

대형 및 중량의 건설 자재 설치 작업에서 가상 축 생성을 위한 알고리즘 제안

The Proposal of Virtual Axis Generation Algorithm for Heavy Construction Material Installation

*길명수¹, #한창수², 강성균³, 강민성⁴, 박형준⁵

*M. S. Gil¹, #C. S. Han(cshan@hanyang.ac.kr)², S. K. Kang³, M. S. Kang⁴, H. J. Park⁵

^{1,4} 한양대학교 메카트로닉스 공학과, ^{2,5} 한양대학교 기계공학과, ³ 한양대학교 지능형로봇학과

Key words : Virtual Axis Algorithm, Sensor Detecting Algorithm, HRCS(Human Robot Cooperation System), Modulization

1. 서론

최근 도시형태가 고밀도로 변해감에 따라 건축 구조물 역시 과거에 비해 고층화 및 대형화로 되어가고 있다. 뿐만 아니라 거주자들의 다양한 욕구를 충족시키기 위하여 건축자재 또한 대형화 및 중량화로 되어가고 있다. 일반적으로 자재의 크기와 중량은 시공 가능한 한계 내에서 제작되어 설치된다. 그러나 소비자의 다양한 욕구와 시공 효율성을 위해서 자재의 대형화는 불가피하다.[1] 이렇게 대형화된 자재를 운반 및 설치 하기 위해서 Lee 등은 ‘다자유도 로봇기반 커튼월 시공자동화 장비의 프로토타입 개발’에서 커튼월 설치 로봇을 개발하여 현장 적용 하였다.[2] 작업자가 원거리에서 로봇을 리모트 컨트롤 하는 커튼월 설치 로봇은 작업자의 시야에만 의존하여 설치가 이루어지기 때문에 미세 조정이 필요한 설치 작업에서 기존의 인력 시공에 비해 오랜 작업 시간이 걸리는 문제점이 발생하였다. 그래서 Lee 등은 ‘국내 건설 내/외장재 설치로봇’에서 작업자가 직접 로봇에 설치 된 중량물 또는 HRI(human-Robot Interface)장치를 조정하여 중량물을 설치하는 다목적 필드로봇을 제안 하였고, 모의실험을 통해 검증하였다.[3] Lee 등은 다목적 필드 로봇의 개념을 ‘Design of Ceiling Glass Installation Robot’에서 로봇에 적용하여 실제 현장에서 검증하였고, Gil 등은 ‘인간-로봇 협업기술을 이용한 천장유리 설치 자동화 로봇의 개발 및 성능평가’에서 천장유리 설치 로봇의 성능을 기존의 인력시공에 비교하여 평가 하였다.[4] 이 논문에서 천장유리 설치로봇 또한 커튼월 설치 로봇과 마찬가지로 기존의 설치 방법보다 작업 시간이 오래 걸리는 문제점이 발생 하였고, 그에 대한 원인을 작업자의 미숙련도로 정의 하였다. 아래의 Fig 1 은 커튼월 설치 로봇, 다목적 필드로봇, 천장유리 설치 로봇을 나타낸다.



Fig 1. Heavy material handling robot

일반적으로 Fig 1 과 같은 중량물 핸들링 로봇은 매니플레이터의 끝을 기준으로 전위 및 회전 운동을 한다. 하지만 실제 설치 작업을 할 경우 로봇의 말단 부가 아닌 중량물의 모서리를 기준으로 회전 운동을 하기 때문에 작업자는 직감적으로 작업하기가 어렵다. 또한 Fig 1 의 (b)와는 달리 중량물의 크기가 커진 (a)와 (c)의 경우엔 중량물로 인해 작업자의 시야가 가려져 외부 환경과의 원하지 않는 접촉이 발생 할 수 있다.

이에 본 논문에서는 작업자가 원하는 위치에서 로봇이 전위 및 회전 운동을 할 수 있는 디바이스를 제안한다. 이러한 디바이스는 조작성이 간편하고 휴대용이며 작업자가 좀더 직감적인 작업이 가능하리라 기대된다.

2. 개념 설계

2.1 Virtual axis 정의

가상 축(virtual axis)이란 로봇의 H/W 에서는 실제 존재하지 않지만 제어기 상에서 고려되는 축으로 정의한다. 본 논문에서는 Fig 2 와 같이 6 자유도 KUKA 매니플레이터의 말단 부에 가상의 링크를 만들어 7 자유도 로봇의 운동이 가능하도록 한다.

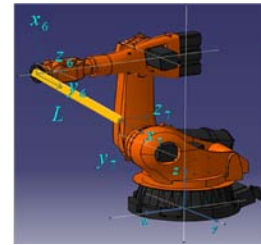


Fig 2. KUKA manipulator using virtual axis

가상 축인 7 번 축은 Z₆ 축과 Z₇ 이 평행한 축으로서 7 번 축에서 입력되는 힘과 토크는 6 번 축을 기준으로 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} f_{6,x} \\ f_{6,y} \\ f_{6,z} \\ \tau_{6,x} \\ \tau_{6,y} \\ \tau_{6,z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_{7,z} \\ f_{7,z} \\ f_{7,z} \\ L \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) f_{7,z} \\ L \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) f_{7,z} \\ L \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) f_{7,x} \end{bmatrix} \quad \text{식 (1)}$$

2.2 개념 설계

본 논문에서 제안한 가상 축을 정의 하기 위해서는 다음과 같은 요소들이 필요하다. 먼저 로봇에 부착된 중량물의 모서리 부분에 축을 정의 하고 작업자의 힘을 입력 받기 위한 핸들링 디바이스가 필요하다. 이러한 핸들링 디바이스는 중량물의 크기나 종류와는 독립적이어야 하고, 탈부착이 가능하여야 한다. 식 (1)을 통해 6 자유도 F/T 센서가 아닌 3 자유도의 힘 센서로도 6 번 축에서의 힘과 토크 입력이 가능하다. 그리고 3 자유도 힘 센서를 사용하기 때문에 힘과 토크의 구분이 필요하다. 정리하면 다음과 같다.

1. 탈부착이 가능한 핸들링 디바이스
2. 작업자의 힘을 입력 받는 3 자유도 로드셀
3. 핸들링 디바이스의 위치를 정의 할 수 있는 위치 감지 장치
4. 핸들링 디바이스의 자세를 정의 할 수 있는 자세 감지 장치
5. 가상의 축을 통해 회전 운동을 할 수 있는 알고리즘

아래의 Fig 3 은 위와 같은 내용을 포함한 개념도이다.

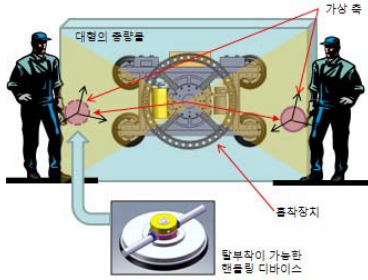


Fig 3. Concept design of handling device

3. Virtual Axis Generation

3.1 Virtual axis detecting algorithm

가상 축을 감지 하는 방법은 PSD(position sensitive device) 센서를 RC 모터에 부착하여 스캔 하는 방법으로 한다. RC 모터의 회전 각과 PSD 센서로부터 거리를 입력 받아 핸들링 디바이스의 위치를 정의 한다. 일반적으로 원의 중심을 알기 위해서는 두 점의 좌표와 반지름을 알고 있거나 또는 세 점의 좌표계를 알아야 한다. 본 논문에서는 두 점의 좌표와 반지름을 입력 받아 핸들링 디바이스의 중심 축을 산출하는 방식을 취하였다.

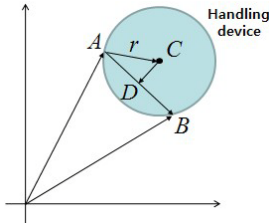


Fig 4. Virtual axis detecting algorithm

위의 Fig 4에서 벡터 AD와 벡터 CD는 수직이다. 그리고 벡터 AC의 크기는 r로 정해진다. 이러한 조건으로부터 다음과 같은 식이 유도된다.

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

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

식 (2)

본 논문에서는 이와 같은 알고리즘을 먼저 MATLAB을 통해 검증한다. 먼저 레퍼런스 원을 정의 하고 실제 데이터를 고려하여 반원을 선택한 후에 0에서 1사이의 랜덤 변수를 생성하여 레퍼런스 반원의 반지름 값에 가감한다. 그리고 이렇게 구해진 반원을 보간하여 선형화 한다. 마지막으로 선형화된 반원을 위의 알고리즘을 통해 원점을 찾는다. 아래의 Fig 5는 선형화된 반원의 원점을 나타낸 그래프이다. 원점의 좌표는 C(10, 10)이고 반지름은 5이다.

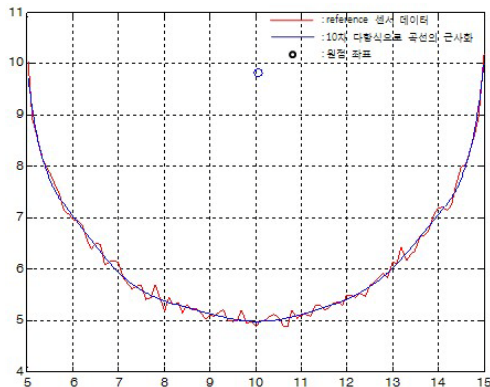


Fig 5. Reference data

3.2 Virtual axis generation

가상 축을 생성하는 알고리즘은 힘과 토크의 관계에 의

해서 정해진다. 토크는 작용되는 힘과 기준 축까지의 수직 거리의 외적으로 정의 된다. Virtual axis detecting algorithm을 통해 정의된 가상의 축까지의 거리를 이용하여 다음의 Fig 6과 같이 힘과 토크를 정의 할 수 있다.

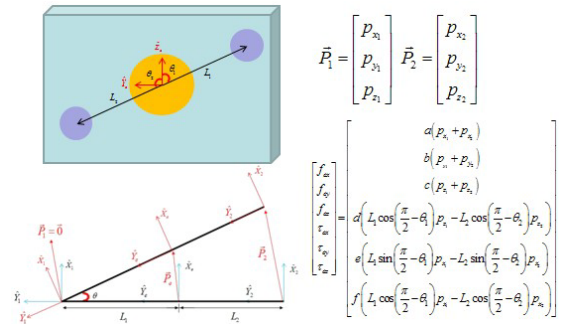


Fig 6. Virtual axis algorithm

4. 모의 실험

본 논문에서는 모의실험을 통해 가상 축에 의해 작업이 이루어지는 가능성을 보여준다. 아래 Fig 7은 실제 KUKA 매니플레이터에 가상 축 알고리즘을 적용하여 중량물 핸들링 작업을 수행하는 실험을 나타낸다.

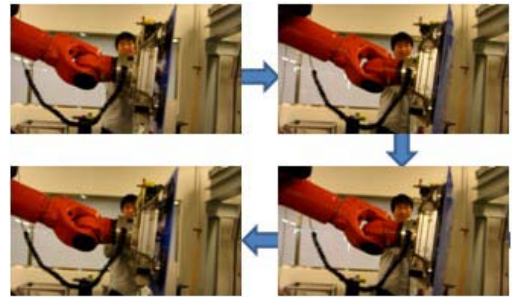


Fig. 7 Experiment of applied virtual axis

5. 결론

본 논문에서는 대형 및 중량의 건설 자재를 설치 하기 위한 방법으로 가상 축에 의해 작업이 이루어지는 방법을 제안하였다. 가상 축이란 H/W 적으로는 실제 존재하지 않지만 제어기로는 구현되는 축으로 정의 하였고, 본 논문에서는 가상 축에 의해 로봇이 전위 및 회전 운동이 가능하도록 제어기를 제안하였다. 가상 축을 정의 하기 위해 핸들링 디바이스를 제안하였고, 핸들링 디바이스를 감지하기 위한 알고리즘을 MATLAB으로 검증 하였다. 그리고 모의 실험을 통해 실현 가능성을 보였다. 이러한 가상 축에 의한 설치작업은 작업자의 직감적인 작업 및 작업의 효율성, 작업의 안전성을 보장 할 수 있으리라 기대된다.

후기

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

참고문헌

1. 김승호 외, "A Robots for dangerous work", 대한기계학회 논문집, Vol.42, No.3, pp. 45~51, 대한기계학회, 2002
2. 이승열 외, 2005, "다자유도 로봇기반 커튼월시공 자동화 장비의 프로토타입 개발", 대한건축학회 논문집, Vol. 28, No. 3, pp. 173~182
3. 이승열 외, 2007, "국내 건설 내/외장재 설치 로봇 : HUSCOR", Vol. 23, No. 8, pp. 201~212
4. 길명수 외, 2009, "인간-로봇 협업기술을 이용한 천장유리 설치 자동화 로봇의 개발 및 성능평가", 대한기계학회학술대회, pp. 835~840