

Inch-worm 형태의 파이프 로봇의 관내 전후진 메커니즘 설계 Design of back and forth mechanism of inch-worm type in-pipe robot

*이종혁¹, #양현석¹

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

¹ 연세대학교 기계공학과

Key words : in-pipe robot, inch-worm type, back and forth mechanism, flexible arm, clutch bearing

1. 서론

현재 개발되어 있는 많은 형태의 파이프 로봇은 주로 바퀴 형태의 로봇과 트랙 형태의 로봇이다. Inch-worm 형태의 로봇이 많이 사용되지 않는 이유는 메커니즘의 특성 상 한 방향으로만 이동이 가능하기 때문이다. 하지만, inch-worm 형태의 파이프 로봇은 다른 형태의 로봇들에 비해 장애물 극복에 강하고, 주행 중에 위치를 고정시킬 수 있는 self-locking 이 가능하다는 것 등의 몇 가지 장점을 가지고 있다. 일반적으로 파이프 로봇이 수직관을 주행 할 때에는 로봇의 중력을 극복 할 수 있는 마찰력이 필요하다. 바퀴나 트랙 형태의 로봇들은 꾸준한 동력원을 공급 받으므로써 중력을 극복하는 마찰력을 얻게 됨으로써 수직 주행이 가능하다. 하지만, inch-worm 형태의 파이프 로봇은 추가적인 동력원 없이 수직관 내부에서 현재 위치에 대한 self-locking 이 가능하다. 이것은 inch-worm 형태의 로봇이 갖는 특징 중에 한쪽 방향으로만 전진 가능한 메커니즘 때문에 가능한 일이다. 물론, 이러한 메커니즘이 inch-worm 형태의 로봇의 가장 큰 단점이기도 하다[1, 2]. 아래의 Fig.1 은 이러한 inch-worm 형태의 파이프 로봇이 갖는 메커니즘의 특성을 보여주는 그림이다. 그림 상의 메커니즘은 왼쪽 으로부터 주행 가능한 로봇의 특징을 보여준다. Fig.1 에서 1 번은 관내의 표면, 2 번은 로봇의 지지대, 3 번은 직선 왕복 운동 모듈을 가리킨다.

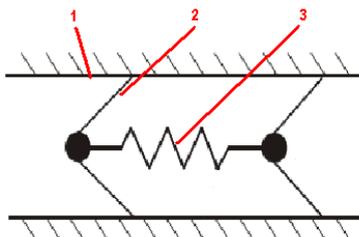


Fig.1 Common model of inch-worm type in-pipe robot

본 연구에서는 Inch-worm 형태의 로봇의 장점을 살리고 단점을 보완하기 위한 관내 전후진 메커니즘을 다루었다.

2. Inch-worm 메커니즘 분석 및 설계 목표

Inch-worm 형태의 로봇들은 대부분 진행 방향에 따른 마찰력의 차이를 이용하여 수평, 또는 수직관을 주행하게 된다. 여기서 말하는 마찰력이란, 로봇의 지지대(fig.1 의 1 번)와 파이프 내부 표면(fig.1 의 2 번) 사이의 마찰력을 말하며, 진행 방향에 따른 마찰력의 차이가 클수록 로봇이 더 효율적으로 주행 할 수 있다. 이런 마찰력에 영향을 주는 요인은 관내 표면과 로봇의 지지대가 만나는 각도, 지지대의 탄성, 그리고 지지점 즉, 지지대와 관내 표면이 만나는 곳의 마찰 상수가 있다. 진행 방향에 따라 서로 다른 마찰력이 발생하는 이유는 관내 표면과 로봇의 지지대 사이의 각도에 의해, 로봇의 주행방향에 따라 서로 다른 수직 항력이 발생하기 때문이다[1]. 이러한 요인에 의하여 한 쪽 방향으로만 전진이 가능한 로봇의 특징이 구현된다.

이러한 inch-worm 형태의 로봇의 기본 메커니즘을 바탕

으로 전후진 메커니즘을 설계하기 위해 3 가지 목표를 세웠다.

첫 번째 목표는 관내에서 진행 방향을 바꿀 수 있어야 한다는 점이다. 관은 일정한 반경의 원통형태를 갖기 때문에 특정 반경 안에서 진행 방향을 바꿀 수 있는 메커니즘이 필요하다.

두 번째 목표는 관경 변화와 장애물에 강한 메커니즘을 만드는 것이다. 일반적인 파이프 로봇은 일정한 반경을 갖고, 장애물이 없는 관내에서만 주행이 가능하기 때문에 이번 설계의 목표에 관경 변화와 장애물 극복을 추가로 설정하였다.

마지막 목표는 효율적인 주행이다. Inch-worm 형태의 로봇은 진행 방향에 따른 마찰력의 차이로 주행하는 형태를 갖기 때문에, 마찰력의 차이가 커야만 효율적인 주행이 가능하다. 가장 이상적인 메커니즘은 진행 방향으로서는 마찰력이 0 으로 나타나고 반대 방향으로서는 마찰력이 무한대에 가깝게 작용되어야 한다.

3. 전후진 메커니즘 설계

앞에서 설정한 3 가지 목표를 달성하기 위하여 지지대로 사용하기에 적당한 탄성을 가진 관 스프링과 한 방향으로만 회전하는 클러치베어링 또한, 우산을 접고 펼 때의 메커니즘을 변형하여 사용하였다.

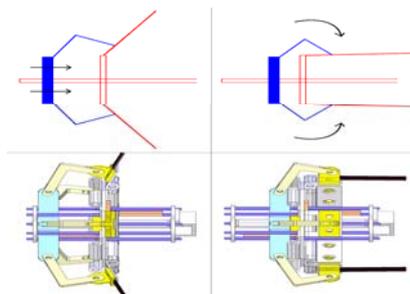


Fig.2 Modified umbrella mechanism

Fig.2 와 같이 우산의 접힘과 펴짐 메커니즘은 지지대의 각도를 변형 시킬 수 있기 때문에 관경 변화에 대한 적응이 가능하게 해준다. 또한, 우산의 변형 메커니즘 2 개를 서로 마주 보도록 부착시키면 다음의 fig.3 과 같이 양방향 진행이 가능하도록 지지대의 각도를 변화 시킬 수 있다.

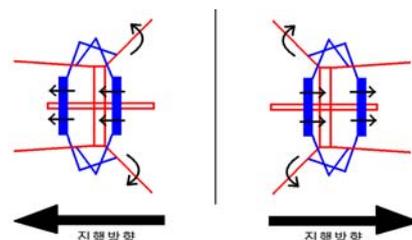


Fig.3 Dual modified umbrella mechanism

파이프 로봇의 효율적인 주행을 위해 각 지지대의 끝에 클러치 베어링을 사용한 바퀴를 부착하도록 설계하였다. 클러치 베어링은 한 방향으로만 회전하는 특징을 가지고

있기 때문에, 이것을 사용하여 바퀴를 만들면 한 쪽으로만 구르는 바퀴가 만들어진다.

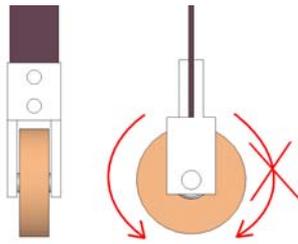


Fig.4 Clutch bearing wheel

Fig.4 는 클러치 베어링을 사용하여 만든 바퀴 모델이다. 클러치 베어링의 외경에 맞는 우레탄 타이어를 씌우도록 설계되었다. 이 바퀴는 판 스프링으로 제작된 지지대의 끝에 부착되며, 진행 방향에 대해서만 바퀴가 구르고, 반대 방향으로 바퀴가 구르지 않도록 부착된다. 이 클러치 베어링 바퀴로 인해서 진행 방향에 따른 마찰력에 상당한 차이가 생기게 되고, 앞에서 설정한 목표인 효율적인 주행을 구현 할 수 있다. 또한, 지지대의 끝단이 바퀴 형태를 띄고 있기 때문에, 바퀴 형태의 파이프 로봇들이 갖는 장점도 갖게 될 것이라 예상된다. 탄성을 갖는 판 스프링으로 제작 된 지지대는 장애물을 만났을 때, 로봇의 지지대가 passive 하게 휘어짐으로써 장애물을 극복 할 수 있도록 설계되었다.

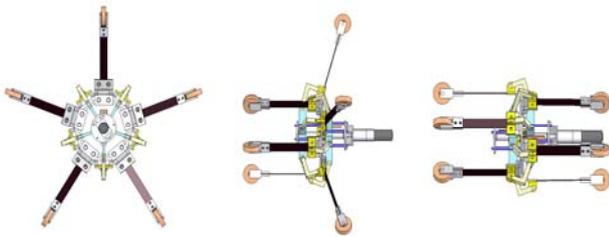


Fig.5 Proto type of dual umbrella mechanism

Fig.5 와 같이 처음 설정한 3 가지 목표를 모두 달성한 전후진 메커니즘이 설계되었다. Fig.5 의 모듈 2 개를, 직선 왕복 운동을 하는 모듈(fig.1 의 3 번)의 양방향으로 부착하면 다음의 fig.6 과 같이 전후진 가능한 inch-worm 형태의 파이프 로봇이 된다.

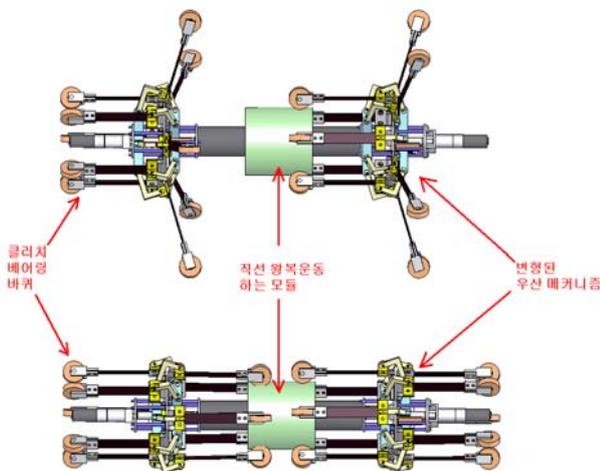


Fig.6 Model of inch-worm type in-pipe robot

4. 결론

본 연구에서는 inch-worm 형태의 파이프 로봇의 메커니즘에서 장점을 살리면서, 단점인 한 방향으로만 진행

가능하다는 점을 보완할 수 있는 전후진 메커니즘을 설계 하였으며, 클러치 베어링을 이용한 바퀴를 설계하여 inch-worm 형태의 로봇의 이상적인 주행을 구현 할 수 있도록 하였다. 현재 위의 설계를 바탕으로 모듈이 제작 중에 있으며, 실험을 통하여 제작된 모듈에 대한 검증과, 추가적인 보완점에 대한 연구를 할 계획이다.

참고문헌

1. 최용호, 양현석, 박노철, "강아지풀 형상을 닮은 관내 주행로봇 개발", 대한기계학회 춘추학술대회, 527, 2849-2854, 2007
2. Gmitterko A., Dovica M., Kelemen M., Fedák V., Mlýnkova Z. "In-Pipe Bristled Micromachine, " Proceed. 7th Int. Workshop on Advances Motion Control July, ISBN 0-7803-7479-7, Maribor pp.467-472 Slovenia, 2002
3. "Explorer: Untethered Real-time Gas Main Assessment Robot System, " 1st International Workshop on Advances in Service Robotics, ASER'03, Bardolino, Italy, March 13-15, 2003
4. S. G. Roh, S. M. Ryew, H. R. Choi, "Development of Differentially Driven Inpipe Inspection Robot for Underground Gas Pipelines," Proceedings of the 32nd ISR(International Symposium on Robotics), 19-21, April, 2001
5. J. S. Lee, S. H. Kim, H. S. Yang, N. C. Park, 2005, " Design of Articulated Mobile Robot to Overcome Vertical Passages in Narrow Space" 05 spring conference KSPE, p.806~811, 2005