

홈 에이전트를 위한 계층적 에이전틱 AI 프레임워크

김혜린, 이건희*

HDC 랩스

{helen6339, Gunhee_Lee}@hdc-labs.co.kr

A Hierarchical Agentic AI Framework for Home Agents

Hye-Lynn Kim, GunHee Lee

HDC LABS

요약

본 논문은 지능형 홈 에이전트 구축을 위해 Agentic AI를 효율적으로 사용하여 더 좋은 성능을 달성하는 2-stage의 계층적 Agentic AI 프레임워크를 제안하였다. 제안된 계층적 프레임워크를 통해 기존 툴 호출 방식보다 3% 가량 상승하는 효과를 확인할 수 있었으며, 도구 선택 정확도와 명령 수행 신뢰도를 향상시키며, 실 스마트 홈 환경에서도 효율적이고 확장 가능한 Agentic AI 구현 가능성을 확인할 수 있었다.

I. 서론

최근 생성형 AI와 거대언어모델(LLMs)이 급속도로 발전하면서 이를 효율적으로 활용하는 다양한 프레임워크 및 방법론들이 등장하고 있다. 그중 많은 연구자들이 집중하고 있는 최신 프레임워크로는 CoT[1]나 Reasoning같이 LLM이 보여주는 뛰어난 퍼포먼스에 기반한 에이전틱 AI (Agentic AI)가 있다. 에이전틱 AI란 단순한 입력에 출력을 생성하는 생성형 AI를 넘어서서 스스로 목표 지향적 행동을 계획하고 실행하는 능동적 에이전트를 포함한 AI 시스템을 의미한다. 에이전틱 AI의 특징으로는 최소한의 감독 하에 스스로 의사결정을 내리고 행동하는 자율성, 단기가 아닌 중장기 목표를 계획하고 실행하는 목표 지향성, 도구를 활용할 줄 알고 여러 하위 에이전트 간의 협업이 이루어질 수 있는 실행 및 모니터링, 연속적 상태 유지와 상황에 적응하는 지속성, 그리고 검증 및 오류 복구 체계를 가진 책임성 등의 특징을 지니고 있다.[2, 4] 기존 AI Agent 시스템에 비해 더욱 향상된 에이전틱 AI는 LLM을 활용한 다양한 도메인에서 중심적인 역할을 수행하고 있다.

더불어 에이전틱 AI는 스마트홈 구축을 위한 홈 에이전트로의 적용에도 활발히 연구되고 있다. 홈 에이전트 연구에서는 집 안에서 이루어질 수 있는 다양한 상황에 맞는 벤치마크를 정의하고, LLM이 이를 수행하도록 작업을 설계하고, 다양한 스마트 기기들과 상호작용을 시도한다. 사용자의 명령어를 단순히 입력하여 답변만을 출력하는 기존 생성형 AI 방식에서 한 단계 탈피하여 AI가 직접 사용자 명령에 대해 순차적인 계획을 세우고 목적을 달성할 수 있으며, 실패할 시에 이에 대한 보완도 진행할 수 있게 되었다. 다만, 에이전틱 AI는 특정한 목표를 달성하기 위한 도구들을 활용하는데 현재 온디바이스 및 최고사양이 아닌 하드웨어에서는 도구의 갯수가 증가할수록 AI의 도구에 대한 이해도가 하락하여 목표에 맞는 적절한 도구 선택 능력이 떨어지는 경향을 보이기도 한다. [3, 5, 6]

본 논문에서는 에이전틱 AI를 활용한 스마트홈 에이전트를 구축한 계층적 프레임워크에 대해 제안하며, 집 안에서 이루어지는 다양한 상황을 대한 도구 선택 능력을 저하시키지 않고 정확한 명령 달성을 빠른 시간 내 하기 위한 목표를 중점으로 한다.

II. 제안 프레임워크

본 연구에서는 에이전틱 AI를 활용한 계층적 홈 에이전트 프레임워크를 제안하고자 한다. 우선, 사용자는 집 내외부 스마트 기기들의 제어를 위해 호출 후 명령어를 발화한다. 발화된 음성 명령어는 VAD, Wakeword Detection, STT를 거쳐 텍스트로 변환된 뒤 에이전틱 AI 서버로 입력된다. 입력된 사용자의 명령어를 서버 내 LLM이 입력받고 현재 가능한 모든 기능들이 사전 정의된 상태에서 어떤 기능을 수행해야 하는지 1차적으로 분류한다. 분류된 기능에는 제한된 LLM 도구들이 존재하고, LLM은 도구들을 활용하여 사용자의 명령을 수행한다. 한정된 상황 인식으로 인해 LLM은 목표 달성을 위한 좀 더 명확한 범위 안의 도구 선택을 할 수 있다. 따라서 2차적인 도구 호출을 통해 사용자의 명령어를 정확하게 수행하게 된다.

홈 에이전트를 구축하기 위한 기존의 단순 분류와 미리 설계해둔 상황별 진행 방식이 종합된 프레임워크들에 비해, 에이전틱 AI를 활용하면서 LLM의 능력을 한층 끌어올려 사용함과 동시에 속도적 장점을 누릴 수 있게 되었다. 또한, 기존 단순 분류의 정확도 향상 측면의 장점을 활용하여 제안 프레임워크에서는 2-step 단위의 계층적 Agentic 프레임워크를 제안한다. 그림1에서 제안 프레임워크 구조를 확인할 수 있다.

III. 실험 및 결과

1. 실험 세팅

실험에서 사용하는 데이터셋은 HDC랩스 내부에서 직접 구축한 홈 에이전트 시나리오 데이터셋으로 20개 기능에 대해서 400개의 명령어 문장이 있다. 실제 음성 데이터가 STT에 가끔 오인식되는 상황도 고려한 오타자들도 함께 설계되어 구축되었다. 실험하는 방법론은 (1) 분류기 없는 모든 툴 기반 Agentic AI (2) 분류기 기반 계층적 Agentic AI 프레임워크 방식이다. 실험하는 기능은 총 20가지 기능으로, 히터/에어컨/조명 등의 스마트 기기 제어와 사람 찾기, 엘리베이터 호출, 일반대화 등이 포함되어 있다. 실험 환경은 RTX A6000 48G, 실험 분류기는 Gemma-2-9b-int4이고, Agentic 모델은 Gemma-3-12b-it [7] 이다.

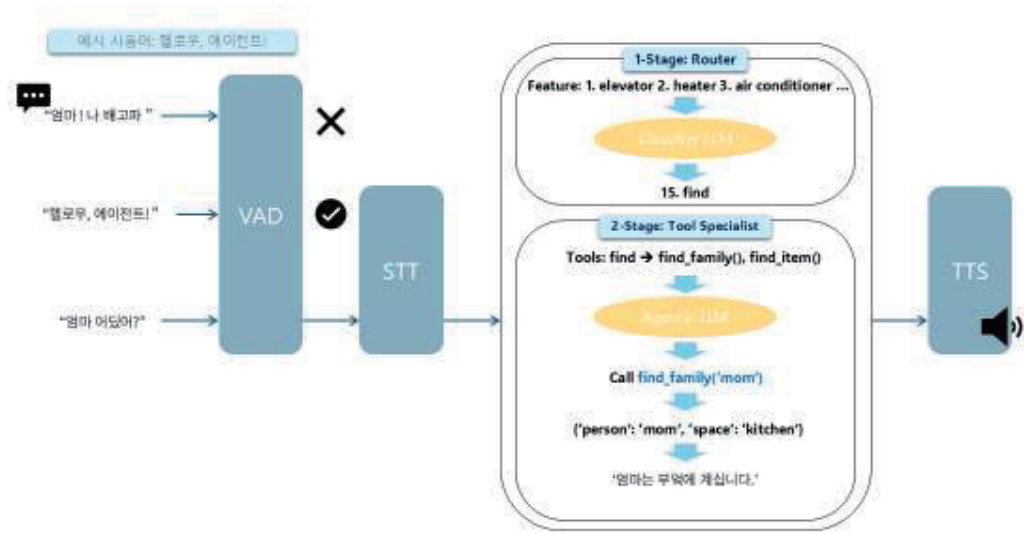


그림 1 계층적 에이전트 AI 구조도

표 1 실험 결과

model	method	AVG ACC	AVG TIME	features																	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Gem ma-3 -12b	1	86.3	3.75	100.0	100.0	80.0	100.0	100.0	94.7	100.0	100.0	100.0	63.2	5.0	76.5	50.0	100.0	100.0	60.0	94.7	100.0
	2	89.0	4.32	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	94.7	100.0	100.0	100.0	87.5	90.0	80.0	93.8	100.0	100.0	35.0	84.2	93.8

2. 실험 결과

실험된 두 방법론에 대한 비교 결과, 방법 2의 평균 정확도 (89.0%)가 방법 1(86.3%) 대비 약 3%p의 향상된 것을 확인할 수 있었다. 평균 수행 시간의 경우 방법 2가 4.32초, 방법 1이 3.75초로 소폭 느려졌으나, 이는 실사용 관점에서 체감되지 않을 정도의 수준으로 판단된다. 전체적인 성능 향상에서의 양상이 현저하게 드러나진 않지만, 일부 극단적인 분류 성능 저하를 보이는 경우에서 성능을 이끌어 내 보다 강건적인 시스템이 될 수 있다. 또한, 분류기를 추가하였기 때문에 현재 보다 더 명확한 프롬프트 엔지니어링 기술을 적용한다면 더 정확한 성능 향상을 이끌어 낼 수 있어 잠재적인 역량도 가지고 있는 방법론이라 할 수 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 최근 주목받고 있는 에이전트 AI 개념을 스마트홈 환경에 적용하기 위한 계층적 프레임워크를 제안하였다. 제안된 프레임워크는 LLM의 도구 활용 능력을 향상시키기 위해 2-stage 구조의 분류기를 도입함으로써, 기존 방식 대비 더 높은 정확도와 안정적인 명령 수행을 가능하게 하였다. 실험 결과에서도 제안 방식이 기능별 도구 선택의 정밀도 측면에서 기존 방식보다 우수한 성능을 보였으며, 수행 시간

또한 실사용 환경에서 충분히 수용 가능한 수준으로 나타났다. 이를 통해 에이전트 AI 기반 홈 에이전트가 실제 스마트홈 환경에 효과적으로 적용될 수 있는 가능성을 확인하였으며, 향후 더 많은 기능에서도 강건하게 대응할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Jason Wei, Xuezhi Wang, Dale Schuurmans et al., "Chain-of-Thought Prompting Elicits Reasoning in Large Language Models," arXiv preprint arXiv:2201.11903, 2022.
- [2] Benjamin Goertzel et al., "AI Agents vs. Agentic AI: A Conceptual Taxonomy, Applications and Challenges," arXiv preprint arXiv:2310.02271, 2023.
- [3] Amith Singhee et al., "Agentic AI: Autonomous Intelligence for Complex Goals - A Comprehensive Survey," ResearchGate, 2023.
- [4] Tien Nguyen et al., "The Role of Agentic AI in Shaping a Smart Future: A Systematic Review," ScienceDirect, 2023.
- [5] Suriati Abdul Wahab et al., "Agentic AI Frameworks in SMEs: A Systematic Literature Review of Agentic AI in Small-Medium Enterprises," MDPI, 2024.
- [6] Kate Crawford, "Agentic AI: Autonomy, Accountability, and the Algorithmic Society," To appear, 2024.
- [7] Team, Gemma, et al. "Gemma 3 technical report." arXiv preprint arXiv:2503.19786 (2025).