

연구 결과 개요

내 발처럼 가볍고 편안한 '스마트 로봇의족' 개발

해외에서는 하지절단 환자들을 위한 로봇의족 연구가 오래전부터 진행되어 왔고 이를 통해 현재는 환자가 로봇의족을 착용하고 정상인에 준하는 일상생활(걷기, 뛰기, 댄스)이 가능한 단계까지 다다르고 있다. 하지만 가장 뛰어난 인체동작 모사도를 보유하고 있다고 평가받는 제품의 경우 대당 가격이 8,000만원에 가까워 보험금으로 많은 지원을 받는 외국 환자들과는 달리 국내 환자들은 이러한 기술발전의 혜택을 거의 누리지 못하고 있는 실정이다.

로봇의족은 한 개의 관절만을 가지고 있어 간단해 보일 수 있지만 사람이 보행할 때의 자연스러운 움직임을 만들어내기 위해서는 사람 발목의 무게(1.5 ~ 2.5 kg)와 크기 제한 속에서 사람이 바닥을 찰 때 내는 순간적인 최대 토크(150 Nm)를 낼 수 있어야한다는 점에서 고도의 메커니즘 설계기술 및 제어기술이 요구되는 대상이라 할 수 있다.

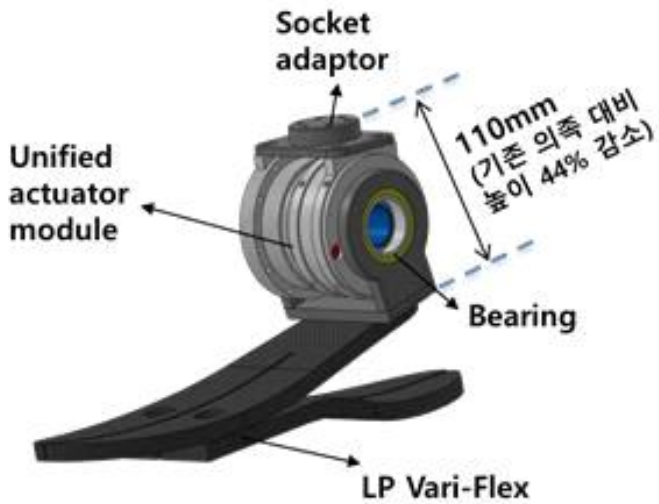
대부분의 외국 제품의 경우 무게 제한 속에서 큰 토크를 만들어내기 위해 모터의 회전력을 직선운동으로 바꿔 증폭시키고 증폭된 힘을 다시 회전력으로 바꾸는 방법을 이용해왔으나, 복잡한 메커니즘 구성으로 인해 크기와 무게를 줄이는 데는 한계가 있었다.

본 성과에서는 고유의 경량 고효율 통합구동모듈 기술에 기반하여 복잡한 변환 메커니즘 없이 생성되는 토크가 바로 발목에서 구현되도록 하는 새로운 로봇의족 메커니즘을 제시하였다. 이를 통해 세계 최고 수준의 무게와 발목 동작기능 조건을 동시에 만족하는 성과를 도출하였으며, 로봇의족의 높이를 기존에 비해 44% 낮춰 절단부위의 높이가 낮은 환자들도 착용이 가능하도록 하였다. 또한 통합구동모듈의 핵심 부품과 소형 제어기들을 자체개발함으로써 대당 판매가를 1,500만 원까지 크게 낮추는데 성공했다.

환자의 보행동작을 측정하고 분석하기 위해 국내 최고 수준의 3D 모션캡처 시스템과 지면반력측정 시스템 등을 자체적으로 구축하였으며, 이를 이용하여 개인별로 최적화된 맞춤형 보행모델을 개발할 수 있는 프로그램도 자체적으로 개발하였다.

해운대백병원과의 협력연구를 통해 실제 하지절단 환자를 대상으로 임상시험을 수행하였으며, 수동의족과 로봇의족을 착용하였을 때의 움직임과 EMG 신호를 측정하여 근활성도의 크기, 근활성도 좌우편차의 정도, 각 관절의 움직임을 분석하였다. 이를 통해 로봇의족을 착용하였을 때 보다 자연스러운 보행에 가까워짐을 정량적으로 입증하였다.

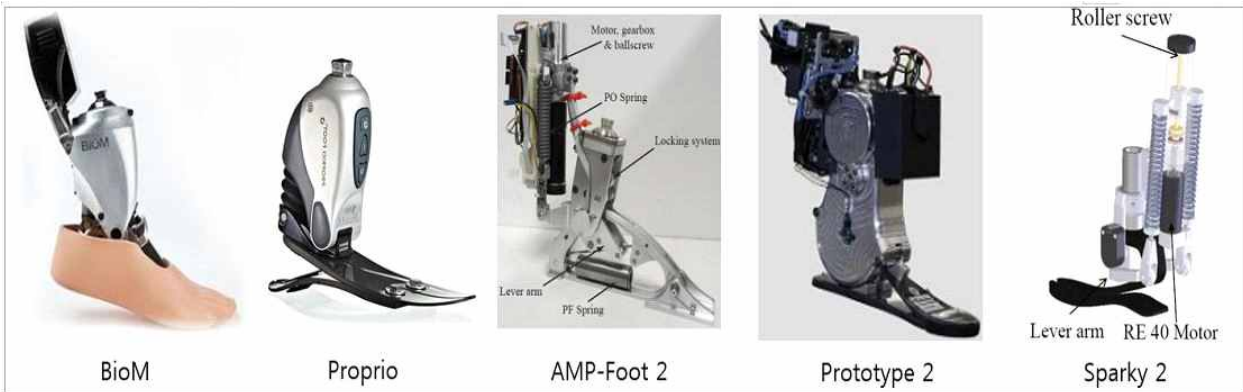
경량 고출력의 통합구동모듈 설계기술과 통합구동모듈에 최적화된 제어기 설계기술은 다양한 로봇 개발에도 적용될 수 있는 원천기술로써 두 기술 모두 각각 로봇 전문 중소기업과 제어기 전문 중소기업에 기술이전 되었다. 현재는 의지전문업체와 로봇의족을 상용화하기 위해 협력 중에 있으며, 2018년에는 국내시장, 2019년부터는 해외시장까지 진출하는 것을 목표로 하고 있다.



로봇의족은 개발된 통합구동모듈(사진의 둥근 부분)에 아랫부분으로는 탄성있는 소재의 ‘탄성발(LP Vari-Flex)’과 윗부분은 인체와 연결되는 소켓이 붙어있는 구조다. 토크센서가 내장되어 있어 발목의 토크를 보행단계에 맞춰 정밀하게 제어하는 것이 가능하다. 모터의 높이가 기존 의족 대비 44% 감소해 다리 절단 부위가 적은 환자도 착용이 가능한 것도 장점이다.

2	해외 로봇의족 시스템 현황
---	----------------

개발 주체	모델명	Propulsion mechanism	Motor & Transm.	Power [W]	Torque [Nm]	Weight [kg]	Slope detection	Status
BIONX (미국)	BioM	○	BLDC with belt	200	150	1.8	○	CA
Össur (독일)	Proprio	-	BLDC with damper	-	-	1.4	○	CA
Vrije U. (벨기에)	AMP-Foot 2	○	Pneumatic cyl.		119	2.65	-	CT
Vanderbilt U. (미국)	Prototype 2	○	BLDC w ball-screw	200	70	2.3	○	CT
ASU (미국)	SPARKy 2	○	BLDC w lead screw	200	140	2	○	CT



해외 로봇의족 개발 현황을 나타낸 표와 사진. 현재 세계 최고의 기술력을 갖춘 기업들도 로봇의족의 무게를 줄이면서, 발목의 동작을 모사하는 기능을 동시에 만족시키지 못하고 있다. 발목의 무게가 가벼우면 땅을 차주는 힘(토크출력)이 약하고, 토크출력이 세면 무게가 무거워지기 때문이다. 무게가 무겁거나 출력이 약하면 신체 다른 부위에 부담을 주기 때문에 실제 발목의 무게인 1.5 ~ 2.5 kg에 가까우면서 충분한 토크파워를 내는 기술이 요구되어 왔다. 세계 선도기업인 'BIONX'사의 로봇의족 'BioM'은 지난 2013년 보스턴 마라톤 테러에서 다리를 잃은 무용수 헤이즐렛 데이비스가 1년 뒤 착용하고 TED 강연장에서 춤을 선보이며 화제를 모은 바 있다. 기계연 연구팀이 개발한 로봇의족은 이 보다 토크출력은 같으면서 무게는 400 g 더 가볍다.



소켓이 부착된 로봇의족 시스템

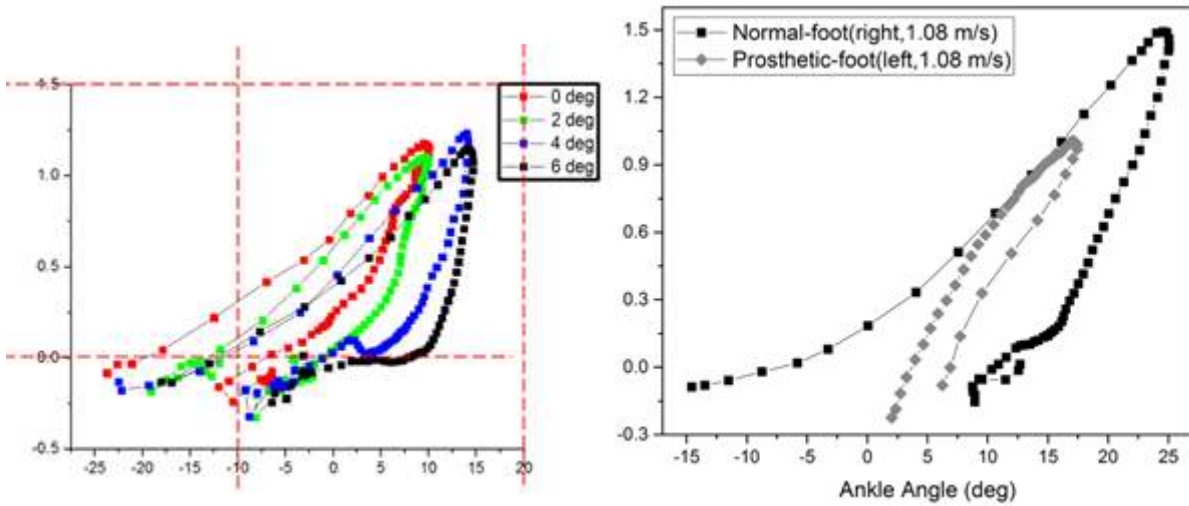
환자 착용 모습



왼쪽 하지 절단 환자가 한국기계연구원 대구융합기술연구센터 의료기술지원 로봇연구실 연구팀이 개발한 스마트 로봇의족을 착용하고 임상시험을 진행하고 있다.

4

절단환자의 기존 의족 착용 실험을 통한 보행모델(좌) 및 환자와 건강한 사람의 보행모델 비교(우)



다양한 경사로에 대해 절단환자의 보행실험을 수행하여 데이터를 수집 분석하였으며, 오른쪽 그림에서 진한 색은 건강한 사람의 보행모델, 흐린 색은 절단환자의 보행모델을 보여준다. 로봇의족을 착용하면 흐린 색의 보행모델이 진한 색의 모델로 변하도록 돕는다.

5	로봇의족 세계 시장 전망(한국산업마케팅연구소, 2016)
---	---------------------------------

하지절단 장애인수 및 시장규모('16 추정)

	한국	세계
하지절단장애인 (명)	27,000	10,815,000
의족구입자 (명)	2,820	1,130,700
시장규모 (백만원)	25,400	10,176,000

참고자료 6	국내 하지 의지 보급률(국민건강보험공단)
--------	------------------------

하지의지 급여 현황

(단위: 건, 백만원)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
건수	2,690	2,766	2,811	2,939	2,915	2,823
급여액	3,413	3,511	3,617	3,853	3,890	3,961

참고자료 7 **연구결과 문답**

<p>이번 성과 뭐가 다른가</p>	<p>기계연 고유의 경량 통합구동모듈 기술에 기반하여 세계 최고 수준의 무게와 발목동작 성능지표를 동시에 만족하는 새로운 로봇의족 메커니즘을 제시하였다. 또한 자체 개발한 기술을 적용함으로써 기존 제품에 비해 가격을 1/5 수준으로 낮출 수 있었다.</p>
<p>어디에 쓸 수 있나</p>	<p>하지절단 환자의 보행을 포함한 다양한 일상생활에 활용가능</p>
<p>실용화까지 필요한 시간은</p>	<p>2년 내 상용화 가능</p>
<p>실용화를 위한 과제는</p>	<p>보다 다양한 환자를 대상으로 한 임상시험 확대와 안정성 및 사용 편의성 보완이 필요</p>
<p>연구를 시작한 계기는</p>	<p>여전히 중저가의 수동의족에만 의존하고 있는 국내 대다수의 환자들과 달리 해외에서는 환자들이 로봇기술의 도움으로 다양한 일상생활을 영위하는 모습들을 보고, 국내 환자들의 이러한 기술적 소외문제를 해결해보고자 해당연구를 시작</p>
<p>꼭 이루고 싶은 목표는</p>	<p>개발된 로봇의족이 국내외의 많은 환자들에게 널리 보급되어 사용되기를 소망</p>

1. 인적사항

- 이 름 : 우 현 수
- 소 속 : 한국기계연구원(KIMM)
대구융합기술연구센터 의료지원로봇연구실
- 전 화 : 053-670-9019 / 010-6434-3648
- E-mail : woohs@kimm.re.kr



2. 학력

- 2009년 KAIST 기계공학전공 박사
- 2002년 KAIST 기계공학전공 석사
- 2000년 KAIST 기계공학전공 학사

3. 경력사항

- 2010년~현재 한국기계연구원 책임연구원
- 2009년~2010년 KAIST 기계기술연구소 Post Doc.

4. 전문 분야 정보

- 원격 수술로봇, 재활로봇 개발 관련 특허 10건, 출원 7건
- 로봇 원천기술 기술이전 2건
(경량고효율 통합구동모듈 개발, 통합구동모듈 특화 제어기 개발)
- 2020년 대한민국 산업을 이끌 미래 100대 기술과 주역 선정, 2013.12.19.,
한국공학한림원