

Rocker-Bogie매커니즘과 PID제어를 활용한 험지 주행 로봇

이예진¹, 이상엽², 변재형³

¹한국공학대학교 메카트로닉스공학부 학부생

²한국공학대학교 메카트로닉스공학부 학부생

³한국공학대학교 메카트로닉스공학부 학부생

yeajin719@naver.com, bmi655@naver.com, urisaram6@naver.com

RTTR-RB&PID: Rough Terrain Robot with Rocker-Bogie and PID Control

YeaJin Lee¹, Sang-yeop Lee², Jae-hyeong Byun³, Cha Dong-hyuk⁴

¹Department of Mechatronics Engineering, Tech University of Korea

²Department of Mechatronics Engineering, Tech University of Korea

³Department of Mechatronics Engineering, Tech University of Korea

요 약

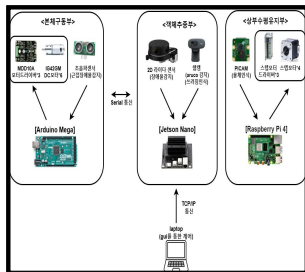
본 연구는 Rocker-Bogie 매커니즘과 PID 제어를 적용한 험지 주행 로봇을 개발하였다. 로봇은 불규칙한 지형에서도 안정적인 주행과 최대 50kg의 물품 운송이 가능하다. 이 기술은 산업 물류와 재난 구조 작업에서 활용될 수 있다.

1. 서론

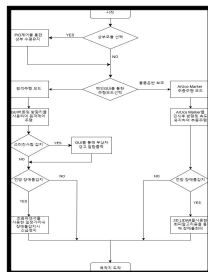
산업 현장에서 복잡한 지형에서의 물류 운송은 생산성과 안전에 중요성이 대두되고 있다. 이를 해결하기 위해 험지에서도 안정적으로 주행할 수 있는 로봇 시스템인 Rocker-Bogie 매커니즘과 PID 제어를 활용한 험지 주행 로봇을 개발하여 산업 현장의 효율적 운송을 목표로 한다.

2. 설계 개요

본 연구의 로봇은 Rocker-Bogie 서스펜션과 PID 제어를 결합해 험지에서도 안정적인 주행이 가능하다. 아두이노 메가와 젯슨 나노로 실시간 객체 추종 및 물품 운송이 가능하며, 라즈베리파이와 자이로 센서를 통한 4축 제어로 기울기와 무게 중심을 조정해 안정성을 보장한다.



(그림 1) 시스템 구성도



(그림 2) 플로우차트

3. 실험 및 결과

3.1 주행 성능 실험

Rocker-Bogie 매커니즘이 적용된 로봇의 주행 성능을 평가하기 위해 경사각 30도에서 90도까지의 험지에서 실험을 수행했다. 실험 결과, 로봇은 최대 90도의 경사에서도 안정적으로 주행했으며, 22cm 높이의 장애물을 극복할 수 있었다. 또한, 최대 50kg의 물체를 싣고 험지 주행이 가능하다는 결과를 도출했다.



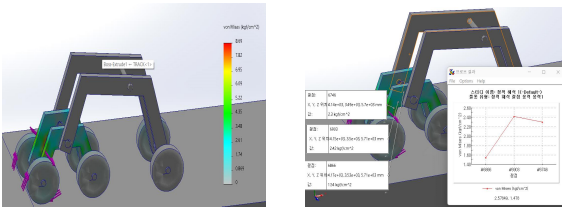
(그림 3) 로봇 외형도



(그림 4) Off-road capability

3.2 응력 분포 분석

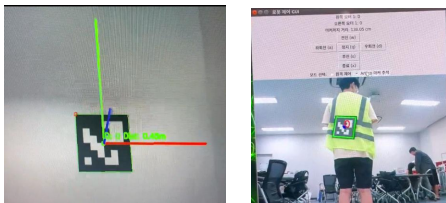
시뮬레이션을 통해 로봇 구조물의 응력 분포를 분석하였다. 최대 응력 값은 2.57 MPa로 나타났으며, 이는 설계된 허용 범위 내에 있었다. 경사각이 증가함에 따라 로봇의 특정 부위에 응력 집중이 발생했으나, 모든 부품이 이를 견딜 수 있음을 확인하였다. 아래의 그래프는 각 경사도에서의 응력 변화 양상을 시각화한 것이다.



(그림 5) 경사도에 따른 응력 분포 분석

3.3 객체 추종 실험

로봇의 실시간 객체 추종 기능을 검증하기 위해 아두이노 메가와 젯슨 나노를 사용한 실험을 진행하였다. 로봇은 지정된 목표물을 추적하며 자동으로 물품을 운송하였으며, 목표물이 이동할 때도 정확한 추적과 운송이 이루어졌다. 실험 결과, 객체 추종 기능은 95% 이상의 정확도를 보이며 운송 작업을 수행하였다.



(그림 6) ArUco Marker Tracking

3.4 4축 정밀 제어 실험

자이로 센서를 활용하여 4축 정밀 제어 시스템을 테스트하였다. 기울기 보정 실험에서는 로봇이 불규칙한 지형에서 기울기를 자동으로 보정하였으며, 그 결과로 안정적인 주행을 유지할 수 있었다. 특히 경사각이 클수록 자이로 센서를 통한 보정이 중요한 역할을 수행하였다.



(그림 7) Robot Upper Weight Balance Test

3.5 재난 요구조자 감지 시스템

YOLOv7 모델을 활용하여 신체 자세를 인식하고, 특정 기준에 따라 쓰러짐 여부를 판단하는 시스템을 구현하였다. 비최대 억제(NMS) 기법을 통해 정확한 물체 검출을 수행하며, 쓰러짐 감지 알고리즘은 자세 변화와 신체 부위의 상대적 위치를 분석하여 5초 이상 지속되는 쓰러짐을 감지하고 경고한다.



(그림 8) Fell detection

4. 결론

본 연구에서는 Rocker-Bogie 메커니즘과 PID 제어를 적용한 로봇을 개발하여 험지에서 안정적인 주행 성능을 입증했다. 실험 결과, 로봇은 최대 90도 경사와 22cm 장애물을 극복하며, 객체 추종과 자이로 기반 기울기 보정으로 복잡한 지형에서도 효율적인 물품 운송이 가능했다. 이 성능은 재난 구조 및 산업 물류에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Goldenberg, A. A., and Bezerghi, A., 1985, "A Preview Approach to Force Control of Robot Manipulators," Mechanism and Machine Theory, Vol. 20, No. 5, pp. 449 - 464.
- [2] Wang, C.-Y., Bochkovskiy, A., and Liao, H.-Y. M., 2022, "YOLOv7: Trainable Bag-of-Freebies Sets New State-of-the-Art for Real-Time Object Detectors," arXiv preprint arXiv:2207.02696, [Online], Available: <https://arxiv.org/abs/2207.02696>.

본 논문은 과학기술정보통신부 대학디지털교육역량강화사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다