

2016 JANUARY
vol.02

02

융합

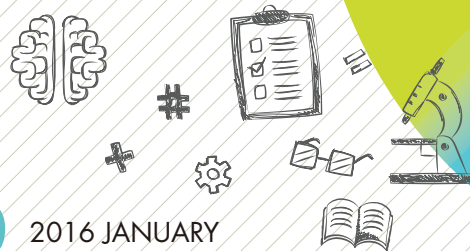
WeeklyTIP

Technology • Industry • Policy

에너지 하베스팅 기술 | Energy Harvesting Technology |

이아름 | 융합연구정책센터





에너지 하베스팅 기술

| Energy Harvesting Technology |

이아름 | 융합연구정책센터

선정 배경



- 화석연료 고갈과 지구온난화 등이 전 세계적인 환경문제로 대두됨에 따라 지속가능한 에너지 기술개발의 필요성 대두
 - ‘에너지 하베스팅(Energy Harvesting)’ 기술은 버려지는 에너지의 회수라는 측면에서 신개념 에너지 개발 기술의 중요 과제로 부상
 - 특히 태양전지, 압전소자, 열전소자 등 이산화탄소 배출 없는 친환경성으로 관련 연구 수요 급증
- 최근 전자기기가 소형화, 모바일화, 저전력화되고 웨어러블 형태로 출시됨에 따라 시공간에 제약 없이 설치되거나, 외부로부터 전원을 공급받기 어려운 상황에 대비 가능하고, 인체에 밀착 가능한 독립 전원 개발의 필요성 증대
 - 단말기의 복잡한 기능을 수행하면서도 전력 소비량을 줄이고 배터리 용량을 높이는 방법으로써, 충전하지 않고도 이용 가능한 에너지 하베스팅 기술에 주목
- 배터리가 필요 없기 때문에 에너지 고효율성으로 자동차, 우주항공 및 빌딩자동화, 헬스케어 등 다양한 분야로의 활용가능성이 높음
 - 저전력은 물론 정비나 보수가 필요 없는 전자기기의 핵심 구현기술로 시장 잠재력이 클 것으로 예상



개요

- **(정의)** 빛, 진동, 열, 전자기 등 일상생활에서 버려지거나 소모되는 에너지를 수확(Harvest)해 사용할 수 있는 전력으로 변환하는 기술



▲ 그림1. 에너지 하베스팅 기술의 활용

※ 출처: 하이글로브닷컴(www.hi-glove.com)

- **(원리)** 압전효과, 열전효과, 광전효과, RF 4가지 물리현상을 이용

- (압전) 기계적인 압력을 주면 전류가 흐르는 현상. 즉, 어떤 물질을 기계적으로 누르면 양전하 음전하로 나뉘는 '유전 분극'이 일어나는데, 이 때 표면의 전하밀도가 변하면서 전기가 흐르게 되는 현상
- (열전) 온도차이가 발생할 때, 전류가 흐르는 현상을 통칭. 열에너지를 전기에너지로 변환하는 방식을 이용한 기술로 열이 발생할 때 주위에 열전소자를 배치하여 전력을 이끌어내는 방법
- (광전) 빛 에너지로 전기가 발생하는 것으로 금속 등 고에너지 전자기파를 흡수할 때 전자를 내보내는 현상. 주로 태양전지에 많이 사용
- (RF) 파장이 1mm~100km 범위, 즉 진동수 3KHz~300GHz까지의 전자기파를 수집하여 전기로 변환

종류 및 적용 사례

(신체에너지) 체온, 정전기, 운동에너지 등을 이용하는 방법으로, 전기에너지 기술로 발전시켜 에너지를 공급

- 영국 통신사인 보다폰은 전기를 만드는 핫팬츠를 개발. 엉덩이를 흔들며 춤을 추면 핫팬츠 내부에 있는 압전 소자에서 전기가 발생

※ 핫팬츠를 입고 걷거나 춤을 추면 스마트폰을 4시간 이상 충전할 수 있는 전기가 발생

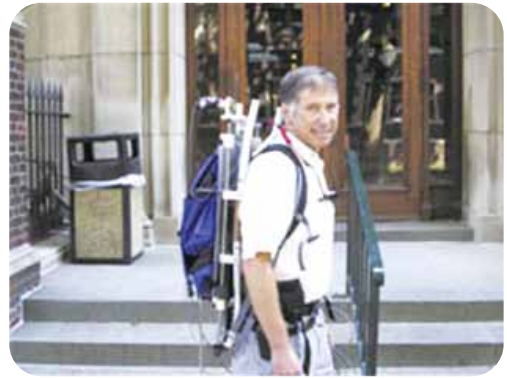
- 미국 플로리다대학 헨리 소다노 교수는 배낭끈에 압전소자를 넣어, 걸을 때마다 배낭끈이 아래위로 움직이고 그 압력으로 전기 생산
- 조지아공학대학 연구진은 압전소자로 전기를 일으키는 티셔츠를 개발. 옷감 표면에 압전소자 돌기를 만들어 사람이 움직일 때마다 전기를 발생

※ 옷감 1㎡로 휴대폰을 작동시킬 만한 전기를 생산할 것으로 예상

- 미국 IT스타트업 솔파워(SolePower)는 사람이 걸을 때 발뒤꿈치에 가해지는 에너지로 전력을 만드는 '신발 깔창 발전기'를 고안. 발뒤꿈치의 압력이 회전에너지로 변환되어 자석을 회전시키면, 자석에 의해 전력이 만들어져 배터리팩에 저장되는 원리를 활용



▲ 그림2. 압력을 전기로 만드는 소재가 들어있는 핫패치 발전기



▲ 그림3. 짐의 상하 운동을 전기로 만드는 배낭 발전기

● **(진동에너지)** 대형 회전기나 구조물 진동 등의 충격에너지를 압전효과를 이용하여 전기에너지로 변환

- 일본 음력발전사는 사람이나 자동차, 자전거 등이 지나갈 때 나오는 진동에너지를 전기로 바꾸는 '발전마루'를 개발

※ 가로·세로 50cm 크기의 보도블록인 발전마루는 하루 최대 2000kW 전력 생산



▲ 그림4. 전기(충격)에너지를 이용하도록 환승통로에 설치된 발전마루

● **(열에너지)** 온도차에 의해 열이 이동할 때 발생하는 에너지를 전기에너지로 변환시켜 활용

- 화력발전소의 배기가스가 배출되는 통로에 열전도체를 이용한 발전장치를 설치하여 폐열을 전기에너지로 회수
- SK에너지 울산CLX에서는 버려지는 열에너지를 활용해 공장을 가동. '09년부터 시간당 40톤의 폐열 증기를 사용하여 연간 약 2,300만L의 벙커C유를 절약하고 있으며, 연간 7만 5,000여 톤의 온실가스 감축

● **(충격에너지)** 물체에 무게로 힘을 가했을 때 발생하는 에너지를 전력으로 변환하는 기술로 진동에너지와 마찬가지로 압전효과 활용

- 도로에 설치된 과속방지턱, 통행료 납부 톨게이트, 횡단보도 일시 정지선에 공기 압력펌프를 설치하여 자동차의 충격을 이용



▲ 그림5. 'motion power' 자동차는 과속방지턱을 지나갈 때 에너지 발생 (뉴에너지 테크놀로지社)

● **(위치에너지)** 물질이 위에서 아래로 떨어지며 발생하는 위치에너지를 전력으로 변환하는 기술

- 수력발전소의 방수구 및 화력발전소의 냉각수 방수로에는 소량의 위치에너지와 운동에너지가 버려지고 있는데, 소형 수차를 이용하여 배출에너지를 전기에너지로 회수 가능

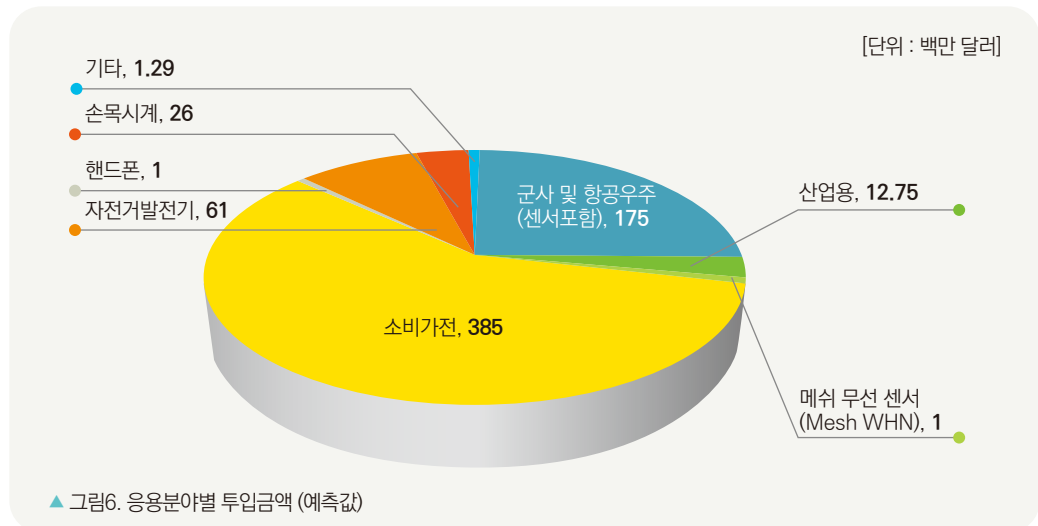
● 이외에도 공기 중에 있는 방송전파, 이동통신기기 전파 등 수많은 전자파 에너지를 수확해 전력으로 변환하는 전자파에너지, 태양광발전기와 같이 빛으로 발생하는 에너지를 전력으로 변환하는 광에너지 등이 존재

표1. 에너지 하베스팅의 종류

구 분	주요 내용
신 체 에 너 지	사람이 신체를 움직일 때 발생하는 에너지를 전력으로 변환
진 동 에 너 지	물체에서 발생한 진동에너지를 전력으로 변환 (충격에너지)
열 에 너 지	온도 차이에 의해 발생하는 전기에너지를 모아 사용
충 격 에 너 지	물체의 무게로 힘을 가했을 때 발생하는 충격에너지를 전력으로 변환
위 치 에 너 지	물질이 위에서 아래로 떨어지며 발생하는 위치에너지를 전력으로 변환
전자파에너지	가전제품, 휴대전화 등에서 발생하는 전기에너지를 모아 사용
광 에 너 지	태양광발전기와 같이 빛으로 발생하는 광에너지를 전력으로 변환

시장 동향

- 에너지 하베스팅의 시장규모는 2021년 44억 달러 규모로 성장할 것으로 예상되며 투입된 금액은 7억 달러에 이를 것으로 예측('11년 기준)



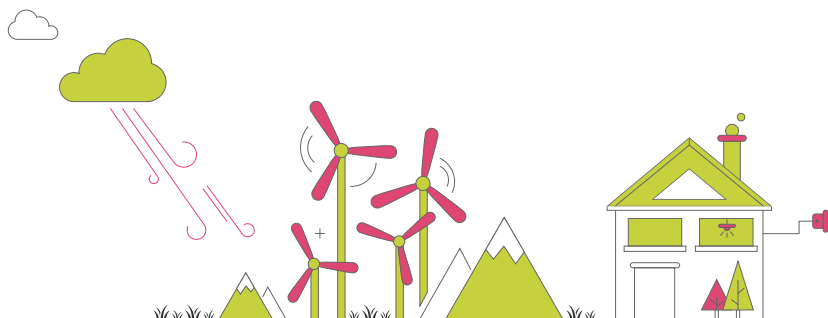
※ 출처 : IDTechEx Report "Energy Harvesting & Storage for Electronic Devices 2011-2021"

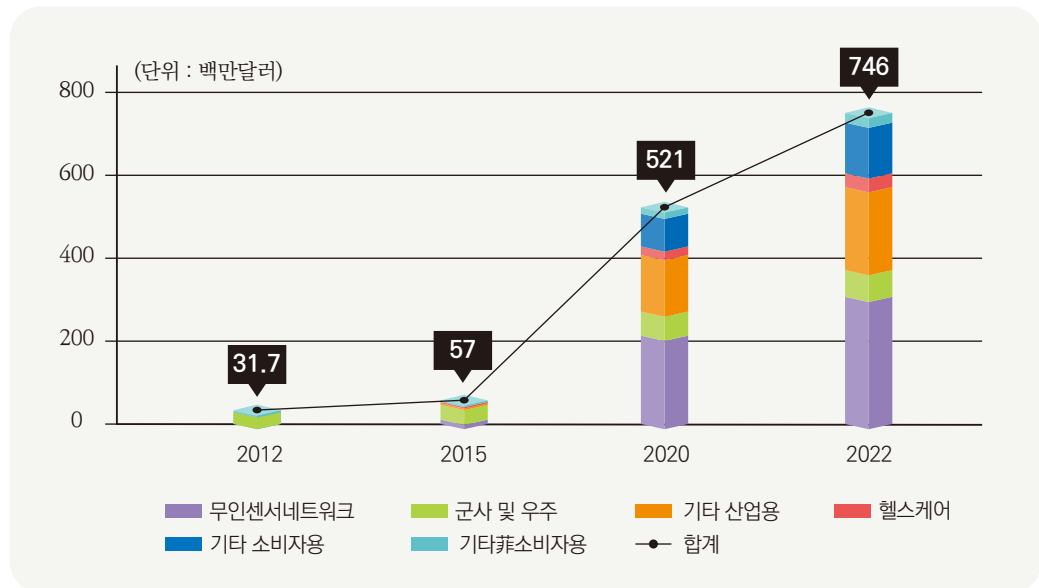
- 특히 열전 에너지 하베스팅 시장은 2012년 3,168만 달러에서 2017년 1억 8,100만 달러로 증가하고 2022년에는 7억 4,600만 달러로 연평균 37.1%로 성장할 전망

표2. 용도별 열전 에너지 하베스팅 시장전망 [단위 : 백만 달러]

구 분	2012년	2013년	2014년	2015년	연평균 성장률
무선센서네트워크	0.05	9	213	306	139.2%
군 사 및 우 주	30	37	58	64	7.9%
기 타 산 업 용	1	2	134	198	69.7%
헬 스 케 어	0.1	1	22	33	78.6%
기 타 소 비 자 용	0.02	4	78	125	139.7%
기타타소비자용	0.5	4	16	20	44.6%
합 계	31.7	57.0	521	746	37.1%

출처 : IDTechEx, 2012





▲ 그림7. 용도별 열전 에너지 하베스팅 시장전망

※ 출처 : 와게닝겐 대학 곤충학과

기술 동향



● 마찰전기를 이용한 나노발전기 상용화 원천기술 개발

※ 포스텍 김동성 교수는 미래부와 한국연구재단이 지원하는 중견연구자지원사업, 선도연구센터지원사업을 통해 얇고 투명하며, 휘어지는 나노발전기의 대량생산 및 상용화 연구 수행

- 일상에서 버려지는 마찰전기를 모아 전력으로 재활용하는 나노발전기* 제조에 있어 복잡한 제작과정을 단순화한 저비용·고효율·고속생산의 대량생산 공정기술 개발

* (접촉대전) 나노발전기 : 서로 다른 두 가지 물질이 접촉한 후 분리됨에 따라 발생하는 전기 에너지를 수확하는 장치

- 나노발전기 제작에 있어 나노임프린팅 공정*을 도입하여, 여러 단계로 이루어진 기존 제작공정과 달리 나노표면 제작과 전도층 부착 공정을 한 번에 진행

* 나노 금형을 고분자로 이루어진 필름들과 함께 적층한 후 적절한 열과 압력을 가하는 방법으로, 표면에는 나노 크기의 미세한 구조

- '웨어러블 전원 공급 장치' 및 '휘어지는 디스플레이' 표면에 부착해서 전원 보조장치로 사용하거나 태양전지와 융합해 태양광과 떨어지는 빔물의 에너지를 동시에 이용하여 전기를 생산하는 '다중 에너지 수확 장치' 등으로도 응용이 가능



▲ 그림8. 접촉대전 나노발전기의 특성을 이용해 '웨어러블 전원 공급 장치'로 응용한 모습

☞ 체열로 전기를 생산해 내는 유연 열전소자를 활용한 입을 수 있는 열전소자 개발

※ KAIST 조병진 교수팀은 미래부가 지원하는 기반형융합연구사업의 일환으로 연구 수행

- 기존의 상용 열전소자는 세라믹 기판을 이용하여 단단하고 휘어지지 않으며, 무게가 무겁고, 낮은 에너지 효율로 인해 웨어러블 전자기기에 활용하기에는 부족
- 개발한 열전소자는 유리섬유를 이용함에 따라 의류 형태의 자유로운 가공이 가능하고 무게가 가벼움
- 전력생산 효율도 높아 같은 무게의 기존 세라믹 기판 소자에 비해 14배 정도의 전력생산 능력을 가짐
- 열전소자를 팔에 두를 수 있는 가로, 세로 각 10cm의 밴드 형태로 제작한다면, 외부 기온이 20℃일 때 (체온과 약 17℃ 차이가 있는 경우)는 약 40mW의 전력이 생산되어 웬만한 반도체 칩들을 다 구동할 수 있으며, 상의 전체에 해당하는 면적(50cm x 100cm)로 제작하여 입으면, 약 2W의 전력이 생산되어 핸드폰 사용이 가능
- 인체에서 발생하는 열을 이용하여 전력을 생산함으로써 배터리 걱정 없이 반영구적으로 웨어러블 전자기기 이용 가능

해외 동향

☞ (EnOcean) 독일의 엔오션社は 에너지 하베스팅 기술과 무선센서기술을 결합하는 기술을 통해 빌딩자동화산업 추진

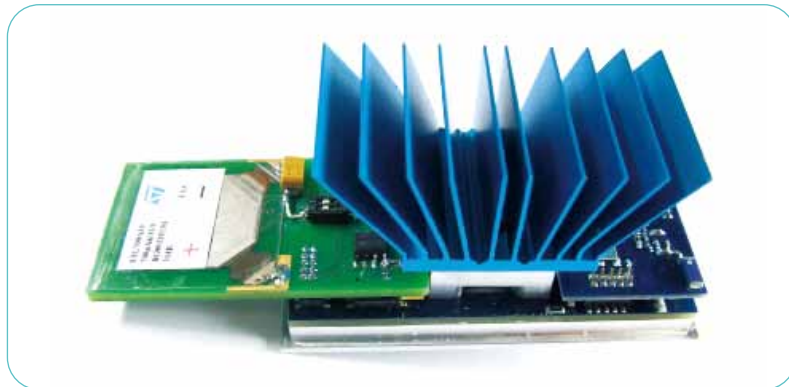
- '국제가전박람회(CES) 2015'에서 에너지 하베스팅 기술을 스위치, 센서와 접목한 스마트홈(Smart Home)* 솔루션을 선보임

* 가전제품을 비롯한 집 안의 모든 장치를 연결해 제어하는 기술 또는 자동화 기법이 적용된 주택



▲ 그림9. 센서가 포함된 에너지 하베스팅 시스템 개념도

- **(Micropelt)** 독일 마이크로펠트社は 열류(heat flux)를 전기에너지로 바꾸어서 초저전력 시스템에 이용할 수 있는 칩 크기의 열전력 발생기(TEG, Thermogenerator) 개발
 - ST마이크로일렉트로닉스(스위스), 아레이몽(프랑스)사와 공동으로 스마트 센서와 스마트 마이크로시스템을 구동하기 위한 열에너지 수확 기술 기반 솔루션을 공동 개발



▲ 그림10. 열에너지 수확 기술 기반 솔루션

- **(SolarPrint Ltd.)** 아일랜드 솔라프린트社は 염료감응형 태양전지(DSSC, Dye-Sensitized Solar Cells)* 기술을 활용하여 에너지 하베스팅 산업의 기초발판 마련

* 식물이 광합성으로 에너지를 얻듯이 태양 빛을 흡수한 염료가 만들어내는 활성화된 전자를 수집해 전기를 만드는 염료감응 태양전지는 실리콘 태양전지, CIGS 박막태양전지 등에 비해 제조공정이 단순하며 투명하게 만들 수 있어 차세대 태양전지로 주목

시사점



- 사물인터넷(IoT)시대가 도래하고 웨어러블 디바이스의 발전으로 무선통신 및 무선센서의 필요성이 증대되어, 더불어 주전력원으로 에너지 하베스팅 기술개발이 가속화되는 추세
 - 에너지 효율성 증대와 절감의 목적으로 개발되어 왔지만 전자·IT 산업의 주요 기술로서도 성장할 가능성이 높음
- 친환경 기술로써 지구 에너지 고갈문제 해결 및 국토, 국방, 농업, 의료 등 다양한 분야로의 적용이 가능하여 관련 시장 및 산업이 크게 성장 할 것으로 예상
 - 고효율 소재개발 및 구조·회로 설계기술 등의 기술선점을 통한 新에너지산업의 글로벌 경쟁력 확보 필요
- 에너지 효율성 개선, 출력의 안전성 및 가격경쟁력 확보 등 현재 에너지 하베스팅의 단점을 해결할 수 있도록 기술적 한계 극복이 과제
 - 생활환경내에 활용 가능한 많은 에너지원이 존재하지만, 크기가 매우 작기 때문에 원하는 수준의 전력을 추출하기 어렵고, 시공간적으로도 한계가 존재

참고 자료



- 왕희승, 김동현, 이건재(2015), 차세대 에너지 하베스팅 기술, 융합연구리뷰
- 윤범진(2011), 에너지 생산을 넘어서 수확으로, 월간전자과학
- 정윤지(2015), 에너지 하베스팅 IoT를 만나 탄력받는다, LG Business Insight
- 한국연구재단(2014), 보도자료(웨어러블 전자기기 배터리 걱정 끝. KAIST 연구진, 입을 수 있는 전원발생 소자 개발)
- 한국연구재단(2014), 보도자료(마찰전기를 이용한 나노발전기 상용화 원천기술 개발)
- Energy Harvesting Technology-Ambient Energy to Power Microelectronic Devices, September 2014, Frost & Syllivan
- <http://blog.kepco.co.kr/389>

