

Load Cell 데이터를 이용한 하지 웨어러블 디바이스의 보행 성능 평가

김현숙*, 장미, 김우진, 최대웅, 조현우, 윤대섭
한국전자통신연구원

hyskim@etri.re.kr, rosechang@etri.re.kr, wjinkim@etri.re.kr,
dwchoi92@etri.re.kr, hwjoe@etri.re.kr, eyetracker@etri.re.kr

Evaluation of Gait Performance of a Lower Limb Wearable Device Using Load Cell Data

Hyunsuk Kim*, Chang Mi, Woojin Kim, Daewoong Choi, Hyunwoo Joe, Daesub Yoon
Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

본 논문에서는 하지 웨어러블 디바이스를 착용하고 보행 데이터를 수집하여, Motor Off 와 Motor On 상태에서 보행의 Swing 단계와 Stance 단계에 대해 대응표본 t-검정을 수행하였다. Motor On 상태에서 Load Cell의 값이 줄어들어 유의미한 차이가 있음을 확인하였다. 디바이스 사용이 보행의 효율성과 안정성을 향상시키는 데 중요한 역할을 한다는 것을 의미한다.

I. 서론

최근 엑소스켈레톤 로봇 기술은 다양한 분야에서 활용되고 있으며, 특히 하지 장애 환자의 재활과 보행 보조에 긍정적인 역할을 하고 있다[1]. 연구[2]에서는 걷기 중 허벅지와 다리에 작용하는 힘을 분석하였다. 또한, 연구[3]에서는 Force-Sensitive Resistor(FSR) 센서를 사용하여 특징을 추출하고 웨어러블 디바이스 성능 평가를 위해 필요한 데이터를 분석하였다. 이러한 연구들은 웨어러블 디바이스의 효율성과 안전성을 높이기 위한 중요한 기초 자료를 제공한다. 그러나 웨어러블 디바이스의 검증은 사람이 직접 착용해야 하는 한계가 있어, 이를 극복할 수 있는 성능 평가 기술 개발이 지속적으로 필요하다.

II. 실험 방법

본 연구에서는 그림 1 과 같이 걷기 동작을 도와줄 수 있는 하지 웨어러블 디바이스를 제작하여 실험대상자가 착용하고 7m 측정 구간을 디바이스 Motor 를 Off 한 상태로 걷기, Motor 를 On 한 상태로 걸으면서 데이터를 측정하였다[3]. 실험에 참여한 연구대상자들은 남녀 구분 없이 만 50 세 이상의 독립보행이 가능한 성인이며 양측 슬관절 전/측면 촬영하여 Kellgren & Lawrence grading scale[4]이 1 등급 혹은 2 등급에 해당되는 자를 선정하였고 80 명이 참여하였다 (부산대병원 IRB 승인번호: 2309-017-131, 디지털 트윈 기반 웨어러블 디바이스 통합평가 시스템 개발을 위한 휴먼데이터 수집연구).



그림 1 실험 환경 및 웨어러블 로봇 착용 예시

III. 분석 결과

왼쪽 무릎과 오른쪽 무릎의 Load Cell 데이터를 분석하였다. 이상치와 통신 오류가 있으면 해당 데이터를 제거하였다. 왼쪽 무릎의 Road Cell 데이터는 68 명, 오른쪽 무릎의 Road Cell 데이터는 61 명의 정보를 분석에 사용하였다. 다양한 대상자의 데이터를 통합하여 분석하기 위해 전처리 단계에서 실험대상자별로 Min-Max 정규화를 수행하였다. 보행은 Swing 단계와 Stance 단계로 구성되어 있어, 본 연구에서는 표 1 과 같이 Swing 단계와 Stance 단계에 대해 Motor Off 상태와 Motor

On 상태에서 대응표본 t-검정을 수행하였다. Swing 에서는 6.8%~8.1% Load Cell 값이 감소, Stance 에서는 9.1%~10.1% 감소하는 효과가 관측되었다.

표 1 Motor Off/On 상태에 따른 대응표본 t-검정 결과

Variable	Off	On	T-Statistic	P-Value
Left_Swing	0.739	0.671	15.084	0.000
Left_Stance	0.737	0.677	12.496	0.000
Right_Swing	0.7	0.629	13.696	0.000
Right_Stance	0.704	0.656	9.109	0.000

IV. 결론

본 연구에서는 하지 웨어러블 디바이스를 착용한 실험 대상자들의 보행 데이터를 수집하여 보행의 Swing 단계와 Stance 단계에 대해 Motor Off 와 Motor On 상태에서 대응표본 t-검정을 수행하고 성능을 평가하였으며, Motor On 일 때 Road Cell 의 값이 비교대상 모두 줄어들어 유의미한 차이가 있음을 확인하였다. 이는 Motor 가 보행의 Swing 및 Stance 단계 모두에 걸쳐 중요한 영향을 미친다는 것을 의미한다. 특히, Motor On 상태에서 보행의 효율성과 안정성이 향상됨을 알 수 있었다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 정부 (과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구입니다 (No. 2022-0-00501, "웨어러블 디바이스 성능평가 기술 개발").

참고 문헌

[1] J. Zhou et al., Lower limb rehabilitation exoskeleton robot: A review. *Advances in Mechanical Engineering*.2021;13(4). doi:10.1177/168781402111011862

[2] A. Rathore et al., "Quantifying the human-robot interaction forces between a lower limb exoskeleton and healthy users," Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2016, doi: 10.1109/EMBC.2016.7590770.

[3] 김현숙 외 5 인, "FSR 정보를 이용한 하지 웨어러블 디바이스 성능 평가에 대한 연구", 대한전자공학회 학술심포지움, 2023.

[4] J.H. Kellgren, J.S. Lawrence, "Radiological Assessment of Osteo-Arthrosis", *Annals of the Rheumatic Diseases* 1957;16:494-502.