

소프트 웨어러블 로봇 산업의 차세대 방향 - 소재 혁신에서 실증까지



장연주

- 2009. 충남대학교 생활과학대학 석사
- 2012. 일본 신슈대학교 생명파이버공학 박사
- 2012. 한양대학교 인공근육재료연구단 박사후연구원
- 2013-현재. 한국건설생활환경시험연구원 책임연구원
- 2013-현재. 한국공업화학회 여성인재육성위원회 위원
- 2024. 한국여성과학기술단체총연합회 미래인재상

이번 특집은 고령화의 가속화, 간병 인력 부족, 근골격계 질환의 증가와 같은 사회적 문제에 직면한 현시점에서 소프트 웨어러블 로봇 기술이 갖는 기술적·사회적 의미를 통합적으로 조명하고자 한다.

일상 착용이 가능한 유연한 로봇 시스템은 기존의 딱딱한 외골격 기반 기술을 넘어, 고령자와 간병인을 위한 새로운 돌봄 패러다임으로 부상하고 있다. 실제 간병 현장에서 반복적인 상지 사용으로 인한 근골격계 부담을 완화할 수 있는 근력 보조용 로봇에 대한 수요는 지속적으로 증가하고 있으며, 이에 대한 정량적 실증 평가 기반이 중요해지고 있다.

본 특집은 “소프트 웨어러블 로봇 산업의 차세대 방향 - 소재 혁신에서 실증까지”라는 대주제 아래, 로봇 산업의 소재 기술, 응용 실증, 인체 공학적 분석을 유기적으로 조망함으로써 산업의 통합적 발전 방향을 제시하고자 한다.

먼저, 첫 번째 소주제인 「탄소나노튜브 기반 전기화학적 섬유형 인공근육 연구 및 개발 동향」은 한국생산기술연구원 김시형 박사팀의 소프트 웨어러블 로봇의 핵심 구동 기술인 인공근육 중 전기화학 기반 회전형 섬유 액추에이터 기술의 현황을 다룬다. 특히 CNT 기반 섬유형 인공근육이 가진 유연성, 고출력, 경량성, 저전력 구동 등의 장점과 마이크로 로봇, 웨어러블 텍스타일, 정서 표현형 로봇 등에 대한 응용 가능성을 소개하며, 고성능 섬유 기반 액추에이터의 개발 방향을 조망한다.

두 번째 소주제는 「소프트 웨어러블 로봇의 상지 근력 지원 적용 가능성」으로, 간병 근로자의 반복적인 상지 사용에 따른 근골격계 부담을 줄이기 위한 실증 시험 결과를 중심으로 구성된다. 한국건설생활환경시험연구원 장연주 박사와 한국보훈복지의료공단 중앙보훈병원 보훈의학연구소 민진령 박사가 실제 병원 환경을 반영한 작업 시나리오(식판 운반, 상지 들기 동작 등) 기반으로 실험이 진행되었으며, 실제 간병근로환경인 중앙보훈병원에서 실증평가를 진행하였다. 근전도(EMG) 측정을 통해 로봇 보조 전후의 근활성도 변화를 정량적으로 분석하였으며, RMS 값 기준으로 최대 25% 이상의 근력 보조 효과가 확인되었고, 사용자(병원 내 근로 간병근로자) 설문문을 통해 착용 편의성과 안전성에 대한 긍정적 반응도 확보하였다. 이는 향후 간병 현장 중심의 로봇 기술 적용 가능성을 뒷받침하는 실증적 근거로 활용될 수 있다.

마지막으로 세 번째 소주제인 「인체동작을 계측하다: 섬유기반 웨어러블 로봇 실증을 위한 인체 동작 분석」에서는, 한국기계연구원 이용구 박사의 인체동작분석 연구실의 실험 인프라를 소개하며, 섬유기반 웨어러블 로봇의 기능성·안전성 검증을 위한 동작 계측 및 평가 기술을 조명한다. 보행로, 경사로, 고속 카메라, 근전도, 모션 캡처(Vicon), IMU, 압력 매트 등 다양한 계측 장비를 통해 실제 사용 조건과 유사한 환경에서 로봇의 작동 안정성, 피로도 저감 효과, 보조 효과 등을 입체적으로 분석할 수 있는 기반을 갖추고 있음을 강조한다.

이와 같은 기술적 흐름은 최근 국제 학술지에서도 활발히 다뤄지고 있으며, ‘인체 적응성’과 ‘소재 혁신’이라는 두 축이 융합될 때 비로소 차세대 로봇 기술이 실사용 환경에 뿌리내릴 수 있음을 시사한다. 특히 섬유기반 인공근육, 스마트 텍스타일 센서, 근전도 분석 등 인간 중심의 계측·보조 기술이 통합적으로 작동함으로써, 실증 기반에서 로봇 기술의 신뢰성과 효용성이 입증되고 산업 현장과 사회복지 영역으로의 확산 가능성 또한 높아질 것으로 기대된다.

특히 이번 특집은 단순한 기술 소개를 넘어, 실사용 환경에서의 실증연구의 중요성을 강조한다는 점에서 더욱 의미가 깊다. 고령화 사회에서 돌봄 로봇의 실효성은 단순한 실험실 내 기능

확인을 넘어, 현장성과 사용자 경험 기반의 성능 검증을 통해 비로소 신뢰를 얻을 수 있기 때문이다. 병원 간병 환경을 모사한 상지 근력 보조 실험, 실제 간병 근로자 대상의 근력 보조 실증시험 평가, 착용 편의성에 대한 사용자 인터뷰 등 다층적 실증 체계를 통해, 로봇의 보조 효과를 정량적·정성적으로 입증한 사례를 소개하고 있다. 이는 웨어러블 로봇이 단순한 기술 혁신을 넘어 현장의 문제를 해결하고 인간 중심 기술로 발전해 나가기 위한 필수적인 과정임을 보여준다. 본 연구를 주도한 장연주 박사는 이러한 실증 중심 융합연구의 공로를 인정받아, 2024년 한국여성과학기술단체총연합회(여성과총)으로부터 ‘미래인재상’을 수상한 바 있다. 이는 공학기술 기반의 돌봄 혁신을 실현하고자 하는 연구가 단순한 실험실 차원의 성과를 넘어, 사회적 가치와 연결된 실질적 기여로 확장되고 있음을 방증하는 사례다.

궁극적으로 본 특집은 소재에서 실증까지 연결되는 구조적 기획을 통해, 소프트 웨어러블 로봇 산업의 현주소와 향후 과제를 입체적으로 조망하고자 하였다. 또한 웨어러블 로봇 산업이 단순 기술 개발을 넘어 사용자 중심의 통합 생태계로 나아가기 위한 비전을 제시하며, 연구자와 산업계, 정책 결정자에게 실질적인 통찰을 제공하고자 한다.