

TOP 10 RESEARCH  
ACHIEVEMENTS

## 세계최고 보행속도와 기능성을 갖는 하반신마비 장애인용 웨어러블 로봇

Gold and Bronze Medalists in Cybathlon 2020:  
The Fastest and the Most Versatile Wearable Robot in the World

소속학과 기계공학과

연구책임자 공경철

홈페이지 <http://robotics.kaist.ac.kr>

공경철 교수가 이끄는 팀 엔젤로보틱스가 11월 13일 우리 대학 본원 캠퍼스에서 열린 사이배슬론(Cybathlon) 2020 국제대회에서 압도적인 기량을 선보이며 금메달과 동메달을 석권했습니다. 착용형 외골격 로봇 종목에 출전한 김병욱 선수(47세, 남)는 소파에서 일어나 컵 쌓기 장애물 지그재그 통과하기 험지 걷기 계단 오르내리기 옆 경사로 통과 경사로 및 문 통과하기 등 6개의 임무를 3분 47초 만에 완벽하게 수행하며 금메달을 차지했습니다. 함께 출전한 이주현 선수(20세, 여) 역시 모든 임무를 성공적으로 수행하는데 5분 51초를 기록해 동메달의 주인공이 되었습니다. 은메달은 6개의 미션을 4분 40초 동안 수행한 스위스 팀이 차지했습니다.

### 1. 연구배경

하반신 마비 장애인은 휠체어 위주의 매우 국한된 활동만 가능하기 때문에 비장애인과 같은 일상생활의 영위가 불가능하다. 이를 돕기 위해 전통형 외골격 로봇을 사용하여 하반신 마비 장애인의 기립 보행을 가능하게 하는 기술은 이미 개발되었지만, 최고 수준의 외골격 로봇도 앉기/서기 및 평지 보행 정도의 간단한 동작들만 수행 가능하며 이마저도 항상 보조자가 수반되어야 했다. 외골격 로봇을 사용해 하반신 마비 장애인의 독립적인 일상생활을 가능케 하기 위해서는 로봇의 하드웨어, 소프트웨어 모두 연구 개발이 필요했다.

### 2. 연구내용

연구진의 1차 목표는 하반신 마비 장애인의 일상 생활을 위한 외골격 로봇 슈트, 워크온 슈트(WalkON Suit 4.0)를 개발하고 국제대회 사이배슬론(Cybathlon) 2020에 참가하여 그 성능을 검증받는 것이었다. 외골격 로봇 슈트의 연구 개발은 하드웨어 개발 - 제어 알고리즘 개발 - 학습을 통한 사용자 맞춤형 보행패턴 생성 - 미션패턴 생성 및 훈련 순으로 이루어졌다.

워크온 슈트의 하드웨어는 6 자유도 시스템이다. 양쪽 고/슬관절에는 고 기어비 사이클로이드 감속기를 설계, 작은 부피로 큰 토크를 구현해 냈다. 슬관절에는 추가적으로 구동기 동작범위 끝단에서 추가 토크를 발생시켜주는 장치(Dynamically Optimized Gait Assisting Knee)를 설계하여 한 다리로는 100kg이 넘는 착용자와 로봇의 몸체를 계단 위로 들어올릴 수 있는 강력한 토크를 발생시킬 수 있다. 발목 관절은 선형 구동기에 스프링을 병렬 연결하여 구동하는데 발바닥 굽힘(plantar flexion) 동작에서는 큰 힘을, 발

등 굽힘(dorsi flexion) 동작에서는 빠른 움직임을 구사하는 인간 근육 구조를 모사하여 설계되었다. 제어 알고리즘으로는 일반적인 피드백(feedback) 제어기에 외란관측기(disturbance observer)와 피드포워드(feed forward) 제어를 추가하여 지면 충격과 착용자의 움직임으로 인한 외란에도 강인한 정밀 제어를 구현하였다.

착용자의 동적 특성에 알맞은 인간-최적화 보행궤적을 생성하기 위해 ILHB (Iterative Learning of Human Behavior, 인간행동 반복 학습 알고리즘)을 개발하였다. 지면 접촉 순간을 보행 성능의 새로운 지표로 정의하고, 매 걸음마다 정확한 순간에 보행 주기가 교체될 수 있는 보행 궤적을 목표로 상체 기울임 각도를 보정하는 알고리즘을 제시하였다. 이를 통해, 착용자가 로봇을 사용하면 20걸음 이내에 편의성과 안전성이 보장되는 착용자 맞춤형 보행궤적을 생성할 수 있었다.

미션 궤적 생성 및 착용자 훈련은 한국과학기술원으로부터 본원 기계공학동 서관 1층 훈련장과 스포츠 컴플렉스 장소를 제공 받아 이루어졌다. 약 1년간의 대회 준비 기간 동안 소파에서 일어나 컵 쌓기 장애물 지그재그 통과하기 험지 걷기 계단 오르내리기 옆 경사로 통과 경사로 및 문 통과하기 등 6가지 장애물을 빠른 속도로 주파하기 위해 로봇의 동작 생성 후 6명의 착용자로부터 피드백 수렴을 반복했다. 이를 통해 일상 생활에서 외골격 로봇을 운용하기 위한 로봇의 궤적을 개발해냄과 동시에 국제대회 사이배슬론 2020에서 외골격 분야 금메달(김병욱 선수)과 동메달(이주현 선수)을 석권하였다. 현재 워크온 슈트 착용자의 보행속도는 0.76m/s로 비장애인의 보행속도와 비슷한 수준이다. 이는 하지 마비 장애 인용 외골격 슈트에서는 세계 최고 기록이다.

3. 기대효과

하반신 완전 마비 장애인이 휠체어에서 벗어나 독립적인 일상생활이 가능해진다.



연구 성과

**[논문]** Kyeong-Won Park, Jeongsu Park, Jungsu Choi, and Kyoungchul Kong, "Adaptive Gait Pattern Generation of a Powered Exoskeleton by Iterative Learning of Human Behavior", IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Available Online, 2020.

**[수상]** 국제대회 사이배슬론 2020 외골격 로봇 레이스 금메달  
국제대회 사이배슬론 2020 외골격 로봇 레이스 동메달

**[홍보]** KBS, SBS, JTBC 등 주요 방송사 보도 20여회  
중앙일보, 조선일보, 국민일보 등 언론사 보도 200여회

연구비 지원

산업통상자원부 한국산업기술평가관리원, 로봇산업핵심기술개발사업