

장애물 극복을 위한 바퀴 로봇의 구동 제어 연구

선지호, 김민규, 정세진, 박명숙, 김상훈

*한경대학교 전기전자제어공학과

e-mail : hoyaseon@gmail.com

A Study on the Driving Control of Wheel Robots to Overcome Obstacles

Ji-Ho Seon*, Se-Jin Jung*, Min-kyu kim*, Myeong-Suk Pak*, Sang-Hoon Kim*

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

요 약

현재 로봇 배달 서비스의 실외 상용화를 위해 다양한 주행 환경에 대한 최적화 연구가 진행되고 있습니다. 본 논문에서는 비평탄 지형에 안정적인 주행이 가능하며, 효율적인 장애물 극복을 위한 로봇 구조를 제시합니다. 본 연구에서는 기존 다리-바퀴 방식을 통한 장애물 극복 로봇과 비교 연구를 진행하며 모터 구동 토크의 이론적인 계산 비교, 모의실험을 통한 검증으로 로봇 설계안의 성능을 평가합니다. 이 연구를 통해 고안한 로봇의 동작을 설명하며, 4륜 주행 로봇의 혁신적인 장애물 극복 설계 방법을 제안합니다.

키워드 : 편심 크랭크

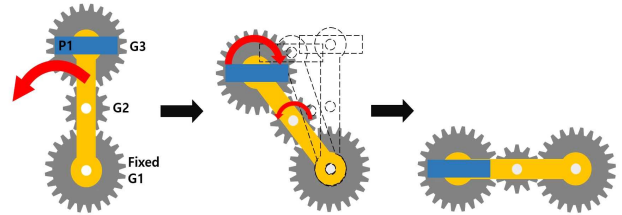
1. 서론

코로나19 이후, 서비스 로봇의 수요 급증에 이어 최근 로봇의 보도 통행을 허용하는 도로교통법의 개정안이 통과됨에 따라 실외 이동 로봇의 활용과 개발이 진행 중에 있습니다. 한국과학기술정보원[1]의 시장 분석 보고서에 따르면, 시장 규모도 매년 성장하고 있는 추세입니다. 현재 실외 서비스 로봇의 상용화를 위해 해결해야 할 문제로 주행 환경에 따른 유동적인 대처와 최적의 경로 탐색을 통한 배달 소요 시간의 감소가 있습니다. 바퀴를 통한 서비스 로봇은 기동성과 제어 측면에서 다리 로봇, 드론과 비교해 유리한 조건을 갖지만, 지형 조건 극복에 대해 구조적인 한계가 있습니다[2]. 이를 해결하기 위해 바퀴 변형로봇, 다리-바퀴로봇 등의 고안으로 연구가 진행되어 왔습니다.

저희는 바퀴 로봇으로써 새로운 장애물 극복 메커니즘을 제안하고, SolidWorks(2017) 시뮬레이션을 통한 다리-바퀴 로봇과의 비교 실험을 수행합니다. 이를 통해 바퀴 로봇에 적합한 메커니즘임을 확인하고 그 성능을 분석합니다.

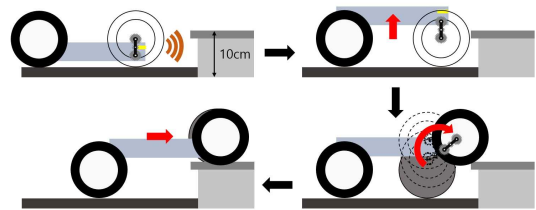
2. 편심 크랭크 동작 및 장애물 극복 원리

편심 축(eccentric shaft)과 유성 기어의 구조로부터 착안한 설계로써, 주로 장애물 극복의 수단으로 사용됩니다. 그림을 보면, 고정된 기어 G_1 과 크랭크



(그림 1) 크랭크 동작 메커니즘

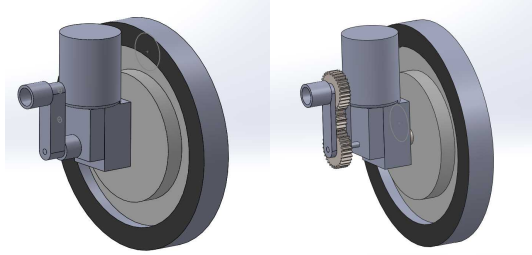
막대에 연결된 기어 G_2 가 있습니다. 모터를 통해 크랭크 막대를 회전시키고 기어 G_2 가 G_1 에, G_1 이 G_3 에 맞물리며 G_3 에 회전에 맞춰 플랫폼 P_1 이 G_1 축을 중심으로 공전합니다. P_1 에 연결된 모터를 통해 막대가 360° 회전하며 바퀴를 움직일 수 있게 합니다.



(그림 2) 장애물 극복 원리

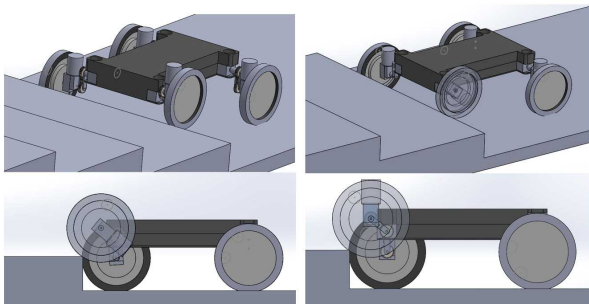
장애물을 넘는 과정으로 장애물을 센서나 카메라로 인지하고 오른 바퀴를 들어 걸친 후, 왼바퀴를 시계 반대 방향으로 돌리며 양 앞바퀴를 장애물에 걸칠 수 있게 합니다. 이후 양 뒷바퀴를 같은 순서로 돌려 장애물을 등반할 수 있게 됩니다.[3]

3. 편심 크랭크, 다리-바퀴 구조 비교



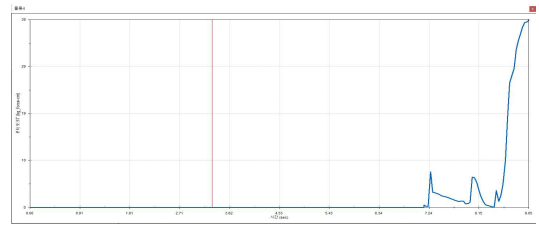
(그림 3) 다리-바퀴 구조 (좌), 편심 크랭크 구조 (우)
 (그림 3)의 다리-바퀴 로봇에 보편적으로 쓰이는 막대 부품과 편심 크랭크 막대의 비교입니다. 무게는 736g, 761g이고 막대길이는 8.75cm, 바퀴 지름은 20cm입니다. 기어를 통한 동작으로 진동, 소음을 최소화해 몸체의 안정적 동작이 가능합니다. 기어비는 2:1:2의 3개의 평기어로 구성되며 다리 구조에 비해 동작 속도는 느리지만, 필요 토크량을 낮췄습니다. 설계시 기어의 톱니 수를 조절해 동작의 세밀한 조정도 가능합니다. 최외각 기어가 모터를 고정해야 하다보니 물림율이 우수한 헬리컬 기어를 통한 설계도 고려 중에 있습니다.[4]

4. 모의 실험 및 분석

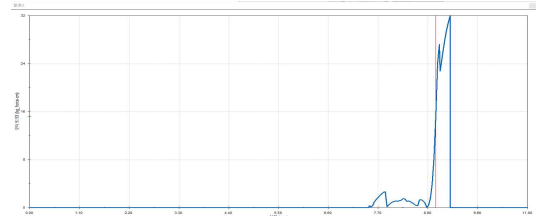


(그림 4) 다리-바퀴 로봇(좌), 편심 크랭크 로봇(우)
 계단을 오르는 동작의 시뮬레이션

편심 크랭크 부품을 사용한 로봇을 모델링한 후 SolidWorks(2017)에서 제공하는 motion simulation을 통해 모터의 움직임을 설정하고 토크 값을 구합니다. 각 로봇은 25 RPM의 속도로 주행 후 10cm 높이의 계단을 만나 30×44×8 [cm] 몸체를 계단에 올리는 상황을 가정해, (그림 2)의 메커니즘으로 계단을 오릅니다. 다리-바퀴 구조상 모터가 크랭크 막대의 회전 축을 중심으로 공전하는 것이 불가능하기 때문에 크랭크 옆면에 모터를 부착한 형태로 모의 실험을 진행했고, 중력, 마찰계수 등을 동일하게 설정한 후 결과를 다음과 같이 구했습니다.



(그림 5) 다리-바퀴 구조 시뮬레이션 토크값



(그림6) 편심 크랭크 구조 시뮬레이션 토크값

7초까지 주행하여 계단에 접촉한 후, 모터를 시계 반대 방향으로 회전해 계단 면에 접촉 후 몸체를 드는 동작까지의 필요 토크를 그래프로 나타내었습니다. 몸체를 들어 올리는데 토크가 (그림 5)에서 최대 38 [kgf.cm], (그림 6)에서 최대 32 [kgf.cm] 측정된 것을 확인했습니다. 모의 실험을 통해 편심 크랭크를 적용해봄으로써 필요 토크량이 15% 감소했음을 알 수 있습니다.

5. 결론 및 향후 연구

모의 실험의 비교로 제시한 구조의 기계적 이점에 대해 확인할 수 있습니다. 모터 토크의 요구량도 상대적으로 적고, 선꼬임이 완화되어 다리-바퀴 구조에 비해 유연한 동작이 가능합니다. 또한 시중의 인휠 모터를 사용하지 않으므로 비용도 약 1/4로 절감되며 저전력 모터로도 모델링한 사이즈의 로봇은 구현이 가능합니다. 토크의 경우 작은 기어에서 큰 기어로 동력을 전달하는 구조이다 보니 작은 입력 토크로 큰 출력 토크를 낼 수 있는 대신, 속도가 줄어듭니다. 다리-구조에 비해 계단을 오르는 시간이 늘어나므로, 향후 이 부분을 보완할 방안을 모색하고, 실제 제작 후 지면 마찰, 기계 부품 간의 마찰 요소를 고려해서 성능 평가를 진행해 다리 구조와 명확히 구분되는 이점을 증명하고자 합니다.

참고문헌

[1] 한국과학기술정보원, ASTI Market insight 032, 3p, 2022.07.12.
 [2] J. S. Ling Leong, K. T. Kin Teo and H. P. Yoong, "Four Wheeled Mobile Robots: A Review," 2022 IEEE International Conference on Artificial Intelligence in Engineering and Technology (IICAET), Kota Kinabalu, Malaysia, 2022, pp. 1-6
 [3] 정순규, 원문철. (2022). 휠-다리 로봇의 장애물극복 모션 계획 및 제어 방법. 로봇학회 논문지, 17(4), 500-507.
 [4] 박찬일, 조도현. (2012). 스퍼기어와 헬리컬기어의 동적 특성 비교. 한국소음진동공학회논문집, 22(4), 358-364.