인체 하지근력 지원용 착용형 로봇 개발

Development of Force Assistive Wearable Robot for the Under Extremity of Human

*이희돈[1], 유승남[1], 이승훈[1], 김완수[1], 한정수[2], #한창수[1]
*H. D. Lee[1], S. N. Yu[1], S. H. Lee[1], W. S. Kim[1],J. S. Han[2], #C. S. Han(cshan@hanyang.ac.kr)[1]
[1] 한양대학교 기계공학과, [2] 한성대학교 기계공학과

Key words : Muscle Power Assisting, Robotic Exoskeleton, Intent Signal, Gait Pattern Generation

1. 서론

산업 현장에서의 자동화, 특히 공장 자동화는 정형화된 생산라인과 균일한 작업물을 다루는 측면에서 성공적인 자동화를 이루었다. 일반적 산업현장에 적용되고 있는 로봇은 센서를 사용하여 주변 환경에 대한 정보를 획득하여 모델링된 환경 내에서 동작이 가능하다. 하지만 필드현장에서는 작업특성상 작업공정 및 작업물의 정형화가 어렵기 때문에 자동화로 접근하는데 어려움이 있다. 필드환경에서의 자동화를 위해서는 작업환경에 대한 보다 다양한 정보들의 획득이 필요하고, 측정된 환경정보를 토대로 정확한 판단을 내릴 수 있는 인공지능 분야의 도약적인 발전이 필요하다. 따라서 자동화보다는 생력화 (省力化)의 측면에서 인간의 조작에 의해 운용되는 고가반 하중의 전력장비, 건설장비 혹은 인간의 물리력에 전적으로 의존하는 수동, 반 자동 공구를 통하여 작업이 이루어 진다. 특히 인간의 발, 다리와 같은 우수한 접근성과 손, 팔과 같은 정교한 핸들링 기능 및 작업숙련도, 자율판단을 상당 부분 활용해야 하는 측면에서 완전한 자동화는 현재의 기술상황에서는 불가능 하다.[1]

이에 대한 대안 중의 하나로 최근 개발되고 있는 착용형 로봇(Wearable Robot)은 자세제어, 상황인식, 동작신호 생성을 사람이 담당하며 다양한 환경에서 착용자의 힘을 보조하는 작업을 가능하게 하는 시스템이다. 주로 착용형 로봇은 착용자로부터 동작의도 신호를 입력 받아 근력을 증폭해주는 용도로 제안이 되고 있다[2]. 이러한 착용형 로봇은 인체 관절을 모방한 외골격 형태를 띠고 있으며, 현재 전 세계적으로 군사적인 목적 이외에도, 산업, 의료, 재활 등의 목적으로 활발하게 연구되고 있다. 근력지원용 웨어러블 로봇은 근력지원 부위에 따라 크게 상지 시스템, 하지 시스템, 상하지 통합 시스템 및 특정관절의 근력지원을 위한 시스템으로 분류 할 수 있다.[3-5]

본 논문은 건설현장 작업자의 보행 시 하지근력지원을 위한 최소화된 착용형 로봇 시스템을 제안하고, 로봇의 근력지원 동작을 위하여 사람의 보행분석을 통해 평지 보행 시 활성화 되는 근육에 대한 패턴을 분석하고, 동작의도신호 측정을 위한 센서와 개발된 센서로부터 측정된 신호를 사용한 보행 알고리즘 개발에 관한 연구이다.

2. 착용형 로봇 시스템 개발(HEXAR)

본 연구에서는 외골격 모듈개발에 앞서 작업분석을 통하여 건설작업의 근력지원이 필요한 신체 부위를 선정하였다. 이를 위하여 건설 현장에서 발생하는 여러 가지 질병 및 장애의 유형을 분석하여 가장 우선적인 Target을 선정하였다.

NIOSH(The National Institute for Occupational Safety and Health)에서 제공하는 건설작업자의 신체부위별 질환율에 관한 통계를 통해 척추(Dorsopathies, 21.2%), 손가락(Arthropathies, 10.5%), 무릎(8.7%)의 순으로 높은 질환율을 가진다는 점을 알 수 있다. 여기서, 주지할 점은 일반적인 작업 환경에서의 척추와 무릎의 동작 반경 및 하중 분담 특성이다. 더욱이, 건설현장의 작업지침에서도 척추는 가능한 한 급격한 굽힘을 지양하고 지면의 수직 방향을 유지하는 것을 기본적으로 권고하고 있다. [6] 따라서 위의 특징들을 바탕으로 본 연구에서 선정한 가장 우선적인 건설 작업자의 근력지원 대상 부위를 무릎으로 선정하였다.

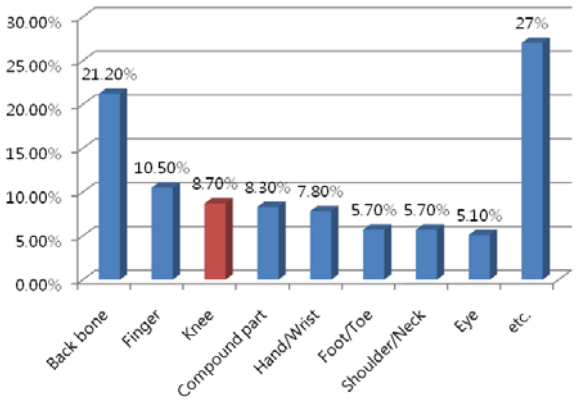


Fig. 1 Construction workers' disability ratio (NIOSH)

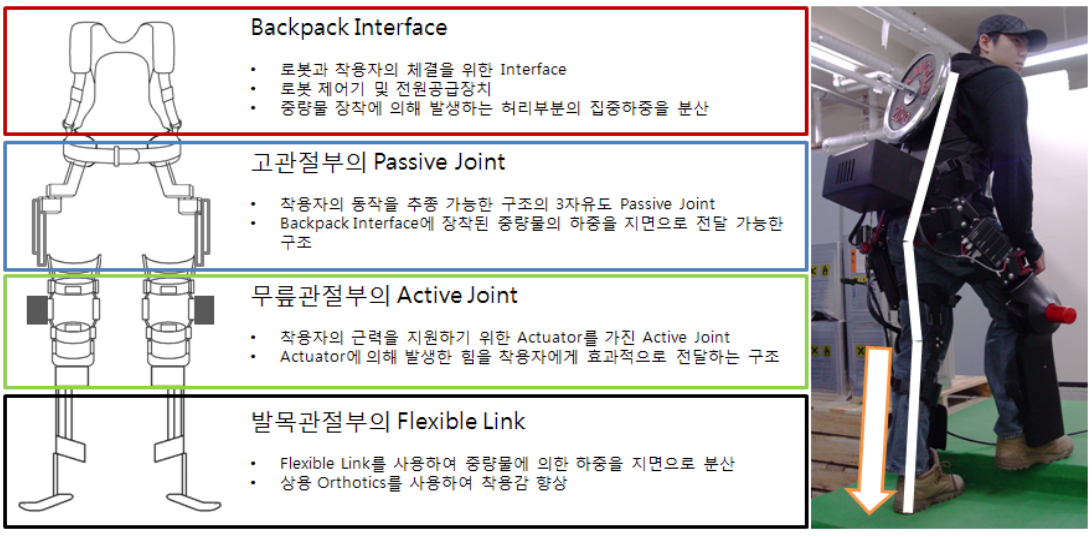


Fig.2 Exoskeleton System of the HEXAR Construction

Fig.2는 건설 작업자를 위한 착용형로봇 HEXAR(Hanyang Exoskeletal Assistive Robot) Construction의 개념도와 실제 제작 후 착용한 것이다. 그림에서 보이는 것과 같이 로봇은 Backpack Interface, 고관절 Passive Joint, 무릎관절 Active Joint, 발목관절 Flexible Link 등으로 구성되어 있다. 이러한 구조는 Backpack Interface에 장착되는 중량물의 하중을 보행 시 지면에 지지되는 다리를 통하여 지면으로 분산하는 구조를 가진다. 또한 보행 시 swing하는 다리는 평지보행의 경우 착용자의 동작을 추종하며, 계단보행 시에는 무릎의 근력을 보조할 수 있는 구조의 외골격 로봇을 개발하였다.

HEXAR를 착용한 작업자의 근력보조를 위해서는 작업자의 동작의도를 획득이 필요하다. Fig.3은 이를 위해 고안된 MSS(Muscle Stiffness Sensor)와 MSS의 부착위치를 나타낸 것이다. MSS를 사용하면 근육의 단단해지는 정도를 측정할 수 있다.

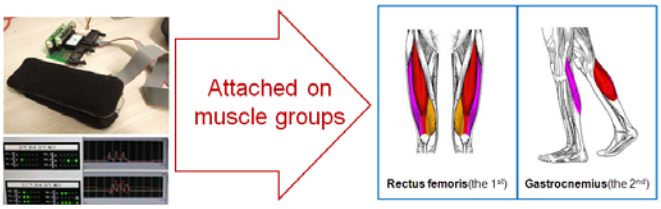


Fig.3 Development of the MSS(Muscle Stiffness Sensor)

3. 보행패턴 생성 및 보행실험

본 연구에서는 HEXAR Construction을 착용한 작업자의 계단 보행 시 무릎관절의 근력지원을 목표로 한다. 따라서 Fig.4는 보행 시 활성화 되는 근육들과 무릎관절의 동작 각도를 연관시켜 도식화한 것이다. 활성화되는 근육에 MSS를 부착하여 HEXAR의 동작을 위한 Trigger 신호로 사용하고, 이 신호의 입력 시 무릎관절 Pattern을 실행함으로써 계단보행 시 근력지원이 가능하다. Trigger신호는 현재 보행구간에 대한 정보를 나타내며, 이를 위하여 각 근육에 부착된 MSS에 의해 획득한 각 근육의 활성화를 논리식에 의해 현재 보행구간을 판단한다.

위와 같은 방법으로 생성한 보행패턴을 사용하여 Fig.5와 같이 계단보행 실험을 실시하였으며, 그림에서 보이는 것과 같이 계단 등반이 가능함을 볼 수 있다.

본 연구에서 개발한 HEXAR Construction의 근력지원 효과를 검증하기 위하여 계단 보행 시 외골격 모듈을 착용한 상태와 착용하지 않은 생태에서의 근육의 활성화 크기를 EMG센서를 사용하여 측정하였다. Fig.6은 Fig.3의 근육그룹 1th, 2th에서 측정된 EMG 센서 측정값이다. 그림에서 보는 것과 같이 착용 시 근육 활성화가 현저히 작아짐을 볼 수 있으며, 이는 본 연구에서 개발한 외골격 모듈을 착용 시 작은 힘을 사용하여 보행이 가능함을 의미한다.

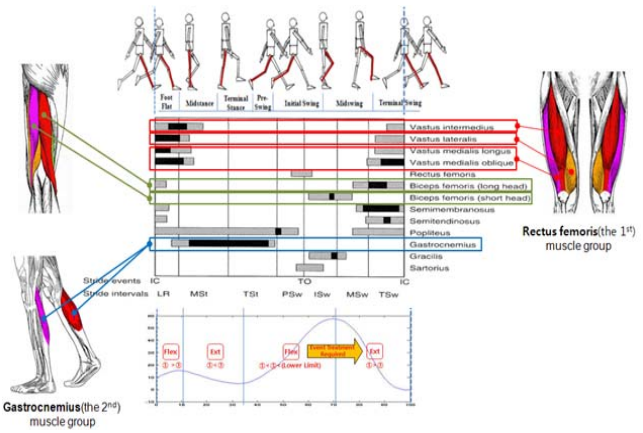
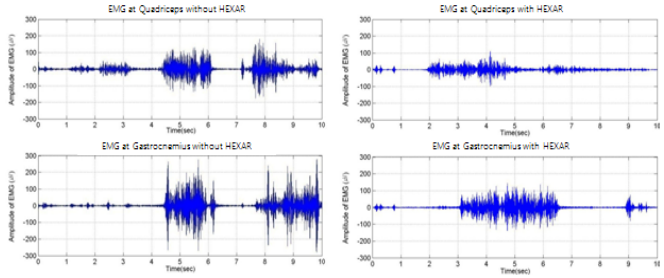


Fig.4 Gait Pattern Generation for the HEXAR Construction

Fig. 5 Gait Experiment of the HEXAR Construction



(a) Without the HEXAR (b) With the HEXAR

Fig.6 Verification of the HEXAR using the EMG

4. 결론

본 연구에서는 건설작업자의 하지근력지원을 위한 HEXAR Construction을 개발하였고, 이를 구동하기 위하여 보행패턴을 생성하여 계단보행 실험을 실시하였다. 실험결과 Fig.5와 Fig.6에서 보이는 것과 같이 계단등반 시 작업자의 근력을 보조하며 원활한 보행이 가능하였다. 하지만 생성된 패턴에 대하여 로봇이 동작되기 때문에 다양한 환경조건에 대하여 유연한 대처를 할 수 없었다. 그 예로 계단을 내려오는 동작 시 등반 시 보행패턴과 다르기 때문에 새로운 Trigger 생성 및 관절각도 패턴이 필요했다. 따라서 향후 다양한 보행분석을 통해 보다 세분화된 보행패턴을 생성하여야 하며, Backpack Interface에 중량물 장착 시 로봇과 착용자의 하중분담 비율 및 착용자의 근력지원 효과에 대한 실험을 실시할 계획이다.

후기

위 사업은 2009년 HYU연구특성화사업으로부터 지원받아 연구되었음(HYU-2009-T).

참고문헌

1. Thring, M. W. “Robots and Tele-chairs.” Halsted Press, a division of John Wiley & Sons.
2. HeeDon Lee, SeungNam Yu, Seunghoon Lee, JungSo Han and ChangSoo Han, "Development of Human-Robot Interfacing Method for Assistive Wearable Robot of the Human Upper Extremities" SICE Annual Conference 2008, 1755-1760, 2008.
3. Joel C. Perry and Jacob Rosen, “Design of a 7 Degree-of-Freedom Upper-Limb Powered Exoskeleton,” International Conference on Biomedical Robotics and Bio-mechatronics, 2006.
4. Andrew Chu, H. Kazerooni, and Adam Zoss, “On the Biomimetic Design of the Berkely Lower Extremity Exoskeleton (BLEEX)”, Proceedings of the IEEE International Conference on Mechatronics & Automation, Barcelona, 4345-4352, 2005.
5. Yoshiyuki Sankai, "Leading Edge of Cyernics: Robot Suit HAL", Proceedings of SICE-ICASE International Joint Conference 2006, 1-2, Oct. ,2006.
6. Arndt V., Rothernbacher D., Daniel U., Zschenderlein B., Schuberth S., Brenner H., "Construction work and risk of occupational disability: a ten year follow up of 14, 474 male workers", Occup.Environ.Med., 62, 559-566