

수직벽면을 등반하는 로봇 플랫폼을 위한 청소유닛의 설계 Design of The Facade Cleaning Unit for a Wall Climbing Robot Platform

*김태균¹, 서근찬¹, 조선미¹, 김종원¹, #김화수²

*Taegyun Kim¹, Kunchan Seo¹, Sunme Cho¹, Jongwon Kim¹, # HS Kim(hskim94@kgu.ac.kr)²

¹서울대학교 기계항공공학부, ²경기대학교 기계시스템공학과

Key words : Mobile manipulator, Wall climbing robot, Facade cleaning unit, Kinematic analysis

1. 서론

기존의 고층건물 외벽청소는 사람이 직접 외벽을 닦아서 수행하였는데 이 과정에서 안전사고가 빈번히 일어나고 있어 이를 대신할 외벽등반 청소로봇에 대한 연구가 활발하게 이루어져 왔다. 진공 펌프를 이용하여 외벽에 흡착시킨 후 노즐을 이용해 세정제를 뿌리고 브러쉬로 창문을 닦거나[1] 세정제를 뿌린 후 중화제와 세척수를 분사하여 오물들을 제거하는 로봇들이 소개되어 왔다.[2] 하지만 두 경우 모두 물을 사용해야 하기 때문에 옥상이나 지면에서 물을 공급하기 위한 호스가 연결되어야 하고 물을 고층부에서 분사할 경우 오염물이 주변 환경으로 비산되어 이미 청소가 이루어진 구간을 재오염시키는 문제점이 있었다.

본 논문에서는 수직벽면을 등반하는 로봇 플랫폼에 결합되어 구조도로 벽면을 청소할 수 있는 청소유닛의 설계를 제안하였다. 이 청소유닛의 특징은 모듈형으로 되어 있어 로봇 플랫폼에 탈부착이 가능하며 걸레에 구조도 가루를 묻혀 벽면을 마찰시킴으로써 청소를 한다는 것이다. 구조도 가루에는 연마하는 성분이 있어 구조도를 묻힌 걸레로 건물의 외벽을 청소하게 되면 벽면에 있는 먼지의 퇴적층을 깨끗하게 제거할 수 있다. 따라서 구조도를 묻힌 걸레를 사용하면 물이나 세정제를 필요로 하지 않기 때문에 물을 공급하기 위한 호스 등의 구조물을 제거하여 매커니즘을 단순화시킬 수 있으며 또한 물로 청소할 때에 비해 오물이 적게 나오며 아래로 오물이 흐르지 않기 때문에 청소과정에서 발생하는 이차적인 오염을 방지할 수 있다. 2절에서는 본 청소유닛의 구조 및 동작원리를 소개하였고, 3절에서는 본 청소유닛의 기구학 해석을 수행하였다.

2. 청소유닛의 구조 및 동작원리

청소유닛의 세부적인 구조는 Fig. 1와 같고 주요 제원은 Table 1과 같다. 청소유닛의 마운트부는 로봇플랫폼의 모듈형 고정부에 결합된다. 청소유닛의 링크는 잭-스크류 구조를 사용하였으며 Fig. 2와 같이 청소유닛이 벽면을 청소할 때에는 걸레를 벽면에 밀어붙이고 장애물을 넘거나 청소를 하지 않을 때에는 걸레를 들어올리도록 하였다. 청소를 위하여 걸레를 벽면에 밀착한 자세에서는 구조도를 묻힌 걸레가 랙-피니언을 따라 수평이동을 하면서 벽면의 먼지를 닦아내게 된다. 또한 구조도 걸레를 이용하여 벽면을 청소할 때에는 걸레가 벽면을 누르는 수직항력이 일정하게 유지되는 것이 중요하므로 잭-스크류 구조와 걸레가 부착된 구조물 사이에 로드셀을 설치하여 수직항력을 피드백 받아 잭-스크류의 힘을 제어하도록 하였다.

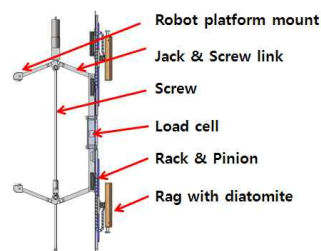


Fig. 1 Structure of the facade cleaning unit

Table 1 Specification of the facade cleaning unit

Size	Weight	Cleaning speed
1500 mm(L) 300 mm(W) 400 mm(H)	12 kgf	220 m ² /hour

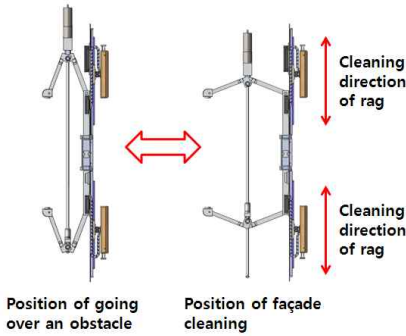


Fig. 2 Working principle of the facade cleaning unit

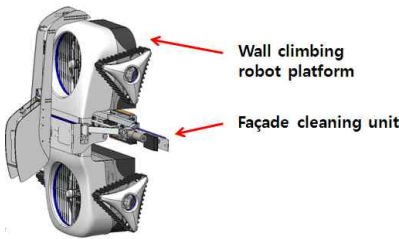


Fig. 3 Example of a wall climbing robot platform equipped with the facade cleaning unit

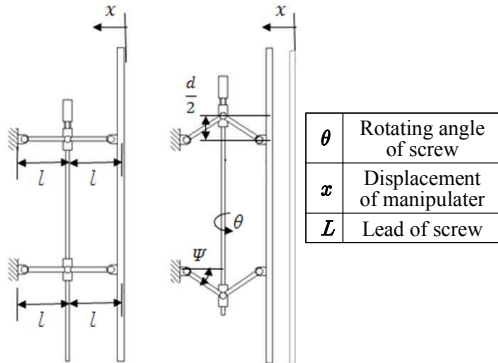


Fig. 4 Kinematic modeling of the facade cleaning unit

3. 기구학 해석

청소유닛의 기구학 모델은 Fig 4과 같이 길이가 l 인 4개의 링크가 좌우 대칭으로 볼스크류 및 청소유닛 프레임에 결합되어 있는 잭-스크류 구조이다. 링크는 좌우, 상하 대칭으로 움직이며 링크의 비틀림이 없다고 가정하면 잭-스크류 구조의 거동은 1차원으로 근사시킬 수 있다. 따라서 잭-스크류 구조의 기구학 해석은 다음과 같이 구할 수 있다.

(1) 구속방정식

청소유닛의 기구학 모델의 자세에서 다음과 같은 방정식을 얻을 수 있다.

$$l^2 = \left(\frac{d}{2}\right)^2 + \left(l - \frac{x}{2}\right)^2, \quad d = \frac{\theta}{2\pi}L, \quad \Psi = \sin^{-1}\left(\frac{\theta L}{4\pi l}\right)$$

(2) 정기구학

모터가 스크류를 θ 만큼 돌렸을 때 매니플레이터의 변위 x 를 구속방정식에서 구할 수 있다.

$$x = 2l \left(1 - \sqrt{1 - \frac{\theta^2 L^2}{16\pi^2 l^2}}\right)$$

(3) 역기구학

정기구학 식에서 매니플레이터의 변위가 x 일 때 스크류의 회전각 θ 를 구할 수 있다.

$$\theta = \frac{2\pi}{L} \sqrt{4lx - x^2}$$

(4) 자코비안 J

$$\dot{x} = \frac{\theta L^2}{8\pi^2 l} \left(1 - \frac{\theta^2 L^2}{16\pi^2 l^2}\right)^{-\frac{1}{2}} \dot{\theta} = J\dot{\theta}$$

4. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 로봇 플랫폼에 결합되어 물과 세척액을 쓰지 않고 구조토로 벽면을 청소하는 청소유닛의 구조를 제안하고 기구학 해석을 수행하였다. 이를 통해 청소유닛을 제작하여 청소유닛의 청소 속도, 장애물 극복 능력 등의 기본적인 기능 검증을 할 것이며 청소 기능의 최적화에 대한 연구가 진행될 것이다.

후기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2011-0027576)

참고문헌

- 이동광 외 8명, "진공흡착 기술을 사용한 건물의 벽 유리창 청소로봇의 구현", 정보 및 제어 학술대회 논문집, 259-260, 2007.
- 이진구, 이동주, "고층 건물 외벽 청소용 자동화 기구 기안에 대한 연구", 한국정밀공학회지, 29, 56-63, 2012.