

# 고하중 작업을 위한 착용형 로봇 개발 Development of Wearable Robot to handle heavy Loads

\*#김효곤<sup>1</sup>, 이종원<sup>2</sup>, 박상신<sup>1</sup>, 이석우<sup>2</sup>, 손현목<sup>1</sup>,  
임채묵<sup>3</sup>, 홍진철<sup>3</sup>, 장재호<sup>1</sup>, 한창수<sup>4</sup>, 박상덕<sup>1</sup>

\*#H. G. Kim(kimhg@kitech.re.kr)<sup>1</sup>, J. W. Lee<sup>2</sup>, S. S. Park<sup>1</sup>, S. W. Lee<sup>2</sup>, H. M. Son<sup>1</sup>,  
C. M. Lim<sup>3</sup>, J. C. Hong<sup>3</sup>, J. H. Jang<sup>1</sup>, C. S. Han<sup>4</sup>, S. D. Park<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>과학기술연합대학원대학교 지능형로봇공학과,  
<sup>3</sup>대우조선해양(주), <sup>4</sup>한양대학교 기계공학과

Key words : Wearable Robot, Exoskeleton, Negative power, Hydraulic Power

## 1. 서론

현재 착용형 로봇은 장애를 개선하고 치료하기 위한 용도와 근력을 증가시키는 용도로 개발되고 있다. 근력을 증가시키기 위한 대표적인 착용형 로봇으로 Raytheon사의 XOS2와 U.C. Berkeley의 BLEEX(Berkeley Lower Extremity Exoskeleton)가 있다[1].

XOS2와 BLEEX는 구현한 모든 관절에 액추에이터를 설치하여 근력을 지원하지만 이로 인해 고중량이고 에너지 효율이 떨어지는 단점이 있다.

이에 반해 특정 관절을 수동 관절로 대체하고 필요부위만 지원하는 연구들이 많이 이루어지고 있다. Lockheed-Martin사의 HULC와 사이버다인의 HAL-5가 대표적인 사례이다. 이 로봇들은 고관절의 회전, 내전과 외전, 발목의 굴곡과 신전을 수동관절로 하여 경량화 하였다.[2]

본 논문은 고하중물을 들어 올리고 운반하는데 효율적인 착용형 로봇의 개발에 대한 것으로 인간의 동작을 분석하여 능동 및 수동 관절을 적용하고 경량화 하였다. 능동 관절은 정방향 파워 구간에서 파워를 발생시키고 부정방향 파워 구간에서는 에너지를 소산시킬 수 있는 유압시스템을 구성하여 적용하였고 선형 액추에이터에 PEA를 적용하여 액추에이터의 토크 생성을 향상시켰다.[3]

## 2. 인간 동작 분석 및 적용

고하중물을 들어 올리고 운반하는 동작을 분석하기 위해 MotionAnalysis사의 광학식 Motion Capture System과 2개의 force plate를 사용하였다. 피험자는 몸무게 80kg, 키 178cm의 20대 남성으로

얇고 하중물을 들어 올리는 동작과 1.38m/s의 빠른 보행시의 관절 각도, 토크, 파워 등을 추출하였다. 보행 주기가 약 60%의 입각기(Stance phase)와 약 40%의 유각기(Swing phase)로 구분됨을 확인하였다. 입각기는 하중을 버티는 구간으로 각 관절에 큰 토크가 필요했으나 유각기는 스텝을 옮기는 구간으로 상대적으로 작은 토크가 요구되었다. 입각기에서 하중을 지탱하는 토크와 반대방향의 속도를 가진 구간이 존재하는데 이 구간은 Negative Power 구간이라고 한다.

얇는 동작 역시 Negative Power 구간으로 이 구간에서 에너지를 소산시킬 수도 있고 에너지를 저장하여 Positive Power 구간에 재사용할 수도 있다.

본 연구에서 개발된 착용형 로봇은 Positive Power 구간에서 파워를 발생시키고 Negative Power 구간에서는 에너지를 소산시킬 수 있는 유압시스템을 구성하였고[3], 선형 액추에이터에 PEA (Parallel elastic actuation)를 적용하여 Negative

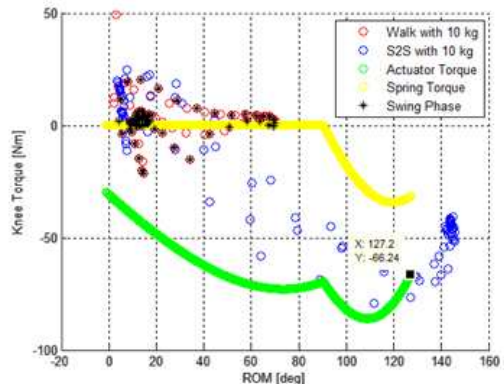


Fig. 1 Knee angle vs. Knee torque

Power 구간에서 에너지를 저장하고 Positive Power 구간에서 에너지를 재사용한다. Fig. 1은 10kg의 하중물을 들고 앉고 일어서기 및 걷기동작시의 무릎 관절각에 대한 토크 그래프이다. 상단의 굵은 실선은 스프링이 발생시키는 토크로 Negative Power 구간에서 에너지를 저장하고 Positive Power 구간에서 에너지를 재사용하여 토크를 발생시켜 액추에이터의 부족한 토크를 보상하였다. 하단의 굵은 실선은 착용형 로봇의 각도별 토크 출력이다. 하중물을 들고 앉고 일어서기 및 걷기동작시의 토크를 0에서 122 까지 만족함을 확인하였다.

### 3. 메커니즘 최적 설계

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

유압액추에이터는 부피대비 큰 힘을 내는 장점이 있다. 액추에이터의 위치에 따라 출력 토크와 ROM(Range of Motion)이 변하게 되므로 위치선택이 중요하다. 착용형 로봇 관절 시스템의 간략도는 Fig. 2와 같다. 착용자의 관절이 굽혀짐에 따라 출력 토크가 증가하고, ROM을 만족하면서 기구적 간섭을 피하는 액추에이터의 위치를 최적화 설계 기법을 사용하여 도출하였다.[3]

Fig. 3은 착용형 로봇의 부하 테스트 장면이다. 28kg의 고하중물을 들고 전진, 후진 보행 및 방향 전환이 가능함을 확인하였다.

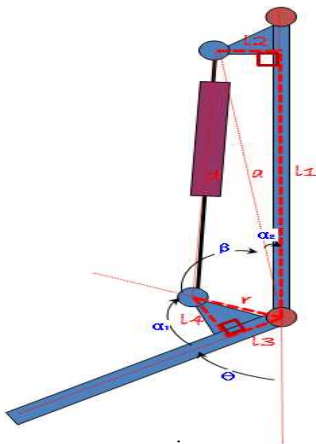


Fig. 2 Configuration of a linear hydraulic actuator



Fig. 3 Wearable Robot to handle heavy Loads

### 4. 결론

본 연구는 고하중물을 들어 올리고 운반하는데 효율적인 착용형 로봇의 개발에 대한 것으로 인간의 동작을 분석하여 능동 및 수동 관절을 적용하고 경량화 하였다. 능동 관절은 Positive Power 구간에서 파워를 발생시키고 Negative Power 구간에서는 에너지를 소산시킬 수 있는 유압시스템을 적용하였고, 선형 액추에이터에 PEA를 사용하여 Negative Power 구간에 에너지를 저장하고 Positive Power 구간에서 에너지를 재사용하여 액추에이터의 토크 생성을 향상시켰다.

향후 성능을 평가하기 위한 실험을 수행할 계획이다.

### 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. Tsukahara, A, et al., Sit-to-stand and stand-to-sit transfer support for complete paraplegic patients with robot suit HAL. *Advanced Robotics*, 24(11), pp.1615-1638, 2010
3. 김효곤, 이종원, "인간 근력지원을 위한 착용형 로봇의 메커니즘 설계", 한국정밀공학회 2010년도 추계학술대회논문집, 41-42, 2010.