

산학연 연구실 소개 (2)

인체에너지변환 융합연구단

(Pioneer Research Center for Human Energy Transduction)

주소: (우: 120-749) 서울시 서대문구 연세로 50 연세대학교 연세공학원 363호

Tel: 02-2123-7852, Fax: 02-365-5751

E-mail: eunkim1@yonsei.ac.kr, henergy@yonsei.ac.kr

Homepage: <http://web.yonsei.ac.kr/henergy>

김은경

인체에너지변환 융합
연구단 단장

1. 연구단 소개

현대사회에서 휴대용 IT기기들이 소형화되고 다기능화되는 반면, 배터리와 같은 전기 에너지원의 발달은 상대적으로 더디기 때문에 배터리의 충전 및 유지 문제가 대두되고 있다. 이에 따라 기존의 에너지원을 대체 할 수 있는 방안으로 주변의 환경으로부터 에너지를 수확하는 기술에 대한 관심이 증대되고 있다. 이와 같은 문제에 대한 방안으로 본 연구단은 미래창조과학부에서 추진하는 미래유망융합기술 파이오니어 사업으로서 인체 에너지를 수확하여 전기 에너지로 사용할 수 있는 통합 시스템을 구현 하고자 한다. 2010년 6월부터 사업단을 시작하여 6년간 연간 10억 원을 지원받고 있으며, 1단계 중간 평가를 거쳐 2013년부터 2단계 연구사업이 진행 중이다. 현재 국내 유수의 대학과 KIST의 연구진이 협력하여 기계, 전자, 화학, 신소재 공학, 의류학 등 다양한 분야의 전문가와 함께 새로운 개념의 에너지 원천 기술을 개발 중이다.

본 연구단은 인체의 물리적인 에너지를 활용한 전력생산 기술 개발을 위해 인체의 움직임과 체열, 외부의 진동을 전력으로 변환하는 에너지 수확기법 및 에너지 수확소자 기술의 연구를 진행하고 있다. 또한 연구 중인 에너지 수확기술을 인체에 효율적으로 적용하고 활용하기 위하여, 에너지 저장 및 관리기술과 인체 친화적인 전자패키징 기술을 접목한 새로운 개념의 에너지 원천 기술을 개발하고 있다.

인체에 적합한 에너지 수확 시스템 개발을 위해 운동 생리학 전문가의 자문과 인체 열화상 촬영 및 모션캡처 시스템을 이용하여 체열 및 움직임 등의 인체 활동을 분석하고 이를 기반으로 연구 방

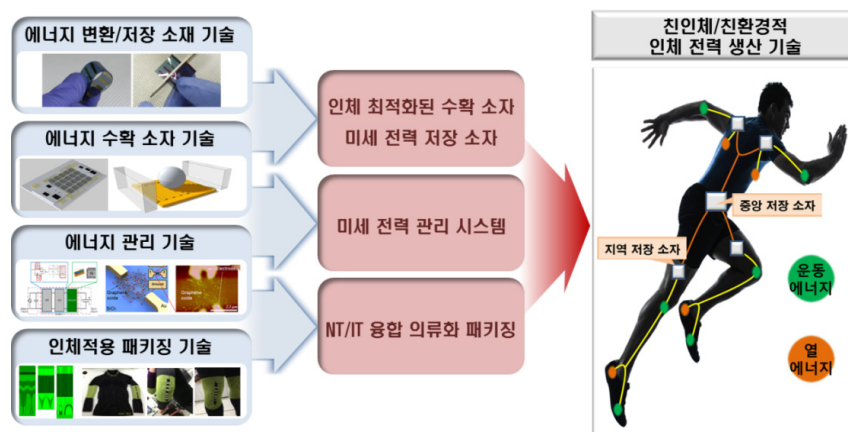


그림 1. 연구단의 연구분야 및 목표 간략도.

향을 정립하였다. 현재 인체에 특화된 에너지 수확 기법 및 소자에 관한 연구와 에너지 수확 효율을 향상시키기 위한 압전 및 열전 재료의 개발, 수확한 전력을 저장하기 위한 에너지 저장 소재 및 공정 개발, 그리고 수확한 미세 전력을 저장 소재로 전달하기 위한 저손실 인터페이스 회로 개발이 진행되고 있다. 추가적으로 에너지 수확 시스템으로 인한 인체 활동의 불편함을 최소화하고 효율적인 인체 에너지 수확을 위한 의복패키징 기술 개발 또한 이루어지고 있다. 개발 중인 에너지 수확 시스템은 각 요소 기술을 융합하여 2016년에는 의류화 패키징을 완료한 형태로 선보일 예정이다. 궁극적으로, 소자-소재-인체 적용 기술의 융합을 통해 인체로부터 의미 있는 양의 전력을 생산하는 ubiquitous 전원 시스템 구현 및 인체 적용 기술 도출을 목표로 한다.

2. 현재 진행되는 연구들의 간략한 소개

인체로부터 얻을 수 있는 에너지는 매우 미세하여 기존의 에너지 수확 및 관리 기술로는 사용할 수 있는 에너지 생산 및 저장이 불가능하다. 이를 위해서는 인체에 특화된 에너지 수확 기법과 미세 에너지 관리를 위한 새로운 패러다임이 필요하다. 본 연구단에서는 인체부위별로 에너지를 수확/저장하는 소자가 "전력생산 클러스터"를 구성하며, 각 전력생산 클러스터의 미세 전력은 주에너지 저장소자로 저장이 되는 시스템을 구성하고, 이를 통해 실제 사용 가능한 의미 있는 전력량을 확보하는 시스템을 개발하고 있다.

서강대 윤광석 교수가 이끄는 1세부 연구진은 가변적이며 다양한 인체의 물리적 에너지를 수확하기 위한 에너지 수확 기법 및 이들을 실제 에너지 수확 소자로 구현하기 위한 소자기술을 연구한다. KIST 김재현 박사가 이끄는 2세부 연구진은 인체로부터 변환된 미세한 양의 전력을 손실 없이 저장할 수 있는 에너지 저장소자를 연구하고, 저장된 미세 전력을 운용할 수 있는 에너지 관리기술과 이를 위한 저전력 인터페이스 회로 기술을 연구한다. 그리고 연세대 김은경 교수의 3세부 연구진은 에너지 수확소자/저장/관리기술이 실제 인체에서 적용 가능하게 하는 인체 적합형 패키징 기술을 연구한다. 섬유소재와 전자패키징 기술이 접목된 인체 적합형 패키징 기술은 에너지 소자/저장/관리 기술들 간 융합의 중심점이 된다.



그림 2. Shell 구조의 압전 에너지 수확 소자 개발.

본 연구단에서는 2년 6개월간 1단계 연구로 클러스터 요소기술을 개발 하였으며, 2013년부터 시작한 2단계 연구에서는 개발된 요소기술을 통합하는 클러스터 개발을 수행하고 있다. 현재 연구단에서 확보한 연구 개발 성과는 다음과 같다.

2.1 에너지 수확 소자 기술

다른 에너지들과 구분되는 인체 운동에너지의 특징은 주파수가 낮고, 수확하게 되는 에너지 크기가 작다. 인체 에너지는 항상 주기적으로 발생하는 에너지가 아니므로 운동 시 발생하는 순간적인 에너지를 효율적으로 변환하는 시스템이 필요하다.

본 연구단은 이와 같은 인체 운동의 특징을 고려하여 인체의 움직임으로부터 에너지를 수확하기 위한 압전/정전 에너지 수확 소자, 대면적 열에너지 수확소자를 개발 하였다. 모직형의 압전 에너지 수확 소자는 일반적인 인체의 움직임을 고려하여 다양한 부위에서의 느린 운동 조건과 임의의 운동 방향에 대해 에너지 수확이 가능하다. 모직에 압전형 shell 구조를 적용함으로써 인체의 활동에 기인하여 다양한 방향으로 일어나는 섬유 변형을 효율적으로 대응할 수 있다(그림 2). 이와 함께 인체의 운동에너지를 수확하는 다른 방향으로 기존에 존재하지 않았던 액체 기반의 정전 구동 에너지 수확 소자 개발을 진행하였다. 액체의 경우 유동성이 매우 높아 낮은 진동에도 많은 움직임을 얻을 수 있기 때문에 인체의 움직임으로 에너지 수확이 가능하다.

인체의 움직임 이외에도 열을 이용한 에너지 수확을 위해서 열전 에너지 수확 소자 연구를 진행하였다. 굴곡진 피부에서 미세한 열을 수확할 수 있도록 유연하며 다양한 형태의 대면적 열전소자 개발이 이루어졌다. 대표적인 성과로 방수와 자가세정을 위해 표면에 미세구조가 패터닝되어 있는 마이크로 구조의 열전소자와 금속사와 직물을 소자에 적용한 의복형 열전소자 제작 기술을 확보하였다.

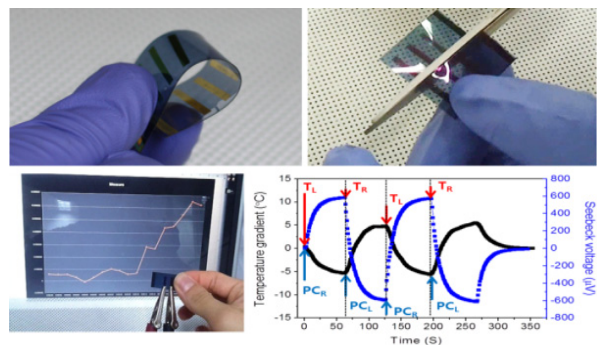


그림 3. 전도성 고분자 폴리머 열전 소재 개발.

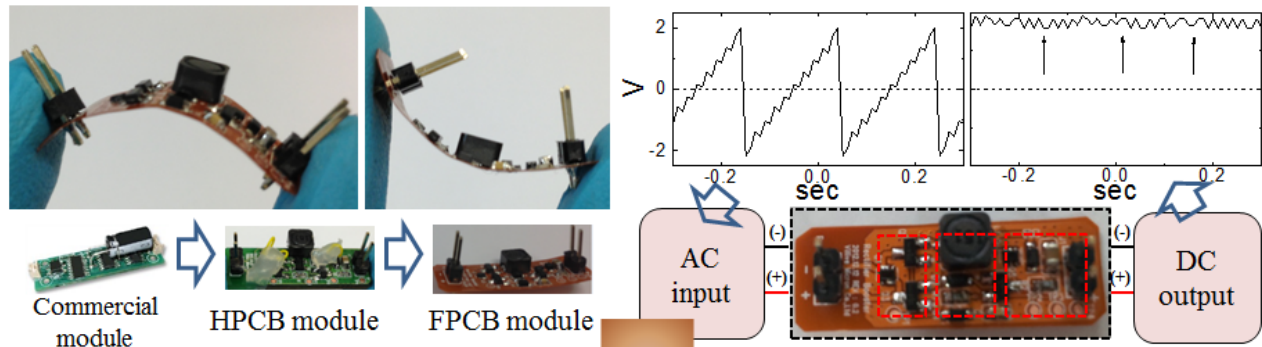


그림 4. 저전압 입력 대역 및 무전원의 변환 회로 개발.

2.2 에너지 변환 소재 기술

기존 에너지 변환 소재들은 상용화 되기에는 에너지 변환 효율이 낮았기에 인체의 에너지를 효율적으로 수확하기 위한 에너지 변환 소재 기술을 개발이 필요하다. 본 연구를 통해 체열 에너지를 수확하기 위한 전도성 고분자 폴리머 및 나노선 기반의 고효율 열전 소재를 개발 하였다. 높은 전기 전도도를 구현 하고 이를 자체 전극으로 활용하고 도핑을 제어하여 높은 열전 특성을 구현하였다. 열전대의 기반 물질로 사용될 폴리머를 기계적 강도, 유연성, 전기적 특성, 열팽창 계수, 열전달 특성, 열전대 물질과의 공정 적합성 등 다양한 물리적 특성의 고려를 통해 선정하였다. 선정된 폴리머 기반의 물질과 개발된 열전대 전극 물질의 물리적 특성을 상호적으로 고려하여 설계하였으며, 두 요소의 열적 특성차(열팽창, 열전달 등) 및 young's modulus(탄성계수)를 고려하여

인체의 열에너지 수확에 적합한 크기 및 구조를 확보 하였다. 인체의 열에너지를 이용한 전력생산 상황에서 발생할 수 있는 다양한 외부 영향과 조건(열역학적 변화, 굽힘, 물리적 충격 등)을 고려하여 시뮬레이션을 수행 및 이를 통한 최적 설계를 수행하였다. 이를 통해 폴리머 소재의 유연한 특성을 통해서 열전소재의 인체 적용 용이성을 확보하였다(그림 3).

2.3 저전력 에너지 관리 기술

에너지 수확소자의 인터페이스 회로기술은 이전까지 크게 주목받지 못하였으나 수집소자기술의 발전과 함께 응용의 핵심기술로서 최근 그 중요성이 인식되어 관련 연구가 활발하게 수행 중이며, 특히 인터페이스 회로 기술은 에너지 수확소자에서 발생된 교류 형태의 전기에너지를 에너지 저장 소자에서 저장하기 위한 직류 형태로 변환시키는 회로로

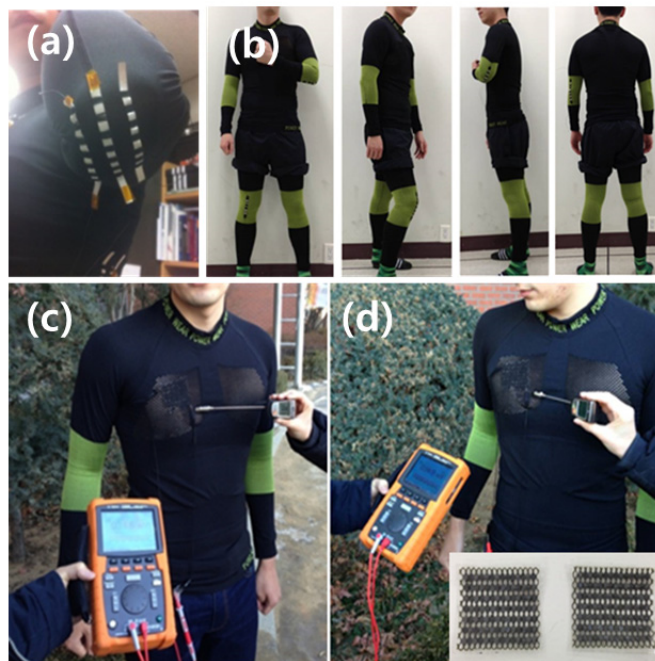


그림 5. 압전/열전 소재가 적용된 의복, (a) 압전소재, (b) 관절부의 굽힘에 따른 압전 성능 실험 모습, (c), (d) 가슴부에 적용된 의복형 열전소재의 성능 실험 모습.

