

폼 체인지 기능을 탑재한 자가 균형 로봇에 관한 연구

A Study on Self-Balancing Robot with Form Change Function

윤대영¹ · 권민환² · 온유리³ · 김용태⁴
Daeyeong Yun, Minhwan Kwon,

¹한경국립대학교 전기전자제어공학과
E-mail: toueg1236@gmail.com

²한경국립대학교 전기전자제어공학과
E-mail: gdhong@honggil.ac.kr

³한경국립대학교 전기전자제어공학과
E-mail: cju1998@gmail.com

⁴한경국립대학교 ICT로봇기계공학부, 스마트융합기술연구센터
E-mail: ytkim@hknu.ac.kr

요 약

본 연구는 자율적으로 균형을 유지하며 이동할 수 있는 자가 균형 로봇을 개발하는 것을 목표로 한다. 로봇은 자이로센서를 이용한 센서 데이터 수집, PID 제어 알고리즘을 통한 균형 유지 메커니즘을 통합하여 이를 수행한다. 기존의 자가 균형 로봇은 주로 안정된 실내 환경에 초점을 맞추었지만, 본 로봇은 폼 체인지를 통해 험난한 환경에서도 안정적으로 작동할 수 있도록 설계되었다. 자가 균형 로봇은 균형을 유지하며 사용자를 따라 이동하고, 제스처를 인식하여 컨트롤러 없이도 안정적으로 작동할 수 있다. 로봇 제어에는 ROS2 운영체제를 사용하였다.

키워드 : 자가 균형 로봇, PID 제어, 객체 인식, 폼 체인지, ROS2

1. 서 론

최근 산업용 로봇 수요는 생산성 향상, 인력 문제 해결, 위험 작업 최소화 등의 이유로 급증하고 있다. 산업용 로봇과 서비스용 로봇 시장은 연평균 각각 25.2%, 46.2%의 성장이 예상되며, 이는 로봇 도입의 중요성을 더욱 부각시킨다. 그러나 산업 재해는 여전히 문제로 남아있으며, 작업자의 신체적, 정신적 피로는 안전사고를 유발할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 자율적으로 균형을 유지하며 이동할 수 있는 자가 균형 로봇을 개발하고자 한다. 기존 자가 균형 로봇은 사용자가 지속적으로 컨트롤러로 제어해야 하며, 이는 자율성을 제한하고 사용자의 피로를 증가시킨다. 또한, 2륜 구조로 인해 외부 충격 시 불안정함이 발생할 수 있다.

이를 개선하기 위해 본 연구에서는 자율적으로 균형을 유지하고, 컨트롤러 없이 제스처 인식으로 조작할 수 있는 시스템을 도입했다. 이 로봇은 실내외 환경 모두에서 안정적으로 작동하며, 민감한 물건을 안전하게 운송할 수 있는 정밀한 균형 제어 시스템을 갖추고 있다. 폼 체인지 기능은 6륜과 2륜 모드를 제공해 다양한 환경에서 부드럽게 이동할 수 있도록 하며, 이를 통해 로봇의 사용 가능성을 극대화할 수 있다.

본 연구에서 개발된 자가 균형 로봇은 특히 물류와 운송 분야에서 큰 장점을 제공할 것으로 예상된다. 물건을 운송하는 과정에서 균형을 유지하면서도 섬세한 물건을 안전하게 이동할 수 있어, 깨지기 쉬운 제품 운송에 효과적이다. 또한, 로봇이 실내외의 다양한 지형에서 작동할 수 있어 산업 현장뿐만 아니라 교육, 개인 운송 등 다양한 분야에서 활용될 수 있다. 이는 로봇의 유연성을 극

대화하고, 사용자 요구에 맞춘 맞춤형 로봇 솔루션을 제공할 수 있다는 점에서 기존의 로봇 시스템보다 진일보한 기술로 평가될 수 있다.

2. 로봇 하드웨어 설계

본 장에서는 로봇의 설계에 대해 설명한다. 로봇은 4개의 보조바퀴와 2개의 주 바퀴에 의해 동작을 수행한다. 4개의 보조바퀴는 동력원을 사용하지 않고 무게를 분배하여 움직임을 용이하게 하는데 사용한다. 사용되는 모터는 4개의 다이내믹셀 모터와 2개의 리니어 모터를 사용한다. 폼 체인지에 사용되는 모터는 리니어 모터 2개와 다이내믹셀 모터 2개가 사용된다. 나머지 2개의 다이내믹셀 모터는 바퀴에 부착시켜 주행 및 밸런싱에 사용된다. 2개의 리니어 모터를 로봇의 아래에 세로로 부착시켜 늘어나면서 로봇의 몸체가 위로 올라가면 로봇의 다리와 몸체의 연결부에 있는 다이내믹셀 모터 2개를 회전시켜 그림 1의 6륜 모드에서 2륜 모드로 형태로 변형시킨다.

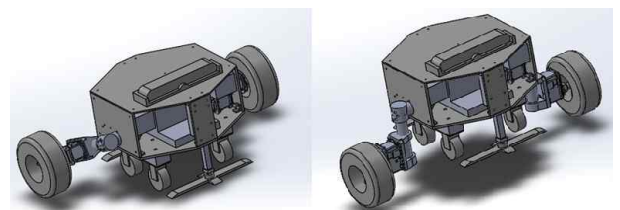


그림 1. 6륜 모드와 2륜 모드
Fig. 1. Six-wheel mode and two-wheel mode

3. PID 제어를 통한 균형 제어

로봇의 자가 균형 기능은 PID 제어 기법[1]을 사용하여 구현된다. PID 제어는 로봇의 목표 각도와 센서로 측정된 현재 각도의 차이를 이용하여 균형을 유지한다. 이 차이(오차)를 바탕으로 비례(P), 적분(I), 미분(D) 계수를 적용하여 모터 출력을 조정한다. 이러한 조정을 통해 로봇은 외부 변화에 신속하게 대응하며 안정적인 자세를 유지한다.

로봇은 Iahrs센서에서 수집된 센서 데이터를 실시간으로 처리하여 현재 오일러 각을 측정한다. 이 데이터는 ROS2[2] 토픽을 통해 지속적으로 업데이트되며, PID 제어 알고리즘은 이 데이터를 기반으로 실시간으로 목표 각도로 움직이도록 모터 출력을 조정한다. 이러한 통합 시스템은 로봇이 복잡한 지형에서도 균형을 유지할 수 있도록 한다.

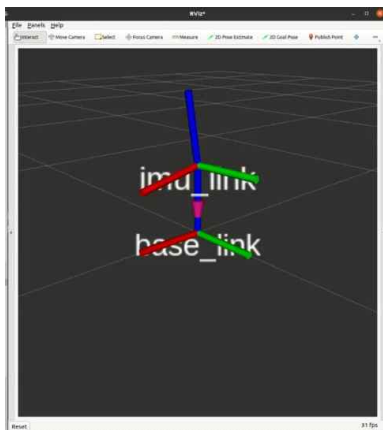


그림 2. 실시간으로 수집한 오일러 각과 목표 오일러 각
Fig. 2. Euler angles collected in real time and target Euler angles

4. 객체인식을 통한 폼 체인지

4.1 객체인식

객체 인식을 위해 YOLOv5[3]를 사용하였다. YOLOv5는 객체 탐지를 위한 최신 딥러닝 모델 중 하나로, 빠르고 정확한 객체 탐지를 가능하게 하는 구조를 갖추고 있다. 먼저 체스처를 인식하기 위해서는 이미지의 특징을 추출시키고 학습시키기 위한 데이터가 필요하다. 그림 3은 학습에 사용된 데이터이다. 그림 3의 데이터를 batch: 5 epoch: 300 으로 하여 학습을 돌려 학습 데이터를 생성하였다.



그림 3. 객체인식 학습에 사용된 데이터
Fig. 3. Data used for training object recognition

4.2 폼 체인지 알고리즘

로봇의 폼 체인지 알고리즘은 객체인식을 사용하여 작동한다. 4.1에서 언급한 YOLOv5를 사용하여 학습 데이터를 통해 손동작인 가위, 바위, 보를 검출하여 그에 따른 동작을 작동시킨다. 로봇이 인정한 손동작에 따라 topic을 발행시켜 그에 따른 커맨드를 openCR에 입력시켜 모터를 작동시킨다. 가위가 인식되면 로봇이 2륜 모드로 전환되며 보가 인식되면 6륜 모드로 전환된다. 또한 주먹이 인식되면 로봇을 정지시킨다.

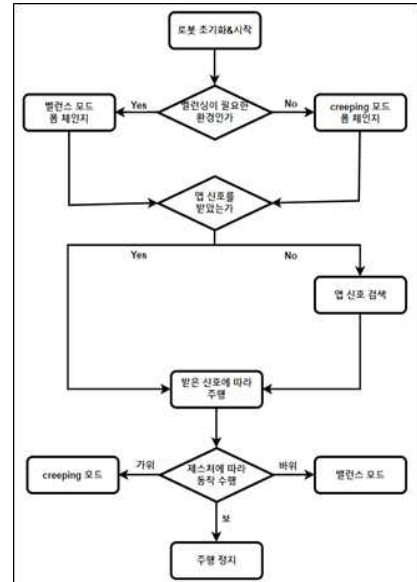


그림 4. 로봇 시스템 흐름도
Fig. 4. Robot System flowchart

5. 결론

본 논문에서는 자율 균형 로봇을 개발하여 물류분야에서 활용 가능성을 제시하였다. 이 로봇은 자동으로 균형을 유지하며, 다양한 지형에서도 안정적인 움직임을 보장한다. 체스처 인식 기능과 폼 체인지 기능을 통해 직관적인 조작과 환경 적응이 가능하며, 작업 효율성을 높였다. 추후 실시간 데이터 수신 방식을 개선하여 로봇의 균형 유지 성능을 더욱 향상시킬 계획이다. 이를 통해 다양한 환경 변화에 빠르게 대응하고, 더 안정적인 움직임을 보장할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Santiago Nougues, Santiago Melo Guayacan, Daniela Garzon Cuadros, Hernando Leon-Rodriguez "Modelling and Design a Self-balancing Dual-wheeled Robot with PID Control", 제어로봇시스템학회, 2023.
- [2] Andrea Bonci, Francesco Gaudeni, Maria Cristina Giannini, Sauro Longhi " Robot Operating System 2 (ROS2)-Based Frameworks for Increasing Robot Autonomy: A Survey" Applied Sciences, Vol 13, Iss 23, p 12796 (2023)
- [3] D. G. Lowe, "Object recognition from local scale-invariant features," Computer vision, 1999. The proceedings of the seventh IEEE international conference on, 1999, vol. 2, pp. 1150-1157: Ieee.