

진공흡착 기술을 사용한 건물외벽 유리창 청소 로봇의 구현

*이동광, *김명중, *권순원, *최문식, *임영훈, **공정식, ***장문석 ****권오상, *이영혁
*한국산업기술대학교 지식기반기술 에너지대학원 정보통신과, **대덕대 마이크로로봇과, ***인하대학교 전자과, ****경기공업대 자동화로봇과

Instrument of building outer wall window cleaning robot and controller layout that use vacuum adsorption technology

*Dong-Kwang Lee, *Myung-Jong Kim, *Soon-won Kwon, *Mun-Sik Choi, *Young-Hoon Im, **Jung-Shik Kong, ***Mun-Suk Jang, ****Oh-Sang Kwon, *Eung-Hyuk Lee
* Department of Electronic Engineering, Korea Polytechnic University
** Department of Microrobot, Daeduk College
***Department of Electronic Engineering, Inha University
****Department of Automation and Robot, Kyonggi College

Abstract - 본 논문은 건물 외면의 유리창 청소로봇에 관한 것으로, 더욱 세부적으로는 청소 시스템을 갖춘 로봇을 사람이 닦기 힘들거나 위험한 고층건물이나 아파트 등의 실외 유리창에 흡착시켜 청소로봇을 이용하여 실외 유리창을 자동으로 닦을 수 있게 하는 건물 외면의 유리창 청소로봇에 관한 것이다. 진공펌프를 사용하여 유리창에 안정적으로 흡착할 수 있도록 하였고, 블루투스를 이용하여 무선 조종이 가능하도록 하여 사용자가 원거리에서 로봇의 청소를 제어할 수 있도록 하였다.

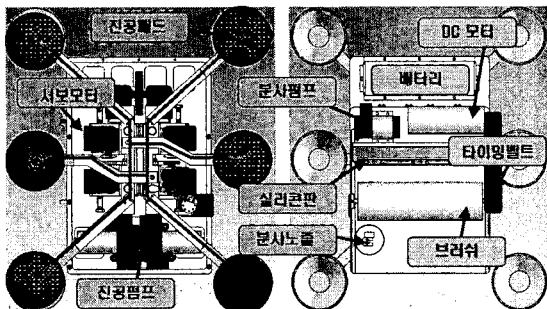
1. 서 론

현재 아파트나 비교적 높은 건물에서는 사고 위험으로 인하여 유리창의 외면을 닦기가 매우 곤란하여 이 일을 전문적으로 하는 업체에 용역을 주어 건물외부에서 로프 또는 곤돌라 등에 매달려 유리창을 닦는 방법을 사용하고 있다. 그러나, 위와 같은 방법 역시 안전사고의 위험성을 가지고 있으며, 큰 건물의 경우 사람이 일하는 시간에만 작업이 수행되어 한쪽을 청소하는 도중 다른 쪽이 오염되는 상황이 발생하게 되며, 사용자에게 인건비 등의 경제적 부담이 커 자주 청소를 할 수 없기 때문에 유리창이 늘 지저분한 상태가 된다. 또한, 여러 가지 형태로 유리창 외면을 닦는 장치들이 개발되고 있으나, 실내에서 유리창의 외면을 닦는 장치들은 유리창 면을 사이에 두고 실외기와 실내기를 자석에 의해 흡착시켜 실내기의 이동에 따라 실외기가 같이 이동되면서 유리창을 닦는 것으로, 실내기의 무리한 움직임에 의해 실외기가 유리면으로부터 이탈되어 지상으로 떨어져 지나가는 행인에게 피해를 입히거나, 실외기가 땅가져 사용하지 못하게 되는 등 여러 문제점이 발생된다. 실외 유리창에 바로 붙어서 직접적으로 청소를 하는 장치들은 그 크기가 매우 커 유리창이 깨질 위험을 가지고 있으며, 지상으로 떨어질 경우 피해 및 위험도가 높고 가격도 비싼 단점이 있다.

문제점을 해결하기 위하여, 본 논문에서는 아파트와 빌딩 등의 고층건물의 유리창 외면을 청소하는데 있어 닦기 어려운 유리창 외면을 전문가들에 하지 않고, 사용자가 간단하게 제어할 수 있는 자동 청소로봇을 유리창 외면에 흡착시켜 자유롭게 이동가능하며, 유리창을 자동으로 닦도록 하여 안전하면서도 편리하고, 시간과 비용이 절약되어 유리창을 깨끗한 상태로 유지할 수 있는 건물 외면의 유리창 청소로봇을 구현하였다[1]-[4].

2. 본 론

2.1 유리창 청소 로봇의 기구적 구성.



<그림 1> 구현된 유리창 청소 로봇

유리창 청소 로봇의 기구적 구성을 그림<1>과 같이 나타내었다. 유리창 청소 로봇은 흡착이 되었을 때 힘의 균형이 이루어지는 가장 안정한 형태를 이루기 위하여 다리 부분의 패드를 3개씩 삼각형 모양으로 묶어 하나의 축으로 연결하였다. 이 두 개의 축은 6개의 서보 모터에 의해 제어가 되며,

별도의 서보모터 1개는 로봇의 자세 보정을 위한 방향전환 모터로 사용된다. 즉, 1개의 축을 움직인다는 것은 그 축에 연결되어있는 3개의 다리 및 패드를 움직인다는 의미이다. 두 개의 축에 연결된 각각 3개씩의 패드에 진공펌프가 한 개씩 연결 되어 유리창에 흡착이 가능하도록 구현하였다.

또한, 유리창 청소 로봇의 후면부는 직접적으로 유리창 청소가 이루어지도록 구현되었다. DC 모터가 타이밍벨트로 브러쉬에 연결이 되고, 분사노즐이 분사펌프와 연결되어 브러쉬 아래부분에 위치한다. 브러쉬 위로 실리콘 판이 위치하여 유리면의 물기를 닦을 수 있게 하였다.

로봇의 6개의 패드는 80Φ크기를 사용하였고, 각 패드의 면적은 50.24cm²가 된다. Torricelli's theorem의 진공 실험에 의하여 1기압은 760mmHg이며 1013mbar 이다. 80Φ패드를 사용 하였을때 대기압의 압력과 균형을 이루는 힘은 패드의 면적과 수은이 대기압과 균형을 이룬 높이76cm와 수은의 밀도의 관계 식<1>로 표현된다.

$$F = 50.24cm^2 \times 76cm \times 13.6g/m^3 \approx 51kg \text{ 중} \quad <1>$$

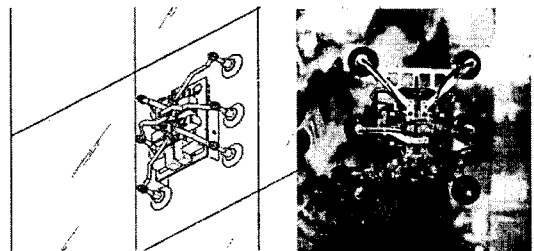
1기압일 때 1개의 80Φ패드에 약 51kg 의 힘이 걸리게 된다. 로봇의 진공 펌프의 진공도는 780mbar 로써 1개 패드에 걸리는 진공의 힘은 식<2>와 같다.

$$F_{\text{pump}} = 51kg \text{ 중} \times \frac{780mbar}{1013mbar} \approx 39kg \text{ 중} \quad <2>$$

로봇의 각각의 패드에는 39kg중의 진공의 힘이 걸리게 되고 3개의 패드를 사용하면 39kg x 3 = 117kg중의 힘이 된다. 현 로봇의 무게가 10.6kg 이므로 약 10배의 이상의 힘으로 로봇을 지탱할 수 있도록 구현하였다. 또한, 힘의 균형을 이루는 삼각형의 형태로 유리창에 흡착이 되도록 구현하여 각각 패드의 힘이 균형을 이룰 수 있도록 하였다.

2.2 로봇 주행

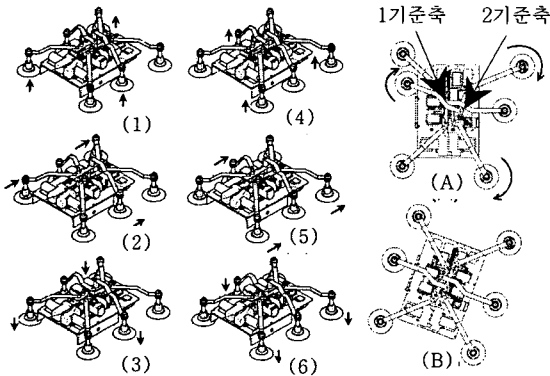
본 로봇은 유리면에서 전,후진이동, 로봇의 자세 보정을 위한 방향전환이동이 가능하도록 설계되었다. 그림<2>와 같이 건물 외면의 유리창 수직면에 청소로봇을 부착시키게 되며, 부착된 청소로봇의 초기상태는 두 개의 진공모터가 ON 되어 6개다리의 흡착패드에 진공압력이 가해져 유리창에 고정된다.



<그림 2> 유리면에 흡착상태

청소 로봇의 전진이동방법은 그림<3>과 같이 좌측진공모터는 OFF시키고, 우측진공모터는 ON상태를 유지시킨 상태에서, (1)과 같이 서보모터를 구동시켜 3개의 다리가 연결되는 1기준축의 주축을 상부로 들어올린 후, (2)와 같이 1기준축을 앞으로 전진시키게 되면 1기준축에 연결된 3개의 다리가 전진하게 된다. (3)과 같이 서보모터를 구동시켜 1기준축을 하부로 내려 3개의 다리를 유리창에 맞게 위치시킨 후 좌측진공모터를 ON시켜 흡착시키게 된다. 다시 반대편의 2기준축이 앞으로 전진된 상태에서 반대

로 우측 진공모터는 OFF시키고, 좌측진공모터는 ON상태를 유지시킨 다음, (4)와 같이 서보모터를 구동시켜 위와 대칭되는 위치의 삼각형 위치의 3개 다리가 연결되는 2기준축의 주축을 상부로 들어올린 후, (5)와 같이 기준축을 앞으로 전진시키게 되면 2기준축에 연결된 3개의 다리가 전진하게 된다. (6) 서보모터를 구동시켜 2기준축을 하부로 내려 3개의 다리를 유리창에 맞게 위치시킨 후 우측진공모터를 ON시켜 흡착시키게 된다. 로봇을 1기준축과 2기준축을 전진시킨 후 유리창에 흡착시킨 상태에서 메인프레임을 전진된 거리만큼 앞으로 이동하게 하여 상기 청소로봇의 전진이동을 완료하게 된다.



<그림 3> 로봇의 이동 및 방향전환 이동

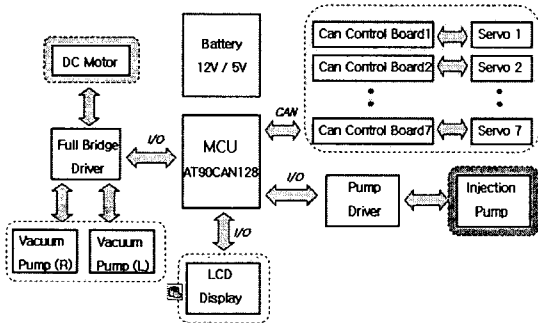
2.3 자세보정을 위한 방향전환 이동

로봇이 유리면위에서 주행시 자세가 흐트러졌을 경우 자세 보정을 위한 방향 전환방법이다. 청소로봇의 우측방향 전환방법은 그림<3>과 같이, 우측진공모터는 OFF시키고, 좌측진공모터는 ON상태를 유지시킨 상태에서, 2기준축을 상부로 들어올린 후, (A)와 같이 2기준축을 우측방향으로 회전시키게 된다. 2기준축을 하부로 내려 3개의 다리 (B) 유리창에 맞게 위치시킨 후 우측진공모터를 ON시켜 흡착시키게 된다. 로봇의 2기준축을 우측으로 회전시킨 상태에서 반대로 좌측진공모터는 OFF시키고, 우측진공모터는 ON상태를 유지시킨 다음, (A)와 같이 1기준축을 상부로 들어올린 후, 우측방향으로 회전시킨 서보모터를 원위치로 되돌리면 상기 1기준축을 2기준축이 우측방향으로 회전한 만큼 우측으로 회전시키게 된다. 그다음 1기준축을 하부로 내려 3개의 다리 (B)를 유리창에 맞게 위치시킨 후 좌측진공모터를 ON시켜 흡착시킴으로써 우측방향전환을 완료하게 된다.

2.4 청소방법

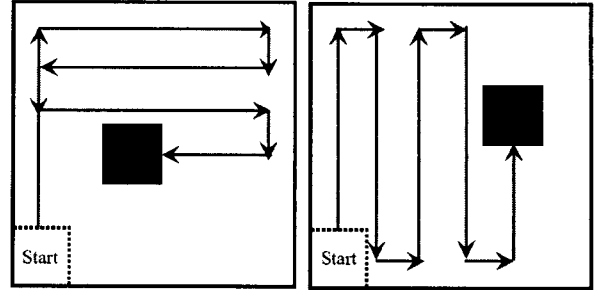
로봇의 청소는 아래로 내려오는 동작 에서 시행된다. 세정액을 보관하는 상자에서 고무호스관으로 분사 펌프와 연결되어 분사펌프의 분사구 부분이 브러쉬 아래에 위치하게 되어 세정액을 유리면에 분사하게 된다. 메인프레임을 아래로 내리면서 DC모터가 타이밍벨트로 브러쉬에 동력을 전달하여 브러쉬가 유리면을 청소하게 되고 실리콘 판이 그 청소된 유리면의 물기를 닦아내는 동작으로 청소가 이루어진다.

2.5 소프트웨어 및 하드웨어의 구성

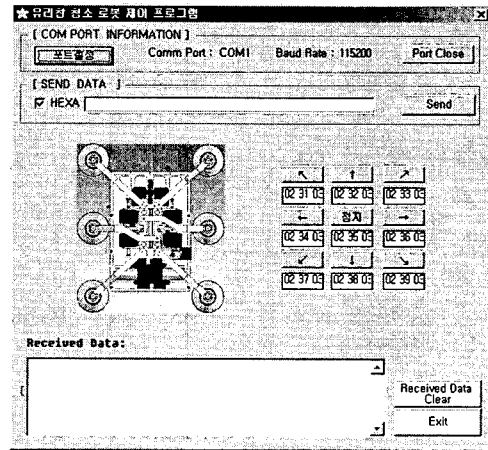


<그림 4>하드웨어 구성도

로봇의 구성은 그림<4>와 같이 MCU 는 ATMELEL 사의 AT90CAN128를 사용하였다. 로봇의 다리를 움직이는 구동부는 7개의 서보 모터(CX-28)로 구성이 되고, 메인 CPU와 CAN 통신을 통해 제어된다. 2개의 진공펌프와 1개의 DC 모터는 Full Bridge Driver 인 L298 칩을 통해 제어된다. 분사펌프는 IRFR024N 이라는 FET 를 사용하여 드라이버 회로를 구성하여 제어하였다. 또한, 캐릭터 LCD로 로봇의 상태 및 배터리 체크를 하였다.



<그림 5> 유리창 청소 구동경로



<그림 6> 로봇구동 TEST 프로그램

로봇은 자동으로 그림<5>과 같이 가로1m X 세로1m를 청소 할 수 있도록 구현이 되어있으나 실제 구동 중 무선으로 방향전환을 사람이 직접 랩탑PC에서 제어가 그림<6>과 같이 가능하도록 하였다. 또한 작업속도 및 세정액 분사 속도역시 제어가 가능하도록 하였다.

3. 결 론

구현된 유리창 청소로봇은 5T 두께의 유리면에서 실험을 하였다. 실험 결과 유리면에서의 주행은 본문에서 제시한 방법과 동일하게 이루어졌으며, 청소도 로봇이 내려오면서 수행하는 것을 확인하였다. 문제점은 실험 중 로봇의 다리가 휘는 현상이 발생하여 다리부분의 재질을 알루미늄에서 철로 바꾸어 실험을 하였다.

이번 연구에서는 단순한 메카니즘의 보행 형 벽면 및 유리창 이동로봇을 구현하였다. 차후연구에서는 유리면에서의 안정된 주행알고리즘을 설계하고 0.3m/min인 현재속도를 개선 해야 하며, 속도 및 상황에 맞는 청소도구를 탑재하여 효율적으로 로봇을 구동 할 수 있는 방향으로 보완 설계해야 할 것이다. 또한 유리화 유리의 경계 벽을 넘을 수 있는 문제를 구현 하는 일이다.

[참 고 문 헌]

- [1] T. Yano, S. Numao and Y. Kitamura, "Development of a Self-Contained Wall Climbing Robot with Scanning Type Suction Cups," Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 249-254, 1998
- [2] T. Yano, T. Suwa, M. Murakami and T. Yamamoto, "Development of a Semi-Contained Wall Climbing Robot with Scanning Type Suction Cups," Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 900-905, 1997.
- [3] T. Oomichi, T. Ibe, M. Nakajima, K. Hayashi and Y. Takemoto, "The Wall inspection Robot with Adaptive Mechanism for Wall surface," International Symposium on Theory of Machines and Mechanisms, pp. 333-341, 1992.
- [4] T. Fukuda, F. Arai, H. Matsuura and K. Nishibori, "Wall Surface Mobile Robot Having Multiple Suckers on Variable Structural Crawler." International Symposium on Theory of Machines and Mechanisms, pp. 707-712, 1992.