한국정밀공학회 2006년도 춘계학술대회논문집 pp. 55~56 KSPE 06S105

흡착 캐터필러 시스템을 이용한 수직평면 등반로봇 기구부의 개발

김황*, 김동목, 양호준, 이규희, 서근찬, 장도영(서울대 대학원 기계항공공학부)
김종원(서울대 기계항공공학부 교수)

Development of a wall climbing robot with vacuum caterpillar wheel system

Hwang Kim, Dongmok Kim, Hojoon Yang, Kyouhee Lee,
Kunchan Seo, Doyoung Chang (School of Mechanical and Aerospace Engineering, SNU),
Jongwon Kim (Prof., School of Mechanical and Aerospace Engineering, SNU)

ABSTRACT

This paper describes a new concept of the robot that can climb on the vertical plane. The engineering design problem of the main structure is presented and the experimental results regarding a new mechanism of climbing on the vertical wall are discussed. The locomotive motion of the robot is realized by using a series chain of two caterpillar wheels on which 24-suction pads are installed. While each caterpillar wheel rotates on the vertical plane surface, the vacuum pads are activated in sequence based on the sequential opening by specially designed mechanical valves. The detail design feature of the valve is also described in this paper. The overall size of the robot is around 460 mm in width and length, respectively, and 200 mm in height. Its mass is slightly over 14 kg. The main mechanical structure of the robot consists of driving motors, vacuum caterpillar system, steering part, vacuum pump and battery. The performance of the robot is verified on the vertical wall.

Key Words : Climbing robot (등반로봇), Vacuum caterpillar wheel(무한궤도 흡착바퀴) , Suction pad (흡착 패드)

1. 서론

전세계적으로 고층 건물의 외벽 청소, 대형 선박의 도장 및 용접, 원자력 압력용기와 같은 각종 산업용 탱크의 안전성 검사 등을 수행할 수 있는 다양한 등반로봇의 연구 및 기술개발이 이루어 지고 있다. 그러나 기존의 보행 방식이나 슬라이딩 방식으로 등반하는 로봇들은 비교적 다양한 지형의 수직벽면을 등반할 수 있으나 로봇의 무게나 등반 속도 면에서 커다란 제약을 가지고 있다. 특히 보행방식의 등반로봇 경우, 이동 메커니즘이 복잡하고 수직 평면의 등반 시, 병진이동방식의 로봇과 같이 불연속적인 이동 형태를 보인다.[1,2] 이는 수직 평면의 등반에서 로봇의 주행 속도를 현저히 저하시키는 결과를 초래한다. 이러한 단점을 극복하기 위하여, 본 연구에서는 무한궤도 흡착바퀴를 고안하여 연속적인 이동방식으로 수직 평면에서의 고속 등반을 수행할 수 있는 로봇의 개발이 제안되었다. 또한 등반에 필수적인 흡착패드의 진공개폐를 전기식이 아닌 기계식 밸브를 고안하여 작동시킴으로써, 등반속도의 향상에 기여하였다. 본 논문에서는 무한궤도 흡착바퀴를 이용한 로봇의 수직 평면 주행 메커니즘을 제안하고, 실제 수직 평면에서의 등반 테스트을 통하여 로봇의 주행 성능을 검증하였다.

2. 로봇 기구부의 구조

본 연구에서 개발된 로봇은 전체적으로 진공 펌프, 주행 모터, 배터리 및 조향부가 포함된 메인 바디와 흡착 캐터필러 시스템으로 구성된다. 특히, 흡착 캐터필러 시스템은 24 개의 흡착 패드를 구비하는 무한궤도 바퀴, 흡착 패드에 제공되는 진공압을 개폐하는 기계식 밸브, 무한궤도 바퀴의 회전에 따라서 움직이는 흡착 패드의 운동을 안내하고 기계식 밸브의 개폐를 제어하는 캠프로파일, 무한궤도 바퀴가 회전함에 따라 흡착 패드에 연결된 공기압 튜브들이 꼬이는 것을 방지하는 로터리 조인트로 구성되어 있다.[1] 공학적 설계 방법론에 의하여 실제 제작된 로봇의 형상은 Fig. 1 과 같으며, 전체 크기는 460 x 450 x 200 mm 이고 무게는 약 14kg 이다.[3]

3. 흡착 캐터필러 시스템의 구동원리

앞에서 언급한 기계식 밸브는 Fig. 2 에서 보는 바와 같이 본래 스프링에 의해 내부 통로가 막혀 있다가 베어링 부분이 눌리면, 밸브와 조립된 흡착 패드가 진공펌프와 통기되어 벽면에의 흡착이 가능하다. 밸브의 개폐 제어는 Fig. 3 과 같이 내부에

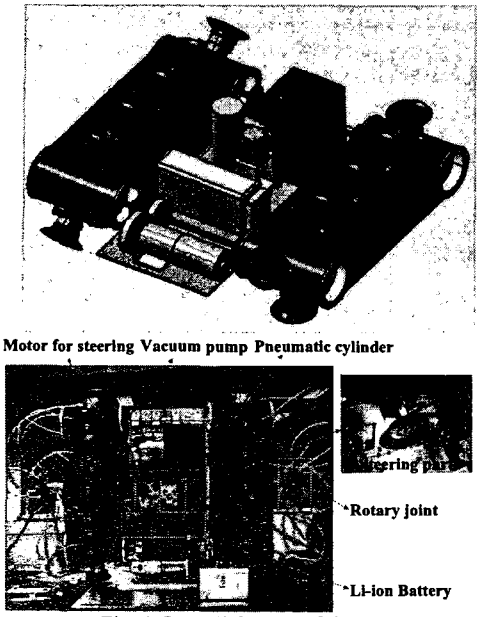

Fig. 1 Overall feature of the robot

밸브의 베어링 부분을 눌러주는 그루브 레일이 형성된 캠프로파일을 통과하면서 이루어진다. 이 캠프로파일은 타이밍벨트와 풀리로 구성된 무한궤도 바퀴축 사이에 연결되어 있다.

흡착패드가 무한궤도 바퀴의 회전에 따라 움직이면서 순차적으로 벽면에 접하면, 캠프로파일에 의해 밸브가 개폐되어 벽면에서의 흡탈착이 연속적으로 이루어진다.

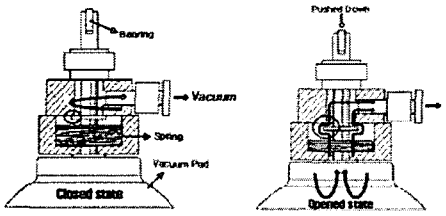

Fig. 2 Working principle of mechanical valve

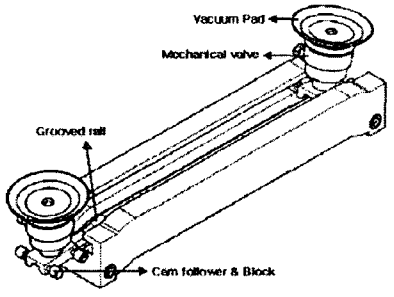

Fig. 3 Feature of Cam profile

4. 수직 평면 등반 테스트

본 로봇의 등반실험은 수직 철판 위에서 이루어졌다. Fig. 4 는 로봇의 주행 모습을 보여준다. 이론적인 로봇의 payload 는 약 23kg 이고 흡착패드의 흡착지연시간을 고려한 이론적인 전/후진 속도는 6.6 m/min 이다. 실제 실험결과, 로봇의 정지상태에서의 payload 는 20kg 이고, 전/후진 속도는 최대 4~6 m/min 였다.

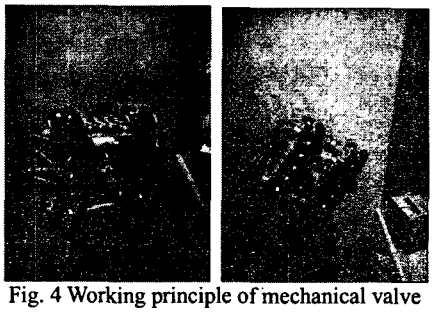

Fig. 4 Working principle of mechanical valve

4. 결론

본 논문에서는 연속적인 주행이 가능한 새로운 개념의 등반로봇 구조와 구동원리를 설명하였다. 제안된 로봇의 등반실험을 통하여 흡착 캐터필러 시스템의 주행 성능을 검증하였다. 이 로봇의 실제 payload 는 20 kg 이고, 최대 전/후진 주행 속도는 4~6 m/min 이다. 본 연구를 바탕으로 고층건물 청소용 로봇의 개발, 연구를 수행할 예정이다.

후기

본 논문은 서울대학교 기계항공공학부 건실설계 공학연구실의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Jian Zhu, Dong Sun, and Shiu-Kit Tso, "Development of a Tracked Climbing Robot", Journal of Intelligent and Robotic Systems 35: 427-444, 2002.
2. Shigeo Hirose, Akihiko Nagakubo, "Walking and Running of the Quadruped Wall-Climbing Robot", Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp.1005-1012, 1994.
3. G. Pahl, W. Beitz, "Engineering Design", Springer-Verlag, 1997.