

에너지 효율화를 위한 에너지 하베스팅

KDB미래전략연구소 산업기술리서치센터
김 신 희 (shinhee@kdb.co.kr)

- ◆ 에너지 하베스팅이란 일상생활 속 버려지거나 미활용되는 에너지를 모아 전력으로 재활용하는 기술로서 에너지 효율화와 관련된 기술
- ◆ 에너지 하베스팅 시장은 탄소저감정책 기조 및 사물인터넷(IoT), ESS 등의 확대로 관련 기술의 성장이 가속화될 예정

□ 에너지 하베스팅이란 버려지거나 미활용되는 에너지를 모아 전력으로 재활용하는 기술을 통칭하며, 버려지는 에너지를 효율적으로 활용할 수 있게 함

- 에너지 하베스팅은 1954년 미국 벨 연구소가 태양광을 에너지로 바꾸는 태양 전지 연구를 진행하면서 소개된 개념
 - 당시 전력을 생산하는 방식은 발전기를 통한 방식만 있었기 때문에 태양열 등의 자연 에너지들은 버려지는 에너지로 인식되어, 버려지는 에너지를 모아 전기를 생산한다는 개념으로 '하베스트(harvest)'라는 단어 사용
 - 현재는 의미가 확장되어 자연 에너지뿐 아니라 우리 주변에서 낭비되는 모든 에너지원을 전기로 변환하는 기술이라는 의미로 사용되고 있음
 - 에너지 하베스팅은 에너지를 효율적으로 활용할 수 있게 하는 친환경 에너지 방안 중 하나로서 다양한 에너지를 적용할 수 있음
 - 에너지 하베스팅은 에너지의 발생, 에너지 저장, 에너지 소비의 단계로 이루어짐
 - 인간의 근육, 혈류, 움직임 등을 비롯하여 전자기파, 중력, 마찰 전기, 자동차 폐열 등의 일상생활 속 다양한 에너지를 에너지원으로 활용할 수 있음
 - 에너지 변환에 사용되는 기술은 열전 변환 기술*과 압전 변환 기술**이 대표적
- * 열에너지를 전기에너지로 전환하거나 전기에너지를 열에너지로 전환하는 기술
** 압전체(壓電體)에 기계적 변형이 발생하면 소재 내부에 전기장 발생으로 전압을 생성하는 기술

에너지 하베스팅 주요 에너지원 특성 비교

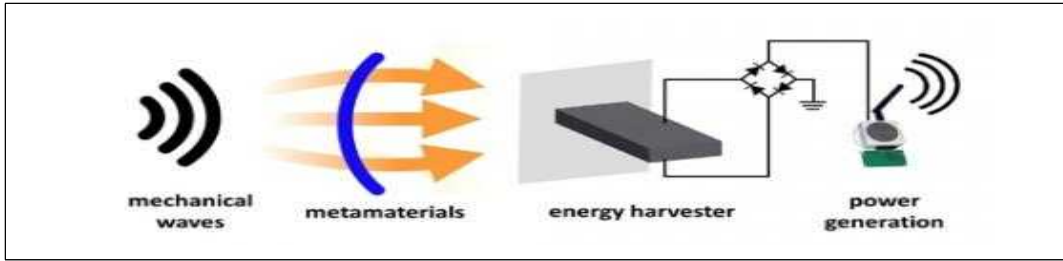
에너지원	기술	개요	전력 밀도 (mW/cm ³)	효율(%)
빛, 태양광	광전 변환	금속 등이 고에너지의 태양광을 흡수하면 전자를 내보내는 현상을 이용	500~5,000	5~40
진동, 움직임	압전 변환	기계적으로 누르면 양전하, 음전하가 나뉘는 유전분극 현상을 이용한 것으로 압력을 주면 표면의 전하 밀도가 변하면서 전기가 흐름	0.001~90	25~60
전파	전자기파 변환	전자기파를 수집해 전기를 생산	0.1~50	30~40
열(온도차)	열전 변환	온도 차이를 전위 차이로 변환하는 제백 효과(Seebeck Effect)에 기반하며, 온도차가 클수록 더 많은 에너지가 발생	50~500	0.1~10

자료 : TDB(2020), "에너지 하베스팅"

□ 에너지 하베스팅 관련 시장은 탄소저감정책 기조에 따라 지속적으로 확대될 전망이며, 에너지 획득 및 활용과 관련한 다양한 소자 등의 개발이 필요

- 과거 에너지 하베스팅으로 생산되는 에너지는 전력과 전압이 낮아 기술적 한계가 존재하였으나, 최근 국내에서 메타 에너지 하베스팅 시스템을 개발하는 등 향후 개선될 유인 존재
 - 이미 상용화가 진행된 태양전지를 제외하면 나머지 기술들의 산업화 및 상용화는 미미한 실정
 - 한국표준과학연구원(KRISS) 연구팀은 메타물질*인 음향양자결정(phononic crystal)** 구조 개발로 기존보다 22배 이상 증폭된 전기를 생산하는 메타 에너지 하베스팅 시스템을 개발
 - * 메타물질이란 자연계에 존재하지 않은 특성을 가지도록 인공적으로 설계된 물질(빛의 파장보다 작은 원자의 집합체)
 - ** 음향양자결정(phononic crystal)은 단위 격자를 주기적으로 배열한 인공적인 구조물로서, 여러 곳에서 들어온 음파 에너지를 한 곳으로 최대한 모아 더 나가지 못하게 묶어두는 역할을 함
 - 하베스팅 기술의 디바이스 적용을 위해서는 소자의 최적화와 회로의 고성능화를 위한 고집적화 기술이 관건

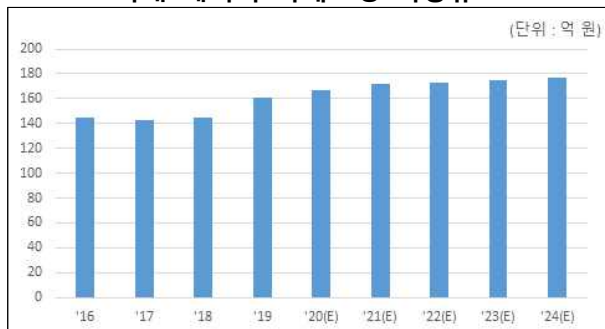
메타 에너지 하베스팅 시스템 모식도



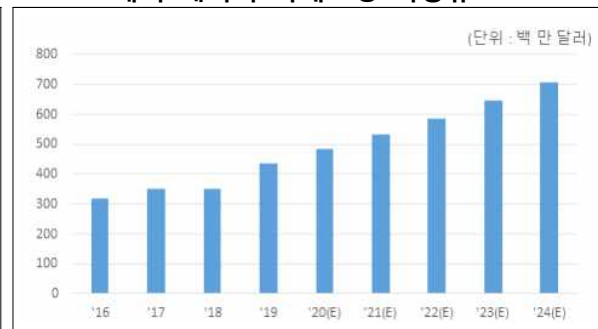
자료 : 한국표준과학연구원(2019)

- 세계 에너지 하베스팅 시장은 규모는 '19년 437.8백만 달러 규모이며, 이후 연평균 10.1%로 성장하여 '24년에는 708.2백만 달러에 이를 전망
 - 기술별로 효율과 출력값에서 큰 차이를 보여 응용분야가 각각 다르나, 최근에는 사물인터넷(IoT), ESS등의 발달로 와트(W)급 미활용 에너지 수집이 가능해져 활용 분야가 증가되는 추세
 - 마찰 전기 등의 에너지 하베스팅 기술은 태양광 등 날씨의 영향에 따라 발전량이 일정하지 않은 문제를 해결할 수 있어* 신재생에너지 시장 확대에 따른 성장 또한 증가가 예상됨
 - * 태양전지 위에 TENG 발전기라는 마찰전기를 활용한 나노 발전기를 결합하는 기술로, 비가 오는 날 발전이 어려운 태양전지에 물이 흐르면서 발생하는 마찰전기를 활용하여 발전
 - '2050 탄소중립 추진전략' 등 국내·외 탄소 저감정책 확대에 따라 에너지 하베스팅 관련 기술 개발의 중요성은 더욱 증가할 전망

국내 에너지 하베스팅 시장규모



해외 에너지 하베스팅 시장규모



자료 : MarketsandMarkets (2020), "Energy Harvesting System Market-Forecast to 2025"