

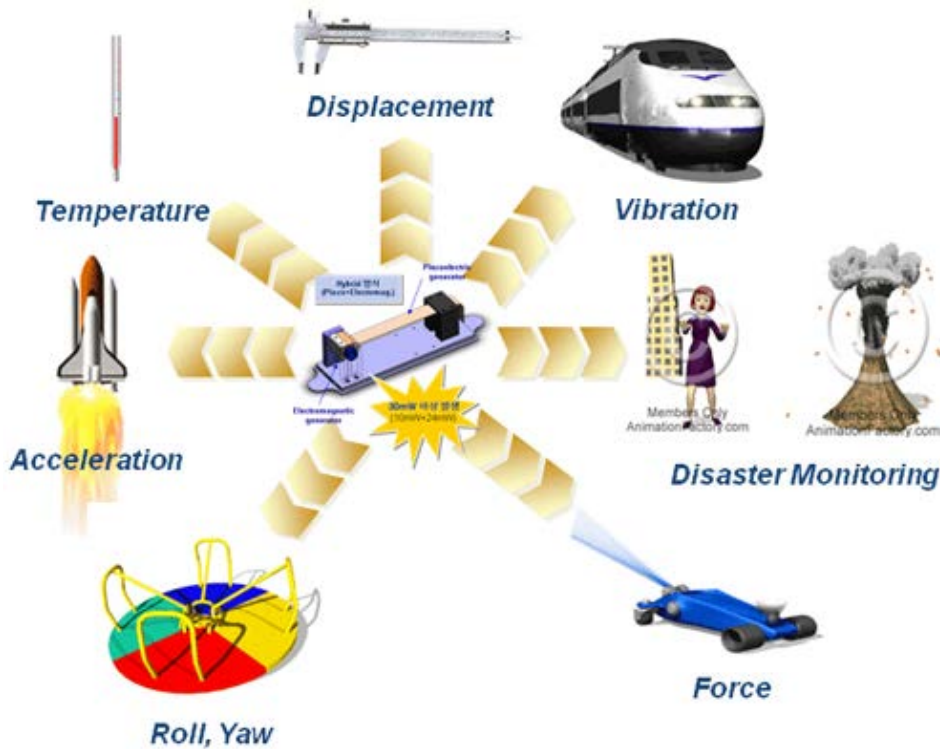
제 1 장 차세대 에너지 하베스팅 기술에 대한 고찰

지난 몇 십 년간 화석 연료의 고갈로 인해 발생하는 에너지 부족 현상을 해소하기 위해 많은 연구가 진행되었다. 석탄, 석유, 천연가스 등의 화석 연료는 매장량이 한정되어 있고 화석 연료를 사용함으로써 많은 환경 문제가 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 친환경 대체 에너지에 관한 연구가 많이 이루어졌고, 그 중에서도 에너지 하베스팅이 많은 관심을 받고 있다. 에너지 하베스팅은 주변 환경에서 낭비되는 에너지원인 태양에너지, 열에너지, 기계적 에너지를 전기에너지로 바꾸는 신재생 에너지 기술이다. 이 기술을 이용하면 기존에 사용했던 일회용의 화석 연료를 대체하여 에너지 공급이 가능하며 지속 가능한 에너지를 얻을 수 있다. 화석 연료 등의 에너지원에 대한 대규모 비용을 지불하는 발전 소와는 달리, 에너지 하베스팅 기술은 버려지는 에너지를 이용하기 때문에 비용 소모가 거의 없다는 장점이 있다.

에너지 하베스팅 기술 중에서도 가장 먼저 개발된 것이 빛 에너지를 이용한 태양전지이다. 1839년 Photovoltaic 효과가 발견된 후, 1954년에 Bell Lab이 개발한 실리콘 기반의 태양전지가 첫 에너지 하베스팅 소자이다. 이 후 태양 전지는 실리콘 이외에 2성분계 물질(GaAs, InP, CdTe) 또는 유기물 등을 사용하거나 여러 겹의 층을 쌓는 등 구조를 변화시켜 효율을 증가 시켜왔다. 최근에는 III-V multijunction solar cells라는 방식을 이용하여 4개의 층을 쌓아 만든 태양 전지가 보고되었다. 이 소자는 44.7%의 효율을 가지며 이 값은 현재까지 개발된 태양 전지 중 가장 높은 효율을 갖는다. 압전 물질을 이용한 기술 분야는 1947년 높은 압전성을 가진 BaTiO₃(BTO)가 발견된 시점 이후로 발전되었다. 이 후 압전 세라믹스는 음향, 초음파, 통신, 각종 계측기기 등의 분야에 활용되었는데 에너지 하베스팅 분야는 1990년대부터 연구가 진행되었으며 특히 지난 5년간 이 분야의 진보는 빠르게 가속화되었다. 또한 마찰 전기를 이용한 에너지 하베스팅의 경우, 일상 생활에서 부정적으로 여겨지던 정전기 현상을 이용 하여 만든 발전기가 2012년에 처음 보고되었으며, 소자 구조를 최적화시킴으로써 2013년 기준으로 1년 사이 효율이 5배 이상 향상되었다.

태양전지는 연구기간이 길고 많은 투자가 있었기 때문에 기술 성숙도가 매우 높고 현재 상용화 단계에 이르렀지만, 이를 제외한 나머지 에너지 하베스팅 기술은 아직까지 많은 연구가 필요한 실정이다. 하지만 태양의 빛 에너지를 이용한 태양전지는 날씨나 시간, 공간에 따라 전기 에너지 발전에 제약을 받는다는 단점이 있다. 반면에 압전, 열전, 전자기를 이용한 에너지 하베스팅은 주변에 흔하게 존재하는 버려지는 에너지를 기반으로 전기 에너지 생성이 가능하고, 날씨, 시간, 공간에 따른 제약이 없으며 인간

친화적(human-friendly)이라는 측면에서 주목을 받고 있다[4]. 여기에 해당되는 버려지는 에너지에는 기계의 모든 움직임이나 기계에서 생성되는 열, 여러 가지 마찰로 인해 발생하는 정전기 등이 있을 수 있으며 심지어 사람의 눈 깜빡임, 어깨 또는 손가락 등 근육의 수축과 이완, 혈액의 순환 등 인간의 생물학적 활동도 포함될 수 있다.



과거의 연구는 에너지 하베스팅 소자의 크기를 키워 효율을 높이고 많은 양의 에너지를 만들어내는데 주력했다. 하지만 벌크형 에너지 하베스팅 소자는 큰 크기로 인해 응용분야가 철도, 교량, 도로 등에만 제한되며, 민감도(sensitivity)가 낮아 작은 움직임을 이용한 에너지 하베스팅은 불가능하다. 또한 전기 소자를 구동시키는데 필요한 전압은 아주 큰 수준이 아니기 때문에 무조건적으로 크기를 키워 출력 값을 증가시킬 필요도 없다. 벌크형 소자에서 작고 유연한 소자로의 변화는 통신 기술이 발전함에 따라 자연스럽게 진행되었다. 현 시대는 누구에게나 모바일 전기소자가 필수적인 시대로, 미래에는 자유롭게 광역 정보 통신망에 접근이 가능한 유비쿼터스가 실현되고 모든 사물이 네트워크로 연결되는 사물 인터넷(Internet of Things, IoT) 시대가 구현될 것이다. 모든 사물은 센서와 무선 통신을 이용하여 정보를 주고 받으며, 작동되는데 필요한 에너지는 배터리를 통해 공급된다. 하지만 고립된 위치에 있거나 독립적으로 작동해야만 하는 소자의 경우, 주기적으로 배터리를 교체해 주는 것이 불가능하므로 자가 발전(Self-Powered) 소자가 필요한데, 이러한 조건에 적합한 것이 에너지 하베스팅을 이용한 기술이다. 작고 휴대 가능한 (portable)한 전기 소자에 통합되어 사용되기 위해서, 그리고 작은 에너지를 이용하여 전기를 추출하기 위해서, 에너지 하베스팅 소자 또한 작고

유연한 소자로 발전되어야만 한다. 이러한 과정에서 자연스럽게 작은 형태의 에너지 하베스팅 소자가 개발되었다. 벌크형 소자가 평평한 벽면에만 부착되어 사용되었던 것에 비하여 소형 유연 소자는 곡선의 표면에 붙어 사용될 수 있기 때문에 미래 신기술인 웨어러블 기술과 체내 의료기기 삽입 기술에 활용될 전망이다.

본 사업 보고서에서는 대표적인 세 가지 유연 에너지 하베스팅 기술인 압전, 마찰전기, 열전을 주제로, 각 기술의 원리, 장점 및 한계, 최신 연구 동향, 발전 전망, 응용 분야 등을 설명하고자 하며, 특히 최근 웨어러블용 에너지 소자로 각광받고 있는 마찰전기 나노발전기에 대해 자세히 다루고자 한다.