

# 관외주행 로봇의 주행면 접지력 보안을 위한 메커니즘 연구

## Study on holding mechanism of external-pipe robot

\*전웅선<sup>1</sup>, #양현석<sup>1</sup>

\*W. S. Jeon<sup>1</sup>, #H. S. Yang(hsyang@yonseil.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 연세대학교 기계공학과

Key words : external-pipe robot, holding mechanism, suspension

### 1. 서론

지금까지 연구된 관외주행용 로봇들은 관 외벽을 뺨과 같이 전체 몸으로 감거나 관을 감싸서 끼안는 방식으로 잡고 지탱하는 것이 일반적이다. 그리고 이러한 관외주행용 로봇이 지금까지 연구된 사례를 살펴보면 매끈한 표면에서 주행하는 조건으로 연구된 것이 대부분이며, 제한적이지만 장애물을 회피 가능하도록 연구된 사례가 일부 있었다. 그런데 관외주행용 로봇을 적용할 수 있는 분야가 파이프처럼 매끈한 표면뿐만 아니라 기둥 형상의 전봇대나 가로등, 혹은 현수교에 사용되는 굵은 케이블이나 거칠거칠한 나무와 같이 매끈한 표면이 아닌 불규칙하고 장애물이 다수 존재할 수 있는 환경도 포함된다고 한다면 그러한 조건에서도 관 외벽을 잡고 지속적으로 자세를 지탱할 수 있는 새로운 구조가 요구된다고 할 수 있다. 다시 말하자면 나무등과 같이 표면이 매끄럽지 않은 곳을 주행할 시에는 주행면과 휠이 완벽하게 밀착되지 못하므로 로봇이 주행 시 심한 덜컹거림이 발생하거나 아예 주행이 불가능해지는 등 파이프 주행에 문제가 생긴다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 로봇의 좌우 휠 모듈에 서스펜션 구조를 이용하여 불규칙한 표면에서 발생할 수 있는 덜컹거림을 상쇄시키고 접지력을 유지 하는 메커니즘을 설계하고자 하였으며, 기어구조를 이용하여 하나의 모터만을 사용하여 좌우의 팔을 한번에 제어할 수 있게 하여 적은 모터로 파이프 주행 시 접지력을 유지 할 수 있는 메커니즘을 제시하였다.

본 논문에서는 로봇이 주행할 관의 직경을 180mm 로 설정하고 그 관을 기준으로 가장 효율적인 주행이 가능하도록 설계하였으며 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

### 2. 관외주행 로봇 메커니즘 설계 목표

본 논문에서는 관 외벽을 감싸서 끼안는 방식의 메커니즘을 기본으로 하면서 위에서 언급하였듯이 불규칙한 주행면을 자유롭게 주행할 수 있도록 새로운 메커니즘을 제시하고자 두 가지 목표를 세웠다.

첫 번째 목표는 센서를 쓰지 않고도 로봇이 관을 잡고 있는 자세가 계속 유지될 수 있는 수직항력을 가질 수 있도록 하는 것이다. 로봇이 관 외벽을 잡고 있는 상태에서 수직항력이 유지되려면 우선 관 경이 일정하고 매끈한 표면에서는 일정한 힘만 주어진다면 되기 때문에 모터의 제어가 단순하지만, 표면이 불규칙하여 로봇이 주행하면서 덜컹거릴 경우에는 계속해서 수직항력이 틀러지기 때문에 이를 감지해서 모터를 제어하여야만 일정한 주행이 가능할 것이다. 따라서 센서를 쓰지 않고도 단순한 제어로 불규칙한 주행 면에서도 일정한 주행을 할 수 있는 메커니즘을 고려해 보았다.

두 번째 목표는 간단한 제어로 구성할 수 있는 메커니즘을 제시하는 것이다. 관 외벽을 잡는 팔을 움직이기 위한 모터의 수를 줄임으로써 최소한의 제어만으로 움직일 수 있도록 메커니즘을 구성하고자 하였다.

### 3. 접지력 보안을 위한 메커니즘 및 설계

기본적으로 세 개의 휠 모듈을 사용하여 관 형상의 주행면에 접지하게 된다. 세 개의 휠 모듈은 Fig. 1 과 같이 두 개의 팔에 의해 각각의 휠 모듈에 연결되고 두 개의 팔이 가운데 휠 모듈의 기어로 연결되어 있다. 그래서 기어는 하나의 모터로 제어한다.

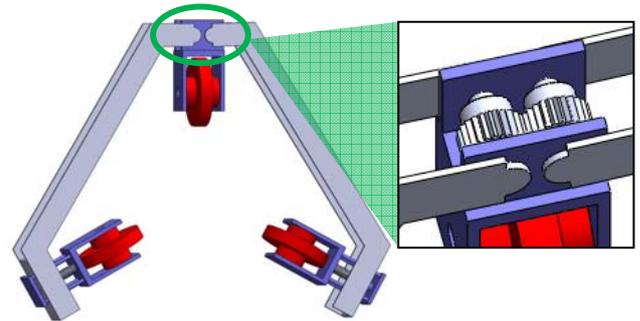


Fig. 1 Gear structure of center wheel module

두 개의 팔이 기어를 이용하여 움직이기 때문에 동일한 토크가 좌우 팔에 전달될 수 있다. 기어를 이용하여 두 팔을 하나의 모터를 이용한 제어가 가능해지고 두 개의 모터를 이용하는 것에 비해 제어가 상대적으로 용이하다. 특히 로봇이 적용될 타겟이 좌우 동일한 형상을 갖는 파이프나 전봇대와 같은 관 형상 이므로 이런 형상에는 기어를 이용하여 양 팔을 같이 제어하는 것이 훨씬 효율적이라 할 수 있다.

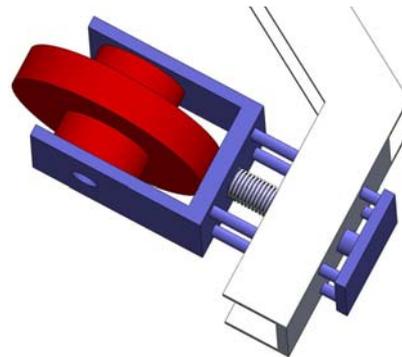


Fig. 2 Design of suspension structure

접지력을 위한 또 하나의 구조는 스프링을 이용한 서스펜션 구조이다. 휠과 관 외벽 접촉 시 관 외벽의 접선 방향(tangential direction)으로의 유격을 방지하기 위해 휠 모듈과 팔의 연결에 있어 Fig. 2 와 같이 실린더 형태의 막대를 직사각형의 각 꼭지점과 가운데에 위치하도록 5 개의 translational joint 를 설계하였다. 가운데 joint 에 스프링을 연결하여 휠 모듈과 팔 사이에 서스펜션(suspension) 구조를 설계하였다. 이 구조를 통해 적당한 토크만 가해주게 되면 정밀한 수직항력 제어 없이도 관과 휠 사이에 주행에 있어 충분한 접지력이 유지되게 된다. 또한 불규칙한 표면의 관 주행에 있어서도 덜컹거림이 최소화하고 접지력을 유지할 수 있다.

### 3. 시뮬레이션 및 결과

직경 180mm 관에 높이 5mm, 폭 10mm 의 반원 형상의 장애물을 3 군데 위치시켜 시뮬레이션을 실행하였다..

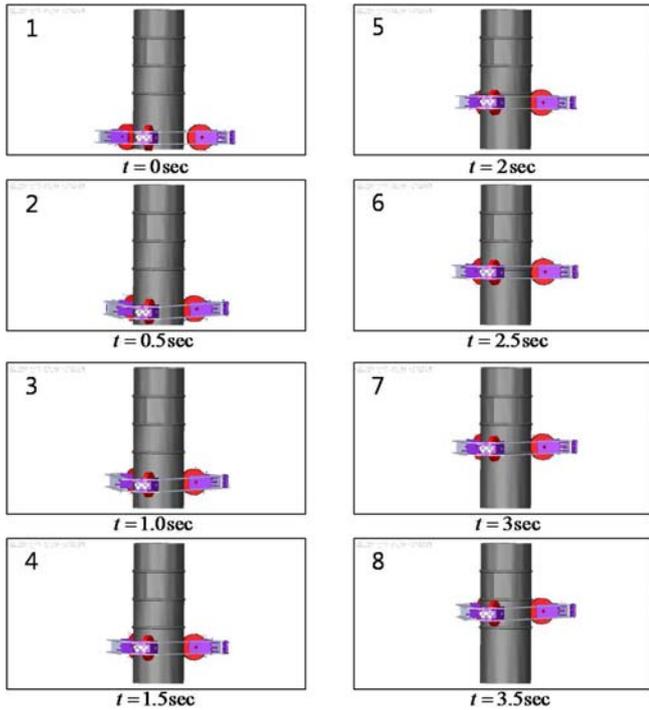


Fig. 3 Climbing motion on the pipe

Fig. 3 에서 1~4 번 경우는 로봇이 팔을 이용하여 관을 감싸고 장애물이 없는 평탄한 면을 주행하는 모습이며 5~8 번은 첫 번째 장애물을 주행하는 모습이다. 이와 같은 시뮬레이션을 통해 아래의 데이터를 얻었다.

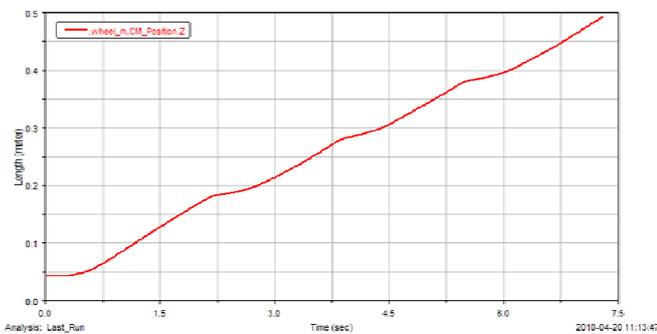


Fig. 4 Motion of main wheel along pipe

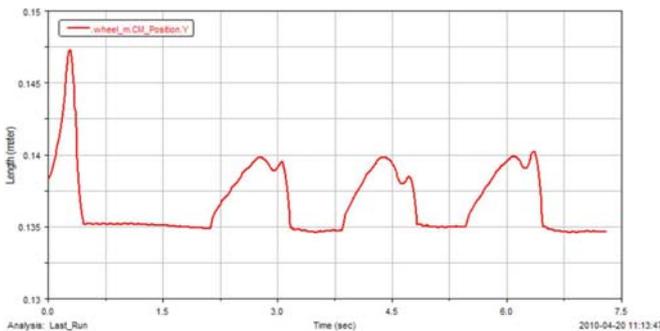


Fig. 5 Motion of main wheel along vertical axis on pipe

Fig. 4 는 로봇의 가운데 휠의 관과 평행한 방향에 대한 거리 변화를 시간에 대해 나타낸 그래프이며 Fig. 5 는 동일 휠의 관에 수직인 방향에 대한 거리 변화를 Fig. 4 와 같은 시간에 대해 나타낸 그래프이다.

Fig. 5 에서 초기 시간에 나타나는 큰 거리 변화는 로봇이 관을 감싸는 동안의 움직임이다. 로봇이 관을 감싼 후

주행을 보면 평탄한 면에 대해 초기 휠이 갖는 일정한 높이를 유지하는 것을 볼 수 있으며 장애물을 만났을 시 장애물의 높이와 폭에 거의 일치하는 거리 변화 양상을 보여준다. 이는 곧 로봇이 주행에 필요한 접지력을 유지하고 덜컹거림 없이 관 형상에 따라 주행함을 보여준다.

### 4. 결론

본 논문에서는 센서를 사용하지 않으면서 단순한 제어로 불규칙한 관 외벽을 안정적이며 자유롭게 주행할 수 있는 메커니즘을 제시하였다. 기어와 서스펜션 구조를 통해 단순한 수직항력 제어만으로 불규칙한 관 외벽 주행을 가능하게 하였다. 또한 모터 속도 줄일 수 있어 좀더 간단하게 로봇을 제어 할 수 있게 설계하였다. 본 연구에서 단순히 3 개의 휠 모듈만을 이용하여 관의 주행을 실시 하였다. 이러한 평면 형태의 로봇이 아닌 로봇의 추진력을 더해줄 수 있는 휠 모듈을 추가한 입체적 구조를 이용한다면 더욱 불규칙한 형상의 관 외벽도 안정적으로 주행 가능할 것으로 판단된다.

### 후기

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

### 참고문헌

1. Mahdavi S., Noohi E., Ahmadabadi M.N.(2007) “Basic movements of a nonholonomic wheel-based pole climbing robot” IEEE Advanced intelligent mechatronics, 2007IEEE/ASME international conference.
2. Sadeqi A., Moradi H., Ahmadabadi M.N.(2008) “A human-inspired pole climbing robot” Intelligent Robot and Systems, 2008. Pp.4199-4199, IROS 2008. IEEE/RSJ International Conference Sept. 2008.
3. Kevin Lipkin, Isaac Brown, Aaron Peck, Howie Choset(2007) “Differentiable and Piecewise Differentiable Gaits for Snake Robots” 2007 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems.
4. Sara Mahdabi, Ehsan Noohi, Majid Nili Ahmadabadi(2006) “Path Planning of the Nonholonomic Pole Climbing Robot” 2006 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, December 2006.