

# 3D 시각화를 통한 협동 로봇의 작업 최적화

송정현, 정현재, 권구태

경북대학교

e-mail : fight0037@knu.ac.kr, hyunje3523@gmail.com, rnjs400703@gmail.com

Work optimization for collaborative robots with 3D visualization

Kyungpook National University

## 요약

본 논문에서는 협동로봇의 작업 효율과 정확도를 실시간으로 최적화하는 3D 시각화 툴을 개발하였으며, 스테레오 카메라와 로봇팔 제어 알고리즘, 사용자 친화적인 GUI를 통해 이를 구현했다.

## I. 서론

코로나 19 팬데믹 이후 비대면과 자동화가 일반화되면서 국방, 제조, 물류 등 산업 곳곳에서 로봇 활용이 빠르게 확산 되고 있다. 이러한 가운데 성장이 멈춘 선진국들이 고령화, 저출산에 따른 일손 부족, 인건비 상승 흐름 속에서 로봇을 제조업을 혁신 시킬 핵심 기술로 주목하고 있다. 산업용 로봇 시장이 커지고 있는 가운데 최근에는 기존의 대형 산업용 로봇 대신 작고, 사람과 협업할 수 있는 협동로봇에 대한 수요가 꾸준히 증가하고 있다.[1]

협동 로봇은 기존의 산업용 로봇과 달리 별도의 안전 펜스없이 사람과 작업 공간은 공유하며 협업이 가능한 로봇이다. 설치 공간이 제한적이고 작업 공간이 빈번하게 변화하는 곳에서도 효과적으로 작업을 수행할 수 있어, 기반으로 제조업 뿐 아니라 의료, 서비스 산업 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.[2]

협동 로봇의 효과적인 활용을 위한 사용자 친화적인 인터페이스를 통해 일반 사용자가 협동로봇을 쉽게 조작하고, 작업을 효율적으로 관리할 있도록 하는 것이 기술의 대중화 및 활용도 증대를 위해

필수적이라고 생각한다. 따라서 본 논문에서는 협동로봇이 작업을 수행 할 때, 로봇의 작업 효율과 정확도를 실시간으로 최적화 하는 3D 시각화 툴을 개발 한다.

## II. 본론

본 논문에서는 특정 지점을 티칭하는 로봇 팔의 동작 최적화를 목표로 한다. 로봇 팔이 특정 지점을 정확하게 티칭하는 과정은 다양한 작업 환경에서 매우 중요한 요소이다.

### 2.1 HW 구성

#### 2.1.1 스테레오 카메라

스테레오 카메라는 양안 시차를 통해 실제 공간을 시뮬레이션 툴에 3차원으로 표현합니다. 그러나 카메라의 초점 거리에 따라 왜곡이 발생할 수 있으며, 왜곡이 심해지면 시뮬레이션 화면이 실제와 달라 작업에 문제가 생길 수 있습니다. 이를 해결하기 위해 보정이 필요합니다. 방사 왜곡은 볼록렌즈의 굴절률로 인해 발생하며, 중심에서의 거리로 왜곡 정도가 결정됩니다. 반면, 접선 왜곡은 카메라 렌즈와 이미지 센서의 수평 불일치 또는 렌즈 중심의 불일치로 발생합니다. 왜곡된 영상(Id)과 보정된 영상(Iu)에서, Iu의 각 픽셀값을 Id의 대응 픽셀값으로 채우는 방식으로 보정합니다. Iu의 한 점 (xp\_u, yp\_u)을 카메라 파라미터를 사용해 normalized 좌표 (xn\_u, yn\_u)로 변환하고, 이를 통해 왜곡된 영상의 좌표 (xn\_d, yn\_d)를 알 수 있습니다.

### 2.1.2 로봇팔

Techman의 로봇 팔은 여러 개의 관절과 축으로 구성되어 다양한 방향으로 자유롭게 움직일 수 있으며, 각각의 관절의 각도를 세밀하게 조정하여 3차원 공간에서 복잡한 경로를 따라 움직이고, 고난도의 조작 및 작업을 가능하게 합니다. 또한 로봇팔의 끝 부분에는 다양한 엔드 이펙터를 부착하여 다양한 작업에 유연하게 대응할 수 있습니다.

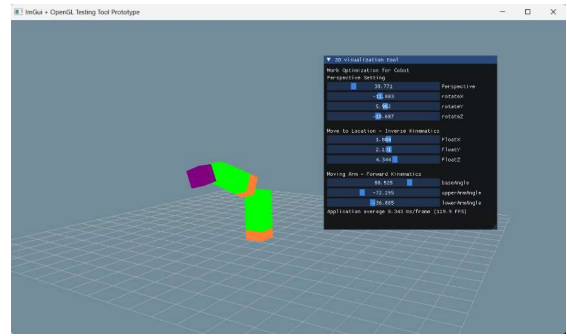


그림 3. GUI 화면

## III. 구현

### 3.1 SW 구성

#### 3.1.1 로봇팔 제어 알고리즘

역기구학을 활용하여 로봇팔을 직관적으로 조작한다. 역기구학은 임의의 좌표가 주어졌을 때, 그 좌표로 이동하기 위한 로봇 관절들의 각도를 계산하는 것이다. 이를 통해 관절의 각도를 계산할 필요없이 사용자가 로봇을 원하는대로 움직일 수 있게 하고자 한다. 물론 세부적인 작업을 위해서 정기구학을 이용한 방식, 즉 관절의 각도 계산을 통해 원하는대로 움직이는 방법 역시 가능하게끔 구현하였다.

#### 3.1.2 3D 시각화

스테레오 카메라를 통해 얻은 이미지를 기반으로 포인트 클라우드를 생성하고, PCL(Point Cloud Library)를 사용하여 해당 포인트 클라우드에 색상 값(RGB)을 정렬하여 실제 공간의 3D 모델을 가상 공간에 재현한다. 이를 통해 사용자가 실제 공간을 좌표 평면으로 인식할 수 있으며 로봇 팔을 좌표에 따라 움직이게 할 수 있다.

#### 3.1.3 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)

사용자 인터페이스를 ImGui 라이브러리를 활용하여 개발하였다. OpenGL로 구현하는데에 많은 추가 작업이 필요한 반면 ImGui는 개발자들에게 UI 구성요소를 신속하게 구현할 수 있는 강력한 도구를 제공한다. 사용자가 로봇팔의 동작을 유연하게 조정할 수 있도록 하기 위해 SliderFloat3 함수와 Lua 스크립트를 활용하였다. 또한, Progressbar 함수를 활용 하여 진행 상태를 표시 하여 사용자가 작업의 현재 진행상황을 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 한다. 더하여 소프트웨어의 기능을 빠르게 이해하고 효율적으로 사용할 수 있도록 툴팁 기능을 IsItemHovered와 SetTooltip 함수를 사용하여 해당 요소에 대한 설명을 제공한다.

## IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구를 통해서 스테레오 카메라를 통해 들어온 영상으로 로봇이 움직일 수 있는 공간 전체에 대한 인식과 로봇의 현재 위치를 인식하고 로봇팔이 다음 위치로 옮겨가기 위해 계산을 수행한다. 또한 안전을 최우선으로 하여 근처에 사람이 인식되면 바로 로봇의 움직임을 멈추는 기능도 탑재하였다. 게다가 OpenGL과 ImGui를 사용해 좌표값이 정확한지 검증하고 카메라 움직임에 따라 생성한 Object의 위치를 실시간으로 확인할 수 있었다. 이 과정을 3D 시각화를 통해 로봇이 원하는 목표지점까지 올바르게 가고 있는지, 원하는 동작을 수행하는지 사용자가 피드백 할 수 있도록 구현하였다.

### ACKNOWLEDGMENT

“본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음(2021-0-01081)”

### 참고문헌

- [1] 매일 경제, “AI와 만난 로봇, 미래는 어떤 모습일까요? MIT 교수의 대답은”, <https://www.mk.co.kr/news/it/10797318>, 2023
- [2] 한국로봇산업협회, “협동 로봇의 국내·외 기술 및 시장 동향”, [https://www.korearobot.or.kr/wp/wp-content/uploads/2023/10/18\\_%EC%9D%B4%EC%8A%88%EB%B8%8C%EB%A6%AC%ED%94%84-%ED%98%91%EB%8F%99-%EB%A1%9C%EB%B4%87%EC%9D%98-%EA%B5%AD%EB%82%B4%EC%99%B8-%EA%B8%B0%EC%88%A0-%EB%B0%8F-%EC%8B%9C%EC%9E%A5-%EB%8F%99%ED%96%A5.pdf](https://www.korearobot.or.kr/wp/wp-content/uploads/2023/10/18_%EC%9D%B4%EC%8A%88%EB%B8%8C%EB%A6%AC%ED%94%84-%ED%98%91%EB%8F%99-%EB%A1%9C%EB%B4%87%EC%9D%98-%EA%B5%AD%EB%82%B4%EC%99%B8-%EA%B8%B0%EC%88%A0-%EB%B0%8F-%EC%8B%9C%EC%9E%A5-%EB%8F%99%ED%96%A5.pdf), 2023