

스마트 홈 센서 결합 다중 인공지능 에이전트 기반 차세대 디지털 실버케어 서비스 개발

김경환, 김규빈, 이태식, 김재호*

세종대학교

kyounghwan.sejong@gmail.com, kubin0209@naver.com,

lee200303@gmail.com, *kimjh@sejong.ac.kr

Smart Home Sensor Combined Multiple Artificial Intelligence Agents Based Next-generation Digital Silver Care Service 'CareCall'

Kyounghwan Kim, Kyubin Kim, Taesik Lee, Jaeho Kim*

Sejong Univ.

요약

본 논문은 초고령사회에서 급증하는 돌봄 수요 대응과 요양보호사의 과중한 업무를 완화하기 위해, 스마트 홈 센서와 다중 인공지능 에이전트를 결합한 초개인화 실버케어 플랫폼 'CareCall'을 제안한다. 제안 시스템은 Kafka를 이용해 대량의 스마트홈 센서 데이터를 실시간 수집·관리하고, Faiss 벡터 DB를 활용한 RAG로 어르신 맞춤 의료·생활 지식을 참고하여 LLM-기반 멀티 에이전트 파이프라인을 통해 어르신용 대화 챗봇의 질문을 생성한다. 또한 어르신의 전반적인 상태 분석을 위한 보호자용 자동 리포트도 생성하여 제공한다. 본 연구는 IoT-LLM 융합형 멀티 에이전트 구조를 실버케어 시나리오에 적용해 정서적·신체적 모니터링을 통합한 사례로써 차자체·요양시설에 확장 적용 시 공공 복지 향상과 장기요양 인력난 해소에 기여할 것으로 기대된다.

I. 서 론

최근 대한민국이 65세 이상의 비율이 20%를 넘어서며 초고령화 사회에 진입하였다[1]. 초고령화 사회로 진입하면서 요양보호사의 필요성과 수요가 증가하고 있다. 현재 양질의 장기요양서비스를 위해 국가에서 정하고 있는 인력 배치 기준은 2.3명 당 1명이지만 현실은 1명의 요양보호사가 최대 20명까지 돌보아야 하는 과중한 업무 부담을 초래하고 있다[2]. 이에 따라, 인공지능(AI) 및 사물인터넷(IoT) 기술을 활용한 차세대 디지털 실버케어 서비스에 대한 관심이 높아지고 있으며, 실제로 여러 선행 연구에서도 AI 기반의 비대면 돌봄 시스템이 요양보호사의 업무를 보조하고, 독거노인의 정서적 안정에 긍정적 영향을 미친다는 결과가 제시되었다[3]. 본 연구에서는 이러한 사회적·기술적 배경을 바탕으로, 스마트 홈 센서와 다중 인공지능 에이전트를 결합한 초개인화된 디지털 실버케어 서비스 'Carecall'을 제안 및 개발하고자 한다.



그림 1. 초고령화 사회에서의 요양보호사 부담 증가

II. 실시간 스마트 홈 센서 연동 기술

본 서비스에서는 실시간으로 스마트 홈 센서들을 연동하기 위해 대용량의 데이터를 안정적이고 빠르게 처리할 수 있도록 설계된 Kafka[4]를 사용하여 센서 게이트웨이로 부터 데이터를 수집한다. 수집한 데이터는 문

서 지향 스토리지인 MongoDB에 센서데이터를 적재한다. 또한 Kafka Connect 모듈을 연동하여 Kafka를 통해 실시간으로 계속 수집되는 센서 데이터들을 바로 스토리지에 저장한다. 해당 기술을 통해 다양한 센서 데이터들을 중앙 서버로 집중하지 않아도 서비스 안정성 보장이 가능하다.

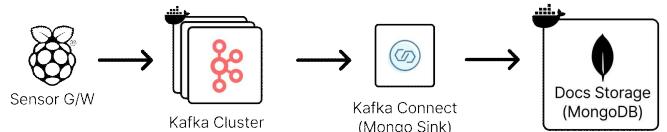


그림 2. 실시간 스마트 홈 센서 데이터 수집 파이프라인

III. 검색 증강 검색 및 다중 인공지능 에이전트 기술

검색 증강 검색 (Retrieval-Augmented Generation)은 대규모 언어 모델 (LLM)과 검색 시스템을 통합하여 정보를 보다 정확하고 효율적으로 생성하는 데 사용된다[5]. 본 서비스에서는 어르신들의 특정한 요구 사항이나 행동 패턴, 언어 습관 등의 총 12개의 데이터를 참조하여 정확한 정보 및 서비스 제공을 할 수 있다. 사용한 데이터의 경우 아래의 표 1 와 같다.

출처	이름	설명
한국언론 진홍재단	뉴스 빅데이터 질병 정보	질병에 대한 전반적인 정보 제공
질병관리청	노인 고혈압 데이터	노인 고혈압 관련 데이터 제공
대한노인병 학회	노인 당뇨병 데이터	노인 당뇨병 관련 데이터 제공
보건복지부	노인실태조사	노인의 건강상태, 사회활동 등 관련 정보
		외 7개 데이터 셋

표 1. 본 서비스에 사용된 데이터 셋

다중 인공지능 에이전트 기술은 여러 개의 인공지능 에이전트가 서로 협력하거나 경쟁하며 문제를 해결하거나 특정 목표를 달성하는 시스템을 말한다[6]. 이 기술은 단일 AI 모델이 해결하기 어려운 복잡한 문제를 분업화된 다양한 에이전트 간의 상호작용을 통해 보다 효율적인 성능과 높은 신뢰도의 결과를 제공할 수 있다. 본 서비스에서는 어르신과 대화를 하는 ‘챗봇 기능’(그림 3)과 보호자에게 제공되는 ‘요약 보고서 기능’(그림 4)에서 해당 기술을 사용한다.

‘챗봇 기능’ 에이전트 시스템은 어르신의 정서적·신체적·환경적 상태를 실시간으로 파악하고, 이를 기반으로 적절한 대화를 제공한다. 이를 위해 먼저 표정 인식 모듈을 통해 카메라로 수집한 어르신의 표정을 분석하고, 정서 상태를 분류한다. 이어서, 어르신의 발화를 음성 인식(STT) 기술을 이용하여 텍스트로 변환하고 온도, 습도, 소리, 움직임 등 다양한 IoT 센서 데이터를 실시간으로 수집·분석하여 물리적 환경 변화까지 반영한다. 변환된 음성 텍스트와 센서 데이터를 통합 분석함으로써, 발화 내용과 주변 환경을 함께 고려하여 어르신의 상태를 더욱 정밀하게 해석할 수 있다.

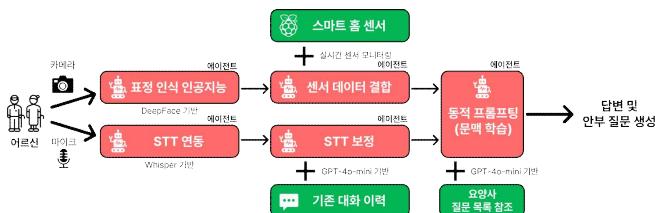


그림 3. ‘챗봇 기능’ 멀티 에이전트 파이프라인

‘보고서 생성’ 에이전트 시스템은 어르신의 대화 데이터를 기반으로 일상 데이터를 분석하고 이를 기반으로 보호자에게 요약 보고서를 제공하는 기능을 수행한다. 전체 프로세스는 오케스트레이터 에이전트가 각 기능 모듈을 조정·관리하는 방식으로 운영된다. 먼저, 센서 데이터 분석 에이전트는 IoT 센서로부터 수집된 데이터를 분석하여 일상 환경 변화 및 이상 징후를 탐지한다. 대화 내용 요약 생성 에이전트는 챗봇 대화 이력을 분석하여 주요 발화 주제를 요약하고, 정서적 지표 분석 에이전트는 대화 내용 중 요양에 필요한 지표인 주거환경, 경제활동 등의 지표를 분석한다. 이후 건강 상태 원인 분석, 증상 분석, 해결 방안 에이전트는 어르신의 건강 상태 전반에 대해 분석하여 보호자에게 정보를 제공한다.

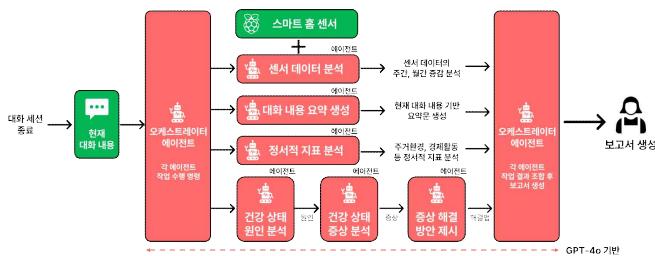


그림 4. ‘요약 보고서 기능’ 멀티 에이전트 파이프라인

IV. 차세대 실버케어 서비스 ‘CareCall’

차세대 디지털 실버케어 서비스 ‘CareCall’은 앞서 설명한 실시간 스마트 홈 센서 연동 기술, 검색 증강 생성, 문맥 학습, 다중 인공지능 에이전트 기술이 복합적으로 들어간 서비스이다. ‘CareCall’의 구성은 그림 5와 같다. 보호자는 안드로이드 앱으로 ‘어르신 대화 이력’과 ‘요약 보고서’를 확인 할 수 있으며, 어르신은 웹 기반으로 구성된 화면을 태블릿을 통하여 음성 기반으로 ‘챗봇 기능’을 사용할 수 있다. 생성형 AI의 경우 OpenAI 사의 GPT-4o 모델을 사용하였다.

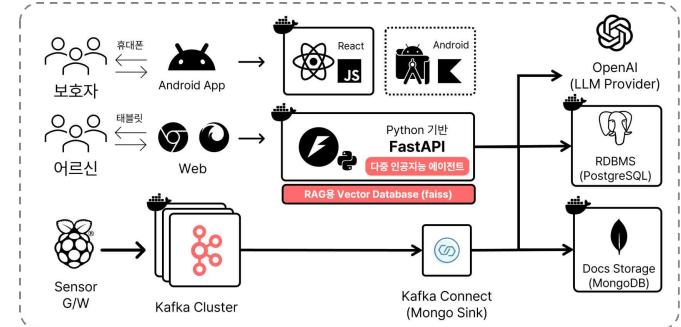


그림 5. ‘CareCall’ 서비스 구성도

V. 결론

본 논문에서는 고령자의 정서적 안정과 보호자의 신속한 상황 인지를 지원하기 위해, 다중 인공지능 에이전트 기반 초개인화 실버케어 플랫폼을 제안하였다. 해당 서비스를 통해 초개인화된 디지털 실버 케어 서비스를 제공함으로써 개개인의 어르신의 상태를 스마트 홈 센서 기반의 객관적인 지표와 챗봇 기능을 통한 정서적, 주관적인 지표를 같이 활용하여 더욱 정교한 케어가 가능하다. 또한 보호자가 확인 할 수 있는 리포트를 제공함으로써 요양보호사들의 부담을 경감시킬 수 있다. 이러한 서비스가 자자체 및 요양원 등 공공시설에 도입된다면 양질의 공공 복지 효과도 누릴 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-대학ICT연구센터(ITRC)의 지원(IITP-2025-RS-2021-II211816)을 받아 수행된 연구 결과이며, 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2022-00154678)

참 고 문 헌

- [1] 통계청. 『2023 고령자 통계』. 통계청 국가통계포털(KOSIS). 2023. https://kostat.go.kr/board.es?mid=a1030101000&bid=10820&list_no=427252&act=view&mainXml=Y
- [2] 보건복지부, & 한국보건사회연구원. (2022). 2022년 장기요양실태조사. https://www.mohw.go.kr/board.es?mid=a10411010100&bid=0019&act=view&list_no=378319&tag=&nPage=1
- [3] 박화옥, 김수완, 윤수인. (2023). 독거노인을 위한 IoT 센서 기반 돌봄 서비스 효과성 평가. 디지털콘텐츠학회논문지, 24(9), 2157-2167. 10.9728/dcs.2023.24.9.2157
- [4] Raptis, T. P., Cicconetti, C., & Passarella, A. (2024). Efficient topic partitioning of Apache Kafka for high-reliability real-time data streaming applications. Future Generation Computer Systems, 154, 173–188.
- [5] Ng, K. K. Y., Matsuba, I., & Zhang, P. C. (2025). RAG in health care: a novel framework for improving communication and decision-making by addressing LLM limitations. NEJM AI, 2(1), Alra2400380.
- [6] Guo, T., Chen, X., Wang, Y., Chang, R., Pei, S., Chawla, N. V., ... & Zhang, X. (2024). Large language model based multi-agents: A survey of progress and challenges. arXiv preprint arXiv:2402.01680.