

메카넘 휠을 이용한 관외주행용 로봇 설계 Design of pole climbing robot with mecanum wheel

*이병수¹, #양현석¹

*B. S. Lee¹, #H. S. Yang(hsyang@yonsei.ac.kr)¹

¹ 연세대학교 기계공학과

Key words : pole climbing robot, external-pipe robot, mecanum wheel

1. 서론

이미 많은 종류의 in-pipe 로봇이 개발되어 있지만, 그에 비해 external-pipe 로봇이나 pole climbing 로봇은 개발이 많이 더딘 편이다. 파이프 안에 내용물이 차있거나, 파이프 양단이 막혀있는 경우에 in-pipe 로봇을 활용할 수 없지만 external-pipe 로봇과 pole climbing 로봇은 파이프를 손상시키지 않고 추가적인 작업 없이 파이프를 검사하거나, 기둥형상의 전봇대, 가로등 등을 검사하는 데에도 활용이 가능하다. 또한 원자력 발전소의 파이프나 현수교의 케이블처럼 사람이 직접 검사하기엔 위험한 작업을 대신할 수도 있다. 현재까지 연구된 관외주행용 로봇들은 주행방식에 따라 wheel type, inchworm type, snake type 으로 구분할 수 있는데 가장 연구가 활발하게 진행되고 있는 snake type 은 관의 외부뿐만 아니라 내부와 평지에서 주행이 가능하다는 장점이 있지만 주행의 효율성이 떨어지고 속도가 느리며 많은 actuator 가 필요하다는 단점을 가지고 있으며 inchworm type 역시 주행속도가 느리고 구부러진 형상을 주행하는데 어려움이 있다. Wheel type 로봇들은 주행효율이 좋으며 주행속도가 빠르다는 장점을 가지고 있으나 현재까지 개발된 wheel type 로봇들은 일정한 크기의 기둥에서만 주행이 가능하거나 장애물 등에 취약하고 기둥 위에서 회전운동이 불가능하다는 단점을 가지고 있다. 2006년에 그리스에서 연구된 External-pipe crawling omni-directional mobile robots 을 살펴보면, 수직으로 배열된 omni-wheel 을 사용하여 wheel type 과 omni-wheel 의 특성을 모두 겸비하였지만 일정한 크기의 기둥에서만 주행이 가능하고 평지주행은 불가능하며 수직주행이 어렵다는 단점이 있다. 본 논문에서는 메카넘 휠을 적용함으로써 바퀴의 장점인 주행속도와 메카넘 휠의 장점인 다방향성(omni-direction)이 추가되어 좀 더 효율적인 주행이 가능하다는 것을 실험을 통하여 증명하였다. 또한, 평지 주행이 가능하며 평지 주행시에도 메카넘 휠을 이용하여 모든 방향으로 주행이 가능하다는 것 역시 시뮬레이션 및 실험을 통하여 증명하였다.

2. 파이프 홀딩 메커니즘 설계

로봇이 관 외부에서 주행을 하기 위해서는 무엇보다 관 외부에 잘 고정되어야 하기 때문에 홀딩 메커니즘은 매우 중요하다고 할 수 있다. Pole 을 감싸는 형식의 메커니즘이 pole climbing 로봇에 가장 많이 사용되며, 가장 안정적으로 로봇을 pole 에 고정시켜준다. Fig.1 에서 보는 바와 같이 1번과 2번 포인트가 pole 에 고정되는 힘이 클수록 작용 반작용에 의하여 3번 포인트에도 그에 비례되는 힘이 생성되어 로봇이 단단히 고정된다. 같은 힘이라도, 1,2번 포인트의 사이 각이 작아지면 두 힘의 합력이 커지기 때문에 더 단단히 고정되며, 사이 각이 커지면 합력이 작아지게 된다.

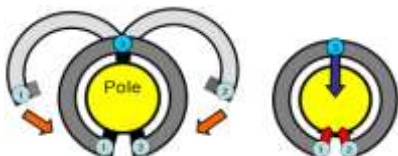


Fig. 1 Concept design of holding mechanism



Fig. 2 Prototype for verifying holding mechanism

Pole 을 감싸는 형태의 메커니즘의 능력과 장, 단점을 알아보기 위해 Fig.2 와 같이 prototype 을 설계하여 제작하였다. Prototype 은 2 개의 트랙으로 주행을 하며 가운데 부분은 passive roller 를 이용하여 지지하도록 설계하였다.

3 점 지지방식의 감싸는 형태인 홀딩 메커니즘은 세 점의 위치에 따라 pole 을 잡는 힘이 달라지게 된다. Pole 을 잡는 힘은 양 트랙쪽에 있는 1, 2 번 모터로부터 얻어지는 토크에 비례하게 되는 힘이고, 로봇의 구조상 3 번에 작용하는 힘은 1 번과 2 번의 합력에 의하여 발생하게 되는 힘이다. 이를 통해 양 트랙사이의 θ 값이 작아질수록 잡는 힘이 커지는 것을 알 수 있다. 하지만 θ 가 작아질수록 로봇이 pole 을 감싸는 면적이 커지기 때문에 장애물 등을 극복하기 힘들다는 단점이 있다. 대부분의 파이프나 기둥의 연결 부위나 고정되는 곳에는 장애물이 있다는 것을 고려하면, 이것은 매우 중요한 문제이다. 또한 메카넘 휠을 이용하여 회전운동을 할 때에 로봇의 세 지지점이 적절히 떨어져 있어야 효율적으로 회전 할 수 있다. 이에 따라 위의 검증된 홀딩 메커니즘을 기본으로 약간의 변형을 주어 최종적인 홀딩 메커니즘을 설계하였다.

3. 메카넘 휠 설계

메카넘 휠을 설계하는데 있어서 가장 중요한 고려요소 중 하나는 롤러의 형상이고, 그 형상이 주행의 효율성을 결정한다. 이 로봇에 쓰인 메카넘 휠의 롤러는 각 휠 마다 8 개씩 부착되어 있으며 그 부착각도는 45 도이다. 설계 목표로 정한 휠의 반경이나 두께, 롤러의 반경, 길이 등을 공식에 넣어서 정확한 설계치를 구하였다.(Fig.3 참조)

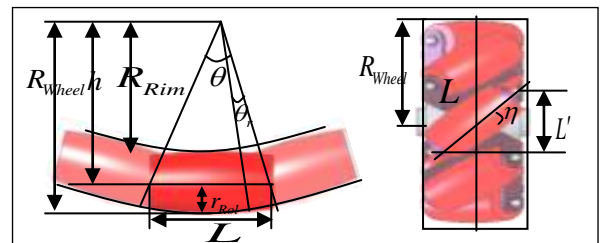


Fig. 3 Design variables of mecanum wheel

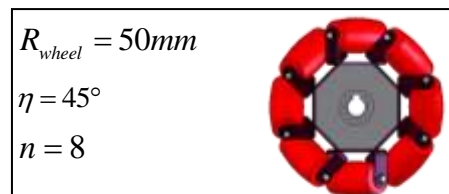


Fig. 4 Design target of mecanum wheel

4. 시뮬레이션 및 실험

위에서 결정한 홀딩 메커니즘과 메카넘 휠의 설계를 바탕으로 최종 로봇을 설계하여 실제 제작 및 실험에 앞서 시뮬레이션을 통해 주행능력을 확인하였다. 메카넘 휠을 사용한 이 로봇은 평지 주행시에는 4 개, 기둥 주행시에는 6 개의 메카넘 휠의 벡터 조합을 통해 Fig.5 ~ 6 과 같이 전/후진은 물론 선회를 포함한 전 방향 주행이 가능하다.

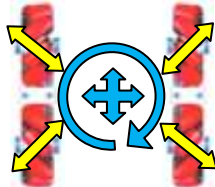


Fig. 5 Motions on the ground by basic direction vectors of mecanum wheels



Fig. 6 Motions on the pole with mecanum wheels

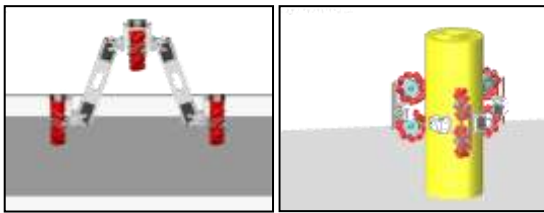


Fig. 7 Simulation of motions on the ground & pole (by ADAMS)

시뮬레이션 결과 기대했던 주행능력을 검증한 후에 실제 로봇을 제작하였으며(Fig.7 참조), 제작 후 실험을 통해서 기본적으로 평지에서 전 방향 및 사선방향으로의 직진 성능과 제자리에서 선회를 할 수 있는 능력을 확인하였고, 기둥 주행시에 전/후진과 기둥을 중심으로 선회하는 능력, 그리고 스크류 방향으로 주행 할 수 있는 능력 또한 확인 할 수 있었다. 또한 기둥 주행시에 가지와 같이 기둥으로부터 돌출되어 있는 장애물을 회피할 수 있는지를 확인한 결과 문제없이 통과하는 것을 확인하였다.(Fig.8 ~ 10 참조)

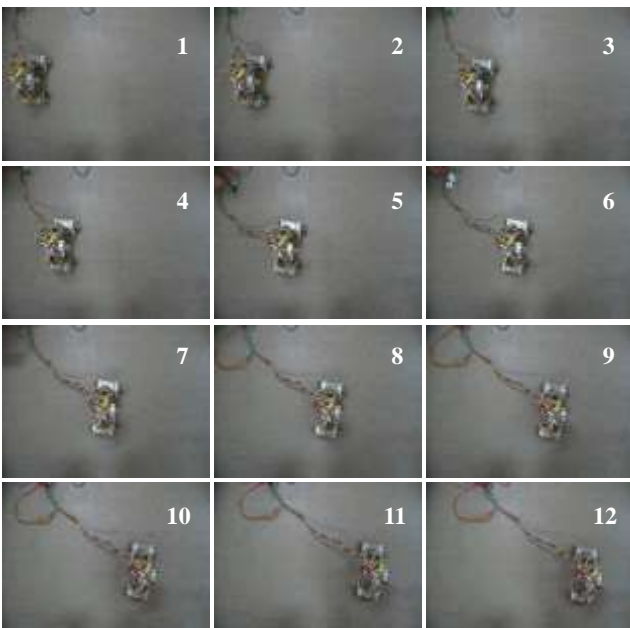


Fig. 8 Moving on the ground

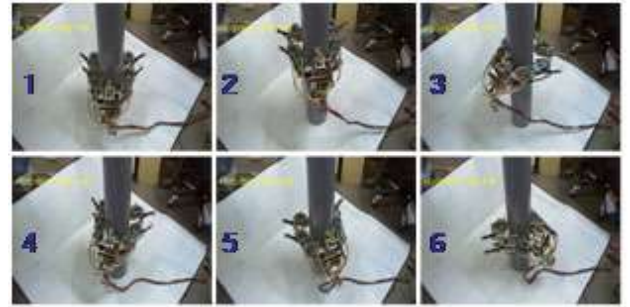


Fig. 9 Moving on the pole

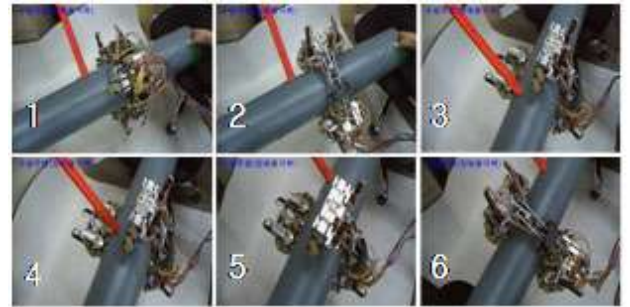


Fig. 10 Avoidance obstacle on the pole

4. 결론

본 연구에서는 메카넘 휠을 사용하여 바퀴의 장점인 빠른 속도와 메카넘 휠의 특성을 살려 기둥에서 전/후진과 회전을 자유롭게 구사하며 주행 할 수 있다는 차이점을 가진 로봇을 설계하였다. 6 개의 메카넘 휠을 독립적으로 구동할 수 있으며, 평지주행 시에도 메카넘 휠의 특성을 모두 발휘할 수 있도록 설계되었다. 또한 기둥주행 시에도 회전을 통한 장애물의 회피가 가능함을 증명하였다.

후기

본 연구는 정부(지식경제부)의 재원으로 “산업기술개발사업 (1031484)”의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. Jefri Efendi Mohd Salih, Mohamed Rizon, Sazali Taacob, Abdul Hamid Adom, Mohd Rozailan Mamat (2006) “Designing Omni-Directional Mobile Robot with mecanum Wheel”. American Journal of Applied Scinces 3 (5) : 1831-1835, 2006.
2. Ioan Doroftei, Victor Grosu, Veaceslav Spinu (2007) “Omnidirectional Mobile Robot – Design and implementation”. Bioinspiration And robotics walking and climbing robot, pp.544, 2007.
3. Ali Baghani, Majid Nili Ahmadabadi, Ahad Harati (2005) “Kinematics Modeling of a Wheel-Based Pole Climbing Robot (UT-PER)”. 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation, April 2005.
4. P. Chatzakos, Y.P. Makopoulos, K. Hrissagis, A. Khalid (2006) “On the development of a modular external-pipe crawling Omni-directional mobile robot”. 2006 Industrial Robot Volume 33, Number 4, pp.291-297