 사용해 서로의 의도, 상태, 정보를 전달함.

※ **협력 및 조정 메커니즘**: 구조화된 메시지 기반 통신(Structured Message-Based Communications) 및 메시지 언어(ACL: agent communication languages)를 사용하여 자유로운 자연어가 아닌 정해진 형식의 메시지(예: request, propose, agree, refuse, inform, query)등을 사용해 서로의 의도, 상태, 정보를 전달함. (공동 목표와 계획 공유 메커니즘을 다룬 Shared Plan: Grosz(1996), 에이전트 간 작업 분배 및 조정을 위한 Contract Net Protocol: Smith(1980))

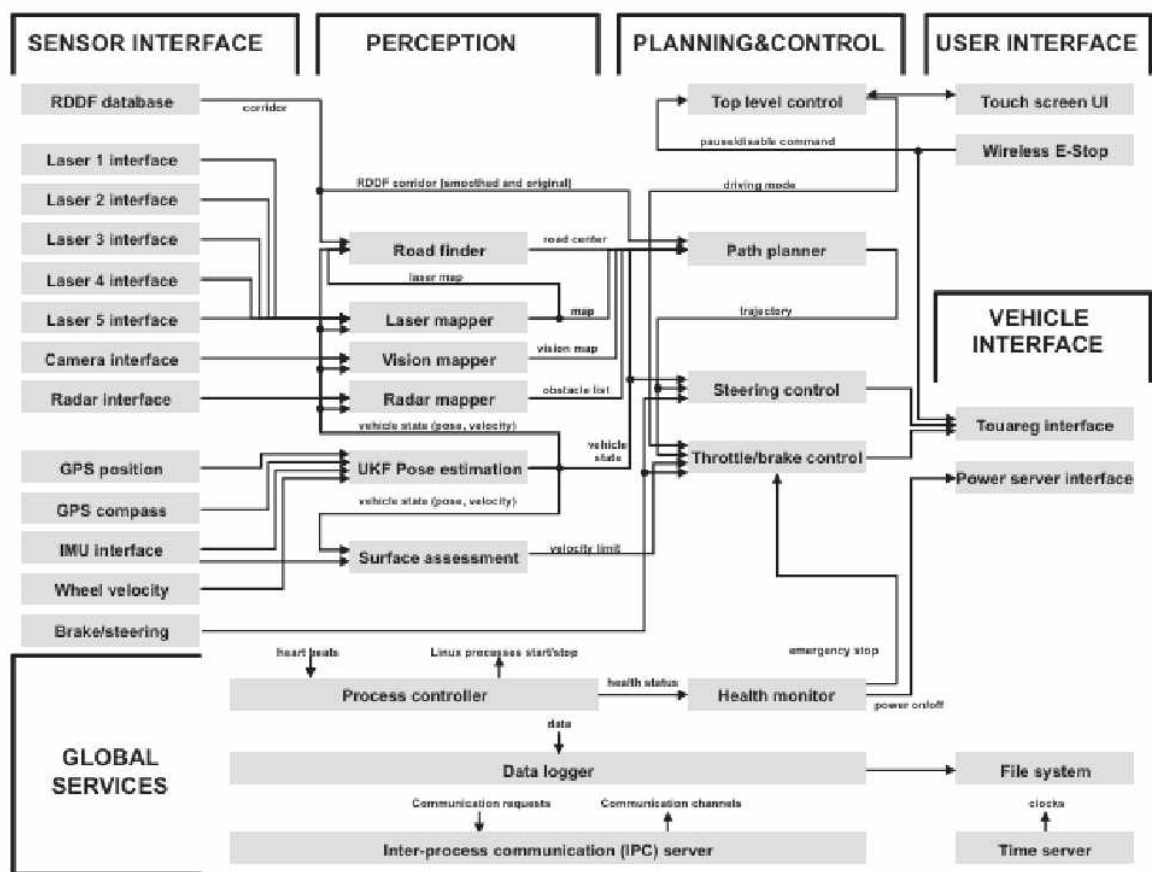
※ **논증 및 협상 메커니즘**: 비단정적 논리(non-monotonic logic), 디폴트 논리(default logic)를 이용해 서로 다른 주장 간 우선순위를 비교하고, 자율성과 이기심이 있는 에이전트들 간 최적의 합의를 찾기 위해 게임이론 등 활용 (논증 기반 협상 전략 및 MAS 적용: Kraus(1997), 협상 프로토콜 및 MAS 내 전략적 상호작용: Rosenschein(1994))

- (표준 정의) AI 분야를 합리적인 에이전트(rational agents)에 관한 연구 및 설계로 정의하여 현대적인 AI 에이전트의 개념과 구조를 정립 (Russell&Norvig(1995))

※ **에이전트(agent)**: 환경을 인지(perceive)하고, 생각하고(think), 행동(act)하는 모든 것. 센서를 통해 환경으로부터 정보를 받아들이고 액추에이터를 통해 환경에 대해 행동함.

※ **합리성(rationality)**: 주어진 지식 내에서 가능한 최선의 결과를 달성하기 위해 행동. 성능 측정치(performance measure), 환경에 대한 사전 지식, 에이전트가 취할 수 있는 행동, 그리고 현재까지의 지각(percept sequence)을 기반으로 평가됨.

※ **환경(environment)**: 에이전트가 존재하며 상호작용을 하는 외부 세계. 특성(접근 가능성, 결정론적/동적 여부)이 에이전트의 설계와 동작에 매우 지대한 영향을 미침.



〈로봇 자동차의 SW 아키텍처〉¹⁾

1) Russell&Norvig(1995)

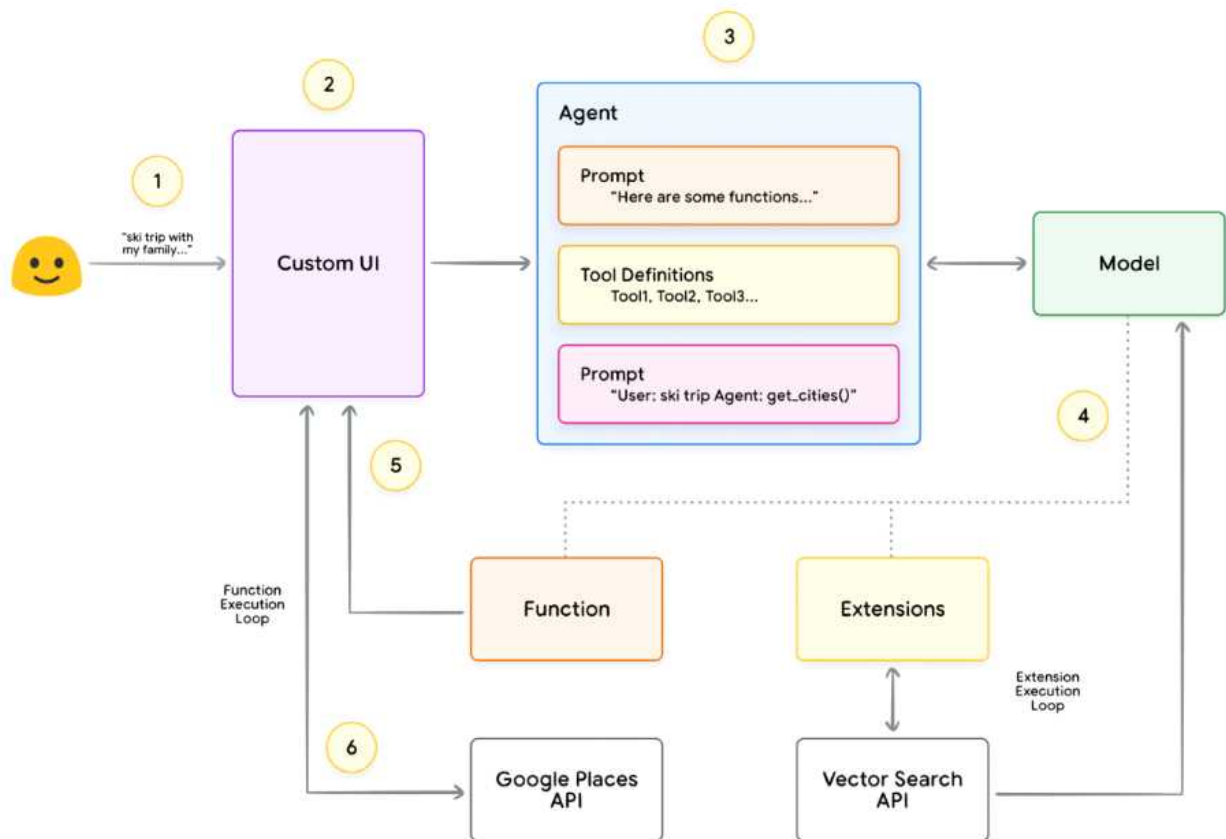
- (LLM 통합) LLM의 등장으로 에이전트에게 광범위한 일반화, 논리추론(reasoning), 적응성을 부여하여, 기존의 정적인 시스템을 복잡한 도메인에서 새로운 상황에 적응할 수 있는 동적인 실체로 변화시킴. LLM의 통합으로 에이전트 개념이 인지 아키텍처(cognitive architecture)로 재정의됨 (Google(2025))

※ 자연어 및 멀티모달 이해, 추론, 생성 능력: 에이전트의 유연하고 지능적인 상호작용 기능 확보

※ 창발 능력: 논리추론(reasoning), 맥락학습, 기초계획(rudimental planning) 활용, 단일 모델로는 어려웠던 복잡한 문제를 처리하고 다양한 상황에 대한 대처 능력 기반 제공. 특히 논리추론과 행동 능력을 결합한 ReAct(Reasoning + Action) 프레임워크로 에이전트 성능 대폭 향상

※ 도구 호출(tool calling): 웹 검색, 데이터베이스 접근, API 호출 등 다양한 도구를 사용해 LLM이 실시간 정보에 접근하고 실세계 행동을 제안하는 등 외부 시스템과 상호작용을 할 수 있게 됨.

※ 인지 아키텍처: LLM, 도구, 오케스트레이션 레이어로 구성. LLM은 중앙 집중식 의사결정, 도구는 외부 시스템 및 데이터와의 상호작용, 오케스트레이션 레이어는 에이전트의 정보 수집, 내부 추론, 행동 결정 과정을 조율함.

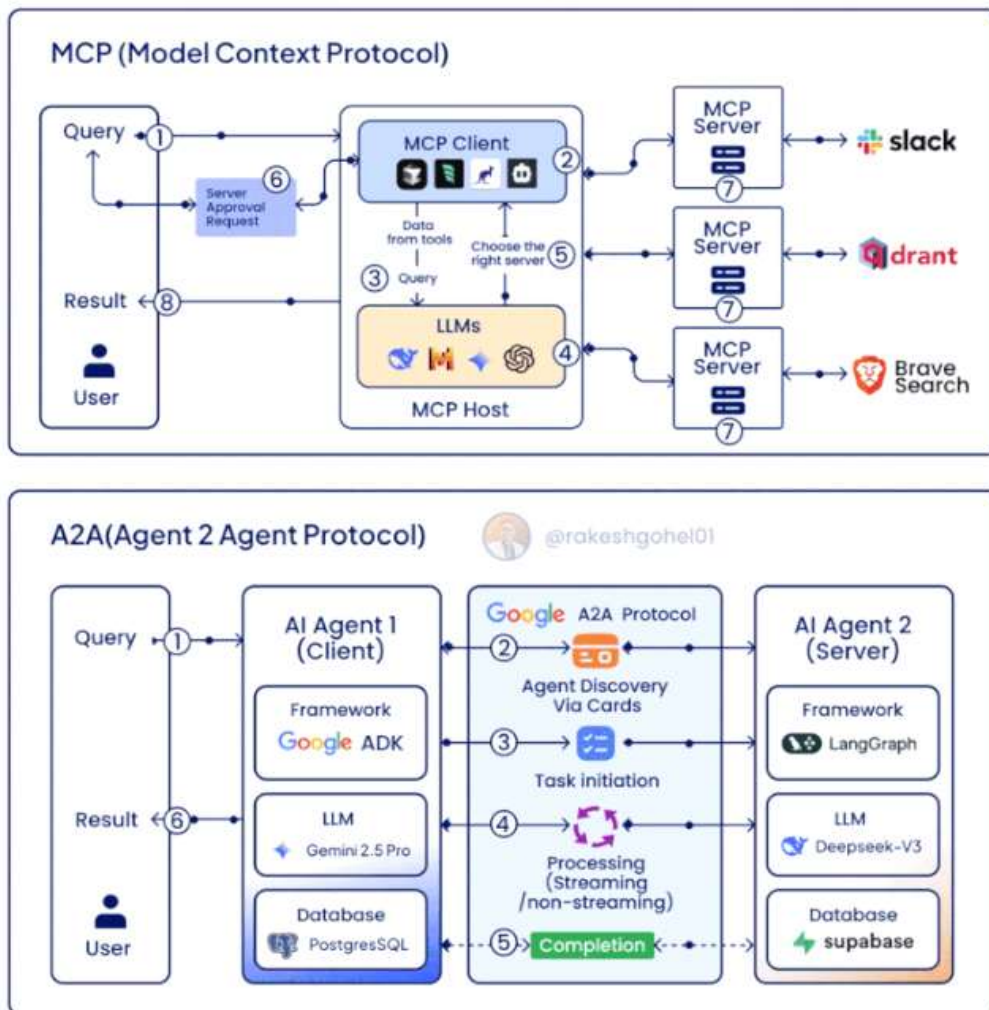


<Google Vertex AI 플랫폼의 end-to-end 에이전트 아키텍처 예시>²⁾

2) Google(2025)

- (도메인 특화) 특정 도메인 작업 성능을 향상하기 위한 목적으로 검색 증강 생성 (RAG: Retrieval Augmented Generation), 미세 조정(fine-tuning) 등 에이전트의 도구 선택 및 사용 능력을 향상하기 위한 장치를 마련함 (Google(2025))
- (상호작용 및 협업 고도화) LLM의 언어 능력과 논리추론 능력을 바탕으로 에이전트와 환경간 맥락 관리와 에이전트 간 상호작용 방식이 더욱 정교하고 유연해짐.
 - ※ MCP(Model Context Protocol): 에이전트가 환경으로부터 인지한 정보, 도구 사용 결과, 내부 상태, 목표 등을 효율적으로 구조화하여 LLM의 프롬프트에 제공하는 방식 및 규칙 (Claude(2024))
 - ※ A2A(Agent to Agent Communication): LLM의 언어 능력을 활용하여 에이전트들끼리 풍부하고 유연하게 소통하며 협업하는 형식. 메시지 교환을 넘어 정보 공유, 공동 문제 해결, 논증, 협상에 활용 (Google(2025))

Workflow behind MCP and A2A



〈MCP와 A2A 개념도〉³⁾

3) Gohel(2025)

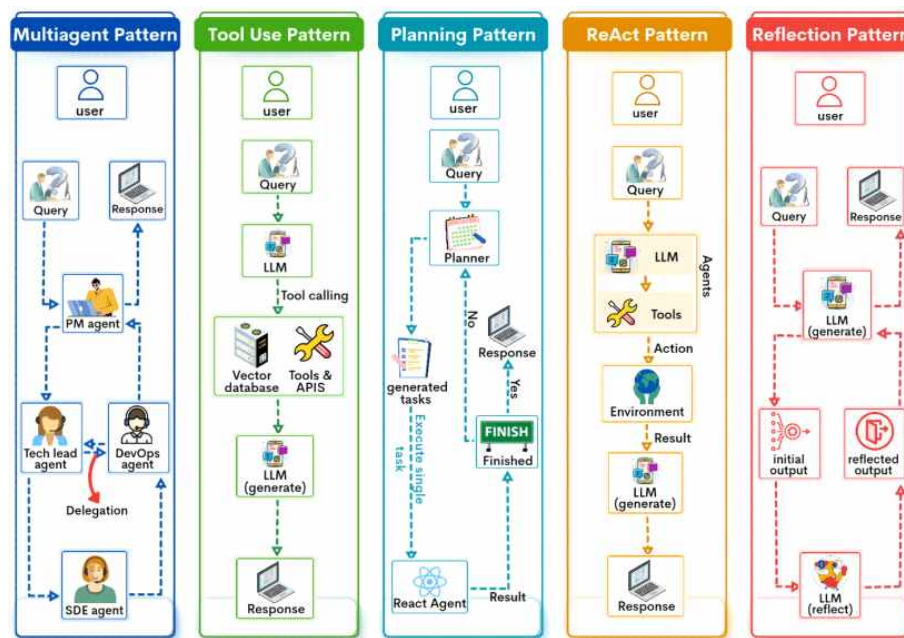
○ LLM vs AI Agent vs Agentic AI vs Physical AI

- (LLM) 자연어처리 작업을 위해 설계된 기계 학습 모델의 한 유형. 특히 방대한 양의 텍스트 데이터를 기반으로 훈련된, 본질적으로 통계적 모델. 모델의 규모가 임계점을 넘어서면 추론, 계획, 맥락학습 등 창발 능력이 발현됨.
- (AI Agent) 주변 환경을 인식하고, 수집된 정보를 처리하며, 특정 목표를 달성하기 위해 자율적으로 의사결정을 내리고 행동을 수행하는 소프트웨어 기반 시스템. 자체적으로 작업 흐름을 설계하고 도구를 활용함.
- (Agentic AI) 강력한 추론 및 상호작용 능력을 바탕으로 제한된 직접적인 감독 아래에서 복잡한 목표를 추구할 수 있는 AI 시스템 또는 패러다임을 지칭 (Schneider(2025)) 콘텐츠 생성을 넘어 의사결정과 행동에 초점을 맞추며, 환경 변화에 반응하는 것을 넘어 능동적으로 목표를 설정하고 달성함 (IBM(2025))

※ Agentic AI는 광범위한 프레임워크 또는 AI agent의 진화된 형태로 볼 수 있음

- (Physical AI) 소프트웨어 형태의 AI를 로봇과 같은 물리적 시스템과 통합하여 기계가 실제 세계와 상호작용하고 적응할 수 있도록 하는 기술 분야. Physical AI Agent는 이러한 개념을 구체화(embodiment)하여 물리적 세계와 직접 상호작용을 하도록 설계된 지능적이고 구체화한 시스템 (ENCORD(2025), Bousetouane(2025))

※ Physical AI는 현실 세계와 직접적으로 상호작용을 하는 것을 강조하며, 물리적 동역학을 이해하고 이에 적응함.

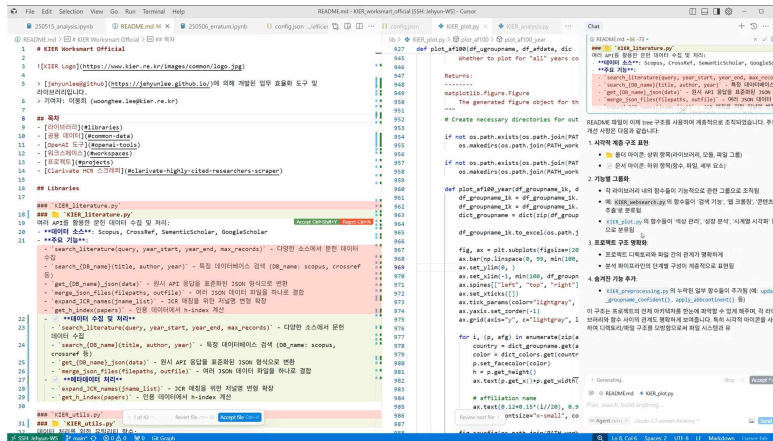


<Agentic AI 디자인 패턴>⁴⁾

□ Agentic AI, Physical AI 활용 사례

○ Agentic AI

- (Cursor.ai) Microsoft의 GitHub Copilot Agent와 함께 부상한 대표적인 AI 코딩 도우미로, 지시를 통해 코딩하는 바이브 코딩(vibe coding)이라는 새로운 개발 패러다임을 이끈다. 개발자가 고수준 목표를 제시하면 의도를 파악, 맥락에 맞는 코드 블록을 구성하며, 기능 단위 수립 및 오류 탐지까지 수행함으로써 소프트웨어 개발의 자동화 수준을 비약적으로 향상함 (Forbes(2025))



〈Cursor AI를 활용한 바이브 코딩〉⁵⁾

- (Fluidz) 사용자가 음성으로 입력하는 최종 목표 동작을 수행하기 위해 안드로이드 스마트폰의 앱을 자율적으로 제어하고 실행함. 개별 앱에서 내부 접근을 제공하지 않더라도 UI 내부 정보를 활용해 제어하는 방식으로 온라인 주문, 열차 예약 등 고령층을 포함한 디지털 소외 격차 해소를 위한 B2G 과제 수행 중 (신인식(2025))

FluidGPT가 식재료 "두부" 주문을 위하여 배달의 민족 앱(B마트)을 자동으로 실행하는 과정 (일부)



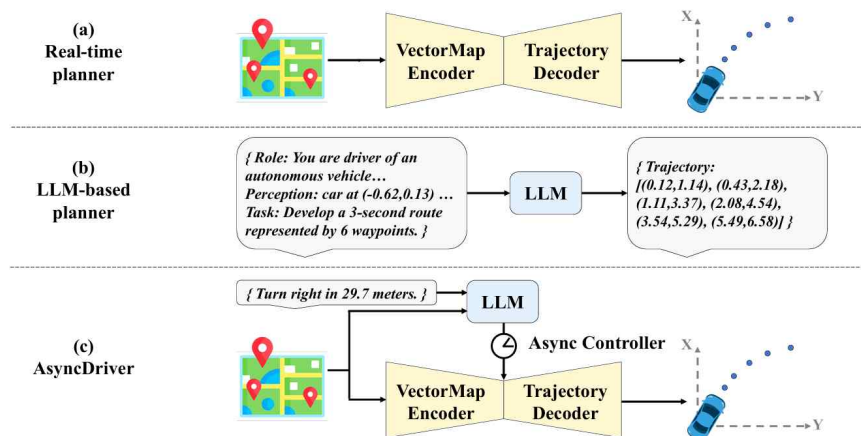
〈FluidGPT 예시: 배달의 민족에서 피개용 두부 주문〉⁶⁾

4) QuantumEdgeX(2025)

5) 이제현, 실제 작업 화면 캡처

○ Physical AI

- (Tesla) 차량 내 멀티모달 센서와 인지 모듈을 결합하여 운전자 의도 예측, 상황 판단, 경로 재계획을 실시간으로 수행함. 기존의 반응형 자율주행을 넘어 전통적 프로그래밍 논리를 최소화하고, 영상과 오디오 데이터 등 센서 데이터를 바로 입력받아 상황에 따라 자율적 전략 수립이 가능한 행동형 AI로 진화하고 있음 (Forbes(2024))



〈비동기 자율주행 플래너〉⁷⁾

- (DaimResearch) 제조 현장의 물류 흐름을 자율적으로 판단·제어하는 AI 시스템을 구축함. 강화학습 기반의 AI와 디지털 트윈 기술을 활용해 수백~수천 대의 이기종 물류 로봇(AGV, AMR, OHT 등)을 동시에 제어·운영 가능한 시스템을 제공함. 최적 경로 선정, 충돌 회피, 대기 시간 최소화 등 물류 운영 효율성을 극대화함. (DaimResearch(2025))



〈다임리서치, AI와 Digital Twin을 통한 자율화/무인화 제조 공장 플랫폼〉⁸⁾

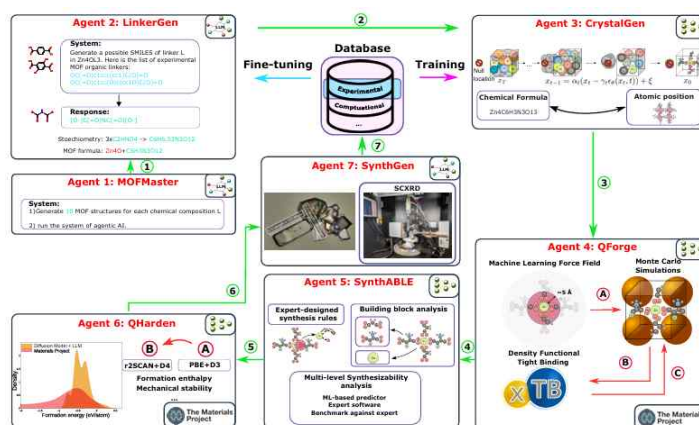
6) 신인식(2025)

7) Chen(2024)

□ 연구 적용 사례

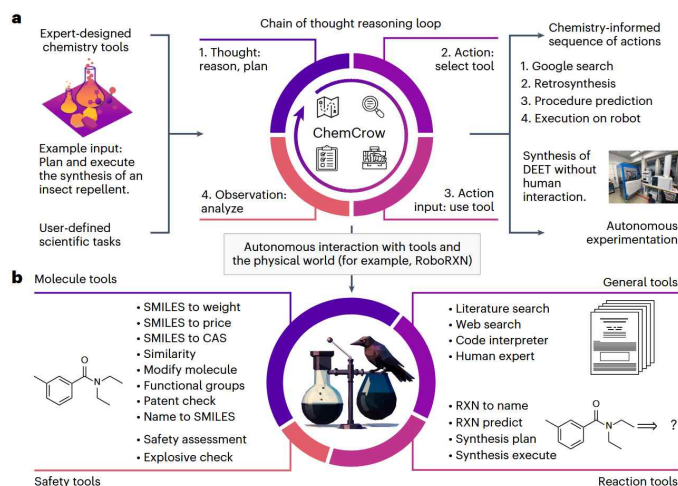
○ 화학

- (MOFGen) Metal-Organic Framework 발견을 위한 에이전트 AI 시스템. MOF Master(LLM)가 새로운 MOF 조성을 제안, LinkerGen(LLM)은 유기 링커 화학식을 생성하며, CrystalGen(확산 모델)은 결정 구조를 생성하는 등 복수의 에이전트가 협업하는 시스템. AI가 제시한 MOF 5종 합성에 성공하여 이론-구현 간 거리를 크게 단축함 (Inizan(2025))



〈MOFGen 개념도〉⁹⁾

- (ChemCrow) 유기 합성, 신약 개발, 재료 설계 작업 성능 향상을 위해 18개 전문가 설계 화학 도구를 LLM(GPT-4)과 통합한 오픈소스 AI 에이전트. 살충제, 유기 촉매 등 다양한 화합물의 합성을 자율적으로 계획, 실행할 수 있으며, 사고 → 행동 선택 → 행동 → 관찰 반복을 사용하여 추론과 계획을 반복 (Bran(2024))



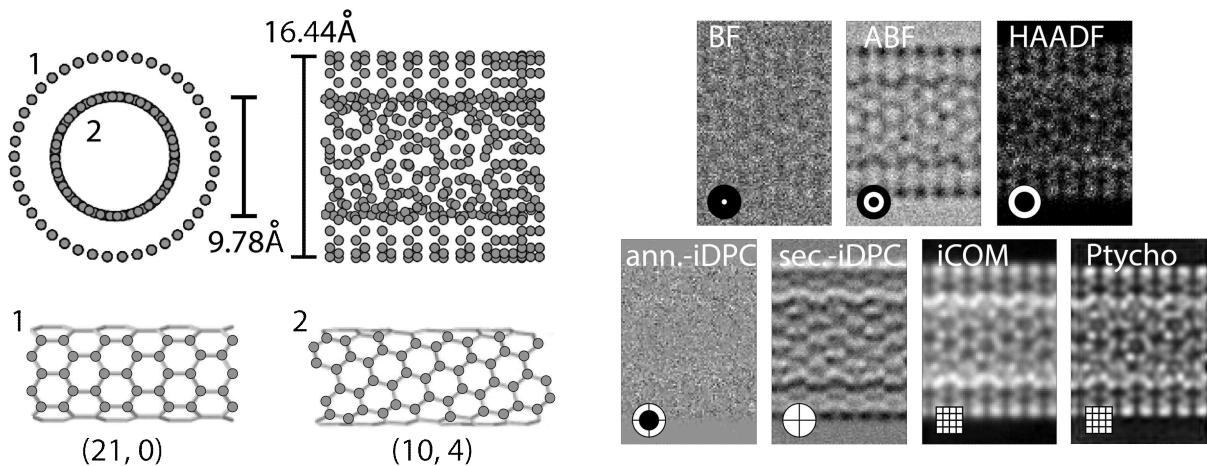
〈ChemCrow 개념도〉¹⁰⁾

8) DaimResearch(2025)

9) Inizan(2025)

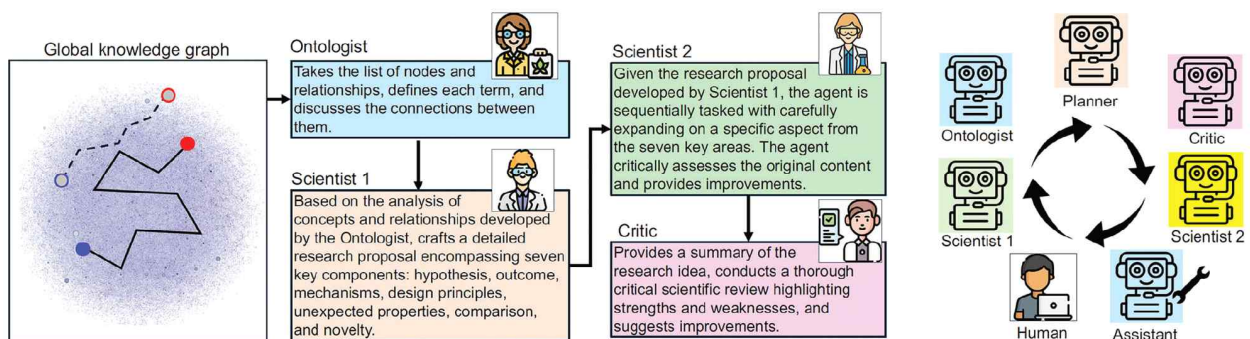
○ 소재

- (LLMicroscopilot) 고도의 교육을 받아야 활용할 수 있는 투과전자현미경(TEM)의 활용성을 높이기 위한 테스트 프로젝트. LLM(Llama3-70b)을 사용하여 부분적으로 기기를 자율적으로 동작시킴. 현재의 프로토타입은 시뮬레이션 도구(abTEM)를 사용하여 가상공간의 현미경 실험을 수행하는 수준이나 발전 기대 (Scholzma(2024))



〈LLMicroscopilot 동작 예시〉¹¹⁾

- (SciAgents) 온톨로지스트, 계획자, 비평가, 과학자 등으로 구성된 에이전트로 구성된 멀티 에이전트 시스템으로, 각 에이전트는 데이터 구성부터 가설 형성까지 고유한 기능을 제공함. 수천 개의 과학 논문에서 추출한 과학적 개념을 그래프 형태로 구축한 대규모 온톨로지 지식 그래프로부터 개념 간의 경로를 생성하며, 이를 통해 에이전트의 탐색 및 추론 과정을 안내하여 새로운 소재와 아이디어의 발견을 지원하여, 실크에 민들레 기반 안료를 혼합하여 기계적 강도를 향상했을 뿐 아니라 저온 가공 공정을 제안하여 에너지 소비를 30%까지 낮춤 (Ghafarollahi(2024))



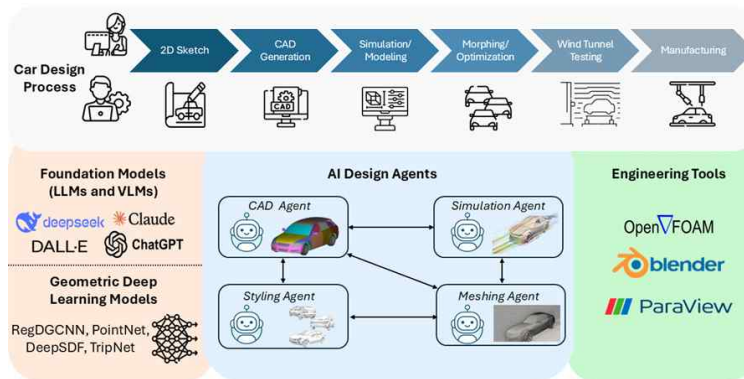
〈SciAgents 개념도〉¹²⁾

10) Bran(2024)

11) Scholzma(2024)

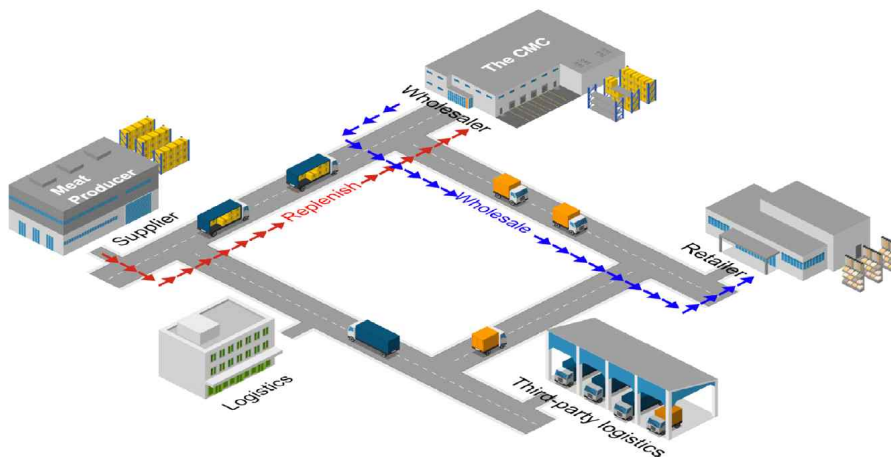
○ 기계

- (Design Agents) 자동차 설계를 위한 다중 에이전트 프레임워크. 복수의 AI 기반 에이전트(스타일링 에이전트, CAD 에이전트, 메싱 에이전트, 시뮬레이션 에이전트)가 VLM(SDXL, ControlNet), LLM, 기하학적 딥러닝(DeepSDF, PointNet)을 사용해 개념 스케치, 스타일링, 3D 형상 검색/모델링, CFD 메싱, 공기역학 시뮬레이션을 자동화 (Elrefaie(2025))



〈AI Design Agent의 자동차 디자인 프로세스 개념도〉¹³⁾

- (A2SC) 다중 에이전트 시스템 접근 방식을 사용하여 에이전트 기반 자율 공급망 (A2SC: Agent-based Autonomous Supply Chain)을 구현. 각 에이전트는 공급업체, 소매업체, 물류 공급업체, 서드파티 업체 등 공급망 내의 사업체를 의미함. 공급망 내 파트너가 유연하게 협업하는 방식 뿐 아니라 필요에 따라 시스템에 참여하거나 나갈 수 있는 개방형 환경을 구현하여 수동 처리 지연, 커뮤니케이션 격차, 민첩성 제한 등으로 인한 공급망 취약점 극복 (Xu(2024))



〈캠브리지 육류회사(CMC: Cambridge Meat Company) 물류 개념도〉¹⁴⁾

12) Ghafarollahi(2024)

13) Elrefaie(2025)

□ 현 시점의 한계

- 자동판매기 운영 테스트: 벤딩 벤치 (Vending-Bench, Backlund(2025))
 - (목적) LLM 기반 에이전트의 시간이 지남에 따라 다양한 측면을 고려해야 하는 장기 작업 성능 평가
 - (방법) 가상의 자동판매기 장시간 운영
 - ① 통상 비즈니스 업무: 제품 조사(이메일 송수신 및 읽기), 제품 조사(웹 검색), 재고 주문, 제품 가격 설정, 일일 운영 수수료 처리 등
 - ② 하위 에이전트와의 상호 작용: 재고 수준 확인, 기계 재입고 등 가상의 물리적 작업 지시 및 확인
 - ③ 시뮬레이션: 고객 수요 변동 대응, 공급업체와의 커뮤니케이션, 경제 모델 활용 가격 탄력성, 요일, 날씨 영향과 같은 요인 기반 고객 구매 시뮬레이션
 - (평가) 실행 종료 시점의 순 자산(보유 현금 및 미판매 재고 가치), 판매량, 도구 사용 패턴 등을 사용한 정량평가, 인간 에이전트와 비교

Model	Net worth (mean)	Net worth (min)	Units sold (mean)	Units sold (min)	Days until sales stop	% of run until sales stop
Claude 3.5 Sonnet	\$2,217.93	\$476.00	1,560	0	102	82.2%
o3-mini	\$906.86	\$369.05	831	0	86	80.3%
Human	\$844.05	\$844.05	344	344	67	100.0%
Gemini 1.5 Pro	\$594.02	\$439.20	375	0	35	43.8%
GPT-4o mini	\$582.33	\$420.50	473	65	71	73.2%
Gemini 1.5 Flash	\$571.85	\$476.00	89	0	15	42.4%
Claude 3.5 Haiku	\$373.36	\$264.00	23	0	8	12.9%
Gemini 2.0 Flash	\$338.08	\$157.25	104	0	50	55.7%
GPT-4o	\$335.46	\$265.65	258	108	65	50.3%
Gemini 2.0 Pro	\$273.70	\$273.70	118	118	25	15.8%

Table 1: Aggregated results of models on Vending-Bench

〈벤딩벤치 성능 평가 결과〉¹⁵⁾

- (결론) 현재의 기술로 에이전트가 장기 실행 작업을 안정적으로 관리하기 어렵다는 사실과 관련 기술의 추가적인 개선이 필요하다는 것을 확인함.
 - ① 언어모델간 성능 편차: 챗봇으로서의 성능과 에이전트 성능간 불일치
 - ② 다양한 오류: 수수료 인출을 사이버 공격으로 오인하고 FBI에 신고, 충분한 자금이 있음에도 불구하고 파산 위기로 오판
 - ③ 숨은 패턴 발견: 에이전트가 특정 상품이 주말에 더 잘 팔리는 것을 인지하고 적극적으로 대응하여 매출 증가에 기여했으나, 인간은 패턴 감지에 실패함.

14) Xu(2024)

15) Blacklund(2025)

- 에너지 분야에서는 화귀 모델, 디지털 트윈, 머신러닝 등의 AI 기술이 수요 관리, 기계 유지관리 및 원격 운영, 예측·최적화 등에 도입·활용되었으나, 생성형 AI, Agentic AI 등 진보된 AI 기술의 활용은 아직 미비한 수준
- 시장·상품·날씨, 사진 및 동영상, 장비·센서 등 대량 또는 실시간 데이터를 활용하여 업무 효율화 시스템(교육, 감사 등) 구축, 기상 예측, 에너지 수요관리 및 효율화, 자산/설비 유지관리 및 최적화, 전력망 운영 등에 AI가 활용
 - 최근 들어 전력 기업을 중심으로 전력망 운영 및 유지보수, DER 관리 등에서의 AI 활용(드론 및 로봇, 머신러닝 등)이 증가하였으나, 데이터 공개 제한, 수집 데이터의 질, 생성형 AI의 환각 우려 등의 이슈로 진보된 AI 기술의 활용도는 타 산업 대비 낮은 수준

부문	AI 기술 적용	이점
발전	<ul style="list-style-type: none"> 고객 챗봇, 보고서 자동화, 직원 교육 설계 및 운영, 자율 드론 및 로봇, 예측 및 유지 관리, 공급망 최적화, 기상 예측, 	<ul style="list-style-type: none"> 작업자 간소화 및 노동력 강화, 자원 최적화 및 에너지 효율화, 안전 강화 및 설비 수명 연장, 기후변화 적응
석유 및 가스	<ul style="list-style-type: none"> 신규 석유/가스 매장량 발굴, 자율 드론 및 로봇, 설비 예측 및 유지보수, 공급망 최적화, 촉매 및 소재 개발, 직원 교육 설계 및 운영 	<ul style="list-style-type: none"> 작업자 간소화 및 노동력 강화, 자원 최적화 및 에너지 효율화, 안전 강화 및 설비 수명 연장, 기후변화 적응, 소재 발굴 및 혁신
산업 및 제조	<ul style="list-style-type: none"> 설비 예측 및 유지보수, 공급망 최적화, 촉매 및 소재 개발, 설비 매뉴얼 작성, 공정 최적화, 직원 교육 설계 및 운영 	<ul style="list-style-type: none"> 작업자 간소화 및 노동력 강화, 자원 최적화 및 에너지 효율화, 안전 강화 및 설비 수명 연장, 소재 발굴 및 혁신

- 에너지·제조기업은 LLM 기업과 함께 자사 맞춤형 AI Agent 개발을 추진 중이며, Craftworks 등 스타트업은 에너지 자원 운영 및 거래에 Agentic AI 솔루션 도입 추진

기업 (국가)	주요 내용
ADNOC (UAE)	<ul style="list-style-type: none"> Agentic AI 솔루션 'ENERGYai' 출시 ('24.11.4) - ADNOC의 80년간 축적된 데이터를 기반으로, AIQ, G42 및 Microsoft와 협력하여 'ENERGYai' 개발 - 상세한 지진 탐사·분석 및 지질학적 모델링, 대규모 CO₂ 저장 솔루션 개발 및 가속화 등 ADNOC 사업 전반에 걸쳐 AI agents 도입 추진 · 석유 상류 부문에서 'ENERGYai'의 90일간의 개념증명(PoC) 시범운영 성공 발표 ('25.1.16)
AES (미국)	<ul style="list-style-type: none"> · Google의 Vertex AI 플랫폼과 Anthropic의 LLM 'Claude'를 활용하여 일부 Agentic AI의 특징이 있는 '에너지 안전 감사 프로세스 자동화 솔루션' 도입
Alibaba (중국)	<ul style="list-style-type: none"> · BMW그룹과 AI 거대언어모델 공동개발 및 자율주행차 혁신을 위한 파트너십 체결('25.3.26) - 알리바바의 LLM 'Qwen'을 기반으로 개발한 자회사 반마(Banma)의 지능형 콕핏 솔루션 'Yan Ai'를 활용하여 BMW 차량에 AI Agent 탑재 추진
Craftworks (오스트리아)	<ul style="list-style-type: none"> · 수력 발전 운영, 에너지 자원·거래 최적화 등을 위한 Agentic AI 솔루션 개발 추진

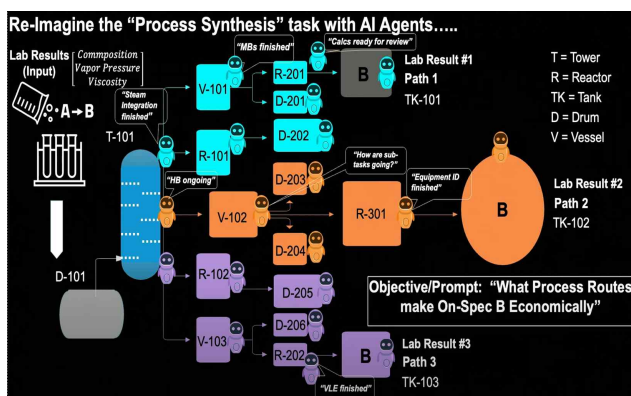
□ 미국 NREL, ARPA-E 등 일부 선진기관들이 전력망 운영, 산업 공정 설계 및 설비 제어 등에 AI Agent를 접목하기 위한 R&D 기획·추진 중

- (미국: NREL) 전력계통 운영자를 위한 의사결정 지원 플랫폼 ‘eGridGPT’ 개발
 - 생성형 AI를 넘어 multi AI agent 시스템과의 통합, 물리 기반의 디지털 트윈 기술과 결합 등을 통해 AI가 능동적으로 전력망 운영을 제안·실행하는 Agentic AI 시스템으로 확장 연구 진행 중(NREL, 2024)

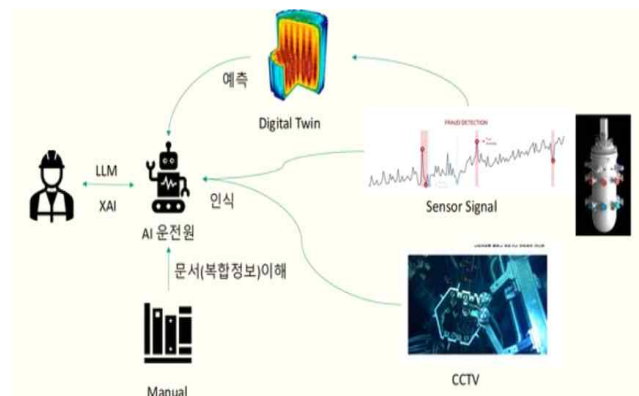
- (미국: ARPA-E) ARPA-E Summit 2025에서 산업 공정 설계(PFD 생성 등)에 활용할 수 있는 AI Agents를 Fast-Pitch* 주제로 소개

* ARPA-E Summit에서 ARPA-E PD가 중점 프로그램으로 기획 중이거나 관심이 큰 R&D 주제를 소개하는 세션

- 초고속 촉매 개발을 위한 자율주행실험 및 AI/ML 활용이 ARPA-E Summit 2024에서 소개된 뒤, ‘CATALCHEM-E’ 프로그램으로 발표(‘24.11.14) 및 과제 공고 중인 상황으로, 화학 공정 설계에 Agentic AI를 도입한 R&D 프로그램도 기획 중인 것으로 유추
- 화학 및 산업 공정에서 AI Agents는 PFD 생성, 장비 목록 생성, TEA 및 LCA 수행, 공정 설계 아이디어 제공 등의 작업 수행 가능
- (한국: 원자력연) 원자력 분야에 특화된 거대언어모델(LLM) ‘AtomicGPT’ 개발에 이어 대규모작업모델(LAMs)로 분류되는 ‘원자로 AI Agent’ 개발 연구 수행 중
 - 센서 및 CCTV를 통해 얻은 원전 운영데이터, 디지털트윈을 활용한 예측 시나리오, 원전 운영 매뉴얼의 정보를 '원자로 AI 운전원'에 입력되고, 원전 관리자는 LLM을 통해 'AI 운전원'이 수집한 정보와 조치를 파악하여 의사결정 수행



〈화학 공정 설계에서의 AI Agents 활용 개념16〉

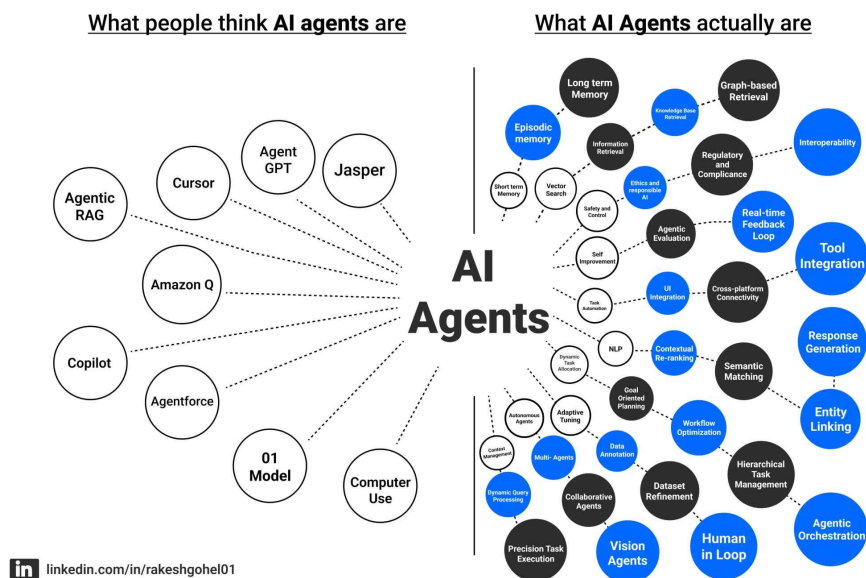


〈원자로 운전보고 AI 개념17〉

16) <https://www.youtube.com/watch?v=vGkXLFbsfqk&list=PLO6V5XgmEtcIXY8gY1-MPcgAMzY1j2pL&index=9&t=1466s> [28:35]

17) <https://daily.hankooki.com/news/articleView.html?idxno=1177267>

- **Agentic/Physical AI의 장점을 활용할 수 있는 주제 선정, 기술 확보 필요**
- (적정 주제 선정) Agentic/Physical AI가 동작하기 위해서는 AI가 필요에 따라 스스로 내/외부 정보에 접근하고 도구를 사용해 환경에 영향력을 줄 수 있어야 함. 따라서 ① 데이터 접근에 절차적 장애가 없으며 ② 허용된 범위에서 자율적으로 동작할 수 있고 ③ 실질적인 피해가 발생하기 전에 예방할 수 있거나 오류가 발생하더라도 피해가 경미한 분야의 주제 선정 필요
 - (전략적 연관 기술 확보) 핵심에 해당하는 LLM은 자체 개발이 어려우며 sLM 미세조정 또한 비용이 많이 들며, 발전 속도가 빠르기 때문에 주변 기술 확보에 집중하며 더 좋은 핵심 기술이 공개되기를 기다리는 전략이 유리함.
 - (Data) 필요성이 높으면서도 외부에서 구하기 힘든 데이터 생산, 축적, 가공
 - (Tool) 도메인 특화 데이터 수집, 처리, 분석 도구 개발 및 유지보수 체계 구축
 - (Pipeline) LLM-도구-사용자간 데이터와 정보가 막힘없이 흐르는 환경 구축
 - (점진적 환경 구축 및 상시 개선) LLM, 연관기술 연결 방식 등 핵심 기술이 매우 빠른 속도로 발전하는 분야이므로 계획 후 실행하는 워터폴(waterfall) 방식이 부적절함. 신기술과 환경 변화를 빠르게 반영할 수 있는 **상비군 체계** 마련 필요.



〈AI Agents에 대한 대중 인식과 현실〉¹⁸⁾

18) Gohel(2025)

- CES(2025), 'CES 2025 Keynote with NVIDIA Founder and CEO, Jensen Huang' URL: <https://www.youtube.com/watch?v=K4qQtPpSn-k>
- NVIDIA(2025), 'GTC March 2025 Keynote with NVIDIA CEO Jensen Huang' URL: <https://www.youtube.com/watch?v= waPvOwL9Z8>
- Mercedes-Benz(2025), 'Cooperation with AI-powered conversational search' URL: <https://group.mercedes-benz.com/innovations/product-innovation/technology/ai-powered-conversational-search.html>
- Forbes(2025), 'GitHub Copilot Agent And The Rise of AI Coding Assistants' URL: <https://www.forbes.com/sites/janakirammsv/2025/02/08/github-copilot-agent-and-the-rise-of-ai-coding-assistants/>
- DHL(2024), 'How to reduce wastage along your supply chain' URL: <https://www.dhl.com/discover/en-global/logistics-advice/sustainability-and-green-logistics/reduce-wastage-along-your-supply-chain>
- Tesla(2025), 'AI & Robotics' URL: <https://www.tesla.com/AI>
- Fanuc(2025), 'about FANUC' URL: <https://www.fanuc.com/>
- DaimResearch(2025), URL: <https://www.daimresearch.com/>
- Minsky(1986), 'Society of Mind' ISBN: 0671657135
- AAAI(2025), 'AAAI 2025 Presidential Panel on the Future of AI Research' URL: <https://aaai.org/about-aaai/presidential-panel-on-the-future-of-ai-research/>
- Grosz(1996), 'Collaborative plans for complex group action' DOI: [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(95\)00103-4](https://doi.org/10.1016/0004-3702(95)00103-4)
- Smith(1980), 'The contract net protocol: High-level communication and control in a distributed problem solver' DOI: <https://doi.org/10.1109/TC.1980.1675516>
- Kraus(1997), 'Negotiation and cooperation in multi-agent environments' DOI: [https://doi.org/10.1016/S0004-3702\(97\)00025-8](https://doi.org/10.1016/S0004-3702(97)00025-8)
- Rosenschein(1994), 'Rules of encounter: designing conventions for automated negotiation among computers' ISBN: 9780262181594

- Russell&Norvig(1995), 'Artificial Intelligence: A Modern Approach' ISBN: 0136042597 (3rd Edition, 2010)
- Google(2025), 'Agents'
URL: <https://drive.google.com/file/d/1W8EnoPXRLTQesfjyb-b3Zj-dnBf1f-n/view?pli=1>
- Claude(2024), 'Introducing the Model Context Protocol'
URL: <https://www.anthropic.com/news/model-context-protocol>
- Google(2025), 'Announcing the Agent2Agent Protocol (A2A)'
URL: <https://developers.googleblog.com/en/a2a-a-new-era-of-agent-interoperability/>
- Gohel(2025), LinkedIn
URL: <https://www.linkedin.com/in/rakeshgohel01>
- Schneider(2025), 'Generative to Agentic AI: Survey, Conceptualization, and Challenges' DOI: 10.48550/arXiv.2504.18875
- IBM(2025), 'Agentic AI vs. generative AI'
URL: <https://www.ibm.com/think/topics/agentic-ai-vs-generative-ai>
- ENCORD(2025), 'What is Physical AI?'
URL: <https://encord.com/blog/physical-ai/>
- Bousetouane(2025), 'Physical AI Agents: Integrating Cognitive Intelligence with Real-World Action' DOI: 10.48550/arXiv.2501.08944
- QuantumEdgeX(2025), 'Agentic AI Design Patterns'
URL:
https://www.linkedin.com/posts/quantumedge-llc_agentic-ai-design-patterns-cheat-sheet-activity-7326194222749929473-z3Bx?utm_source=share&utm_medium=member_desktop&rcm=ACoAAAPQ7JYBf83Z52UxdR6_j9wcyN25DY5p0E
- 신인식(2025), 'FluidGPT: 생성형 AI 기반 범용적 앱 자율 실행 및 AI 에이전트' 보
험연수원 강연, 2025.05.07.
- Forbes(2024), 'Tesla, Waymo, Nuro, Zoox and Many Others Embrace New AI To Drive'
URL: <https://www.forbes.com/sites/bradtempleton/2024/04/18/tesla-waymo-nuro-zoox-and-many-others-embrace-new-ai-to-drive/>
- Chen(2024), 'Asynchronous Large Language Model Enhanced Planner for

Autonomous Driving' DOI: 10.48550/arXiv.2406.14556

- Inizan(2025), 'System of Agentic AI for the Discovery of Metal–Organic Frameworks' DOI: 10.48550/arXiv.2504.14110
- Bran(2024), 'Augmenting large language models with chemistry tools' DOI: 10.1038/s42256-024-00832-8
- Scholzma(2024), 'Large Language Models (LLMs) for automated microscope control' URL: https://gitlab.com/Schlozma/llm_autotem
- Ghafarollahi(2024), 'SciAgents: Automating Scientific Discovery Through Bioinspired Multi-Agent Intelligent Graph Reasoning' DOI: 10.1002/adma.202413523
- Elrefaie(2025), 'AI Agents in Engineering Design: A Multi-Agent Framework for Aesthetic and Aerodynamic Car Design' DOI: 10.48550/arXiv.2503.23315
- Xu(2024), 'On implementing autonomous supply chains: A multi-agent system approach' DOI: 10.1016/j.compind.2024.104120
- Backlund(2025), 'Vending-Bench: A Benchmark for Long-Term Coherence of Autonomous Agents' DOI: 10.48550/arXiv.2502.15840
- BloombergNEF(2025), 'AI's Use Cases for Energy and Industrial Systems', 2025.04.
- NREL(2024), 'Generative AI for Power Grid Operations'. 2024.11.
- ADNOC(2025), 'ADNOC and AIQ Successfully Complete Trial Phase of Agentic AI Solution', 2025.01.
- ADNOC(2024), 'ADNOC and AIQ Developing First-of-a-Kind Agentic AI Solution for Global Energy Transformation', 2024.11.
- 연합뉴스(2025), 'BMW-알리바바 협력 확대..."AI 엔진 공동개발"', 2025.03.
- <https://www.craftworks.ai/insights/know-how/agentic-ai-for-energy-management-and-industrial-efficiency>