

초보자 접근성 향상을 위한 모바일 로봇 티치 펜던트 UX 디자인 프레임워크 연구

안지훈, 동지연
한국전자통신연구원

dkswwl@etri.re.kr, jydong@etri.re.kr

A Study on the UX Design Framework of Mobile Robot Teach Pendants for Enhancing Novice Accessibility

Jihoon An, Jeyoun Dong
Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

티치 펜던트는 로봇 자동화의 핵심 도구임에도 불구하고 비전문가에게 높은 학습 장벽을 제공한다. 본 연구는 인지부하 이론과 상황인식 모델을 기반으로 초보자와 전문가 간 작업기억 차이를 분석하고, 초보자의 인지적 특성을 고려한 모바일 로봇 티치 펜던트 UX 디자인 프레임워크를 제안한다. 30 명을 대상으로 한 사용성 평가를 통해 주요 인지 부하 요인을 파악하여 효율성, 학습 용이성, 직관성, 안정성의 네 가지 설계 원칙을 도출하였다. 제안된 프레임워크를 적용한 결과, 사용자 만족도는 2.87 점에서 4.10 점으로 향상되었고 평균 작업 완료율은 91.4%를 기록하며 제안된 설계 접근의 유효성을 입증하였다. 이는 로봇 사용의 접근성을 확대하고 사용자 친화적 설계를 위한 실질적 가이드라인을 제공한다는 점에서 의의가 있다.

I. 서론

스마트팩토리의 확산과 함께 협동로봇 및 모바일 로봇의 활용은 증가하고 있으나, 기존 티치 펜던트는 전문가 중심으로 설계되어 초보자의 학습과 사용에 제약이 크다. 특히, 중소기업 현장에서는 교육 비용 부담으로 인해 초보자의 신속한 적응이 요구되지만[1], [2], 협동로봇 티치 펜던트의 복잡성과 모바일 로봇 티치 펜던트의 통합 관리 시스템 부족은 작업자의 효율적인 학습과 태스크 수행을 저해한다. 기존 연구는 주관적 만족도 평가에 치중하는 경향이 있으며, 초보자의 인지적 특성을 고려한 체계적 설계 접근은 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 인지부하 이론과 상황인식 모델을 적용하여 초보자의 학습 곡선을 완화할 수 있는 UX 디자인 프레임워크를 제안하고, 협동로봇 티치 펜던트 사례 분석과 사용자 평가를 통해 도출된 설계 원칙을 모바일 로봇 티치 펜던트 프로토타입에 적용하여 그 효과를 검증하고자 한다. 이를 통해 초보자 친화적 설계를 위한 이론적 근거와 실증적 데이터를 동시에 제시하며, 로봇 제어 인터페이스 연구의 확장 가능성을 마련하고자 한다.

II. 본론

본 연구는 인지심리학적 이론을 토대로 로봇 제어 인터페이스의 문제를 규명하였다. Sweller의 인지부하 이론(Cognitive Load Theory)에 따르면 학습자의 작업기억 용량은 제한적이며, 로봇 제어 과정은 내재적·외재적 부하를 동시에 유발한다[3]. 특히

초보자는 인터페이스의 비일관성과 전문 용어로 인한 외재적 부하에 취약하다. Endsley의 상황인식 모델(Situation Awareness Model)은 시각-이해-예측의 세 단계를 설명하는데[4], 초보자는 이해 단계에서 정제되어 전체 작업 맥락을 파악하기 어렵다. 따라서 초보자 친화적 인터페이스는 정보 구조화, 단계적 안내, 예측 가능한 피드백을 제공해야 한다.

이러한 이론적 관점을 바탕으로 협동로봇 티치 펜던트의 GUI 사례를 분석하여 주요 기능을 파악하고, 이후 뉴로메카사의 Conty 2.0을 활용하여 총 30 명을 대상으로 사용성 평가를 수행하였다. 참가자는 초보자, 중급자, 전문가 그룹으로 구분되었으며, 사전 교육 후 지도 작성, 경로 설정, 프로그램 실행 과제를 수행하였다. 평가 결과, '사용 흐름을 알 수 없는 기능 배치'와 '인터페이스의 직관성 부족'이 주요 페인 포인트로 확인되었으며, 이러한 조작 복잡성은 초보자에게 과도한 외재적 부하를 유발하는 주요 원인으로 확인되었다.

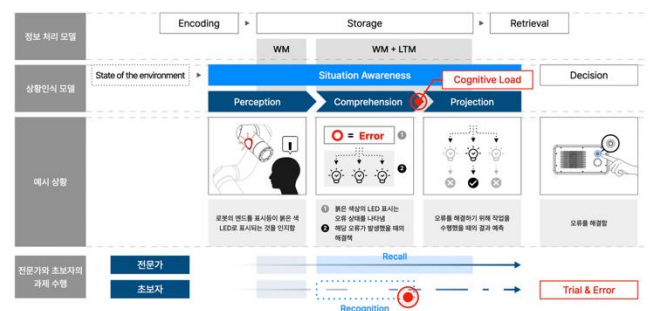


그림 1. 로봇 협업 과정에서의 상황인식 예시

이론적 분석과 실증적 평가 결과를 종합하여, 모바일 로봇 티치 펜던트 UX 설계의 핵심 요소로 효율성, 학습 용이성, 직관성, 안전성의 네 가지를 도출하고 각 요소에 따른 구체적인 디자인 원칙을 제시하였다. 효율성은 시스템 구조의 명확성, 정보의 적절한 배치, 로봇 상태의 즉각적인 인지를 포함하며, 학습 용이성은 스크린별 랜드마크와 직관적인 동작 규칙, 명령어 카테고리화를 강조한다. 직관성은 보편적인 아이콘과 명확한 용어, 익숙한 인터페이스 요소 사용을 통해 지원하고, 안전성은 팝업과 같은 오류 예방 장치와 명확한 오류 안내, 시스템적 안전 메커니즘을 제공한다.

표 1. 핵심 디자인 요소에 따른 원칙 예시

요소	번호	원칙
효율성	1-1	GNB를 통한 메인 기능 제시
	1-2	로컬 영역 내 기능별 레이아웃 구분과 적절한 화면 분할
	1-3	공간 정보를 활용하여 로봇의 현재 상태 및 프로그램에 대한 정보 제공
	1-4	버튼 및 영역 활성화
	1-5	기능별 도움말 제공
학습 용이성	2-1	스크린별 랜드마크 마련
	2-2	직관적인 동작규칙 설정
	2-3	명령어 카테고리화 및 정보 분류
	2-4	로봇의 작업 영역 및 가동 범위를 고려한 안내 제공

도출된 디자인 원칙에 기반하여 모바일 로봇 '모비(MOBY)'의 주요 태스크(지도 그리기, 지도 편집, 경로 설정, 프로그램 편집, 프로그램 실행)를 통합 관리할 수 있는 프로토타입을 제작하였다. 프로토타입은 GNB를 통한 메인 기능 제시, 로컬 영역 구분, 로봇 상태 시각화, 명령어 카테고리화, 오류 예방 장치 등의 설계 원칙을 반영하였다. 검증을 위해 티치 펜던트 경험이 없는 초보자 20명을 대상으로 만족도와 작업 완료율을 측정하였다. 그 결과, 개선안 프로토타입의 만족도는 기존 2.87점에서 4.10점으로 향상되었으며, 실제 로봇 조작 환경에서 평균 91.4%의 작업 완료율을 기록하여 사용성 개선 효과를 입증하였다. 다만, 조이스틱 조작의 어려움, 특정 기능의 명칭 혼란, 시각적 안내 부족 등 일부 개선점도 확인되었다.

표 2. 과제별 만족도 (N=20)

과제	구분	최소값	최대값	평균	표준편차
지도 그리기	기존안	2.33	3.00	2.63	.166
	개선안	3.78	4.44	4.10	.180
경로 설정	기존안	2.30	3.20	2.83	.255
	개선안	3.60	4.40	4.01	.210
프로그램	기존안	2.55	3.64	3.13	.310
	개선안	3.82	4.73	4.17	.240
전체	기존안	3.17	3.17	2.88	.172
	개선안	4.37	4.37	4.10	.135

III. 결론

본 연구는 인지부하 이론과 상황인식 모델을 기반으로 초보자 친화적 모바일 로봇 티치 펜던트 UX 설계 프레임워크를 제안하고, 사례 분석과 사용성 평가를 통해 그 효과를 실증하였다. 사용성 평가 결과 만족도와 완료율 모두에서 유의미한 향상이 확인되었으며, 이는 초보자의 학습 부담을 줄이고 현장 적용성을 높이는 데 기여할 수 있음을 보여준다. 이론적 차원에서는 로봇 UX 설계의 인지적 기반을 강화하였고, 실용적 차원에서는 네 가지 핵심 UX 원칙을 제안하여 실제 적용 가능성을 확인하였다. 다만 제한된 표본과 특정 환경에 기반한 평가로 일반화에는 한계가 있으며, 향후 연구에서는 다양한 사용자군과 산업 맥락을 고려한 확장 검증이 필요하다.

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] 남경민, 정의태 (2020). 중소 제조공장을 위한 제조데이터 분석 플랫폼의 모바일 SW 인터페이스 연구. Journal of Integrated Design Research, 19(2), 71-88.
- [2] 산업통상자원부 (2022). 2022년도 산업기술인력 수급 실태조사 (115016).
- [3] Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. Cognitive Science, 12(2), 257-285.
- [4] Endsley, M. R. (1988). Design and evaluation for situation awareness enhancement. In Proceedings of the Human Factors Society annual meeting. Sage Journals, 32(2), 97-101.
- [5] Wickens, C (2013). Engineering psychology and human performance, 4nd ed. London, England: Pearson.