

사용자 의도신호를 이용한 유압식 하지 근력지원 로봇

Power-assist Hydraulic Robot using Intent Signal

*#장재호¹, 이종일², 김호곤^{1,3}, 박상덕¹, 손용래^{1,3}

*#J. H. Jang(jaeho@kitech.re.kr)¹, J. W. Lee², H.G.Kim^{1,3}, S. D. Park¹, W. H. Son^{1,3}

¹ 한국생산기술연구원 지능형로봇연구부, ²과학기술연합대학원대학교 지능형로봇공학과, ³한양대학교 메카트로닉스학과

Key words : Lower Limb, Robot Suit, Exoskeleton

1. 서론

최근 인간의 근력을 보조/증폭 시켜 보행에 도움을 줄 수 있는 외골격 타입의 근력지원 로봇이 국내외적으로 활발히 연구되고 있다. 근력지원 로봇은 많은 분야에서 활용 가능하다. 노약자 또는 장애인들을 위한 보행 보조 및 재활의 목적으로, 정상인들을 위한 근력 증폭 목적으로 사용되어 질 수 있다. 재활을 목적으로 하는 근력지원 로봇은 작은 가반하중에 빠른 보행이 필요하기 때문에 주로 모터 등을 액추에이터로 사용하여 설계 되어진다. 하지만, 근력 증폭의 목적으로 쓰이는 외골격 로봇은 사람이 내는 힘을 매우 큰 힘으로 증폭해야 하므로 모터보다는 주로 유압 액추에이터를 이용하여 설계한다.

국외에서 개발된 근력 지원 로봇은 U. C. 버클리의 BLEEX와 SARCOS 사의 XOS, 그리고 일본 츠크바 대학에서 개발한 HAL이 대표적이다 [1]. BLEEX는 유압 리니어 액추에이터를 사용하였으며, 자체 동력으로 독립보행 할 수 있는 것이 가장 큰 특징이다 [2]. SARCOS 사의 XOS는 유압 회전형 액추에이터를 사용하였으며 단 3개의 접촉점(양 발과 허리 부분)을 이용하여 착용자의 의도를 파악하여 제어하는 것이 특징이다 [1]. 츠크바 대학의 HAL은 모터를 사용하였으며 EMG 센서를 이용하여 근육 신호를 바탕으로 착용자의 의도를 파악해 동작한다 [3].

본 연구에서는 고중량물 싣고 보행을 하기 위하여 힘센서를 이용하여 사용자 의도신호를 인식하여 구동되는 근력지원 로봇을 설계, 제작, 실험을 하였다.

2. Biomechanics of Human Walking

본 연구의 목적에 부합한 하지 근력지원 로봇을 설계 및 제작하기 위해서는 인간의 보행을 운동역학 관점에서 분석할 필요가 있다 [1]. 만약, 사람이 보행을 하는데 사용하는 힘보다 근력지원 로봇이 낼 수 있는 힘이 적다면 사람에게 부하로 작용될 것이 분명하기 때문이다. 본 연구에서는 한국인 18-40세 10명의 정상인이 1.1m/s 의 속도로 보행을 할 때, 4개 자유도(Hip Adduction/Abduction, Hip Flexion/Extension, Knee Flexion/Extension, Ankle Flexion/Extension)에 대한 관절 동작 범위와 관절 토크를 분석하였다. Fig. 1 와 Fig. 2은 각각 인간 보행 주기에 따른 각 관절의 운동 범위와 발생하는 토크의 변화를 그래프로 나타내고 있으며, 70 kg 의 보행자가 1.1 m/s 의 속도로 보행하고 있을 때 각 관절에서 걸리는 최대 각속도 및 최대 관절 토크를 Table 1 에 나타내었다.

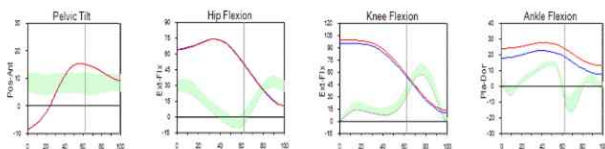


Fig. 1 Ranges of motion of the sagittal plane.

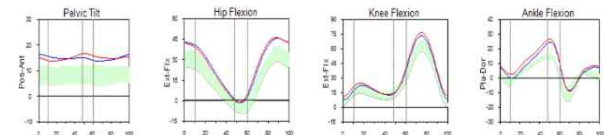


Fig. 2 Joint torque of the sagittal plane. Adapted from [4].

Table 1 Key parameters in gait analysis

Condition	Weight	70 kg
	Walking Velocity	1.1 m/s
	Max. Joint Velocity	5 rad/s
Key Parameters	Max. Hip Ab/Ad Joint Torque	70 Nm
	Max. Hip Fl/Ex Joint Torque	90 Nm
	Max. Knee Fl/Ex Joint Torque	35 Nm
	Max. Ankle Fl/Ex Joint Torque	105 Nm

3. 메커니즘 설계

인간 보행 분석을 통해 도출한 기구학적 제한조건을 이용하여 하지 근력지원을 위한 외골격 형태의 외골격 로봇을 설계 하였다. 총 6자유도의 하지 외골격이며, 유압 액추에이터를 이용한 관절 구조로 Fig 3과 같이 설계하였다.

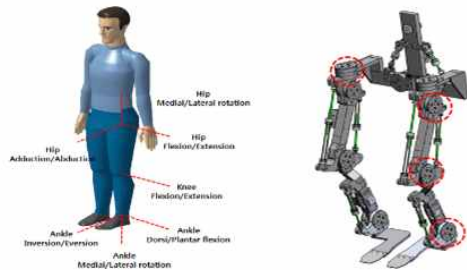


Fig. 3 Design of Wearable Robot

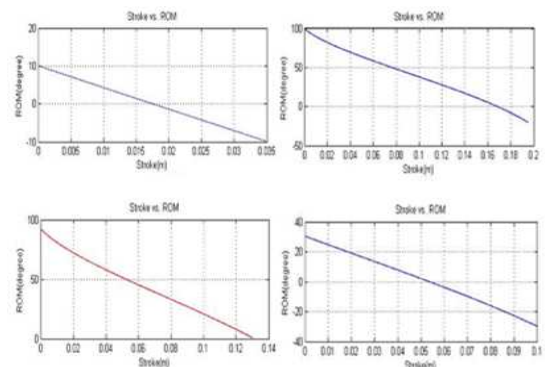


Fig. 4 Range of Motion of Wearable Robot Model

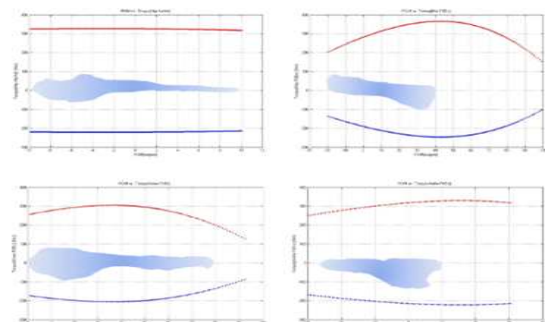


Fig. 4 Joint Torque of Wearable Robot Model

4. 제어기 설계

근력지원 로봇의 유압 액추에이터를 제어하기 위한 관절 제어가 요구되며, 이러한 유압 액추에이터 제어기는 PID, 비선형제어기와 같은 유압서보 액추에이터 제어 알고리즘을 적용하여 1kHz의 제어 루프를 구현이 가능한 고성능 프로세서가 탑재되어야 하며 서보 제어시스템 구현시 필요로 되는 센서 앰프와 유량 제어를 위한 서보밸브 앰프 등이 내장되어야 한다.

본 연구에서 설계한 관절 제어기는 유압 서보시스템의 비선형성을 고려한 고급제어 알고리즘 및 센서 신호의 노이즈 필터링을 위한 디지털 필터의 구현을 위해 고성능 TI사의 TMS320F2012/2808 DSP controller를 탑재하였으며, CAN, RS232C와 같은 통신을 지원하여 네트워크 기반의 분산제어시스템 구축이 가능하도록 설계하였다.

또한, 근력지원 로봇의 구동 없이도 플랫폼의 상위 제어 소프트웨어 개발이 가능하도록 근력지원 로봇에 사용되는 유압 액추에이터의 동특성을 모사할 수 있는 동역학 모델 및 시뮬레이터가 관절제어기 내에 내장되어 있으며, Fig 5은 서보제어기의 하드웨어 구성도를 나타낸다.

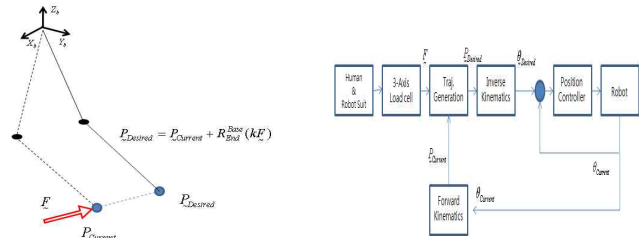


Fig. 6 Block diagram of Control Algorithm

5. 시제품 제작

앞에서 설계한 메커니즘과 제어기를 실제 Fig 7과 같이 제작하여 실험하였다. 본 연구에서는 로봇의 안전장치 미비로 인하여 실제 사람이 착용하여 보행하는 실험은 하지 못하였다. 유압 액추에이터는 매우 큰 힘을 내기 때문에 이상 작동시 사람에게 위험할 수 있기 때문이다. 하지만, 실제 사람이 보행에 의행생기는 관절데이터를 이용하여 구동실험을 하였으며, 사용자의 의도신호도 모의 환경을 구성하여 실험하였다.

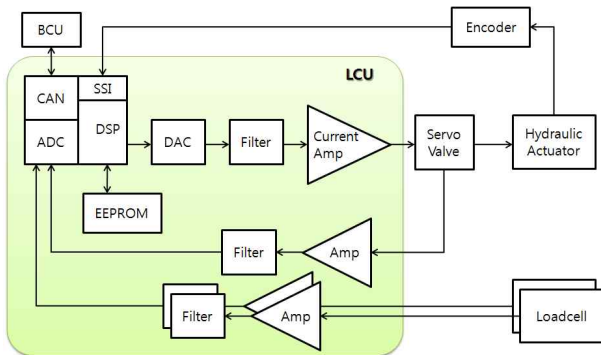


Fig. 4 Schematic of Servo Controller H/W(LCU)

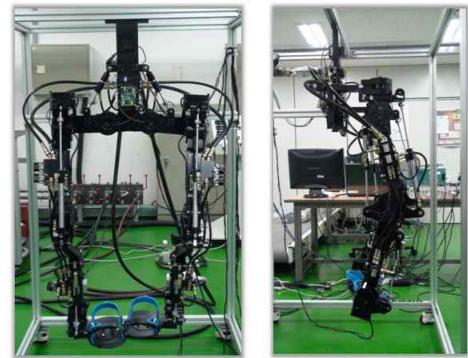


Fig. 7 Picture of Wearable Robot Prototype

6. 결론

본 연구에서는 고 중량물은 싣고 보행하기 위한 근력지원 로봇을 설계 및 제작하였다. 이를 위하여 인간의 보행 분석 데이터를 분석하고, 이를 기반으로 액추에이터의 형태 및 장착 위치를 결정하였다. 또한 위치 결정에 따른 근력지원 로봇 각 관절이 낼 수 있는 토크를 도출하였으며, 설계하였다. 고 중량물을 핸들링하기 위하여 유압 액추에이터를 사용하였으며, 사람의 보행을 잘 추종할 수 있는 제어기를 설계 제작하였다.

후기

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

참고문헌

1. Aeron M. Dollar, Hugh Herr, "Lower Extremity Exoskeletons and Active Orthoses: Challenges and State-of-the-Art," IEEE Transaction on Robotics, Vol. 24, no. 1, pp. 144-158, February 2008.
2. H. Kazerooni, Jean-Luis Racine, Lihua Huang and Ryan Steger, "On the Control of the Berkeley Lower Extremity Exoskeleton (BLEEX)," in Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation, Barcelona, Spain, pp. 4345-4352, Apr. 2005.
3. Lee S., Sankai Y., "Power Assist Control for Working Aid with HAL-3 Based on EMG and Impedance Adjustment around Knee Joint," in Proc. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems(IROS 2002), EPFL, Switzerland, pp.

4. 사용자 의도신호

로봇의 구동을 위하여 사용자 의도신호를 사용하였다. 사용자의 의도신호는 사람이 로봇을 입고 움직이기 위한 제어 신호이다. 본 연구에서는 3곳에서의 사람과 로봇과의 미세한 변위차에 생기는 힘신호를 사용자 의도신호로 사용하였으며, 이를 이용하여 로봇의 각 관절이 움직이는 기준 경로를 생성하는 알고리즘을 적용하였다.

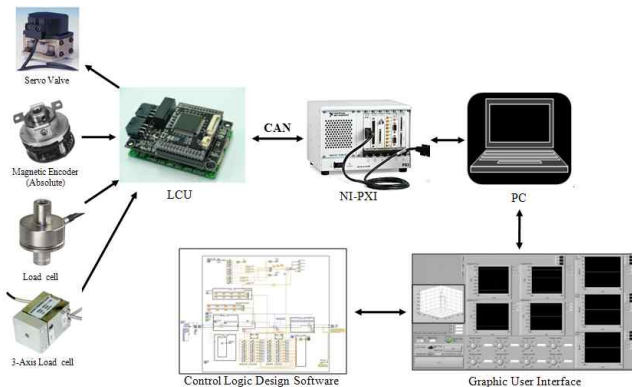


Fig. 5 Structure of Control System