

고층 구조물 외벽 유지관리 로봇의 힘제어 방법론 제안 Proposal of Force/ Motion Control Strategy for Robotic Building Maintenance System

*이승훈¹, #한창수¹, 강민성², 송민수², 천보일¹

*S. H. Lee¹, #C. S. Han(cshan@hanyang.ac.kr)¹, M. S. Kang², M. S. Song², B. I. Chun¹

¹한양대학교 기계공학과, ²한양대학교 메카트로닉스 공학과

Key words : Robotic Building Maintenance System, Robot Force/ Motion Control

1. 서론

최근 현대 건축물은 고층화, 대형화 추세에 따라 점차 첨단화 되어가고 있으며, 이러한 고층의 건축물은 고가의 건설비용과 더불어 유지보수 및 관리가 불가피한 상황이다. 고층 건축물의 청소, 도장 및 균열 검사 등과 같은 유지, 관리작업은 점차 자동화되어 가고 있는 타 건설공정에 비하여 인력에 대한 의존도가 매우 높은 것이 특징이고, 안전사고로 인한 사회/경제적 손실이 매우 큰 작업이다 [1].

상기의 문제점을 해결하고자, 최근 유럽, 일본, 미국 등을 주축으로 한 BMU (Building Maintenance Unit) 연구개발이 활발히 진행 중에 있으며, 대부분 10년 이상의 기술축적도 높은 연구가 진행되어 온 것이 특징이다. 또한, 일부 국가들에서 현재 시범운영 단계의 플랫폼을 소개하고 있으며, 그 중 대표적인 연구소 및 기업을 예를 들면, 독일의 Fraunhofer IPA, Manntech, 일본의 Nihon Bisoh를 꼽을 수 있다. 이곳에서는 현재 상용화 사례까지 소개하고

있는 데에 반하여, 국내의 연구개발 사례는 주로 실험실 내에서의 개념정립 수준의 연구가 진행되어 온 것이 특징이다. 즉, 현존하는 고층 빌딩에 적용할 수 있는 다양한 기능 위주의 실제적 시스템이라기 보다는 운용 방법에 대한 개념안 및 방법론의 제안과 건축물의 외벽면 이동과 관련한 메커니즘에 치중된 연구가 주를 이루고 있다. 특히, 이들의 대부분은 흡착 방식의 이동 메커니즘을 적용하여 실용화 및 상용화 되는 데에 기술적, 제도적으로 한계를 나타내고 있다 (Fig. 1).

본 연구에서는 매우 거센 풍력, 풍압 등의 영향을 직접적으로 받게 되는 외벽 유지관리 로봇 시스템의 현장 적용을 위한 개념안의 제안과 이를 위한 로봇의 힘제어 방법론에 대하여 소개를 할 것이다.

2. 고층구조물의 외벽유지관리 시스템 개념안

본 연구에서 제안하는 시스템이 적용되는 운용 환경은 건축물 설계 시에 고려하고 있는 통상 악천후 기후 조건을 기준으로 볼 때에 풍속 15m/s, 풍압 80MPa/m²에 달하는 빌딩풍 및 강한 돌풍 등의 영향을 크게 받는 매우 위험한 고층 빌딩 환경이기 때문에, 이곳에 로봇을 통한 자동화 공정을 적용하는 경우, 반드시 시스템에 대한 안정성 향상 및 위험도 저감을 위한 노력이 필요하다 [2] - [4].

따라서, 상기의 목적을 달성하기 위하여 건축물의 외벽면에 설치된 멀리언 구조물을 이용한 가이드레일 이동형 외벽유지 관리 시스

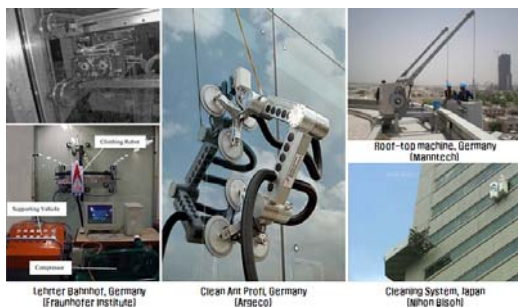


Fig. 1 건축물 유지관리 시스템 개발 현황

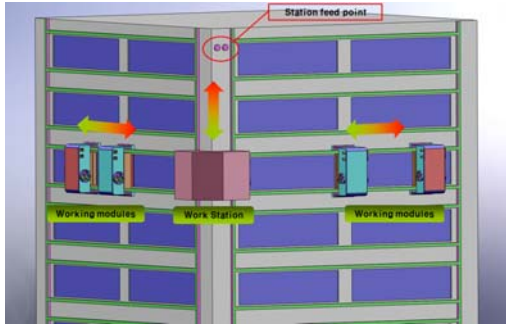


Fig. 2 고층구조물의 외벽 유지관리 로봇 시스템 개념안

탐의 이동 메커니즘과 군집형 로봇 형태를 활용한 시스템의 모듈화 및 이를 통한 시스템의 총중량 및 부피 분산 전략에 대한 개념안을 제안한다. 건축물의 외벽면을 유지, 관리하기 위한 작업 툴, 모니터링 장치가 장착되는 복수의 워킹모듈과 상기의 유지, 관리 작업을 위한 자원, 물자 공급용 워크스테이션을 포함하는 것이 본 개념안의 특징이다 (Fig. 2).

3. 로봇 힘/모션 제어 방법론 제안

상기 워킹모듈에 장착된 작업 툴의 경우 고층 빌딩의 외벽유리면에 대한 청소작업을 주요 작업으로 정하였으며, 로봇의 이동방향과 수직방향으로 로봇의 움직임과 힘을 제어하는 Hybrid 힘/ 모션제어 방식을 적용, 시스템의 청소작업 적용 시 각 상황에 맞는 세정 소요 시간과 힘을 제어함으로써, 비용과 시간을 최소화 하는 효과를 얻고, 이때에 외벽 유리면의 오염 정도에 근거한 설정된 툴의 힘 값을 제어의 기준값으로 활용한다 (Fig. 3).

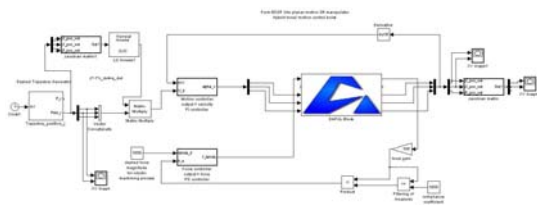


Fig. 3 외벽유지관리를 위한 로봇 힘/모션 제어 개념도

4. 시뮬레이션 및 결론

상기의 로봇 힘/ 모션 제어는 MATLAB™ Simulink 와 Virtual Motion, Daful 시뮬레이터를 이용하여 제어 전략의 가능성을 확인하였다. 외벽 유리면으로 가정된 제한 조건을 설정한 후, 외부 환경과의 접촉을 이루는 로봇 위치제어 명령을 주었을 때 당초 설정된 작업 반력의 크기 (10N) 내로 제어되는 시스템의 성능을 확인할 수 있었다. 추후 시스템의 실제 공정에 투입 시 유리 표면과 공정툴 사이의 각 상황에 따른 접촉력을 고려하여, 본 연구에서 제안하는 힘/ 모션 제어 알고리즘의 적용 전/ 후의 소비전력량 및 시스템 총중량 저감 등의 결과를 비교함으로써, 시스템에 대한 효용성을 보다 효과적으로 실증할 수 있을 것이다.

후기

본 연구는 국토해양부(MLTM) 건설기술 혁신사업(CTIP)의 연구비 지원과 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 고기능로봇매니플레이션 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2010(C7000-1001-0002)).

참고문헌

1. Simons, F, "Repräsentativerhebung zum Stand der Technik von Kletterrobotern und deren Einsatzfeldern", Unveröffentlichte Studie am Fraunhofer IPA. Stuttgart, 2004
2. H. Zhang, J. Zhang, G. Zong, "Realization of a Service Climbing Robot for Glass-wall Cleaning", IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, Shenyang, China, pp. 395-400, 2004
3. P. Mendis, T. Ngo, N. Haritos, A. Hira. B. Samali. J. Cheung, "Wind Loading on Tall Buildings", Electronic Journal of Structural, S.I.: Loading on structure, pp. 41-54, 2007
4. R. Denoon, B. Cochran, D. Banks, G. Wood, "Harvesting Wind Power from Tall Build-ings", CTBUH 8th World Congress, 2008