

의료보조용 휴머노이드 로봇의 기능 설계: Co-Design 을 통한 실증적 검증과 방향성 제시

안지훈, 동지연*, 김가희
*한국전자통신연구원, 조지아공과대학

dkswwl@etri.re.kr, *jydong@etri.re.kr, jennifer.kim@cc.gatech.edu

Functional Design of Medical Assistant Humanoid Robots: Co-Design Based Empirical Validation and Strategic Directions

Jihoon An, Jeyoun Dong*, Jennifer G. Kim

*Electronics and Telecommunications Research Institute, Georgia Institute of Technology

요 약

현대 의료 환경은 저출산과 고령화로 인한 의료 인력 부족 문제에 직면하고 있으며, 이에 대한 해결책으로 ICT 융합기술 기반의 의료보조용 휴머노이드 로봇 도입이 요구되고 있다. 본 연구는 이러한 사회적·기술적 배경 속에서, 의료 현장 내 로봇의 실제적 효용성과 수용성을 확보하기 위해 사용자 참여형 Co-Design 스테디를 활용한 실증적 검증 과정을 수행하였다. 이를 통해 초기 기술 중심 가설에서 벗어나, 의료진과 환자 등 주요 이해관계자와의 협력적 설계를 통해 로봇 기능의 실효성을 검토하였다. 연구 결과, 초기 가설과 현장 요구 간의 차이를 반영하여 세 가지 핵심 기능 설계 조정 방향이 도출되었다. 첫째, 로봇 호출 주체를 환자 중심에서 의료진 중심으로 전환하여 안전성과 효용성을 높였다. 둘째, 시니어 환자의 특성을 반영한 동행형 안내 시나리오를 도입하여 정서적 안정과 접근성을 강화하였다. 셋째, 단순 운반 기능을 넘어 진료 전·중·후 단계별 맥락적 개입 지점을 구체화함으로써 진료 워크플로우 내 실질적 역할 수행 가능성을 제시하였다. 본 연구는 이러한 Co-Design 기반 검증을 통해 기술 중심 설계의 한계를 극복하고, 의료 환경에 적합한 사용자-환경 맥락 중심의 로봇 기능 설계 방향을 제시했다는 점에서 의의가 있다.

I. 서 론

1. 연구 배경 및 필요성

현대 사회는 고령화 심화와 의료 인력의 만성적인 부족이라는 이중적 문제에 직면하고 있으며[1], 이에 대한 해결책으로 ICT 융합기술을 활용한 의료 서비스의 혁신이 요구되고 있다. 특히, 환자와 의료진에게 친밀감과 정서적 안정감을 제공할 수 있는 의료보조용 휴머노이드 로봇은 [2] 기존의 자동화된 보조 장치들을 넘어선 새로운 차원의 의료 서비스를 가능하게 할 잠재력을 지닌다. 그러나 로봇이 실제 의료 환경에 성공적으로 통합되기 위해서는 단순한 기술적 완성도를 넘어, 의료 현장의 복잡하고 역동적인 요구사항 및 의료진, 환자와 같은 사용자의 특성을 반영한 사용자 중심의 기능 설계와 실증적인 검증이 필수적이다[3]. 기존 연구들은 주로 개별 기술 요소나 특정 시나리오 구현에 초점을 맞추어 왔으며, 실제 의료진과의 협력적 관계 설정 및 환경적 제약을 반영한 총체적인 설계-검증 과정은 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 의료 환경 내 로봇 도입의 실효성과 수용성을 극대화하기 위해 Co-Design(공동 설계) 방법론을 핵심적으로 적용하여 초기 시나리오를 검증하고, 이를 기반으로 최적화된 의료보조용 휴머노이드 로봇의 기능 설계 방향을 제시하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구 방법 및 구성

본 연구는 선행 연구 분석을 통해 기술적 기반을 마련하고, 도출된 가설을 Co-Design 을 통해 검증한 후, 최종 설계 방향을 확정하는 다단계 과정으로 이루어졌다. 구체적인 연구 방법은 다음과 같다: (1) 케이스 스터디 및 문헌 연구를 통해 현존하는 의료보조 로봇의 현황과 의료 도메인 내 로봇 적용의 기술적·환경적 조건을 파악하였다. (2) 이를 기반으로 로봇 도입의 주요 인사이트 및 방향성을 도출하고, 특히 로봇 역할의 사용자 중심 구조화 방향을 설정하였다. (3) 이를 구체화하기 위해 의료 환경 내 태스크를 분석하여 43 개의 세부 태스크를 8 개의 기능 그룹으로 클러스터링한 후, 이를 로봇 동작 단위로 맵핑하여 1 차 기능 시나리오와 가설을 설정하였다. (4) 마지막으로, 설정된 가설의 실효성과 사용자 수용성 검증을 위해 에스노그래피와 심층 인터뷰를 포함하는 Co-Design 을 진행하였다. 본 논문은 이러한 Co-Design 기반 검증 결과를 중점적으로 논하며, 초기 가설과 검증 결과 간의 차이를 통해 도출된 최종 기능 설계 방향을 제시한다.

II. 본론

1. 선행 연구 기반 인사이트 도출 및 초기 시나리오 설정

선행된 케이스 스터디와 문헌 연구를 통해 본 연구는 두 가지 핵심 인사이트를 도출하였다. 첫째, 로봇 도입의 실효성은 자동화를 넘어 환자의 안전을 보장하는 신뢰성과 협업 안정성의 균형에서 찾아야 한다는 점이다. 둘째, 로봇의 기능은 '만능 보조원'이 아닌, 세분화된 역할과 상호작용 관계를 기반으로 한 사용자 중심 구조화에 따라 설계되어야 한다는 점이다.

이러한 인사이트와 의료 환경 태스크 분석 결과를 바탕으로, 환자의 요청 처리, 물품 운반, 정서 기반 응대 및 길 안내, 진료 보조 등과 관련된 1 차 시나리오를 도출하고 다음과 같은 주요 가설을 설정하였다.

- 가설 A (호출): 병동 내 입원 환자가 로봇을 직접 호출하는 기능에 대한 필요성이 높으며, 이에 따른 다양한 호출 시나리오(직접/원격 등의 호출 방식, 호출 주체에 따른 사용자 인증 수단 등)를 고려해야 한다.
- 가설 B (주행): 현재 로봇의 주행 속도 한계상, 즉각적으로 요청 해결이 필요한 작업이나 사용자와 동행하는 길 안내 시나리오는 실효성이 낮아 배제해야 한다.
- 가설 C (개입): 로봇이 진료 과정 중 특정 시점에 개입할 지점이 존재하며, 이는 의료진에게 실질적인 도움을 줄 것이다.

2. Co-Design 검증 및 결과 분석

설정된 1 차 시나리오 및 가설의 검증을 위해 의료 현장에서 Co-Design 방법론을 적용하였다. 이는 로봇 기능의 설계가 기술적 가능성을 넘어 실제 환경에서의 사용성(Usability)과 수용성(Acceptance)을 확보하기 위함이다. 심층 인터뷰와 에스노그래피를 통해 초기 가설과 현장의 실제 요구 간에 다음과 같은 유의미한 차이가 발견되었다.

2.1. 로봇 호출 주체의 전환 (가설 A 검증)

초기에는 환자의 접근성 향상을 위해 환자 직접 호출 시나리오를 중점적으로 고려하였으나, Co-Design 결과 환자가 로봇을 호출하는 것에 대한 필요성이 낮음이 확인되었다. 환자의 경우, 대체로 호출기를 사용하기보다 의료진을 직접 호출하는 것을 선호하였고, 의료진들은 로봇이 환자에게 직접 호출되는 경우 환자별 적절한 대처 가능 여부 및 책임 소재의 모호성을 우려하였다.

- 검증 결과: 의료진이 로봇의 기능을 명확히 인지하고 필요에 따라 배정하는 것이 효율적이라는 결론에 도달했다. 이에 따라 기능 설계의 주체는 의료진 중심의 컨트롤 시스템을 통한 원격 호출 및 명령으로 전환되었으며, 컨트롤 시스템의 신뢰성과 사용 편의성이 핵심 요소로 부각되었다.

2.2. 주행 속도와 시니어 특성 반영 (가설 B 검증)

로봇의 현재 주행 기술 한계(속도 및 안정성)를 고려하여 사용자 동행 시나리오를 배제하려던 초기 가설과 달리, Co-Design 결과 시니어 환자의 보행 속도에 맞춰 길 안내를 수행하는 시나리오의 필요성이 높게 나타났다. 의료 환경의 주된 사용자인 시니어들은 낯선 병원 환경에서 길을 찾는 것에 어려움을 겪었으며, 로봇이 느린 속도로 동행하며 길을 안내하는 기능에 대해 높은 선호도를 보였다.

- 검증 결과: 로봇의 기능 설계 시 기술적 한계를 무조건 회피하기보다는 주요 사용자군(시니어)의 특성을 적극적으로 반영하여, '동행' 자체의 목적을 '효율성'보다 '안내 및 정서적 안정'에 두는 방향으로 시나리오를 재설계하였다.

2.3. 진료 워크플로우 내 맥락적 개입 (가설 C 검증)

에스노그래피를 통해 관찰한 결과, 단순히 물품을 운반하는 역할 외에 진료 과정에서 맥락에 따른 구체적인 개입 지점이 필요함을 확인하였다.

- 검증 결과: 기능 설계를 진료 전 (예: 환자 준비 상태 확인), 진료 중 (예: 환자 상태 파악 및 진료 기록 지원), 진료 후 (예: 다음 검사 안내, 정보 제공)의 3 단계 워크플로우로 세분화하여 로봇의 개입 워크플로우를 구체화하는 방향으로 설계 조정이 이루어졌다.

III. 결론

본 연구는 의료보조용 휴머노이드 로봇의 기능 설계를 위한 실증적 접근으로 Co-Design 을 활용하였으며, 이를 통해 도출된 기능 시나리오 검증 결과는 초기 기술 중심적 가설을 넘어선 사용자-환경 맥락 중심적 설계 방향을 제시하였다는 점에서 큰 의의가 있다. 특히, 호출 및 명령 주체의 전환, 시니어 보행 속도를 고려한 동행 시나리오 도입, 그리고 진료 단계별 맥락적 개입 워크플로우의 구체화는 로봇이 실제 의료 환경에 안정적으로 통합되고 실질적인 효용성을 제공하는 데 결정적인 역할을 할 것이다. 향후 연구는 본 연구를 통해 도출된 최종 기능 설계 방향을 기반으로 실제 휴머노이드 로봇 플랫폼에서의 프로토타입 구현 및 장기적인 현장 실증 연구를 통해 로봇의 신뢰성 및 사용자 만족도를 지속적으로 검증해야 할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

This research has been funded by the Industrial Technology Innovation Program (P0028404) of the Ministry of Industry, Trade and Energy of Korea.

This work was supported by internal fund/grant of Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI). [25ZD1130]

참 고 문 헌

- [1] Boniol, M., Kunjumen, T., Nair, T., & Siyam, A. (2022). The global health workforce stock and distribution in 2020 and 2030: a threat to equity and 'universal' health coverage?
- [2] Kleczek, K., Rice, A., & Alimardani, M. (2024). Robots as Mental Health Coaches: A Study of Emotional Responses to Technology-Assisted Stress Management Tasks Using Physiological Signals. Sensors (Basel, Switzerland).
- [3] Cresswell, K., Cunningham-Burley, S., & Sheikh, A. (2018). Health care robotics: qualitative exploration of key challenges and future directions.