

하중 운반용 하지 착용형 로봇을 위한 수동형 고관절 메커니즘 설계

Design of Hip joint Mechanism for Load Carrying Lower-Limb Exoskeleton

*김동수¹, #한창수¹, 한정수², 이희돈¹, 김완수¹, 이병규¹, 임채목³

*D. S. Kim(winter764@hotmail.com)¹, #C. S. Han¹, J.S.Han², H. D. Lee¹, W. S. Kim¹, B. K. Lee¹, C. M. Lim³

¹한양대학교 기계공학과, ²한성대학교 기계시스템공학과, ³대우조선해양

Key words : Wearable Robot, Passive Mechanism, Hip joint, Springs

1. 서론

많은 국가에서 착용형 로봇에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 대표적으로 미국의 BLEEX와 XOS 일본의 HAL 이 있다.[1-3] 이러한 착용형 로봇은 구동방식에 따라 크게 전기식과 유압식으로 나눌 수가 있다. 그러나 이러한 시스템은 세가지의 문제점을 가지고 있다. 첫째, 구동부에 의해 시스템이 무거워 진다. 각 관절에 모터나 유압 실린더와 같은 구동부가 장착되어 시스템의 자중이 증가하게 되면, 착용자에게 가반하중 외에 또 다른 하중으로서 부담을 주게 된다. 둘째, 작업 반경과 구동시간이 제한된다. 구동부가 포함된 시스템은 외부 동력원을 필요로 하기 때문에 반경이 제한되고, 이러한 문제를 해결하기 위하여 휴대용 동력원을 사용한다고 하더라도 구동 시간에 대한 제약이 따르게 된다. 세번째, 모터나 유압 실린더 모두 고가의 장비이기 때문에 시스템의 단가가 높아진다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 구동부를 포함하지 않고 기계적인 구조로만 이루어진 시스템의 개발이 이루어지고 있다. MIT 대학은 간단한 구조와 능동 관절을 대체할 수 있는 전자식 브레이크와 Quasi-passive Mechanism을 사용하였다.[4] 본 논문에서는 시스템을 단순화 하고, 단가를 낮추기 위하여 모든 관절을 수동관절로 사용하고 고관절에 하중을 지지하기 위한 메커니즘을 사용하여 평지에서 하중 운반용 하지 착용형 로봇을 위한 고관절 메커니즘을 제안하였다.

2. 사람의 보행 분석

인간의 보행은 크게 입각기(Stance Phase)와 유각기(Swing Phase)로 나뉜다. 본 논문에서 제안하

는 착용형 로봇 뿐만 아니라 다른 로봇들은 입각기에서 하중을 지면으로 지지하게 된다. 이 때, 로봇과 사람이 직접 연결되어 움직이게 되므로 사람의 각 관절에 대한 ROM(Range of Motion)은 중요한 설계 요소가 된다.(Fig. 1) 만약, 각 관절축이 일치하지 않는다면 보행 시 착용자에게 불편함으로 작용할 것이기 때문이다. 다음으로 나오게 될 그래프들의 x축은 '%보행주기(Gait Cycle)'이고 y축은 그래프에 명시하였다. 본 그래프는 왼발의 한 보행 사이클에 대한 데이터를 Vi-con 장비를 이용하여 수집하였다.

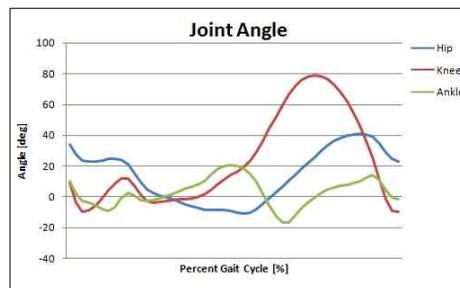


Fig. 1 Joint angle of motion on the sagittal plane

Table 1 Necessary angle for wearable robot joint

Part	Motion	R.O.M
Hip	Abduction/Adduction	-15/45
Knee	Flexion/Extension	-15/85
Ankle	Flexion/Extension	-25/25

위의 그래프에 의해 착용형 로봇에 필요한 각 관절의 각도는 Table 1 에 명시한 값과 같다.

3. 수동형 고관절 메커니즘 설계

3.1 고관절 메커니즘의 개념 설계

고관절에 일반적인 수동관절 메커니즘을 사용하게 되면 하중에 의해 고관절이 시계/반 시계 방향으로 돌아가 버리는 문제가 발생하게 된다. 그것은 착용자에게 부담을 주게된다. 여기서 등/가슴 부위에 적재된 하중에 의해 고관절에 시계/반 시계방향으로 모멘트가 발생한다면, 반대 방향으로 모멘트를 생성하여 고관절이 돌아가는 것을 막을 수 있다. 이러한 기본적인 개념을 이용하여 사람이 보행할 때에 적용해 보면, 보행기간 중 하중을 지지하는 부분은 입각기로, 유각기에서는 일치되어 있던 사람의 고관절과 로봇의 고관절축이 입각기에서는 숨겨진 슬라이드 레일을 따라 뒤로 이동하면서 순간적으로 모멘트 암(Moment Arm)을 형성하게 된다. 이렇게 형성된 모멘트 암은 하중을 지지하는 모멘트를 발생 시키고, 이러한 Cycle을 반복적으로 수행하면서 사람의 평지 보행시 로봇이 하중을 지지하게 된다.(Fig.2)

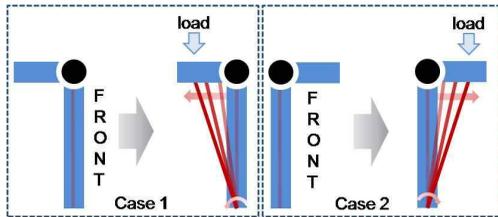


Fig. 2 Concept motion of Hip joint mechanism

3.2 고관절의 설계

앞에서 언급한 기본적인 개념을 바탕으로 설계틀을 통하여 고관절 부분을 모델링 하였다.(Fig.3)

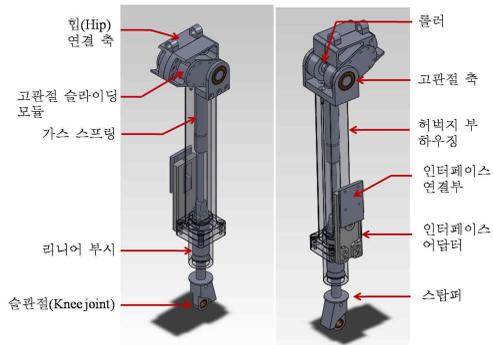


Fig. 3 3D Modeling of Hip joint mechanism

허벅지 부분의 내부에 스프링을 장착하여 유각기에서 사람과 로봇의 고관절이 쉽게 일치할 수 있게 하였다. 또한, 리니어 베어링 및 가스 스프링이 들어가기 때문에, 각형이 아닌 원형의 구조를 선택하였고, 고관절 부분이 상하로 움직임에 따라, 허벅지 인터페이스 부분이 움직이지 않게, 슬라이딩 할 수 있는 요소를 만들어 유기적으로 움직일 수 있게 하였다. 마지막으로 순간적인 모멘트암을 형성하는 중심축을 가스스프링을 사용하여, 착용자에게 컴플라이언스를 제공하였다.

4. 결론

본 연구에서는 모든 관절에 구동부를 사용하지 않고, 착용형 로봇의 구조만을 이용하여 하중을 지지할 수 있는 메커니즘을 제안하였다. 또한, 입각기에 순간적으로 모멘트 암을 생성하는 힙 관절의 구조를 통하여 로봇이 하중을 지지할 수 있도록 설계를 제안 하였다. 추가 연구를 통하여 본 논문에서 제안한 새로운 메커니즘을 현장에 적용하여 수동관절만을 이용하여 착용형 로봇에 대한 효율성을 검증 할 것이다.

후기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-공공복지안전사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2011-0020938)

참고문헌

1. Andrew Chu, H. Kazerooni, and Adam Zoss, "On the Biomimetic Design of the Berkeley Lower Extremity Exoskeleton(BLEEX)." in Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation, Barcelona, Spain, pp. 4345-4352, Apr. 2005.
2. H. Kawamoto and Y. Sankai, "Power assist system HAL-3 for gait disorder person," in Proc. Int. Conf. Comput. Helping People Special Needs(ICHP), vol. 2398, Berlin, Germany:Springer-Verlag,2002
3. <http://multivu.prnewswire.com/mnr/raytheon/46273>
4. C. J. Walsh, "Biomimetic design of an under-actuated leg exoskeleton for load-carrying augmentation," Int. J. Hum. Robot. vol. 4 , no.3 ,pp . 487-506.