

## 착용형 로봇(wearable robot)의 기술 현황

장 재 호 한국생산기술연구원 로봇그룹 수석연구원 | e-mail : jaeho@frtechnology.com  
 송 우 근 한양대학교 대학원 융합시스템학과 석사과정 | e-mail : wksong@kitech.re.kr

이 글에서는 착용형 로봇(wearable robot)의 정의, 활용 분야 및 국내외 기술동향에 대해 소개하고자 한다.

### 개 요

착용형 로봇(wearable robot)이란 인간의 운동을 보조해주는 외골격 로봇 시스템(exoskeleton robot)을 말하며, 이는 착용자의 운동 의도를 기반으로 하여 액추에이터를 구동시키고 고하중/고기동성 및 운동 지속성을 지원해주는 로봇을 의미한다. 이는 군용/재난방재/재활뿐만 아니라 다양한 민수분야에 응용될 수 있으며, 산악

지형이나 험지 등 비정형 환경에서 고하중의 부하 상태에서도 인체-기계 반응 제어를 통해 기동성을 유지하고 작업영역의 확장 및 재난 상황에서의 긴급 대처능력을 증대시킬 수 있다.

차량이나 장비의 진입이 불가능한 재난 현장이나 화재 현장의 경우, 구조임무를 수행하는 소방관, 구조원이 고하중의 부하나 환자를 운반해야 하는 경우가 빈번하게 발생한다. 그러나 육체적 한계로 인해 장시간의 구조

### 착용형 근력증강 로봇

#### 군사용



#### 산업용



#### 재난/소방용



#### 재활/의료용



그림 1 착용형 로봇의 활용분야

## 국내 기술동향

활동이나 임무 수행이 힘들고, 작업 가능 범위 또한 제한될 수밖에 없다. 따라서 착용형 로봇은 위와 같은 상황에서 장시간 임무수행이 가능케 하며, 육체적 한계를 극복하고 작업 가능 범위를 늘려 작업 효율성을 증대시켜준다.

군사용 착용형 로봇의 경우, 고령화와 저출산으로 인해 군 인력 자원이 점점 감소하는 반면, 병사 개인이 휴대해야 하는 무기나 장비의 중량이 증대되고 다양한 환경에서 작전수행이 이루어지는 미래 전장 환경에서 로봇은 병사의 임무수행 능력 및 기동력 향상에 기여할 수 있다.

뿐만 아니라 재활용/보행 보조용 로봇에 대한 기술연구가 진행 중이다. 그러나 이는 비정형 환경에서 운용되는 재난 대응용, 군사용과 달리 실내 환경에서 노약자의 근력 지원 혹은 편마비 환자의 보행 지원 등을 목적으로 연구가 주로 수행되고 있다.



그림 2 HEXAR 시스템즈의 외골격 로봇(HEXAR Systems)



그림 3 HyPer 시리즈(한국생산기술연구원)

한양대학교 한창수 교수팀은 하지뿐만 아니라 상지의 특정한 관절의 근력 지원을 위해 다양한 종류의 외골격 로봇에 대한 연구를 수행 중이다. HEXAR-cr50(하지 외골격 로봇)의 경우 최대 보행속도 6.5km/h, 무게 26kg, 가반하중 40kg, 구동시간 6시간의 사양을 가진다. 또한 상/하지 분리가능한 모듈형 전신 외골격 로봇, 근경도 센서를 이용하여 착용자의 의도를 인식하는 연구 등을 수행 중이다.

국방과학연구소(ADD)에서는 평지에서의 일정한 보행속도 구현을 위한 연동제어 연구를 통해 군사용 웨어러블 로봇 기술구현의 가능성을 확인하기 위한 연구를 수행하였다. 또한 산업통상자원부와 방위사업청의 공동주관으로 군사용 및 재난 대응을 위한 험지 적응형 하지근력 고반응 제어기술 개발에 대한 연구를 주관하여

수행하고 있으며, 비정형 험지 환경에서 착용자의 보행능력 증강을 위한 인체-기계 고반응 제어기술 및 인체 대사에너지 효율성 증대 및 착용자 운동의지 예측을 위한 연구를 진행 중이다.

한국생산기술연구원(KITECH)은 산업 현장에서 노동자의 작업능률 향상을 목적으로 유압식 구동기를 이용한 고풍력 외골격 로봇 슈트(HyPer)를 개발하였으며, 이를 바탕으로 조선소 근로자용

표 1 착용 로봇 국내 기술현황 요약

적용분야	군사용/산업용			재활훈련용/생활보조용		
	기관	한양대	생기연	현대차/로템	국과연	한양대
명칭	HEXAR-CR50	HyPER2-i	-	-	HEXAR-WA20	-
착용부위	하지	하지	전신	하지	고관절	상지
가반하중	40kg	40kg	40kg	45kg	-	-
이동속도	6.5km/h	-	3km/h	4km/h	3km/h	-
구동기	전기	유압	전기	유압	전기	-
동력원	배터리	배터리	외부전원	배터리	배터리	배터리

HyPer-2를 개발하여 착용형 로봇 기술의 산업현장 적용 기술로 확대시켰다. 또한 HyPer-3과 화재 진압을 위한 소방관용 HyPer-3.5를 개발 중이다.

### 국외 기술동향

미국의 경우 10년 전부터 DARPA 펀드를 통해 BLEEX, HULC 및 XOS2와 같은 군사용 외골격 로봇을 개발하고 있다. HULC는 현존하는 외골격 로봇 중 최고의 기동 속도를 가지고 있으며, 개량 모델에 대한 야전 운용시험 후 아프가니스탄에 배치될 계획이다. 최근에는 NASA에서 우주에서 비행사들의 근력을 유지하도록 돕고, 지구로 귀환했을 때 약해진 근력을 보조해 빨리 걷도록 도움 목적의 외골격 로봇 X1, 장애인을 위한 보행 보조 기구 EKSO 등 민수용 외골격 로봇에 대한 연구도 활발하게 이루어지고 있다.

일본의 경우에는 주로 민수용 외골격 로봇이 개발되고 있다. Cyberdyne에서 2003년에 하지 외골격 로봇 HAL-3, 2006년에 전신 외골격 로봇 HAL-5를 개발하였으며, HAL은 착용자의 근전도 신호(EMG)를 이용하여 착용자의 동작 의도를 파악하는 것이 특징이다. HONDA에서는 착용자의 체중지지 및 보폭관리를 목적으로 두 가지 형태의 보행 보조장치 WAD를 개발하였으며, WAD는 노약자들이 더 빠른 속도로 오랜 시간 보행이 가능하도록 도와준다. Panasonic 계열의 Activelink에서는 유압기반의 고가반하중용 착용식 로봇인 Power Loader를 개발하였다.

유럽은 하반신 마비 환자의 보행 보조도구로서 뇌-신경-컴퓨터 인터페이스 기술을 적용한 마인드워커(Mindwalker) 프로젝트를 진행하고 있다. 마인드워커 프로젝트는 뇌-신경-컴퓨터 인터페이스(BNCI: Brain-neural-computer interface) 기술에 기반하여 로봇 외골



그림 4 미국에서 개발 중인 착용 로봇(왼쪽부터 U.C. Berkeley, Lockheed Martin, Raytheon, EKSO bionics, NASA)

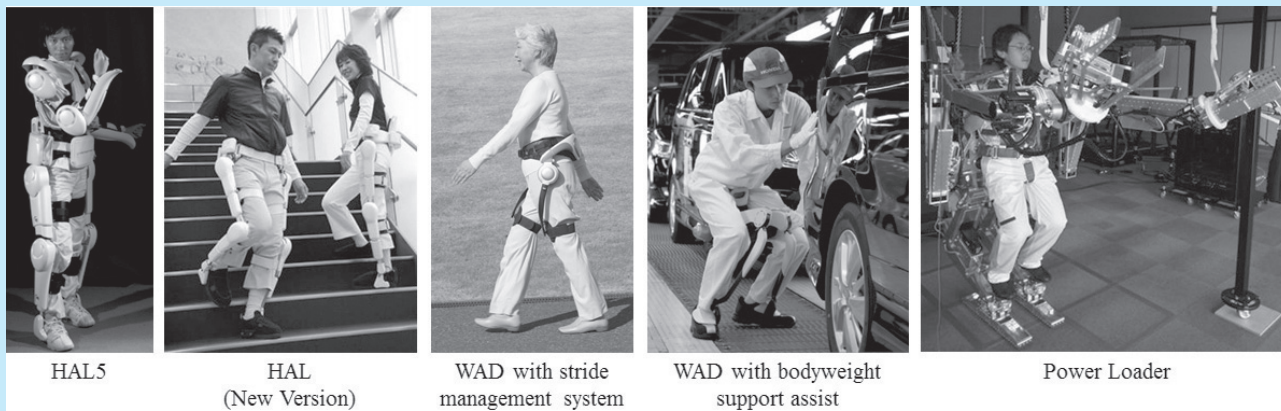


그림 5 일본에서 개발중인 착용 로봇(왼쪽부터 Cyberdyne, Honda, ActiveLink)



그림 6 프랑스에서 개발 중인 착용 로봇(RB3D, Argo Medical Technologies)

표 2 군사/산업용 착용 로봇 국외 기술현황 요약

적용분야	군사용/산업용				
국 가	미국	미국	미국	프랑스	일본
명 칭	BLEEX2	XOS2	HULC	HERCULE	Powerloader
착용부위	하지	하지	전신	하지/상지	전신
가반하중	68kg	91kg(상지)	90kg	100kg	-
이동속도	7.2km/h	-	16km/h	8km/h	-
구 동 기	유압	유압	유압	전기	유압
동 력 원	배터리	외부전원	배터리	배터리	배터리

격 시스템을 적용하고, 가상현실 환경을 결합한 것이다. 착용자의 뇌졸중 환자의 재활이나 혹은 우주공간에서 머물다가 귀환한 우주비행사의 근육 재활운동에 사용될

수도 있다. 현재는 건강한 사용자를 대상으로 한 시험 종료 후, 세인트 루시아 재단으로 보내져서 척수 부상을 가진 지원자를 대상으로 임상 평가를 수행하고 있다.

표 3 재활/보조용 착용 로봇 국외 기술현황 요약

적용분야	재활훈련용/생활보조용						
	미국	미국	미국	일본	일본	뉴질랜드	이스라엘
국 가	미국	미국	미국	일본	일본	뉴질랜드	이스라엘
명 칭	EKSO	e-Legs	X1	HAL-5	WAD	REX	ReWalk
착용부위	하지	하지	하지	하지/상지	하지/고관절	하지	하지
자체중량	-	20kg	26kg	23kg(전신) 15kg(하지)	-	39kg	18kg
이동속도	-	3.2km/h	-	-	-	3m/min	3km/h
구 동 기	전기	전기	전기	전기	전기	전기	전기
동 력 원	배터리	배터리	배터리	배터리	배터리	배터리	배터리

프랑스에서는 국방부와 무장청(DGA: Directorate General Armaments)의 지원으로 2011년에 RB3D에서 군용 및 민수용 목적의 전기식 외골격 로봇 HERCULE를 개발하였다. 이스라엘의 Argo Medical Technologies에서는 하지 중증 장애인용 개인 직립 보조 및 보행 보조장치인 ReWalk를 개발하였다.

### 요소기술별 기술동향

착용형 로봇의 주요 요소기술로는 크게 인간-로봇 인터페이스(HRI: Robot-Human interface), 외골격 메커니즘 등으로 분류할 수 있다. 이는 각 연구개발의 적용분야 및 활용 목적에 맞게 연구되고 있다.

HRI 기술의 경우 인간과 로봇의 상호작용을 측정하는 방식으로 이루어지며, 크게 인지 상호작용과 물리 상호작용으로 분류된다. 일반적으로 인지 상호작용의 경우 재활/치료 목적의 로봇에 주로 사용되며, 뇌전도, 심전도, 근전도 등의 생체신호를 이용한 다양한 연구가 진행되고 있다. 물리 상호작용의 경우 군사용/산업용/재난방재용 로봇에 주로 사용되며, 힘 센서를 이용하여 착용자와 로봇간의 힘을 측정하고, 이를 제어에 활용한다. 그러나 최근 힘 센서를 사용하지 않고 로봇의 정확한 모델링을 통하여 상호작용력을 추정하는 연구가 진행되고 있다.

외골격 메커니즘은 크게 Anthropomorphic과 Quasi-Anthropomorphic, non-Anthropomorphic 구조로 분류되는데, Anthropomorphic 구조는 인체와 정확히 일치하

는 기구적 특성과 단순한 구조를 지니며, 주로 재활 및 의료용 착용로봇에 적용된다. Non-Anthropomorphic 구조는 인체와 로봇의 구조가 불일치하도록 설계하는 방법으로 로봇의 다양한 가능성을 가질 수 있으며 용도에 맞는 구조를 가지도록 설계할 수 있다. Quasi-Anthropomorphic 구조는 앞의 두 구조를 절충한 형태이다. 로봇의 개발 목적에 따라 성능의 증가를 목표로 하는 방법으로 최근 다양한 종류의 Quasi-Anthropomorphic 구조가 시도되고 있다.

### 맺음말

착용형 근력증강 로봇은 선진국에서는 10년 이상 국방/민수 사업으로 활발히 연구되고 있는 분야이지만, 국내에서도 기술 역량을 확보함에 있어서 선진국 수준으로의 진입이 가능할 것으로 판단된다. 향후 기술 경쟁 및 수출을 통해 국가 경쟁력을 강화시킬 수 있는 분야이며, 이를 위해서는 착용형 로봇의 핵심 기술인 초경량 외골격 메커니즘, 고성능 액추에이팅 기술, 센서 최소화를 통한 착용자 의도 파악 알고리즘 및 로봇 제어 기술 등에 대한 연구가 필요한 실정이다. 뿐만 아니라 군사용/산업용 및 재난 재해환경에서 실질적으로 활용되기 위해서는 시스템의 보급화가 필요하며 이를 위해서는 경량화/생산단가의 절감 및 시스템의 신뢰성 확보, 제품화 인증을 위한 성능평가 기준 또한 마련되어야 할 것이다.