XR 을 활용한 인간-로봇 실시간 원격 제어 인터페이스

조수빈 [1], 박성진 [2,3], 유범재 [3], 박정민 [3]
[1] 이화여자대학교 휴먼기계바이오공학부
[2] 서강대학교 컴퓨터공학과
[3] 한국과학기술연구원 휴머노이드연구단
sbeencho@ewha.ac.kr, sungjin.park@kist.re.kr, ybj@kist.re.kr, pjm@kist.re.kr

Real-Time Remote-Control Interface for Human-Robot Interaction Using Extended Reality

Subeen Cho[1], Sungjin Park [2], Bum-Jae You[3], Jung-Min Park[3]
[1]Dept. of Mechanical and Biomedical Engineering, Ewha Womans University
[2] Dept. of Computer Engineering, Sogang University
[3]Center for Humanoid Research, Korea Institute of Science and Technology

요 약

이 논문은 혼합현실공간을 통해 원격의 로봇을 제어할 수 있도록 원격작업로봇이 놓인 원격 작업장과 동일한 XR 공간 환경을 구축하고, 구축한 XR 공간을 통해 작업자가 원격으로 로봇을 제어할 수 있도록 원격조작 작업 명령을 생성하고 원격 제어 작업 수행의 결과를 실시간으로 확인하도록 하기 위한 인터페이스를 구현하였다.

1. 서론

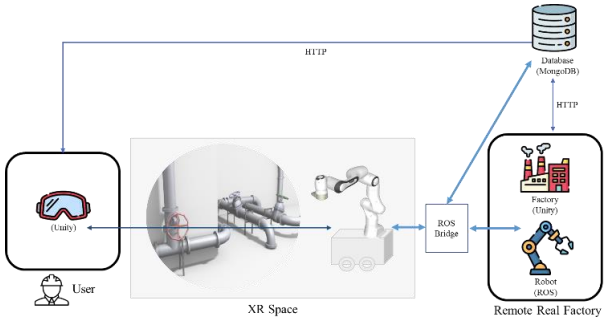
혼합현실(Extended Reality: XR)과 HMD(Head Mounted Display)의 발전으로 XR 을 다양한 분야에 결합하려는 연구가 진행되고 있으며 XR 을 로보틱스의 문제 해결에 결합하는 연구가 있다[1]. XR 을 이용해 로봇을 원격 제어하는 것은 작업자에게 실감성을 제공할 수 있다[2]. 작업 환경이 열악한 현장에 작업자가 직접 가지 않고 원격작업로봇을 통해 작업자와 원격작업로봇 간 협업을 통해 작업할 수 있도록 하는 원격 제어 기술이 필요하다.

본 연구에서는 원격작업로봇을 원격 제어하기 위하여 작업자와 원격작업로봇이 협업할 수 있는 XR 공간을 구성하고, 인간-로봇 실시간 원격 제어를 위한 인터페이스를 제공함으로써 XR 공간을 통해 원격작업로봇을 원격 제어할 수 있도록 하고자 한다.

2. 인간-로봇 협업을 위한 XR 공간 및 인터페이스

1) 인간-로봇 협업을 위한 XR 공간

제안하는 작업자와 원격작업로봇이 통합된 XR 공간을 개념적으로 도시하면 그림 1 와 같다. 작업자가 XR 공간을 통해 원격작업로봇에 제어 명령을 전달하면 원격지에 있는 원격작업로봇은 해당 제어 명령을 수행한다. XR 공간은 3D 모델 및 객체 정보를 활용하여 원격지의 작업장(예를 들어 발전소 등)과 동일하게 구성하여 작업자에게 실감성과 몰입성을 제공한다. 작업장의 작업은 주로 다양한 형태의 밸브들을 조작함으로써 수행되므로, 원격작업로봇은 작업자의 제어 명령에 따라 원격 작업장의 밸브 조작을 수행하고 그 결과를 XR 공간의 해당 객체에 피드백한다. 작업자는 XR 공간을 통해 해당 작업의 결과를 확인한다.



(그림 1) 인간-로봇 협업을 위한 XR 공간 시스템 구조도

원격작업장의 모든 조작가능한 객체에 대해 MongoDB 를 활용하여 데이터베이스를 구현하였다. 작업자와 인터랙션하는 XR 공간은 Unity 로 구현하였다. XR 공간의 씬은 원격작업장의 객체에 대한 데이터베이스의 데이터로 구성하여 초기화하였고, 이는 HTTP 통신으로 이루어진다. 작업자의 제어명령은 ROS Bridge 과 ROS Sharp Library 를 통해 ROS 상에서 구동되는 원격작업로봇으로 전달되며, 원격로봇의 작업수행에 따른 작업장의 제어요소의 변화는 ROS Bridge 를

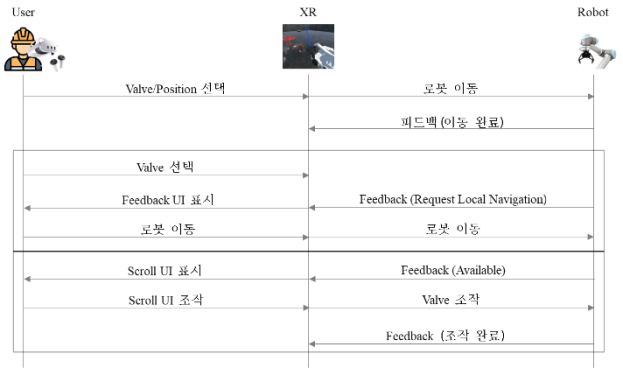
통해서 데이터베이스에 반영된다. 따라서, 원격작업장의 조작하는 객체(로봇 이동이나 밸브 조작)에 대한 정보는 조작과 동시에 데이터베이스에 지속적으로 변경되고 관리되므로 원격작업장과 XR 공간의 정보는 동일하게 유지된다.

2) XR 인터페이스

작업자는 원격작업공간인 XR 공간의 상태를 확인할 수 있어야 하며 동시에 원격작업로봇에게 명령할 수 있어야 한다.

XR 공간의 시스템 제어는 작업자가 XR 공간의 상태를 확인할 수 있도록 제공되는 기능으로 원격작업로봇에게 직접적인 영향을 주지 않는다. XR 공간 상에서 원격작업로봇의 위치를 확인할 수 있으며, 텔레포트를 통해 작업자의 시점을 이동할 수 있다. 또한, 원격작업공간의 조작가능한 객체들, 예를 들어 밸브의 상태를 확인할 수 있고 전체 시스템을 구성하는 요소들의 네트워크 상태를 확인할 수 있다. 해당 인터페이스는 ray casting 에 의한 선택으로 구현하였다.

원격작업로봇은 원격공간에서 조작가능한 물체들을 조작하거나 작업하고자 하는 위치로 이동함으로써 작업을 수행한다. 따라서 원격작업 명령으로 XR 작업자가 원격작업로봇에게 이동과 조작을 명령하는 기능을 구현하였다. 직관성을 위해 원격작업로봇의 이동은 XR 공간 상에서 시각적 피드백 즉, 원격작업로봇의 이동을 가시화하였다. 다양한 밸브의 조작은 밸브를 0~100% 범위에서 열고 닫도록 스크롤 UI 방식으로 구현하였다.



(그림 2) XR 작업자의 밸브 조작 명령 시퀀스

XR 작업자가 원격작업로봇에게 이동 명령과 밸브 조작 명령을 내리는 시퀀스는 그림 2 와 같다. XR 작업자는 위치 또는 밸브를 선택하여 로봇 이동을 명령한다. 원격작업로봇이 이동을 완료하면 XR 작업자에게 피드백을 보낸다. XR 작업자가 밸브를 선택했을 때, 원격작업로봇이 밸브 조작이 불가능한 위치라면 XR 작업자에게 추가 이동이 필요함을 알림으로써, 작업자는 근거리 이동(local navigation)을 수행한다. 원격작업로봇이 밸브를 조작할 수 있는 범위에 놓인 경우, XR 공간에 스크롤 UI 를 표시한다. XR 작업자는 스크롤 UI 를 이용해 밸브 조작 명령을 보낸다. 원격작업로봇은 밸브 조작을 수행하며 일정주기로 XR 공간에 현재 수행 작업에 대한 피드백을 보낸다. 작업자가 원격 제어하고자 하는 대상인 밸브는 선택, 조작명령 설정, 원격작업로봇에게 명령전달, 조작 완료의 경우에 따라 밸브 상태를 시각적으로 구분할 수 있도록 구현하였으며, 원격작업로봇의 제어명령 수행에 따른 밸브 값도 실시간으로 변경을 확인할 수 있다.

3) 구현 결과

작업자가 HMD 를 통해 보는 XR 공간은 그림 3 과 같다. 작업자는 UI 를 이용해 시스템 제어가 가능하며, ray casting 으로 밸브를 가리킴으로써 원격지의 현재 밸브 값을 확인할 수 있다. 밸브를 선택하여 조작 명령을 보내면, 원격작업로봇이 밸브를 조작한 후 밸브 조작 완료 피드백을 받는 과정에서 XR 공간의 밸브는 작업자의 인터랙션 및 원격작업로봇의 수행 상태에 따라 그림 4 의 모습으로 표현된다.

(그림 3) 작업자가 보는 XR 공간

(그림 4) XR 공간의 밸브 상태에 대한 시각적 피드백

3. 결론

본 논문에서는 XR 을 활용한 인간-로봇 실시간 원격 제어 인터페이스를 구현하였다. 작업자가 XR 공간을 통해 원격작업로봇에게 제어 명령을 내리면, 원격작업로봇은 해당 명령을 수행한 후 수행 결과에 따라 피드백을 XR 공간에 보냄으로써 작업자는 결과를 확인한다. 향후 원격공간의 실제 로봇과 연결하여 시스템을 통합하고 사용성을 검증할 예정이다.

본 연구는 과학기술정보통신부 한국연구재단 미래융합파이오니어사업의 연구결과로 수행되었음 (No. 2022M3C1A3098746).

참고문헌

[1] Leonor Adriana Cárdenas-Robledo, Óscar Hernández-Uribe, Carolina Reta, Jose Antonio Cantoral-Ceballos “Extended reality applications in industry 4.0. – A systematic literature review”, Telematics and Informatics, vol.73, 2022.

[2] Luis Pérez, Eduardo Diez, Rubén Usamentiaga, Daniel F. García “Industrial robot control and operator training using virtual reality interfaces”, Computers in Industry, vol.109, 114-120, 2019.