

# 단순 반복 작업자를 위한 상지 외골격 로봇 설계 Design of the Upper-Limb Exoskeleton Robot for Simple and Repetitive Worker

\*윤덕원<sup>1</sup>, #한창수<sup>1</sup>, 장혜연<sup>1</sup>, 김규정, 한정수<sup>3</sup>

\*D. W. Yun<sup>1</sup>, #C. S. Han(cshan@hanyang.ac.kr)<sup>1</sup>, H. Y. Jang<sup>1</sup>, K. J. Kim<sup>2</sup>, J. S. Han<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>한양대학교 기계공학과, <sup>2</sup>한양대학교 지능형로봇학과, <sup>3</sup>한성대학교 기계시스템공학과

Key words : Human-Robot Cooperation, Power assist, Upper-limb, Exoskeleton

## 1. 서론

로봇기술이 발전하면서 인력을 이용하여 작업하는 생산 및 제조 분야의 많은 부분을 산업용 로봇 및 특수 목적의 로봇으로 대체하고 있다. 하지만 제조 현장에 로봇이 사용되는 것은 주로 정형화된 작업물을 다루거나 정형화된 작업이 이루어지는 부분이며 그렇지 않은 것에서는 아직도 인력을 이용하여 작업을 하고 있다. 특히 인력을 주로 이용하는 작업은 오랜 시간 단순 반복 작업을 수행하는 경우가 많다. 이러한 단순 반복 작업은 근골격계 질환의 원인이 되며 특정한 신체부위의 불편하고 부자연스러운 작업자세, 강한 노동강도, 작업 시 요구되는 과도한 힘등이 그 원인이 된다. 최근에는 이러한 문제를 해결하기 위해 인간과 로봇이 협업하는 기술을 개발 하였다. 인간-로봇 협업 시스템은 크게 일반적인 산업용 로봇을 이용하여 사람과 협업하는 방식과[1] 인간의 관절 구조와 유사한 외골격 로봇을 착용하여 협업하는 방식으로 나눌 수 있다.

외골격 로봇은 인간의 감각기관 및 판단능력과 로봇의 큰 가반하중을 이용하여 사람이 할 수 있는 다양한 환경의 복잡한 작업을 수행할 수 있는 것이 가장 주요한 장점이다. 이러한 장점을 이용하여 군사, 의료, 산업에서 외골격 로봇의 응용 사례가 많아지고 있으며 많은 연구가 진행되고 있다 [2][3].



Fig. 1 Simple and Repetitive Worker.

본 연구에서는 이러한 외골격 로봇의 장점을 이용하여 단순 반복 작업을 하는 작업자의 근력 지원을 할 수 있는 로봇을 개발 하였다.

## 2. 로봇 동작 방식 및 자유도 결정

단순 반복 작업의 근력 보조를 위한 외골격 로봇 설계 시 가급적 사용자의 관절 자유도와 작업 환경의 작업영역을 고려해야 한다. 본 연구의 대상이 되는 작업환경은 상체를 넓은 영역에서 움직이며 다양한 형태의 중량물을 이동시키는 작업이다.

먼저 넓은 영역에서 작업자가 로봇을 사용할 수 있도록 일반적인 어깨관절의 회전 3자유도와 팔꿈치의 회전 1자유도의 형태에 로봇의 기저부의 회전 1자유도와 직진관절 1자유도를 추가하여 넓은 작업영역에서 로봇을 사용할 수 있도록 하였다. 또한 일반적으로 중량물의 위치를 이동시킬 때 수평방향의 이동 보다는 수직방향의 이동시 더 많은 근육에 피로를 발생하는 것으로 알려져 있다 [4]. 로봇의 모든 관절을 구동할 경우 비용 및 제어 측면에서 많은 손실이 발생 하므로 로봇의 구동 관절은 근육의 피로를 많이 덜어 줄 수 있는 어깨 1자유도 팔꿈치 1자유도로 결정 하였다.

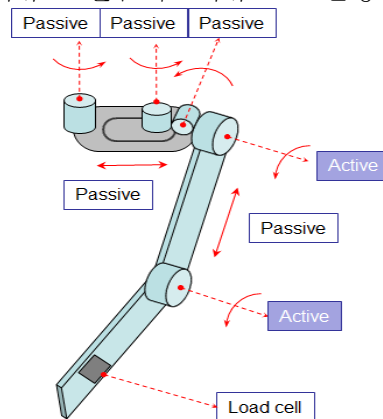


Fig. 2 Conceptual Design of Exoskeleton Robot.

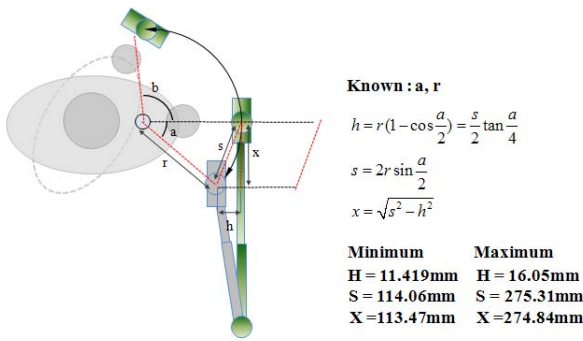


Fig. 3 Structure of Passive Joint for Shoulder Joint Motion at Workspace.

수동관절의 길이와 구조는 작업 범위 내에서 인간의 어깨관절 동작을 수용할 수 있도록 결정되었다. 어깨관절은 흉쇄관절과 견쇄관절, 관절와상관절, 견흉관절로 구성되며 수평면에서 내회전과 외회전 운동시 어깨관절의 축이 변화 된다. 쇄골에 대한 해부학적 평균 길이는  $149 \pm 0.1\text{mm}$ 이며 이러한 수치는 해부학적 기준에 의해 설계에 반영 하였다.[5]

### 3. 외골격 로봇 제작

설계 인자를 기반으로 로봇을 제작 하였다. 로봇의 제작 시 액추에이터로 BLDC모터, 감속기로 하모닉 기어를 이용하여 고감속비 및 고효율이 가능하도록 하였다. 모터의 사양은 인체 동작 분석 데이터를 기반으로 작업장에서 5kg의 중량물을 옮기는 것을 가정, 시뮬레이션을 수행하여 결정하였다. 감속비를 고려한 관절토크는 어깨가 38.7Nm, 팔꿈치 관절은 13.4Nm이다. 수동형 회전 관절은 복합 베어링을 사용하여 부드러운 움직임이 가능하도록 하였으며 직진관절은 리니어슬라이드를 이용하였다. HRI부는 하박의 1점에서 사람과 체결되게 고안 되었으며 체결 부위에 2축 로드셀을 이용하여 사용자의 동작 의도를 파악 할 수 있도록 제작 되었다.



Fig. 4 Exoskeleton Robot for Simple and repetitive Worker.

### 4. 결론

본 연구에서는 반복적으로 중량물을 움직여야 하는 작업자를 위해 비교적 넓은 영역에서 작동이 가능한 근력지원 외골격 로봇을 개발 하였다. 효율적인 근력지원을 하기 위하여 중력방향의 근력 부담을 줄 수 있는 어깨, 팔꿈치에 각 1개의 액추에이터를 이용하였으며 다른 관절은 베어링과 리니어슬라이드를 이용하여 구현하였다. 각 관절의 길이와 구조는 인체 해부학적 정보를 기반으로 설계 되어 졌으며 시뮬레이션을 통해 약 5kg의 작업물을 다룰 수 있는 모터를 선정하여 제작 하였다.

### 후기

본 연구는 'Seoul R&BD Program(PA100077)'의 지원을 받아 수행하였음.

### 참고문헌

1. Seung Yeol Lee et. al., Human-robot cooperation control for installing heavy construction material, Autonomous Robots, Vol. 22, No. 3, pp. 305-319, 2006.
2. R. A. R. C. Gopura, Mechanical Design of Active Upper-Limb Exoskeleton Robots State-of-the-Art and Design Difficulties, 2009 IEEE 11th International Conference on Rehabilitation Robotics, pp. 178-187. 2009
3. Rui C. V. Loureiro et. al., Advances in upper limb stroke rehabilitation: a technology push, Medical and Biological Engineering and Computing, Vol. 49, No. 10, pp. 1103-1118, 2011
4. 고광진, 김규정, 서아름, 장혜연, 한정수, 한창수, "사용자의 작업 목적에 따른 작업영역 분석 및 관절 자유도 결정에 관한 연구", 2011 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp 951-952, 2011
5. Clifford G. Rois et. al., Anatomy of the Clavicle and Coracoid Process for Reconstruction of the Coracoclavicular Ligaments, The American Journal of Sports Medicine, Vol. 35, No. 5, pp. 811-817