

# 인간 근력지원을 위한 착용형 로봇의 메커니즘 설계 Mechanism Design of Wearable Robot for Power Assistance

\*#김효곤<sup>1</sup>, 이종원<sup>2</sup>, 장재호<sup>1</sup>, 한창수<sup>3</sup>, 박상덕<sup>1</sup>

\*#H. G. Kim(kimhg@kitech.re.kr)<sup>1</sup>, J. W. Lee<sup>2</sup>, J. H. Jang<sup>1</sup>, C. S. Han<sup>3</sup>, S. D. Park<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>과학기술연합대학원대학교 지능형로봇공학과, <sup>3</sup>한양대학교 기계공학과

Key words : Wearable Robot, Exoskeleton, Hydraulic Power

## 1. 서론

최근 인간의 힘을 증폭하거나 인간의 활동을 보조하는 착용형 로봇이 활발히 연구되고 있다. 착용형 로봇은 용도에 따라 보행 보조 등의 재활을 목적으로 하는 착용형 로봇과 근력 지원을 목적으로 하는 착용형 로봇으로 분류할 수 있다. 전자의 대표적인 로봇으로 Berkeley Bionics사의 eLeg와 Argo Medical Technologies사의 Rewalk를 들 수 있고 후자의 대표적인 로봇으로 SARCOS사의 XOS2와 U.C. Berkeley의 BLEEX(Berkeley Lower Extremity Exoskeleton)를 들 수 있다 [1].

XOS2와 BLEEX는 구현한 모든 관절에 액추에

이터를 설치하여 근력을 지원하지만 이로 인해 고중량이고 에너지 효율이 떨어지는 단점이 있다.

본 논문은 근력 지원을 목적으로 하는 착용형 로봇의 메커니즘 설계에 대한 내용으로 인간의 보행분석을 통해 수동관절을 적용하고 경량화한 효율적인 착용형 로봇을 제안하였다(Fig. 1).

## 2. 인간 보행 분석

인간의 보행 주기는 약 60%의 입각기(Stance phase)와 약 40%의 유각기(Swing phase)로 나뉜다. 착용형 로봇은 입각기에 부하를 지면으로 전달하여 착용자에게 가해지는 부하를 줄여준다.

Fig. 2는 보행 시 한주기 동안에 관절에 필요한 파워를 나타낸다. 토크와 각속도의 곱이 음이 되는 Negative Power구간이 발생된다. 중력을 버티는 구간으로 Negative Power구간의 위치에너지를 저장하고 Positive Power구간에 저장한 위치에너지를 소모시킬 수 있다. 본 연구에서 개발한 착용형 로봇 Hyper-2 (Hydraulic Powered Exoskeleton Robot)는 수동관절에 스프링을 사용하여 Negative구간의 위치에너지를 저장하고 Positive Power구간에 위치에너지를 소모하여 착용자에게 도움을 준다.



Fig. 1 Hyper-2(Hydraulic Powered Exoskeleton Robot)

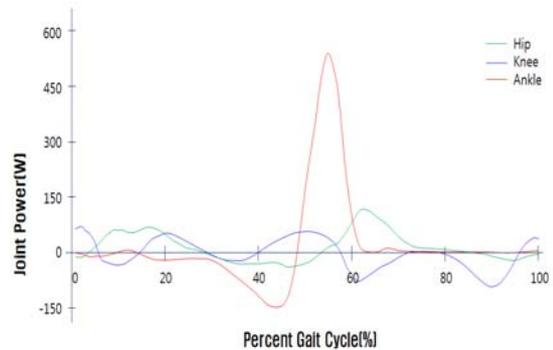


Fig. 2 Joint Power of motion of the saggital plane [2].

### 3. 착용형 로봇 메커니즘 설계

인간의 다리는 크게 고관절(Hip)과 슬관절(Knee), 족관절(Ankle)로 구성되며, 자유도(DOF: Degrees of Freedom)는 각각 3개, 1개, 3개를 가지고 있다. 7개의 자유도를 모두 구현하려면 필요한 액추에이터의 수가 많아지고 파워시스템 또한 커지게 되므로 착용형 로봇의 중량이 커지게 된다.

본 연구에서 개발된 착용형 로봇 Hyper-2는 고관절의 굴곡(Flexion)과 신전(Extension), 슬관절의 굴곡과 신전이 유압실린더를 사용한 능동관절이고 고관절의 내전(Adduction)/외전(Abduction), 내회전(Medial Rotation)/외회전(Lateral Rotation)과 족관절의 내전/외전은 수동관절이다.

유압 실린더의 결합위치와 스트로크는 관절의 토크, 속도와 동작 범위를 결정한다. Fig. 3은 Hyper-2의 관절 시스템의 간략도이고 관절 각도와 액추에이터의 스트로크간의 관계식은 식(1)과 같다.

$$\begin{aligned} \beta &= \cos^{-1}\left(\frac{a^2 + r^2 - d^2}{2ar}\right) \\ \theta &= \pi - \alpha_1 - \alpha_2 - \beta \\ \dot{\theta} &= \frac{d}{ar \sin(\theta - \pi - \alpha_1 - \alpha_2)} \dot{d} \\ d &= \sqrt{r^2 + a^2 - 2ar \cos(\beta)} \\ &= \sqrt{r^2 + a^2 - 2ar \cos(\theta - \pi - \alpha_1 - \alpha_2)} \\ \dot{d} &= \frac{ar}{d} \sin(\beta) \dot{\beta} = \frac{ar}{d} \sin(\theta - \pi - \alpha_1 - \alpha_2) \dot{\theta} \end{aligned} \quad (1)$$

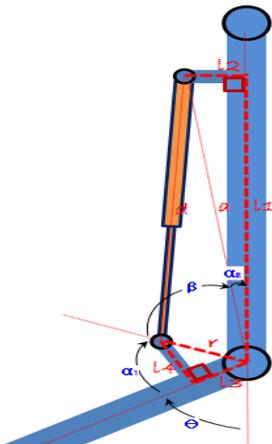


Fig. 3 Configuration of a linear hydraulic actuator

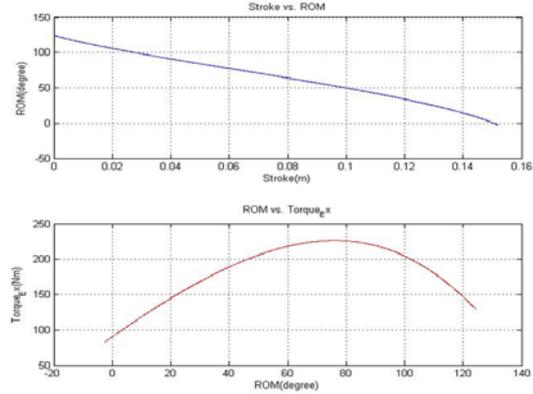


Fig. 4 Joint Torque vs. ROM

인간의 관절 동작 범위, 필요 토크 및 각속도를 충족시키도록 설계하였다. Fig. 4는 선정된 유압 실린더의 결합위치와 스트로크의 길이에 따른 관절 토크와 동작범위의 관계 그래프이다.

### 4. 결론

본 연구에서는 인간의 보행 분석을 통해 수동관절을 적용하고 경량화한 효율적인 착용형 로봇을 제안하였다. 수동관절에 스프링을 사용하여 Negative 구간의 위치에너지를 저장하고 Positive Power 구간에 위치에너지를 소모하여 착용자에게 도움을 준다. 향후 성능을 평가하기 위한 시뮬레이션 및 실험을 수행할 계획이다.

### 후기

본 연구는 한국생산기술연구원 SEED형 연구사업(Super Soldier/Labor 구현을 위한 고출력 외골격 로봇 슈트)의 지원을 받아 수행한 연구입니다.

### 참고문헌

1. Kult Amundson, Justin Raade, Nathan Harding and H. Kazerooni, "Development of Hybrid Hydraulic-Electric Power Units for Field and Service Robots," *Advanced Robotics*, vol. 20, no. 9, pp. 1015-1034, 2006.
2. M. Popovic, A. Goswami, and H. Herr, "Ground reference points in legged locomotion: Definitions, biological trajectories and control implications," *Int. J. Robot. Res.*, vol. 24, no. 12, pp. 1013-1032, 2005.