

협동로봇 티칭펜던트의 사용성 개선 프로세스에 대한 연구

동지연*, 권우경, 강동엽, 남승우
한국전자통신연구원

iydong@etri.re.kr, wkwon@etri.re.kr, kang@etri.re.kr, swnam@etri.re.kr

A Study on the Usability Improvement Process of Teaching Devices for Manipulator of Collaborative Robot

Jeyoun Dong*, Woogyong Kwon, Dongyeop Kang, and Seung Woo Nam
Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)

요 약

협동로봇의 운용 및 교시작업을 수행하기 위해서는 티칭펜던트가 이용되는데, 현재 사용되고 있는 티칭펜던트는 사용법뿐만 아니라 인터페이스 또한 복잡하기 때문에 대부분 전문 엔지니어들이 사용한다. 현장작업자들은 협동로봇을 사용하기 위해서 별도의 교육 혹은 코딩방법을 익혀야 하는 어려움이 있다. 따라서, 협동로봇을 동작하는 티칭펜던트는 직관적인 인터페이스뿐만 아니라, 사용이 쉽고 프로그램의 실행과 수정이 용이하여야 한다.

본 논문은 현재 가장 많이 사용되고 있는 협동로봇들의 UX 특징들을 비교, 분석하였다. 이중 1 종의 협동로봇 티칭펜던트를 선정하여 사용성 개선을 위한 평가 프로세스를 설계하였고, 사용성 평가를 수행하였다. 실험에 참여한 참가자들은 난이도 및 기능별(기본 및 심화 단계) 단계의 작업을 수행하였고, 실험 후에는, 사용성 평가항목과 작업 중 특이 사항에 대한 인터뷰, 설문지 및 SUS(System Usability Scale)평가를 통해 피드백을 남겼다. 결과적으로, 사용성 개선 프로세스를 통해, 기존 협동로봇 티칭펜던트의 사용성에 대한 결과를 분석하였고, 개선점을 도출하였다.

I. 서 론

협동로봇은 현장작업자와 함께 같은 공간에서 다양한 작업을 수행하면서, 협동운용 조건(ISO 10218)을 충족하는 로봇을 말한다. 협동로봇은 20kg 이내의 페이로드로 로봇과 인간의 물리적 충돌이 있을 경우, 치명적인 위험이 낮고, 효율적이고 반복적인 동일 작업이 가능하다는 장점이 있다 [1].

이러한 협동로봇을 활용하기 위해서는 사용자가 수행하고 싶은 작업의도를 로봇이 이해할 수 있는 형태로 구현하는데 이를 로봇 교시라고 한다. 교시기술은 직접 프로그래밍을 코딩하는 방법과 티칭펜던트를 이용한 프로그래밍을 통해 교시점을 입력하는 방법이 있다. 하지만 현재 필드에서 사용되고 있는 티칭펜던트는 사용법과 실제 공정방식과 사용법을 익혀야 하기 때문에 전문성을 갖춘 엔지니어만 사용이 가능한 경우가 대부분이다. 따라서 작업현장에서 현장작업자들이 로봇의 상태를 이해하고, 공정 작업 상황에 맞게 대응을 할 수 있는 티칭펜던트의 UX 의 필요성이 대두된다 [2, 3]. 협동로봇을 운용하는 티칭펜던트는 직관적인 인터페이스뿐만 아니라, 쉽고 프로그램의 실행과 수정이 용이하여야 한다.

본 논문에서는 현재 가장 많이 사용되고 있는 협동로봇들이 장단점을 비교, 분석하였다. 그 중에서 1 종의 티칭펜던트를 선정하여 사용성 개선을 위한 평가 프로세스를 설계하였고, 사용성 평가를 수행하였다. 결과적으로, 협동로봇 티칭펜던트의 사용성에 대한 결과를 분석하였다.

II. 본론

우선 협동로봇과 티칭펜던트를 사용할 때의 문제점을 분석하기 위해 그림 1 과 같이 국내외 협동로봇 중 가장 널리 사용되고 있는 국내외 8 개 사의 대표 협동로봇 티칭펜던트의 3C-고객(Customer), 경쟁사(Competitor), 자사(Company) 분석을 통한 장단점을 도출하였다.

협동로봇	강점	약점
Universal Robot (UR)	• 다양한 엔드이펙터 인스톨 가능	• 교시 작업을 위한 프로그래밍이 쉽지 않음
Sawyer Robot (Rethink)	• 블록모듈에 기반한 프로그래밍 • 직접교시 버튼	• 고정된 펜던트 • 컴퓨터를 이용한 인터라 소프트웨어 접근
인디 (뉴로메카)	• Wireless 기반의 티칭펜던트 앱	• 여러 단계의 복잡한 교시 단계
HCR-5 (한화)	• 아이콘과 타임라인에 기반한 프로그래밍	• 고정된 펜던트
M-Series 로봇 (두산)	• 쉬운 교시 (Task Builder, 작업 템플릿 제공)	• 고정된 펜던트
Panda(Franka Emika)	• 직관적인 아이콘을 통한 교시 프로그래밍	• 여러 단계의 교시 단계
RB5 (레인보우)	• Wireless 기반의 티칭펜던트 앱 • 아이콘, 트리 구조의 블록 프로그래밍	• 모니터링
TM Robot(Inetach)	• 플로우 기반의 프로그래밍	• 고정된 펜던트 • 모니터링

그림 1. 3C 분석을 통한 장단점

협동로봇 티칭펜던트들은 제조사의 특성에 따라서 차별점이 존재하였고, 협동로봇에서 공통으로 제공되어야 하는 기능들에 대한 공통점도 존재하였다. 조사한 로봇들은 시작화면에서부터 각 메뉴를 제공하는 서브화면으로 이동하는 구조로 구성되어 있었으며, 교시를 위한 프로그래밍 모드와 실행모드, 로봇 상태를 설정하기 위한 모드가 일반적으로 구성되어 있었다.

로봇 교시를 위한 교시점, 경유점을 지원하고 있었지만, 프로그래밍 방법에 있어서는 전문가를 위한 텍스트 기반의 로봇 프로그래밍 기능을 제공하고 있는 펜던트들과, 초보자들을 위한 블록프로그래밍 형태의 프로그래밍을 제공하는 펜던트들로 구분할 수 있었다.

본 논문에서는 이중 무선 앱형태의 편한 사용을 제공하지만, 비교적 복잡한 교시단계를 가지고 있는 뉴로메카사의 인디 7 과 티칭펜던트인 Conty 를 선택하여 사용성 개선을 위한 사용성 평가 프로세스를 설계하였고, 사용성 평가를 수행하였다.

사용성 평가의 목적은 제품을 처음 사용하는 초보자 및 중고급자를 대상으로 사용성 테스트를 수행하고, 기능을 수행하는 협동로봇 티칭펜던트 인터페이스의 사용성 정도를 측정하는 것이다. 이 평가결과를 바탕으로 현재의 문제점을 발견하고 개선안을 도출하고자 한다.

사용성 평가를 위해 총 30 명의 평가대상자를 모집하였으며, 협동로봇 및 유사제품군을 한번도 사용해 본적이 없는 엔지니어 전공의 초보자와 비엔지니어 전공의 초보 사용자 13 명, 협동로봇과 유사제품군을 사용한 경험이 있는 중/고급 사용자 17 명으로 구성하였다.



그림 2. 실험 환경 구성

사용성 평가의 수행절차는 3 단계로 구성되는데, 첫번째 단계에서는 테스트에 필요한 주요기능을 이미지, 텍스트, 영상자료와 함께 설명하고 30 분의 정해진 시간 내에 교육을 진행하고 바로 사용성을 위한 목표 작업을 수행한다. 주요 교육 항목에는 기본 자세 이동, 프로그램 모드, 공정 소개 등이 포함된다.

두번째 단계에서는 그림 2 와 같은 실험환경에서 정밀 평가 및 측정을 위해 난이도 및 기능별로 단계를 세분화하여 작업을 제공하고, 목표시간인 1 시간안에 실험 참가자가 완수 일만큼의 작업을 완성할 수 있는지를 측정하였다.

마지막 세번째 단계는 표 1 과 같은 사용성 평가항목과 측정지표에 관련된 질의, 관찰자가 작성한 작업 중의 특이사항 및 설문지 작성, SUS 평가를 진행하였다.

표 1. 사용성 평가항목과 측정지표

항목	측정지표	항목	측정지표
작업시간	태스크 완료시간/이벤트까지 걸린시간	일관성	시각적 일관성/기능적 일관성/가독성/친숙성
사용패턴	사용 빈도/정보 접근성/최선 해결책과의 편차	사용성	SUS 평가
정확성	메시지/정보의 정확성	유효성	기능 사용 및 기능에 대한 접근성
완성도	성공/실패 여부와 비율	효율성	인터랙션
학습용이성	행동유도성/지역 용이성/단순성	만족도	사용 만족도

이 모든 단계의 사용성 평가에 대한 결과들을 취합하고, 분석한 결과 SUS 사용성은 그림 3 과 같이

나왔으며, 보통 68 점 이상을 평균의 사용성으로 간주하는데 이번 평가에서는 평균 이하인 57.86 점의 사용성 점수가 도출되었다. 이 점수는 티칭펜던트 사용이 용이하지 않다는 것을 의미한다. 또한, 취합된 결과를 분석한 결과, 사용을 위한 안내의 필요성, 사용 흐름에 대한 패턴화, 직관적인 조그 버튼의 필요성과 프로그래밍 방식에 대한 개선 필요 및 불필요한 작업 진행 단계 삭제 등의 개선안이 도출되었다.

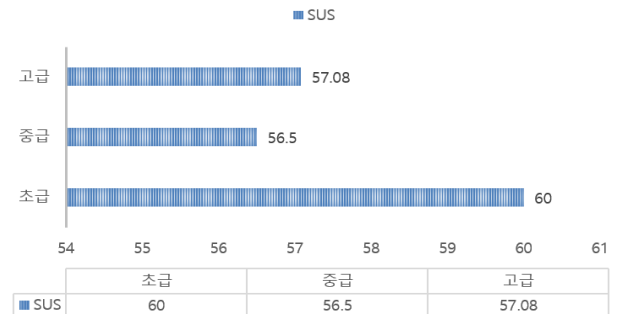


그림 3. 사용성 평가(SUS) 결과

III. 결론

본 논문에서는 현재 현장에서 많이 사용되고 있는 8 종의 협동로봇의 장단점을 분석하였다. 이 중 1 종의 협동로봇과 티칭펜던트에 대한 사용성 개선을 위한 사용성 개선을 위한 평가 프로세스를 설계하였고, 사용성 평가를 수행하였다.

참가자들은 기본단계와 심화단계의 여러가지 작업을 수행하였고, 수행한 후, 작업 중 특이 사항에 대한 인터뷰, 설문지, SUS 평가를 통한 피드백을 남겼다. 결과적으로, 현재 협동로봇 티칭펜던트의 사용성에 대한 결과를 분석하고 개선안을 도출하였다. 향후 도출된 결과를 티칭펜던트 개선에 적용하면, 전문가뿐만 아니라 모든 작업자들이 티칭펜던트를 용이하게 사용하는데 도움이 될 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 한국전자통신연구원 연구운영지원사업의 일환으로 수행되었음. [21ZD1130, 지능제어기반 스마트기계 및 로봇 기술 개발]

참 고 문 헌

- [1] Wang, X., V., Keményb, Z., Váncza, J., Wang, L., "Human-robot collaborative assembly in cyber-physical Production: classification framework and implementation", CIRP Annals Manufacturing Technology, 66(1), pp.5-8, 2017.
- [2] Seung Hun Yoo, "Development of Block Coding Touch UX Design for User Centered Experience of Collaborative Robot Control", Design Convergence Study, Vol. 17(5), pp.77-92, 2018.
- [3] Christinal Schmidbauer, Titanilla Komenda, Sebastian Schlund, "Teaching Cobots in Learning Factories - User and Usability-Driven Implications", Procedia Manufacturing, 45, pp.398-404, 2020.