

커튼월 설치 작업에서 가상 축 생성을 위한 핸들링 디바이스 제안

The proposal of handling device for virtual axis generation on Curtain Wall Installation Method

*강성균¹, #한성수², 송민수³, 김명수⁴

*S. K. Kang¹, #C. S. Han(cshan@hanyang.ac.kr)², M. S. Song³, M. S. Gil⁴

¹ 한양대학교 지능형로봇학과, ²한양대학교 기계정보경영공학부, ^{3, 4}한양대학교 메카트로닉스공학과

Key words : Virtual Axis, Position Detecting, Handling Device, Curtain Wall

1. 서론

최근 초고층 건물을 비롯하여 주거용 건물에 이르기까지 고밀도 공간이 창출해내는 경제성과 유지관리의 효율성이 인정되면서 기존의 창호들로 모든 거주자에게 동일한 물리적 공간과 환경을 제공하려는 것은 더 이상 당위성을 갖지 못하게 되었다. 따라서 거주자들의 다양한 욕구를 충족시키기 위해 건물외피 시스템의 합리적인 변화가 요구된다[1]. 그러한 가운데 건물의 단열성, 수밀성 및 미관을 담당하는 외벽 커튼월은 건축 분야에서 관심의 대상이 되고 있다. 하지만 커튼월 시공법에 의해 설치되는 건축용 외장재는 비교적 중량물에 속하므로 인간의 노동력에만 의존하여 작업하기에는 건설인력의 노령화 및 숙련공이 부족한 현재 건설 산업의 여건을 비추어 볼 때 많은 문제점을 초래하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 기존의 커튼월 시공법 분석과 작업환경을 고려하여 시공 상 안전성을 도모하고 생산성을 향상시키는 자동화 시스템이 개발되었다. 그림 1은 커튼월 시공에 적합한 자동화 장비(ASCI : Automation System for Curtain Wall Installation)로 시공 기간 단축 및 시공 원가절감이 이루어지고, 무엇보다도 작업상의 안전성을 향상시킬 수 있음을 보였다 [2]. 하지만 ASCI를 활용한 시공 사례를 통해서 몇 가지 개선점도 도출되었다. 건설현장은 일반 제조업 자동화 라인과 비교하여 정형화 되어 있지 않은 공정으로 이루어져 있어서 동일한 패턴의 작업이 반복되는 경우는 거의 없다. 그리고 작업자 마다 작업 방식이 다르기 때문에 작업자의 의도를 충분히 반영하기 위해서는 다음과 같은 개선 사항들이 필요하다[3].

- 비정형화된 현장에서 다양한 작업에 따른 조작자의 의도를 추종할 수 있는 로봇
- 작업자와 작업공간을 공유하는 로봇
- 작업자의 힘과 더불어 로봇에 의해 증폭된 작업력의 공조
- 작업자의 숙련도를 반영할 수 있는 직감적인 조작 방식

이러한 요구사항을 충족시키기 위해 본 논문에서는 커튼월 설치 작업에서 작업자를 기준으로 하는 가상 축 생성을 위한 핸들링 디바이스를 제안한다. 작업자는 핸들링 디바이스의 사용으로 커튼월 설치 작업에서 좀 더 직감적인 작업이 가능하다. 이는 곧 작업시간 단축으로 인한 생산성 향상 및 작업자 능률 향상으로 연결된다.

제안된 핸들링 디바이스를 구현하기 위한 연구 내용은 다음과 같다. 우선 기존의 중량물 시공법에 있어서 발생된 문제점들을 제시한다. 언급된 문제점으로부터 작업자가 쉽게 조작할 수 있고,

커튼월에 부착 가능한 핸들링 디바이스를 모델링한다. 그리고 핸들링 디바이스 모델을 가상 축으로 하기 위해 매니플레이터의 End-Effector에서부터 가상 축까지의 위치 정보를 획득하여 가상 축 설정을 위한 방법을 제안한다. 이러한 방법은 기존에 End-Effector를 기준 축으로 하는 커튼월 설치 방법 보다 가상 축을 기준으로 커튼월 설치하는 방법이 작업자의 생산성 향상에 기여할 것으로 기대된다.

2. 기존의 중량물 시공법 분석

그림 2는 건설현장에서 커튼월이나 천장유리와 같은 중량물을 설치하기 위해 개발된 로봇이다[4]. 중량물 설치를 위해서 작업자는 매니플레이터의 End-Effector에 센서와 연결된 원형 손잡이를 잡고 설치 작업을 하게 되는데, 이때 다음과 같은 두 가지 문제점이 발생한다. 첫 번째는 로봇의 Base frame과 작업자의 Base frame이 절대 좌표계를 기준으로 다르게 설정되어 있고 End-Effector를 기준 축으로 동작하는 로봇과 작업자가 의도하는 동작을 위한 축이 서로 다르기 때문에 작업자는 불편함을 느끼게 된다. 두 번째는 작업자가 원형 손잡이를 조작하여 작업 할 때, 원형 손잡이의 중심에 센서가 설치되어 있는 구조로 인해 모멘트를 발생시켜 Translation동작과 Rotation동작을 구분하지 못하게 되어 작업자의 의도와 다른 동작을 발생시킨다. 이러한 문제점들로 인해 설치시간이 길어지게 되고 위험한 환경에 장시간 노출될 경우 누적된 피로로 인해 사고의 위험성이 커지게 된다. 따라서 작업자의 편의를 고려하고, 정하는 축을 기준으로 매니플레이터가 동작 가능하게 하는 가상 축 생성 개념을 도입한 핸들링 디바이스 개발이 필요하다.

3. 핸들링 디바이스

핸들링 디바이스는 건설 현장에서 사용되는 만큼 열악한 환경 및 장시간 작업이 불가피한 작업자의 특성을 고려하여 설계해야 한다. 건설 현장에서 작업자의 로봇 운용공간은 수시로 변하게 되고 주변의 장애물로 부터 안전을 보장 받지 못한다. 그러므로 작업자의 기동성을 도모하기 위해 구조가 간단한 시스템이 필요하고, 장애물로부터 시스템을 보호하기 위해 충분한 내구력을 가진 시스템이 필요하다. 또한 장시간 로봇을 운용하는 작업자의 특성을 고려하여 각종 제어용 스위치의 인간공학적인 설계 및 배치가 중요하다. 그림 3은 앞에서 언급된 고려사항을 바탕으로 설계된 핸들링 디바이스를 나타낸다. 핸들링 디바이스는 사용자



Fig. 1 ASCI (Automation System for Curtain Wall Installation)



Fig. 2 Ceiling glass installation robot

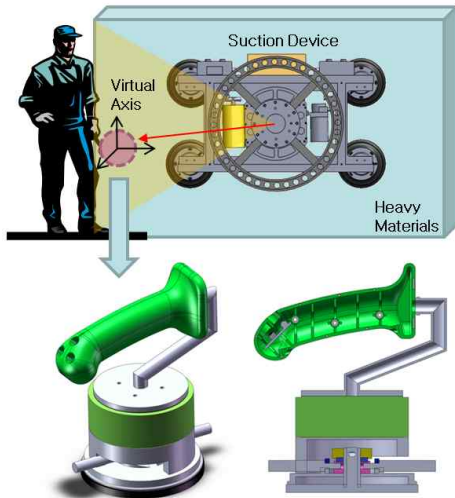


Fig. 3 Handling device for virtual axis generation

의 편리성과 이동성을 고려하고, 작업의 특성상 한 손으로 디바이스를 조작할 수 있도록 가로 x 세로 x 높이는 120 x 120 x 150(mm) 이하로 하여 부피와 무게를 최소화 한다. 핸들링 디바이스를 건설 자재에 고정시키기 위해 작업자로 하여금 부착이 쉬울 뿐만 아니라 디바이스의 고정부와 건설 자재의 접촉으로 인한 훼손을 방지하기 위해 고무 패드를 이용하여 진공 흡착하도록 한다. 적용된 고무 패드는 지름이 120mm으로 80Kg의 물체를 들어 올릴 정도의 흡착력을 가지고 있으며, 커튼월 시공에 사용되는 대부분의 건설 자재인 유리에 효과적으로 사용할 수 있다. 흡착 방법은 고무 패드를 덮는 케이스 가운데 스크류 형태로 설계하여 고무패드의 중심에 연결된 레버를 회전시킴으로써 흡착되도록 한다. 이러한 방법을 통해 흡착기능을 가지는 부분을 모듈 형태로 구성할 수 있고, 이 부분의 교체를 통해 건설 자재의 종류에 제한 없이 사용가능하다.

매니플레이터에 작업자의 힘을 전달하기 위해서 3 DOF Force 센서를 흡착부 상단에 구성한다. 그리고 센서로부터 입력되는 명령들 간에 간섭이 발생되지 않도록 하고, 모멘트의 발생을 최소화 하여 설계한다. 또한 작업자가 조작을 위해 파지하는 손잡이에 이동 모드 및 회전 모드 스위치를 내장하여 작업자의 의도를 선택하여 동작 가능하도록 한다. 그리고 작업자의 조작 명령 이외에 외부의 충격에 의해서 오동작 되는 것을 방지하기 위하여 적외선 센서를 부착하여 작업자가 핸들링 디바이스를 손에 잡고 있을 경우에만 동작하도록 하여 안전사고를 방지하도록 한다. 마지막으로 인체공학적으로 설계된 손잡이는 장시간 사용에도 작업자가 불편함을 느끼지 않게 한다.

4. 가상 축 설정

가상 축 설정은 핸들링 디바이스의 위치검출을 위해 PSD(position sensitive device) 센서와 RC 서보모터를 이용하였다. 매니플레이터의 End-Effector에 RC 서보모터를 고정하고, 모터의 회전축에 PSD 센서를 부착하여 스캐닝 방법을 적용하여 모터로부터 회전각과 센서로부터 거리를 값을 입력받아 핸들링 디바이스의 위치를 정의한다. 원의 중심을 찾기 위한 방법에는 일반적으로 두 점의 좌표와 반지름을 알고 있는 경우 또는 세 점의 좌표를 알 때 원의 중심을 구할 수 있다. 본 논문에서는 두점의 좌표와 반지름을 모터와 센서로부터 입력받아 핸들링 디바이스의 중심 축을 생성하는 방법을 사용한다.

그림 4는 가상 축을 검출하기 위한 알고리즘을 나타내는 것으로 벡터 AD와 벡터 CD는 수직이다. 그리고 벡터 AC의 크기는 r로 정해진다. 이러한 조건으로부터 다음과 같은 식이 유도된다.

$$\overrightarrow{AD} \perp \overrightarrow{CD} = \overrightarrow{AC}^T \cdot \overrightarrow{CD} = 0$$

$$\| \overrightarrow{AC} \| = r$$

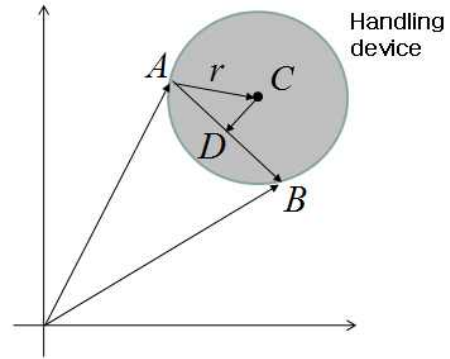


Fig. 4 Virtual axis detecting algorithm

5. 결론

제안된 가상 축 생성을 위한 핸들링 디바이스는 건설 자동화 시스템을 구축하기 위한 단계이며, 최종 목표는 작업자와 로봇이 보다 안전하며 생산성을 향상시킬 수 있는 협업 시스템의 개발이다. 또한 작업자의 직감적인 제어가 가능하도록 작업상황에 대한 정보(힘)를 3 DOF Force 센서를 통해 작업자에게 전달가능 하도록 해야 할 것이다. 본 연구를 통해 제안된 핸들링 디바이스의 기대효과는 다음과 같다.

- 커튼월 설치하는 작업에서 틀에 끼워 맞춤 작업시 작업자가 설정한 축을 중심으로 로봇 구동(이동/회전)이 가능
- 모드 선택을 통하여 힘과 토크의 간섭 발생을 해소
- 로봇의 매니플레이터에 접근하지 않고 작업 가능
- 대형 중량물도 작업가능하며, 설치 작업시 시야 확보가 용이
- 환경(건설 자재)과의 충돌을 최소화 하고 작업시간을 단축
- 커튼월 시공 절차의 간소화, 공기 단축 및 안전성 향상
- 작업자 1명이 작업 가능하도록 함으로써 생산성 향상 및 작업자 감소를 통한 원가 절감

건설 로봇의 완전 자동화를 위해서는 앞으로 지속적인 연구개발이 필요할 것이다. 따라서 향후 개발 분야 및 개발상에 야기되는 문제점에 대해서는 계속하여 개선 및 보완될 예정이다.

후기

본 연구는 국토해양부(MLTM) 건설기술혁신사업(CTIP)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Jin-Kyun Cho, Min-Ho Hong, Chang-Woo Yoo, "A Case Study on Curtain-wall and Window Types of High-rise Residences in Korea for Improvement of Natural Ventilation", AIK, Vol.4, pp.253~261, 2009
2. Seung-Yeol Lee, Kye-Young Lee, Bum-Seok Park, Chang-Soo Han, "A Multidegree-of-freedom Manipulator for Curtain Wall Installation", Journal of Field Robotics, Vol.23, No.5, pp.347~360, 2006
3. Seung Yeol Lee, Kye Young Lee, Sang Heon Lee, Chang-Soo Han, "Human-Robot Cooperative Control for Construction Robot", KSME, Vol 31, No.3, pp.285~294, 2007
4. Myung-Su Gil, Byung-Gab Ryu, ChengJie Li, Min-Sung Kang, Seung-Nam Yu, Chang-Soo Han, "Development and Performance Evaluation of Robot for the Installation of Heavy Ceiling Glass using the Human Robot Cooperation", KSME, Vol.11, pp.835~840, 2009