

# 고하중물 이송을 위한 착용식 로봇 개발 Development of Wearable Robot to Carry heavy Loads

\*#김효곤<sup>1</sup>, 이종원<sup>2</sup>, 장지호<sup>1</sup>, 한광수<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, Genetic Algorithm

## 1. 서론

최근 인간의 힘을 증폭하거나 인간의 활동을 보조하는 착용식 로봇이 활발히 연구되고 있다. 착용식 로봇은 용도에 따라 보행 보조 등의 재활을 목적으로 하는 착용식 로봇과 근력 지원을 목적으로 하는 착용식 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



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

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

본 논문은 근력 지원을 목적으로 하는 착용식 로봇의 메커니즘 설계에 대한 내용으로 인간의 보행분석을 통해 능동관절과 수동관절을 최적으로 조합하여 경량화한 효율적인 착용식 로봇을 제안하였다(Fig. 1).[3]

능동관절은 선형 유압액추에이터를 사용하여 근력을 지원한다. 선형유압액추에이터는 부피대비 큰 힘을 내는 장점이 있으나 액추에이터의 위치에 따라 출력 토크와 ROM(Range of Motion)이 변하게 되므로 위치선택이 중요하다. 최적의 위치를 결정하기 위해 유전자알고리즘을 이용하였다.

## 2. 인간 보행 분석

인간의 보행 주기는 약 60%의 입각기(Stance phase)와 약 40%의 유각기(Swing phase)로 나뉜다. 착용식 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 Power 구간이 발생된다. 중력을 버티는

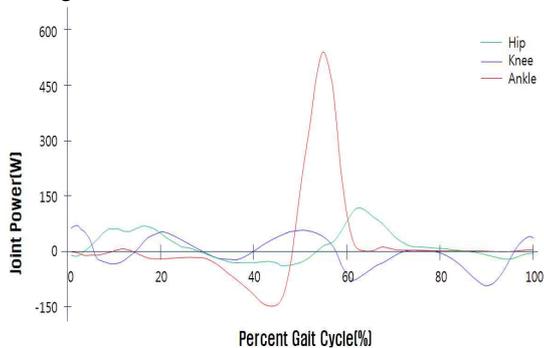


Fig. 2 Joint Power of motion of the sagittal plane [2].

구간으로 Negative Power 구간의 위치에너지를 저장하고 Positive Power 구간에 저장한 위치에너지를 소모시킬 수 있다. 본 연구에서 개발한 착용식 로봇 Hyper-2 (Hydraulic Powered Exoskeleton Robot)는 수동관절에 스프링을 사용하여 Negative 구간의 위치에너지를 저장하고 Positive Power 구간에 위치에너지를 소모하여 착용자에게 도움을 준다.[3]

### 3. 메커니즘 최적 설계

선형유압액추에이터는 부피대비 큰 힘을 내는 장점이 있다. 액추에이터의 위치에 따라 출력 토크와 ROM(Range of Motion)이 변하게 되므로 위치선택이 중요하다.

▷ Maximize:  $F(X)=Torque$ , at Minimum Stroke

▷ Subject to:

$$g_1(X): ROM = 110^\circ$$

$$g_2(X): \text{To Avoid Mechanical Interference}$$

$$0.015 < L_1 < 0.307 \quad \text{Side constraints}$$

$$0.028 < L_2 < 0.1$$

$$0.015 < L_3 < 0.2$$

$$0.028 < L_4 < 0.1$$

$$\text{where } X = \begin{Bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \\ L_n \end{Bmatrix} \quad \text{design variables} \quad (1)$$

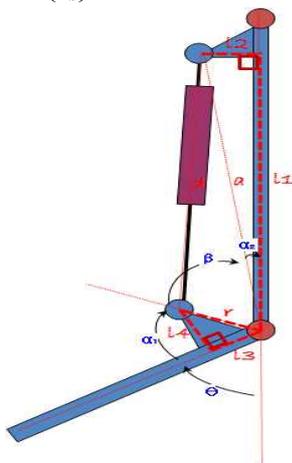


Fig. 3 Configuration of a linear hydraulic actuator

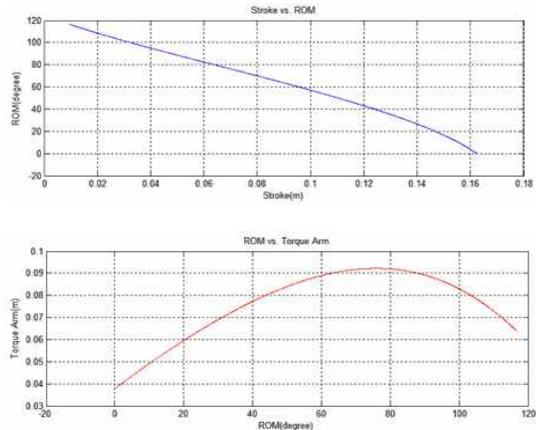


Fig. 4 Joint Torque vs. ROM

목적함수와 제한조건, 설계변수는 식(1)과 같고 Fig. 3은 Hyper-2의 관절 시스템의 간략도이다. 유전자 알고리즘을 적용하여 액추에이터의 위치를 최적화 하였으며 도출된 설계변수가 적용된 관절 토크와 동작범위의 그래프는 Fig. 4와 같다. 착용자의 관절이 굽혀짐에 따라 출력토크가 증가하고, ROM을 만족하면서 기구적 간섭을 피하는 액추에이터의 최적 위치를 도출하였다.

### 4. 결론

본 연구에서는 인간의 보행 분석을 통해 수동관절을 적용하고 경량화한 효율적인 착용식 로봇을 제안하였다. 유전자 알고리즘을 사용하여 ROM을 만족하고 기구적 간섭을 피하면서 착용자의 관절이 굽혀짐에 따라 출력토크가 증가되는 액추에이터의 최적 위치를 결정하였다.

### 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.
3. 김효곤, 이종원, "인간 근력지원을 위한 착용형 로봇의 메커니즘 설계", 한국정밀공학회 2010년도 춘계학술대회논문집, 41-42, 2010.