

오프로드형 자율주행 로봇 구동 메커니즘에 관한 연구

정혜원*, 김상훈*

*한경대학교 전기전자제어공학과

e-mail: kimsh@hknu.ac.kr

A Study on the off-road self-driving robot drive mechanism

Hye-Won Jeong*, Sang-Hoon Kim*

*Dept of Electrical, Electronic and Control, Hankyong National University

요 약

본 논문은 주행 로봇의 h/w에 관련된 연구로서, 기존의 험난한 지형을 극복하기 위해 1-자유도 반의 4-bar linkage 구조인 deformation wheel로 로봇 자체 지능을 통해 바퀴 변형을 수행한다. 바퀴 변형을 통해 평지뿐만 아니라 비평지 지형도 극복하는 로봇을 제시한다. 또한, 로봇 몸체 중간에 관절로 다이내믹셀을 삽입해 deformation wheel로 극복하지 못하는 장애물을 관절이 로봇 body를 들어 올려줘서 장애물의 크기에 대한 관절의 각도 조절 방법에 대해 제시한다.

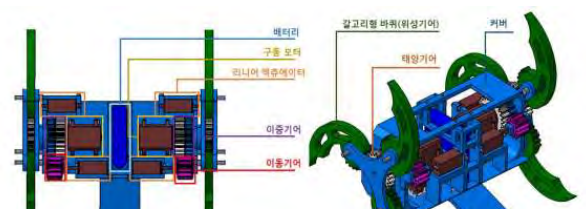
1. 서론

21세기에 접어들며 로봇의 종류와 성능은 다방면으로 두각을 드러냈다. 로봇 부문별 사업 중 로봇 부품 및 부분품이 45.7%를 차지하고 제조업용 로봇, 전문 서비스용 로봇, 개인 서비스용 로봇으로 순차적으로 32.5%, 14.8%, 7.4%를 차지한다.[4] 이렇게 활성화된 로봇 시장에서 재난 현장에서의 실종자 탐색 및 수색을 하는 로봇은 드물다. 탐사 로봇 가운데, 바퀴변형 로봇도 많이 나온 추세이다. 2-자유도 기반의 적응형 변형 바퀴 로봇[5].과 기어와 스포크를 사용한 변형 바퀴 로봇[6] 등이 존재한다. 재난 로봇이 구조 현장에서 필요한 이유는 인간이 들어가기 어렵거나 위험한 사고 현장에 사람 대신 로봇을 투입하기 위함으로 작은 로봇의 활약이 클 것으로 예상된다.[8] 본 논문은 평지와 비평지 지형을 모두 극복하는 ‘바퀴변형 기반의 오프로드형 로봇’의 H/W를 목표로 두었다. 로봇 몸체 중간 부분에 Joint를 추가해 장애물 크기에 맞는 몸체 각도 조절을 통해 극복할 수 있는 장애물 높이의 범위를 넓히는 모습을 볼 수 있다.

2. 관련 연구

(1) 장애물 극복을 위한 바퀴변형 이동로봇의 개발

기본적으로 바퀴 형태의 변형을 통해 장애물을 극복하는 로봇으로 다양한 환경에서 이동이 가능한 로봇이다. 바퀴변형에 필요한 주요 부품은 이동 기어, 이중기어, 리니어 액추에이터, 구동 모터 등이 있다.[1] 이 로봇은 전반적으로 많은 기어를 사용해 바퀴변형을 수행한다.



(그림 1. 장애물 극복을 위한 바퀴변형 이동로봇 외형)

(2) 서울대학교 스누맥스

스누맥스는 소프트 로봇으로 아르마딜로의 몸체 변형을 모방하여 바퀴가 접혔다 펴지는 종이 접기식 바퀴를 고안했다. 이 로봇은 전반적으로 바퀴의 크기를 변형해 바퀴 변형을 수행한다. 이 로봇 역시 모래밭 건너기, 계단 오르기 등을 수행할 수 있다.[2]



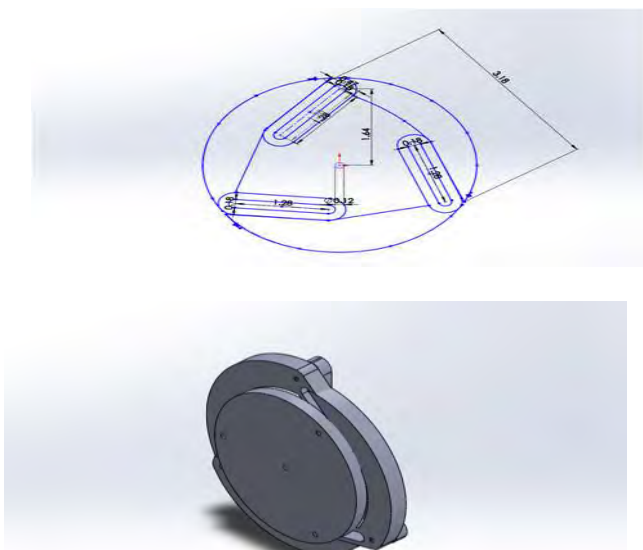
(그림 2. 스누맥스 외형)

위와 같은 로봇은 지형 중심의 바퀴변형 메커니즘을 갖는다. 본 논문은 지형뿐만 아니라 로봇의 몸체 중심에 부착된 관절을 통해 기존의 바퀴로 수행할 수 없는 장애물의 극복을 향상하는 연구를 제시한다.

3. 본론

3.1 구동 메커니즘

붕괴지역이나 사람이 투입되기 위험한 상황에서 로봇의 활용이 중요하다. 이런 험난한 지형에서 로봇이 무리 없이 이동하기 위해서는 로봇의 주행부가 중요하다. 따라서 로봇의 바퀴와 다리를 모두 사용할 수 있는 바퀴변형 기반의 로봇을 선정했다. 평지에서는 원형 wheel로 주행을 수행하고 비평지 주행에서는 3축 다리로 변형해 주행을 수행하는 방식을 생각했다. 그리하여 1-자유도 기반의 4-bar linkage 구조로 원형 wheel과 3축 다리가 모두 공존하는 가변형 wheel의 설계를 진행했다. 한 개의 wheel에는 wheel_circle, base, leg가 존재한다. circle 또는 base의 회전 시, 3축 leg가 펼쳐지는 메커니즘이다. wheel의 설계 툴은 Solidwork 2017을 사용했다.



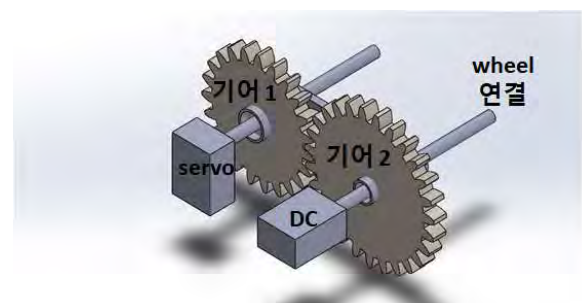
(그림 3. Solidworks simulation)

circle은 9.5cm, base는 10.5cm, leg는 10cm로 설계했다. wheel의 전체 반경의 크기는 12.5cm이고 leg식 wheel로 변형했을 때의 전체 크기는 21.5cm이다. 이때, 이 크기의 wheel이 극복 가능한 장애물의 높이는 전체 wheel 반지름에 2.6배를 곱한 값이 된다. 따라서 $6.5 \times 2.6 = 16.25\text{cm}$ 로 최대 극복 가능한 장애물의 높이는 16.25cm가 나왔고 이 높이는 평균 실내 계단의 높이를 극복할 수 있다. 이렇게 설계한 wheel을 3D Printer로 출력했고 필라멘트는 PLA를 사용했다.



(그림 4. Wheel 3D Printer 출력)

본 논문에서 제시한 wheel은 변형바퀴로 원형 wheel과 leg식 wheel이 자유자재로 변형되어야 한다. 변형을 위한 메커니즘으로 기어 방식을 선택했다. 기어는 이중기어 기반의 타이밍 풀리를 사용했다. 그리고 구동을 위한 액추에이터로 서보모터와 DC 모터를 사용하며 각 기어에 거쳐서 모터의 동력을 전달해줄 구동축을 사용했다.



(그림 5. 이중기어 방식 메커니즘)

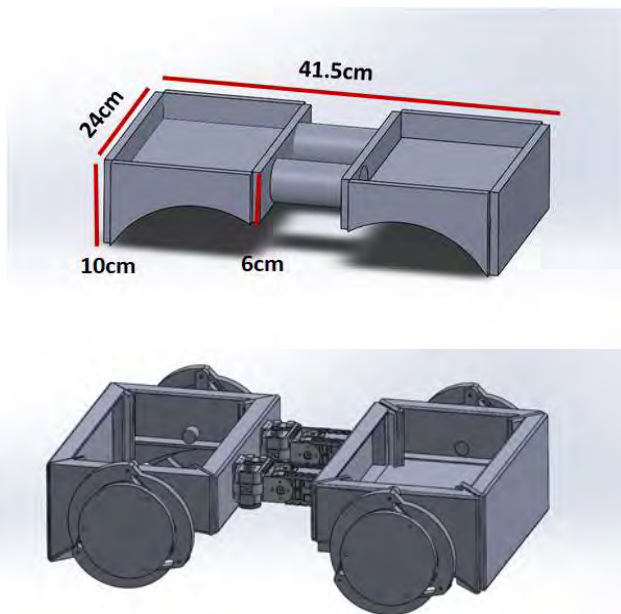
DC모터의 동력전달 방법은 DC모터를 시작으로 축을 통해 wheel이 구동된다. 서보모터의 동력전달 방법은 서

보모터를 시작으로 기어1, 기어2를 거쳐 축을 통해 wheel이 변형된다.



3.2 Body 구조 설계

협소한 공간에서 로봇 body는 주행부 만큼 중요하다. 사람이 들어갈 수 없는 공간을 오로지 로봇이 수행하기 때문에 로봇 크기가 작으면 작을수록 수월하다. 로봇 body는 전체 45cm 이하로 설계를 진행했다. 그리고 극복 가능한 장애물의 높이를 극대화하기 위해 body 중간에 관절을 추가했다. 모양은 전체 직육면체 모양의 중간 홈이 파여있는 형상으로 설계를 진행했다.



(그림 7. body design)

각 body 사이에 존재하는 관절은 Dynamicxel AX 시리즈를 사용했다. 관절 1개당 Dynamicxel을 총 두 개를 사용했다.



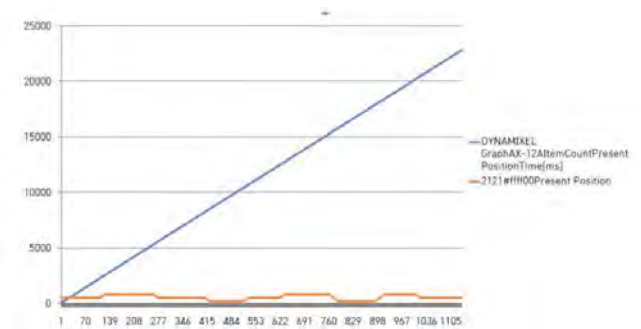
(그림 8. 로봇 관절을 위한 Dynamicxel 조립)

4. 실험 및 검토

Dynamicxel을 구동하기 위해 ROBOTIS에서 보급하는 software인 Dynamicxel Wizard 2.0과 RoboPlus[7]를 사용했다. 관절이 로봇 앞부분을 들어 올리기 위한 최대 각도는 90도로 설정했고 로봇이 전복되었을 때를 고려해 -90도도 포함했다.



(그림 9. Dynamicxel 각도 조절마다 데이터 형성)



(그림 10. Dynamicxel 각도 조절마다 excel 데이터 형성)

5. 결론 및 향후계획

기존 탐사 및 재난 로봇은 다양한 H/W 프레임이 존재한다. 다른 탐사 로봇과 차별화된 점은 원형 wheel에서 3축 다리 wheel로 변형하는 deformation wheel이라는 점이다. 그리고 로봇의 몸체에 존재하는 관절을 통해 극복할 수 있는 장애물 높이의 범위를 넓힐 수 있다는 점이다.

협소하고 험난한 지형을 수행하는 로봇의 메커니즘을 설계하며 보완해야 할 점들이 있다. 우선 wheel의 변형에 있어 기어 방식에서 힘을 전달하는 구동축의 내구력이 약해 회전에 필요한 힘을 견디지 못하는 상황이 발생할 수 있다. 그래서 바퀴변형 방식을 기어 방식이 아닌 다른 방식을 더 고려해볼 계획이다. 그리고 body를 출력할 때, body의 밑면을 내구력이 강한 소재를 이용해 제작할 계획이다. 그래서 밑면은 아크릴이나 카본을 사용할 예정이고 body의 옆면들은 PLA 필라멘트를 이용해 3D Printer로 출력할 계획이다. 그리고 body 관절 부품으로 사용할 Dynamicxel에 IMU센서가 내장된 시리즈를 사용해 장애물의 높이에 맞게 알맞은 각도를 보상해주는 실습도 진행할 예정이다.

참고문헌

- [1] M. Kim, S. Heo, J. Ahn, B. Chu, Transformable Wheeled Mobile Robot for Overcoming Obstacles, 한국기계항공학회 234-234, 2018.4
- [2] <http://www.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=7559>
- [3] Yoo Seok Kim, Haan Kim, Gwang Pil Jung, Seong Han Kim, Kyu-Jin Cho, Chong Nam Chu, A New Wheel Design for Miniaturized Terrain Adaptive Robot, 한국정밀공학회지, 30(1), 32-38, 2013.1
- [4] 산업통상자원부 '2017년 로봇산업 실태 조사 결과 보고서'
- [5] Ki joong Kim, Optimal trajectory planning for 2-DOF adaptive transformable wheel robot based on kinematics, 서울대학교 대학원 기계항공공학부 학위논문, 1-28
- [6] M. N. Kwag, H. S. Yang, Study on a stair climbing robot with hybrid wheel, 한국정밀공학회 373-374, 2010.5
- [7] <http://emanual.robotis.com/docs/kr/>
- [8] <http://www.hani.co.kr/arti/science/technology/824488.html>