

지형 극복을 위한 바퀴 구동형 자율주행 소형 로봇의 효율적 기구설계에 관한 연구

정세진*, 김민규*, 선지호*, 박명숙*, 김상훈*

*한경국립대학교 전기전자제어공학과

kimsh@hknu.ac.kr

A Study on the Efficient Mechanical Design of Wheel-Driven Autonomous Small Robots for Overcoming Terrain

Se-Jin Jeong*, Min-Gyu Kim*, Ji-Ho Seon*, Myeong-Suk Park*, Sang-Hoon Kim*

*Department of Electrical, Electronic and Control Engineering, Hankyong National
University

요 약

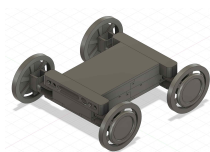
본 논문에서는 비평탄 지형 주행이 가능한 이동형 로봇의 구조 설계를 효율적으로 하기 위한 방법을 제안하고 실제로 구현하였다. 다양한 보행과 계단과 같은 비평탄 지형에서의 보행 메커니즘에 적합한 4개의 바퀴 및 구동 모터의 위치와 효율적 구조를 목적에 맞게 최적화 설계하였으며, 소형 로봇 플랫폼의 동작에 필요한 저전력의 효율적 구조를 제안하였다.

1. 서론

최근, 서비스 로봇은 실내외로 다양한 지형 및 장애 환경에서도 자율적으로 보행 및 임무 수행이 가능하도록 요구되고 있다.[1] 딥 러닝(Deep Learning) 기술과 영상처리(Computer Vision) 기술이 발달하여 자율주행 기술이 한 차원 성장하게 되었으며, 자율주행의 요소기술인 다양한 방향의 주행이 가능하고 저전력 소형 로봇에 적합한 하드웨어 설계가 점차 중요해지고 있다. 따라서 본 논문에서는 야외환경 같은 일상에서 마주할 수 있는 비평탄 지형을 극복하며 주파할 수 있는 바퀴 구동형 소형 모빌리티의 기구설계 방법을 제시하고자 한다.

2. 로봇 설계 사양

본 논문에서는 상세 설계에 앞서, 실외에서 활동하기 위한 로봇의 전체적인 개략설계를 정하여 초기 사양을 설정하였다. 설계한 로봇의 전체 외형은 (그림 1)에 표현하였고, 로봇의 전체 사양은 <표 1>에 나타내었다.



(그림 1) 로봇 전체 외형

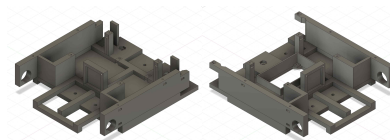
Size [mm](Length × Width × Height) * Not including wheels.	420 × 400 × 107.5mm
Weight [kg]	4.3kg
Main controller	NVIDIA Jetson TX2 ARM Cortex-M4
Battery	14.8V Lithium polymer
Sensors	YDLIDAR G2(LiDAR) logitech C270 Intel RealSense depth camera D435

<표 1> 로봇 전체 사양

3. 로봇의 하드웨어 설계

이 장에서는 ‘Fusion 360’ 및 ‘SolidWorks’로 설계한 실제 로봇의 모델링과 부분별 외형 설계 의도를 상세히 설명한다. 실제로 미구현된 편심축을 활용한 디스크 구조 외형은 모형으로 설명한다. 로봇의 프레임은 3D 프린터로 출력하였으며, 열변형과 수축이 적은 ‘Z-ULTRAT’ 필라멘트를 사용하였다.

3.1 몸통 프레임

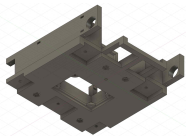


(그림 2) 전방 몸통 프레임 (그림 3) 후방 몸통 프레임

로봇의 몸통 프레임은 각 파트로 분할하여 결합하는 모듈식 설계를 하였다. 설계 변경이나 치수 변경에 용이하고, 작동불능이 되었거나 문제가 생긴 파트만 따로 갈아끼울 수 있어 유연한 대처가 가능하다. 어셈블리(Assembly)로 이루어져 있으므로 로봇의 강성을 확보하기 위해 몸통 프레임의 두께를 두껍게 마감하였다.

3D 프린터의 최대 출력 크기를 고려하여 프레임을 전후 두 파트로 나뉘었으며, 단단한 결합을 위해 물결 모양의 계단 형식으로 몸통을 분할하였다. 벽면은 내구성을 확보하기 위해 몸통 프레임과 일체형으로 설계하였으며, 부품들을 고정하기 위한 틀을 실제 치수에 맞게 배치하였다. 로봇을 무게중심 배분에 이점을 갖도록 배터리를 무게중심 점으로부터 낮고 멀리 배치함으로써 롤링(Rolling)과 피칭(Pitching)을 하드웨어적 구조로 최소화하였다.

몸체의 높낮이 조절을 담당하는 모터는 로봇의 몸체 안에 있지만 바퀴를 굴리는 DC 모터는 로봇의 몸체 밖으로 나온 구조를 갖게 된다.



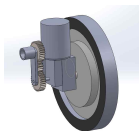
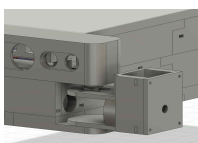
(그림 4) 후방 몸통 프레임 하단

로봇의 하단에는 ‘Jetson TX2’가 내뿜는 열의 원활한 배출을 위해 하단부를 뚫어서 열 배출을 최적화할 수 있는 구조로 설계하였다.

3.2 조향 프레임

본 논문에서 지향하는 소형 로봇은 실내뿐만 아니라 도심의 인도 및 도로와 같은 실외에서도 주행하게 되므로, 대체로 평탄하나 종종 비평탄한 지형을 만나게 되는 이동 환경이다.

조향부는 노면 상태에 따른 각 바퀴의 편심축 회전으로 4륜 독립조향 구동방식의 능동적인 제어를 실현하기 위한 설계를 진행하였다. 이와 같은 설계를 중점으로 (그림 5)와 같은 구조를 통해 크랩 워크(Crab walk), 제로 턴(Zero turn)과 같은 기존의 바퀴형 로봇의 주행 방식에서 더욱 다양한 동작 방식 [3]으로 유연한 주행을 가능하게 한다.



(그림 5) 조향 프레임 (그림 6) 편심축 구조

3.3 구동부

편심 매커니즘이란, 디스크(휠)의 중심을 벗어난 위치에 고정 바(fixed bar)가 달린 형태를 뜻한다. 논문의 로봇은 이 원리를 이용하여 높이가 10cm인 장애물 높이를 주파할 수 있는 설계 사양을 특징으로 갖는다. 따라서, 최저 지상고를 유동적으로 조절하면서 지면을 짚고 올라갈 수 있다는 것은 바퀴 구동형 로봇이 관절 보행형 로봇의 장점도 가져간다는 점에서 바퀴의 한계를 뛰어넘는 큰 유연성을 갖는다.

바퀴를 구동시키는 DC 모터가 몸체의 바깥쪽에 위치하기 때문에, 인-휠 모터(In-wheel motor)를 사용한다면 매우 효율적인 구조가 되지만, 고토크 고전력이라는 단점이 있어서 저전력 12V의 설계 사양에서 탑재하기에는 어려움이 따라 (그림 6)과 같이 너비의 폭을 줄일 수 있는 웜 기어 모터를 구동 모터로 선정하였다.

이와 같은 설계로 로봇이 얻는 주행 장점은 다음과 같다. 첫 번째로, 각 바퀴 구동부는 독립 조향하여 다양한 주행 방식이 가능하므로 기동성이 향상된다. 두 번째로, 큰 폭(본 사양에서는 8인치를 사용)의 바퀴를 사용하여 주행 안정성의 이점을 갖는다. 세 번째로, 바퀴가 무게중심에서 멀어 균형을 잡기 쉽다.

4. 결론 및 향후 연구

실내외의 다양한 환경에서도 자율적으로 주행하면서 임무 수행을 담당할 바퀴 구동형 소형 모빌리티의 비평탄 지형 주파 기구설계 방법을 제시하였다. 파트 분할 설계 방식의 소형 플랫폼에 편심축 구동 기능을 포함한 비평탄 지형 극복을 실제 구현하기 위한 설계를 진행할 방침이다.

참고문헌

- [1] 조정산, 서재홍, 한상철, 이성호. (2023). 다리-바퀴 로봇 기술 조사 및 분석: 국방로봇 관점에서. 국방로봇학회 논문집, 2(3), 18-23.
<https://www.dbpia.co.kr/pdf/pdfView.do?nodeId=NODE11467216>
- [2] 정용진. (2018). 장애물 회피 알고리즘을 이용한 반려견 케어 로봇디자인에 관한 연구. 한국콘텐츠학회논문지, 18(12), 140-149.
<https://www.dbpia.co.kr/pdf/pdfView.do?nodeId=NODE07588521>
- [3] Jianwei Zhao, Tao Han, Shouzhong Wang, Chengxiang Liu, Jianhua Fang, and Shengyi Liu. Design and Research of All-Terrain Wheel-Legged Robot. School of Mechanical Electronic & Information Engineering, China University of Mining and Technology-Beijing, Beijing 100089, China.
<https://www.mdpi.com/1424-8220/21/16/5367>