

조선작업 용 착용로봇 작업유닛

A working unit for the wearable robot in the shipbuilding industry

*#임채목¹, 추정훈¹, 장재호², 박상덕², 김수호¹

*#C. M. Lim(cmlim@dsme.co.kr)¹, J. H. Choo¹, J. H. Jang², S. D. Park², S. H. Kim¹

¹대우조선해양(주), ²한국 생산기술 연구원

Key words : wearable robot, working unit

1. 서론

작업유닛이란, 착용로봇에 부착 되어 중량물을 승/하강 및 운반/설치 하기 위한 부가 장비이다. 착용로봇을 산업현장에 적용하기 위한 작업유닛 연구/개발도 점차 활발해져 가는 추세이다. 미국 Lockheed Martin 社에서 개발한 군용 착용로봇인 HULC¹ 는 하지 외골격에서 착용자의 등쪽으로 연결되는 등판에 체결된 작업유닛을 이용해 착용자 정면에 위치한 중량물을 지탱하고 그 무게를 하지 외골격을 통해 지면으로 전달 한다. 하지만 별도의 구동 장치 없이 중량물의 승/하강 및 운반/설치 작업을 하는 것은 현장적용에 한계가 있다.

본 연구에서는 하지 외골격과 작업유닛을 이용하여 조선소 현장에서 발생하는 중량물 운반/설치 작업을 목표로 한 작업유닛 개발을 다루었다.

2. 작업 분석

조선 작업에는 수많은 중량물 운반/설치 작업이 있다. 본 연구에서는 착용로봇 작업유닛을 이용한 대표적인 작업대상으로 조선용 소부재 운반과 의장품 운반/설치 작업을 선택 하였다.(Fig. 1 참조)



Fig. 1 steel pieces & fittings for shipbuilding

소부재와 의장품은 종류가 매우 다양하여 그 형태 및 무게를 특정할 수 없다. 따라서 착용로봇의 구동력을 기준으로 40kg 미만의 중량물을 작업대상으로 제한하였다. 의장품의 경우 파이프나 밸브와 같이 중량물을 특정 위치에 지지한 상태에서 부가적인 bolting 작업이나 용접 작업을 해야 하는 경우가 많다. 이를 위해 중량물의 섬세한 승/하강 기능이 필요하다.

작업유닛을 이용한 중량물의 운반/설치 작업은 크게 5가지 동작으로 이루어 진다.

① 중량물 clamping→ ② 중량물 상승→ ③ 운반(보행)→ ④ 중량물 위치 조정(승/하강) 및 설치→⑤중량물unclamping

3. 조선용 작업유닛 설계 및 제작

작업유닛의 설계 포인트는 중량물 승하강 기능의 구현과 경량화였다. 작업유닛의 주요 기능은 중량물을 클램핑 한 상태에서 안정적으로 무게를 지지해주는 것과 수동 버튼 조작을 통해 중량물을 승/하강 하는 것이다. 상대적으로 작은 용량의 모터를 이용하여 큰 하중을 지지하기 위해 워기어 감속기가 적용되었고 별도의 전자브레이크를 적용하여 안정적인 중량 지지가 가능하도록 하였다. 착용자의 키보다 높은 위치까지 중량물이 승하강 할 수 있도록 와이어&윈치를 이용하여 2500mm 의 스트로크를 확보하였다.

한편, 작업유닛의 무게가 무거울수록 착용로봇 시스템 전체의 불안정성이 높아지기 때문에 초강드랄루민(A7075) 소재를 적용하여 경량화했다. 작업유닛의 기본적인 설계 사양은 Table 1 과 같다.

Table 1 Specification of working unit

Contents	Specification	
Actuator	1 axis actuated	Motor + reduction gear
payload	40kg	Real time sensing w/ load cell
stroke	2000mm	Up-down
weight	17kg	

와이어가 감겨 있는 윈치 및 모터 구동부 일체는 작업유닛 프레임과 로드셀을 통해 체결되어 있는데 별도의 내부 가이드를 통해 상하방향으로 발생하는 힘을 로드셀에 전달해 준다. 이를 통해 착용로봇 쪽으로 실시간으로 센싱된 무게값을 전달해 준다. Fig. 2 는 작업유닛 최종 설계를 나타낸다.

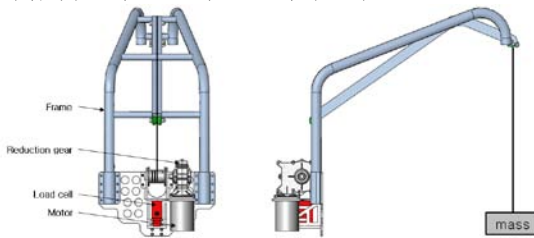


Fig. 2 Design of working unit

4. 작업유닛 적용 구동 알고리즘

Fig. 3 은 작업유닛이 적용된 착용로봇의 좌표계를 나타내며, 양다리 지지 상태의 한쪽 다리 모습이다. 착용로봇의 구동 알고리즘은 각 링크에 걸린 하중을 계산하여 중력보상 해주는 것으로, 슬관절(knee joint), 고관절(hip joint)의 구동기로 실현된다. 계산 편의상 상체(Torso), 작업유닛(Working Unit), 중량물(Weight)의 질량($m_{to}/m_{wu}/m_w$)과 질량중심 ($x, y_{cto}/x, y_{cwu}/x, y_{cw}$)을 각각 m_T 와 x, y_{cT} 로 합쳤다. 중량물 질량(m_w)은 제어 알고리즘 상에서, 로드셀로부터 실시간으로 센싱되는 값으로 변환된다.

$$m_T = m_{to} + m_{wu} + m_w$$

$$x_{cT} = m_{to} \cdot x_{cto} + m_{wu} \cdot x_{cwu} + m_w \cdot x_{cw}$$

$$y_{cT} = m_{to} \cdot y_{cto} + m_{wu} \cdot y_{cwu} + m_w \cdot y_{cw}$$

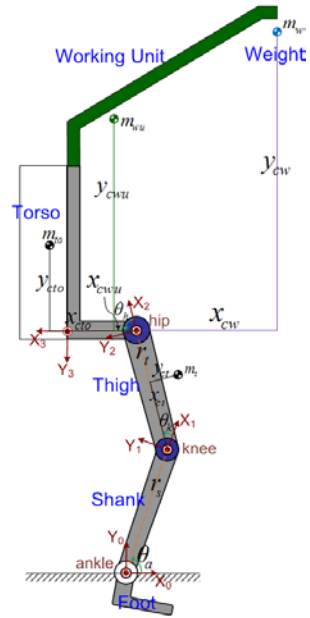


Fig.3 Coordinate Frames of Wearable Robot

중력보상을 위한 슬관절, 고관절의 요구 토크는 아래와 같이 계산되며, 실시간으로 제어에 반영된다.

$$\tau_{knee} = m_t \cdot g \cdot \{x_{ct} \cdot \cos(\theta_a + \theta_k) - y_{ct} \cdot \sin(\theta_a + \theta_k)\} + m_T \cdot g \cdot \{r_t \cdot \cos(\theta_a + \theta_k) + x_{cT} \cdot \cos(\theta_a + \theta_k + \theta_h) - y_{cT} \cdot \sin(\theta_a + \theta_k + \theta_h)\}$$

$$\tau_{hip} = m_T \cdot g \cdot \{x_{cT} \cdot \cos(\theta_a + \theta_k + \theta_h) - y_{cT} \cdot \sin(\theta_a + \theta_k + \theta_h)\}$$

5. 결론

본 연구에서는 중량물 승하강 기능이 구현된 조선 작업용 작업유닛 개발을 다루었다. 경량화된 작업유닛은 로드셀에 의해 중량물 무게를 측정할 수 있으며, 이는 실시간으로 착용로봇 중력보상 제어에 반영된다.

참고문헌

1. Missiles and Fire Control, Lockheed Martin, HULC, <http://www.lockheedmartin.com/products/hulc/>
2. Racine J., "Control of a Lower Extremity Exoskeleton for Human Performance Amplification", Ph.D. Degree Report, University of California, Berkeley, CA, 2003.