

## 에너지 하베스팅 시스템(EHS)



데이터분석본부 부산울산경남지원 선임연구원 **최재경** Tel: 051-831-1891 e-mail: jk@kisti.re.kr

### KEY FINDING

1. 에너지 하베스팅 시스템(EHS)은 저전력 장치의 충전이나 긴급전력 공급 등을 위해 주변의 낭비되는 에너지를 회생하고 저장해 필요시 전력공급을 가능하게 하는 재생에너지 기반 저장시스템이다.
2. EHS의 세계 시장규모는 주로 하드웨어 분야를 타겟으로 2021년에 약 4억5000만 달러로 평가되었고, 이는 8.4%의 CAGR로 성장해 2026년까지 7억100만 달러에 이를 것으로 예측된다.
3. 엔오션(독일), 파워캐스트(미국) 등의 선진기업 주도로 압전, 태양열, 열, 고주파 등과 같은 다양한 발전시스템 기반 EHS 기술의 혁신을 추진하고 있으며, 특히 북미지역과 EU에서는 녹색 에너지의 높은 구현율과 정부의 지원정책으로 EHS 시장의 대부분을 장악하고 있다.
4. EHS 관련 산업은 전력, 석유/가스, 금속/광업과 같은 1·2차 산업의 적용부터 최근 사물인터넷 기반 장비나 홈오토메이션의 적용 등 적용 분야와 활용 가능한 기술이 매우 다양하여, 각 부문의 수요에 따라 무궁무진한 시장 기회를 창출할 수 있다.

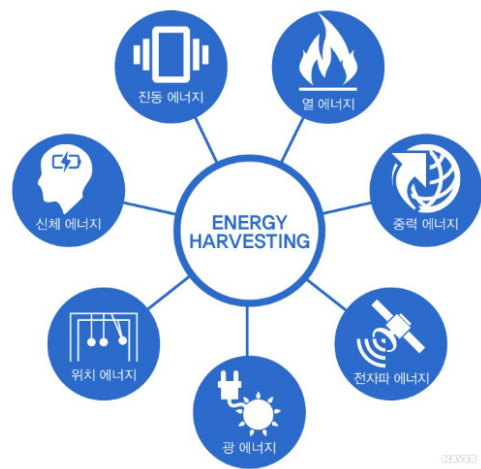
### 1) 시장의 개요

최근에 국내 연구진은 우리 속담 '웃기만 스쳐도 인연'을 마치 과학적으로 입증한 듯한 연구사례<sup>1)</sup>를 발표해 화제를 불러일으켰다. 이른바 에너지 하베스팅의 원리로서 머리카락 두께 수준의 웃김이 다른 매개체와의 물리적인 접촉이 일어날 때 마치 웃김에 잠재된 정전기가

마찰전기의 원리로 인해 순간적인 전기가 발생해 결코 무시할 수 없는 정도의 전력량이 생성될 수 있다. 즉, 에너지 하베스팅이란 태양에너지·열에너지·풍력에너지·전자기에너지·운동에너지와 같은 외부에너지원으로부터 회수가능한 전기를 축적하는 것을 말하고, 필요할 때 무선장치 등에 전력을 공급할 수 있게끔 체계화한 것이 바로 에너지 하베스팅 시스템(Energy Harvesting System, EHS)이다.

1) 참고자료: Chun et al., "A Micropillar-Assisted Versatile Strategy for Highly Sensitive and Efficient Triboelectric Energy Generation under In-Plane Stimuli." Advanced Materials 32.2 (2020)

그림 1 에너지 하베스팅의 종류



출처 : 국립중앙과학관-사물인터넷

EHS는 다양한 루트로부터 에너지를 회수하기 위한 변환기(Transducer), 전력관리를 위한 집적회로(이하 PMIC), 그리고 전력을 저장하기 위한 2차전지로 구성된다. 저장된 전력은 주로 홈오토메이션, 웨어러블 기기, 각종 센서 등 저전력 애플리케이션에 다양하게 활용될 수 있다. EHS는 상시 전력제어가 어렵거나 착탈식 배터리 장치가 불가능한 장치에 활용될 때 그 가치를 발하며, 특히 전력손실을 줄일 수 있어 탄소중립정책을 구현하는 대표기술이라고 할 수 있다.

## 2) 국내외 정책동향

최근 EHS 기술은 한국교통안전공단은 자동차검사의 안전도 검사 항목 중 속도계 장비에서 버려지는 회전 및 정지동력과 매연 포집기 환기구에서 발생하는 바람을 재활용 매개로 하여 미리 설치된 에너지저장장치(ESS)에 전력을 축적한 후 고객대기실의 냉난방 등 편의시설에 자체적으로 활용할 수 있는 'EHS 기반 제로에너지 자동차검사소'를 시범적으로 구축한 사례가 있다. 이는 향후 전국의 자동차검사소에 EHS를 설치해 연간 1.1 GWh 규모의 전기 생산을 목표로 하고 있다. 이 외에도 2016년부터 국내 정부는 광역권 지자체에서는 도시 에너지 효율 개선 및 자립을 위한 대규모 태양광 설립지원 사업 등의 '메가와

트급 에너지 프로슈머 발전산업'을 추진하여 수행하고 있으며, 이를 통해 연간 150조원(석유기준)의 규모로 발생하는 도시 에너지 손실에 대응하여, 3~10기의 ESH 설비를 위한 투입비용은 연간 50조원(3~10대의 설비규모)으로 현재보다 30%의 에너지 절감효과를 볼 수 있는 것으로 조사<sup>2)</sup> 되었다.

경상북도는 2022년부터 3년간 총사업비 186억 원을 투자해 2022년 스마트특성화사업의 일환인 '저전력 지능형 IoT 물류부품 상용화 기반 구축' 사업을 수행한다고 밝혔다. 이는 에너지 하베스팅 기술이 가미된 전원 소자, 센서 등을 기반으로 자동분류시스템을 구축하기 위한 사업으로 EHS 관련 부품·소재 산업 육성에 목표를 두고 있다. 중국은 숙박시설이나 공항의 전등스위치를 누를 때마다 발생하는 물리적 에너지를 이용해 전기를 생산하는 EHS를 적용한 사례가 있다. 그리고 최근 폐열 기반의 전기발생장치를 학술지 '사이언스'에 게재한 바 있으며, 정책적으로는 2003년 에너지위기 후 2005년 '재생가능에너지법'을 제정하고 본격적으로 태양광 산업을 기반으로 재생에너지 정책을 실행하였다. 그 후 2021년까지 중국은 재생에너지산업이 전세계의 50%를 차지하는 성과를 보여주었다.<sup>3)</sup>

한편 중국을 포함한 OECD 국가들을 중심으로 에너지전환이 급속도로 진행되는 가운데, 중국정부는 2040년까지 발전부문 전체 중 70% 이상을 재생에너지 부문에 투자하겠다고 발표하였다<sup>4)</sup>.

미국과 유럽은 재생가능에너지원의 R&D를 위한 자금 지원 정책을 다양한 조직을 통하여 실시하고 있다. 유럽에서는 '엔오션얼라이언스<sup>5)</sup>'라는 협의체를 기반으로 스마트홈에서부터 스마트팩토리까지 EHS기반 기술을 다양하게 적용하고 있다<sup>6)</sup>. 미국 에너지부는 '고성능 자력 기반 에너지' 및 '에너지 하베스팅 관련 소재' 등의 R&D를 위해 로렌스 리버모어 국립연구소(Lawrence Livermore National Laboratory)에 30만 달러의 자금을 2019년부터 지원하고 있다고 발표하였다. 그리고 네덜란드의 DTV(Disruptive Technology Ventures) 지원기구는 네덜란드 정부의 주도하에 자국의 민간 반도체 회사 노위(Nowi)와 협력하여 EHS의 주요 구성 모듈 중 하나인 PMIC<sup>7)</sup>의 개발을 위한 공동 연구를 2018년부터 수행 중이며, 2020년에는 IoT 노드에 전원을 공급하기 위한 칩 등의 개발을 위해 천만 달러 규모의 지원을 받았다. 그 외 EHS 관련하여 전 세계적으로 대표적인 정책이 반영된 핵심 사례를 <표 1>과 같이 정리하였다.

2) 출처: 한국에너지하베스팅협회 공식 홈페이지(<http://keha.or.kr/>)3) 참고3) 출처: 한국기후·환경네트워크 공식 블로그(<https://blog.naver.com/greenstartkr>)

4) IEA (2018), World Energy Investment 2017, 에너지경제연구원, 「에너지전환정책의 현황과 향후 과제 (2018)」

5) 엔오션얼라이언스(EnOcean Alliance): IBM, OSRAM 등 글로벌 정보통신 기업들을 중심으로 2008년도부터 설립되어, 에너지 하베스팅 등의 스마트 기술 기반 선드그룹

6) 출처: 케이투데이 온라인 뉴스 홈페이지(<http://ktoday.co.kr/>)

7) PMIC(Power Management Integrated Circuit) : 모바일 애플리케이션 프로세서용 전력관리로서 TV를 포함한 모든 기기에 들어가며 스마트폰 1대에는 모뎀 · AP-카메라모듈 · LED 플레시 · 햅틱용 등으로 6~8개의 PMIC가 사용된다

표 1 재생에너지 관련 글로벌 정책 반영사례

정책 주도 기관	핵심 사례
홍콩 정부 (2019.3)	• 홍콩 정부 산하부서인 Electrical and Mechanical Services Department는 자국의 국공립대학과 협력하여 태양광 기반 EHS 개발을 위한 커리큘럼 개설
인도 정부 (2019.1)	• 인도 정부는 산하부서인 Department of Science and Technology(DST)와 Advanced Manufacturing Technology(AMT)을 통하여, 스마트 제조 등 다양한 분야에 적용하기 위한 상용화 프로그램 수행
NASA (2016.3)	• NASA 하위 부서인 Langley Research Center는 듀얼 압전 기반 EHS 기술을 도입하여, 우주선 등에 적용할 수 있는 기회 마련
Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC, 2015.12)	• 영국의 산하 조직인 EPSRC는 광대역 진동에너지 기반 EHS의 상용화를 위해, 관련 분야의 박사학위 취득을 위한 자금지원정책을 수행
National Science Foundation (NSF, 2015.11)	• 미국 정부의 독립기관인 NSF는 북아리조나대학(NAU)의 기계공학과를 통해 동물 인식 태그용 EHS 기반 센서개발을 위한 자금지원정책을 수행

출처 : ENERGY HARVESTING SYSTEM MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026, KISTI 재구성

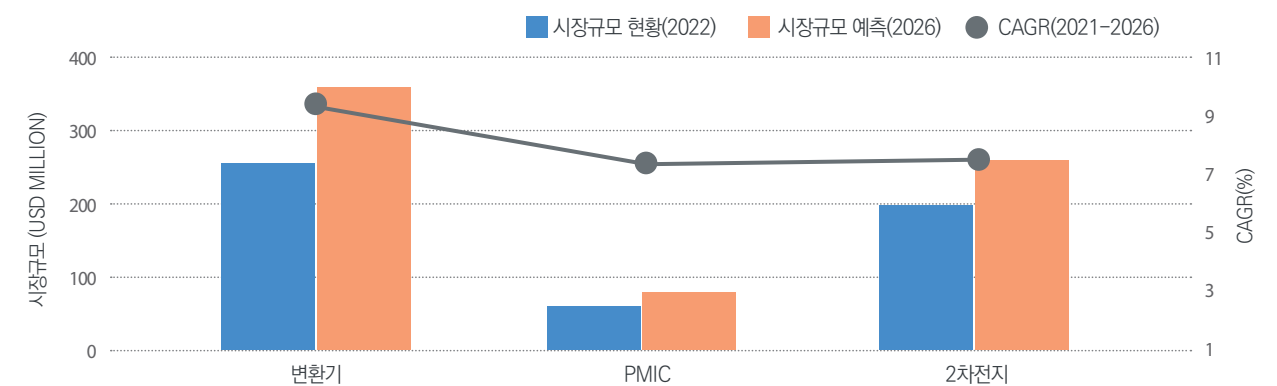
## 3) 시장 동향

### ■ 시장 규모 및 전망

EHS 시장은 대부분 소프트웨어가 내장된 하드웨어에 의존한다. EHS의 하드웨어 시장은 구성 요소에 따라 크게 변환기, PMIC 및 2차전지로 분류된다. 변환기는 주변 에너지를 전기로 변환하는 장치로, 사용되는 기술에 따라 압전, 광전지, 열전, RF 등 다양한 유형이 있다. PMIC는 생성된 에너지 흐름을 센서 장치나 저장 장치로 조절하는 데 사용되고, 2차전지는 생성되는 전력의 최대 단점인 낮은 전력량을 축적하여 활용하기 위한 재사용 전지로 사용된다.

먼저 변환기 시장은 2022년 2억6,060만 달러의 규모로, 상반기까지 50%의 점유율을 보이며, 3억6,300만 달러로 증가하는 2026년까지도 가장 큰 시장점유율을 차지하여 9.1%의 CAGR로 성장할 것으로 예측된다. 이는 저전력 장치용 에너지를 생성하기 위해 가장 중요한 요소로서 적용되는 광전지 및 압전 장치와 같은 변환기 장치의 수요 증가로 인해 상대적으로 큰 점유율을 가질 수밖에 없기 때문이다. 변환기의 수요는 '센서', '연기 감지기', '히터', '조명 제어 장치', '스위치' 및 '게이트웨이'와 같은 장치에 전원을 공급하는 빌딩 또는 가정 자동화 응용 프로그램에 활용된다. 특히 변환기는 산업 환경 내에서 지속적으로 사용되는 재료의 열에너지, 진동에너지 및 운동에너지를 전기 에너지로 변환하는 역할을 한다는 점에서 EHS의 핵심모듈로 불리운다.

그림 2 EHS 하드웨어 시장규모 및 CAGR 예측



출처 : ENERGY HARVESTING SYSTEM MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026, KISTI 재구성

PMIC는 전력 조절을 위해 변환기와 2차 전지를 연동시킬 확장모듈로 분류된다. 이는 변환기에서 생성되는 간헐적인 저전력에너지는 전지의 충전부인 커패시터 또는 수퍼 커패시터에 저장되는 원리이다. PMIC 시장은 홈오토메이션, 웨어러블 기기, 운송 시스템, 보안 및 도시 기반 시설 등 빛 기반 에너지 하베스팅 기술의 수요가 PMIC 시장의 성장을 주도하고 있다. 이 외에도 스위치, 리모컨, 게이트웨이, 대기 질 측정시스템 및 기타 빌딩 자동화를 위한 진동에너지 기반 에너지 하베스팅 기술 수요 역시 PMIC 시장을 활성화하고 있다. PMIC 기술은 EHS의 내부 핵심모듈 간의 연동과 사물인터넷(IoT) 등 외부 장치들의 발전에 기인하는 것으로 알려져 있다. 이러한 이유로 EHS의 핵심 하드웨어 부품 시장 중 PMIC는 상대적으로 가장 낮은 점유율(57.8%, 2022년 기준)을 보여주고 있으나, CAGR은 상대적인 격차가 거의 없음을 보여 주므로, 시장의 전망이 기대된다.

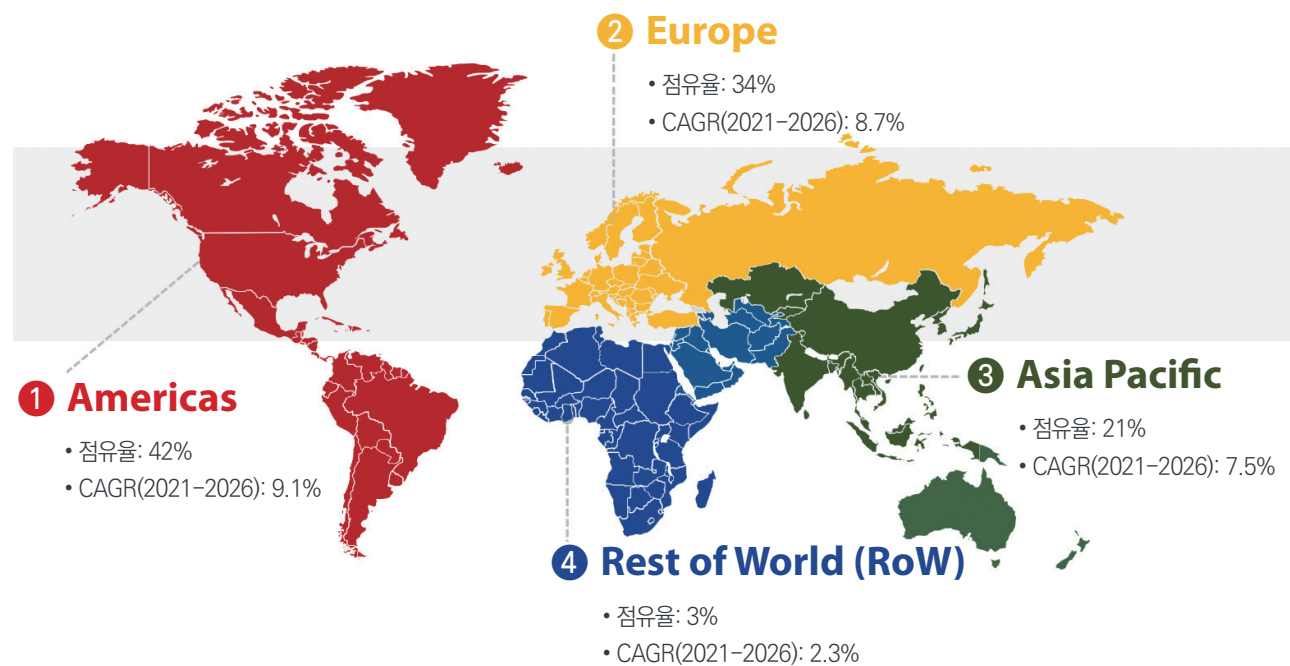
다른 전지에 비해 수명이 길고 충전과 응용이 자유로운 2차전지 중 Li-ion배터리는 EHS용 배터리 시장 중 60% 이상을 차지할 정도로 전지 시장의 대부분을 주도하고 있다. 이는 주변 에너지원부재시 전력 공급량의 변동을 줄이고 축적된 에너지의 활용에 최적화되어 있기 때문이다. 이에 기인하여 2차전지 시장은 2026년까지 5년간 CAGR 7.7%로 성장하여, 2022년 1억9,540만 달러에서 2026년 2억6,100만

달러에 이를 것으로 전망된다.

EHS의 지역별 시장은 크게 남북미, 유럽, 아시아태평양(APAC) 및 그 외 아프리카를 포함하는 기타로 분류된다. 특히, 남북미는 '그린에너지' 기반의 산업용 에너지 보급 정책을 추진하였고, 그 결과 5년간(~2026년) 9.1 %의 CAGR로 가장 빠르게 성장하고 있다. 남북미는 계속해서 저전력 전자제품을 재생에너지로 운영하기 위한 프로젝트를 추진하고 있으며, 공공시설에도 EHS를 적용하기 위한 정책지원 등이 활발히 이루어지고 있다. 이와 관련하여 캘리포니아의 경우, 정차 또는 이동 중인 차량으로부터 주택과 가로등에 전력을 공급하기 위해 압전 에너지 기반 EHS 실용화 연구를 수행하고 있다.

한편 유럽은 2022년 기준으로 전체 EHS 시장 중 약 30 % 이상의 점유율을 차지하고 있다. 유럽은 '신재생에너지'와 관련된 R&D 등에 상당히 적극적이기에 유럽의 EHS 시장은 2026년까지 전 세계적으로 두 번째로 높은 8.7 %의 CAGR을 가질 것으로 전망된다. 이러한 유럽의 EHS 시장의 성장은 '탄소중립'에 대한 정부의 정책지원은 물론, 자국민의 긍정적이고 적극적인 '친환경적인 에너지 활용 의식'으로부터 기인하였다. 특히, EHS 기술은 상시전력공급이 필요한 노약자 모니터링 장치 등의 우수한 유럽지역의 사회복지정책과 연계되면서, 관련 정책의 성숙도는 유럽 시장 성장률의 상승에 크게 이바지 하였다.

그림 3 EHS 시장의 지역별 점유율 및 CAGR 예측



출처 : ENERGY HARVESTING SYSTEM MARKET – GLOBAL FORECAST TO 2026, KISTI 재구성

## 경쟁 현황

EHS의 시장의 대부분은 하드웨어 부품(PMIC, 아날로그 IC, 트랜스듀서, RF 트랜시버 등) 분야가 주도하고 있지만, 최종 수요자를 고려한 경쟁 현황을 파악하기 위해 '에너지 하베스팅' 시장의 범주에서 분석하였다. 이는 하드웨어 부품 시장 외에 소프트웨어, 조립/공정, 그리고 유통 분야로 나누어지며, 분야별 선도기업들을 <표 2>와 같이 분류하였다.

에너지 하베스팅 가치사슬(Value Chain)의 단계 중, 마지막 단계인 '최종 소비자'를 통하여 부여되는 부가가치 5%의 분량을 제외하고는 아래와 같은 분류를 통하여 각각의 부가가치가 조사되었다.

하드웨어 부문의 경우, 부품 제조 기업(OEM)은 트랜지스터, 다이오드, 전도성 기판, 실리콘 재료, 마이크로 전자부품, 반도체 디바이스 등을 제조한다. OEM은 프로세서, 인터페이스, 메모리, 아날로그, 디지털, 로직, 프로그래머블 IC, 디스플레이, 센서, 트랜스듀서, 인버터, 태양광 셀, 슈퍼커패시터 등의 SoC(System on Chip)를 단일칩 형태로 공급하며, 부가적으로 EHS 전용 배터리도 포함된다. 하드웨어 부문은 가치사슬 전반에 걸쳐 중요한 역할을 하며, 이들은 에너지 하베스팅 시장 전체의 25%에 해당하는 부가가치를 보여 주고 있다. 주요 선도기업으로는 ST마이크로일렉트로닉스(STMicroelectronics, 스위스), 맥심인터그레이티드(Maxim Integrated, 미국), 마이크로칩테크놀로지(Microchip Technology Inc., 미국), 텍사스인스트루먼트(Texas Instruments

Inc., 미국)이 있다.

조립/공정 부문의 경우, 주요 기업들은 ST마이크로일렉트로닉스(STMicroelectronics, 스위스) 및 맥심인터그레이티드(Maxim Integrated, 미국)와 같은 하드웨어 제조 기업과의 연계를 필수적으로 하며, 에너지 하베스팅 제품의 조립, 테스트, 사용자 정의 및 패키징 등의 역할 등을 수행한다. 이들은 또한 통신 프로토콜의 연동을 위해 통신 기업과의 제휴를 통해 시스템 간의 통신 링크를 개발한다. 이에 따라, 에너지 하베스팅 시장에서 약 30%에 해당하는 가장 핵심적인 부가가치를 가지고 있다.

에너지 하베스팅 시장에서 약 15%의 부가가치를 보유하고 있는 시스템/소프트웨어 부문의 공급자들은 EHS 수요를 파악하여 적합한 솔루션을 도출할 수 있는 시스템 개발에 관여한다. 고객의 수요에 따라 스위치, 기후 센서, 온도 센서, 압전 센서를 기반으로 무선 네트워크와 에너지 하베스팅의 '시스템'을 제공한다. 대표격 선도기업인 '엔오션(EnOcean, 독일) 게젤샤프트 미트 베슈렝크터 하프퉁(GmbH, 독일)'은 다양한 환경에 맞춤형 무선 센서와 소프트웨어 등을 제공한다.

EHS 유통업체는 하드웨어 부품의 무역 및 유통 또는 액세서리 등의 공급업체-최종 수요자 간의 중개 등 EHS 시스템의 최종 사용자와 직접적인 연결 고리를 가지고 있다. 제조업체로부터 최종 사용자에게 EHS를 공급하기 위한 유통 채널은 도소매로 구분되며, 약 10%의 부가가치를 보여 주고 있다.

표 2 EHS 시장의 분야별 선도기업

핵심선도기업	시장 전략
하드웨어 부문 (Component & Chip Manufacturer)	ST마이크로일렉트로닉스(STMicroelectronics, 스위스), 맥심인터그레이티드(Maxim Integrated, 미국), 마이크로칩테크놀로지(Microchip Technology Inc., 미국), 사이프레스세미컨덕터(Cypress Semiconductor, 미국), 레어드(Laird, 영국), 후지쯔(Fujitsu, 일본)
소프트웨어 부문 (System Integrator)	엔오션(EnOcean, 독일), 컨버전스와이어리스(Convergence Wireless, 미국), 키네르자이저(Kinergizer, 네덜란드), 에이트파워(8 Power, 영국), 퍼페툼(Perpetuum, 영국)
조립/공정 부문 (Product Manufacturer)	볼트리파워(Voltree Power, 미국), ST마이크로일렉트로닉스(STMicroelectronics, 스위스), 엔오션(EnOcean, 독일), 후지쯔(Fujitsu, 일본), 파워캐스트(Powercast, 미국), 마일드테크놀로지(Mide Technology, 미국), 말레(Mahle, 독일)
유통 부문 (Distributor)	마우저(Mouser, 미국), 디지털일렉트로닉스(DigiKey Electronics, 미국), 에너지XPRT(Energy XPRT, 중국), 애로우일렉트로닉스(Arrow Electronics, 미국), 루트로닉(Rutronik, 독일), 퓨처일렉트로닉스(Future Electronics, 캐나다), 파넬(Farnell, 영국)


출처 : Company Websites and MarketsandMarkets Analysis, KISTI 재구성



## 4) 분석자 인사이트

현재 ‘신재생에너지 확대’는 에너지 부문의 국제적 아젠다로서 UN에서는 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals, SDGs)로서 ‘자원의 지속가능성 확보’와 ‘보편적인 에너지 활용’을 발표한 바 있다. 지속가능성이 확보되면서도 보편적인 에너지를 활용하기 위해서는 기존 발전시스템과도 연동할 수 있는 ‘EHS’가 제격이며, 이는 ‘신재생에너지’ 부문의 인력의 수요도 유발할 것으로 전망된다.

우리나라에서는 산업통상자원부가 2014년 에너지신산업 활성화 대토론회 자리에서 에너지 하베스팅의 중요성을 언급하면서 ‘제도적 지원’의 시작을 알렸다. 그리고 6년이 지난 2020년에 에너지 하베스팅 산업의 체질 함양 및 산업 생태계의 적극적인 조성과 활성화를 위하여 ‘에너지하베스팅협회’의 사단법인 설립을 허가하는 등 적극적으로 대처하고 있다. 그러나 굵직한 일부 사례만 보도될 뿐 정부는 에너지 하베스팅과 관련하여 상당히 소극적인 정책 결정을 보여 주고 있는게 현실이다. 추측컨대, 그 이유는 에너지 하베스팅을 통한 전력 공급이 현재의 기술만으로는 효과가 상당히 미미하기 때문이고 그나마 효율적인 태양발전 기반 에너지 하베스팅 기술조차도 상용화하기 어렵기 때문으로 분석되었다.

학계에서는 아이디어 차원의 크고 작은 다양한 미래지향적 연구를 진행하고 있지만, EHS의 보급 및 활성화를 위해 실용화·고도화 관련 연구영역을 수용할 수 있는 공공기관이나 산업계의 역할도 중요하다. 따라서 학계는 에너지 하베스팅과 관련한 창의적인 아이디어를 제시하고, 산업계와 연구계는 상호 협력해 EHS의 고도화를 위한 R&D를 꾸준히 수행해야 하며, 아울러 정부는 에너지 하베스팅 분야의 실용화를 위한 적극적인 정책지원과 투자를 지속하여야 할 것이다. 



# ASTI MARKET INSIGHT



**본원** (우)34141 대전광역시 유성구 대학로 245 한국과학기술정보연구원  
T. 042) 869-1004, 1237 F. 042) 869-1091

**분원** (우)02456 서울특별시 동대문구 회기로 66 한국과학기술정보연구원  
T. 02)3299-6114 F. 02)3299-6244

