

Electro Active Polymer(EAP)를 이용한 에너지 발전 기술

윤 소 남 / 한국기계연구원 지능형정밀기계연구본부, 책임연구원

EAP 개요

인공근육을 실현시킬 수 있는 차세대 액추에이터로서 최근 주목받고 있는 전기장 응답성 고분자(Electro Active Polymers: EAP) 액추에이터는 대변형률, 저구동전압, 부드러움, 저밀도(경량) 등의 특성을 갖는다. EAP 액추에이터는 전기, 화학, 열, 광, 자기 등의 자극에 의해서 외부변형을 일으키지만 가장 실용성이 있는 것은 전기적 자극에 의

한 액추에이터이고, 특히 그림 1에 나타난 ICPF(Ionic Conducting Polymer Film) 액추에이터는 Nafion 양면의 백금층을 전극으로써 전압을 인가하면 고속으로 굴곡 동작을 한다. 전압에 의해서 구동되기 때문에 에너지 공급이 용이하고 구동전압이 1.5v 정도로 낮기 때문에 수중에서의 전기분해도 일어나기 어렵고 기계 내부에 기포가 축적되기 어려우며 생체 내부에의 영향도 적다. EAP 액추에이터는 그림 2에 보이는 바와 같이 전기적인 자극을 가하면 기계적인 움직임을 얻을 수 있고, 기계적인 자극이 주어지면 전기를 얻을 수 있다. 이러한 원리들을 이용하여 우리 주위에 응용되는 예를 보면 다음과 같다. 먼저 최근 많은 연구가 이루어지고 있는 인공근육(그림 3 참조)을 비롯하여, 인공심장, 스마트피부(그림 4 참조), 초정밀기계,

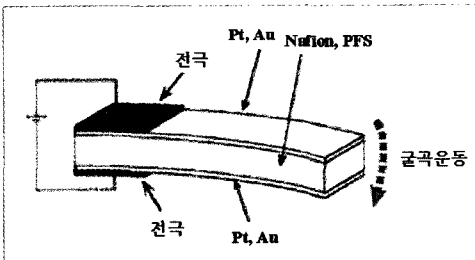


그림 1 ICPF 액추에이터의 구성 및 작동원리

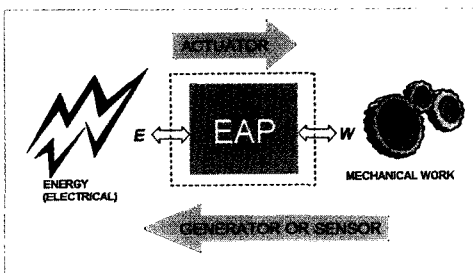


그림 2 EAP의 에너지 변환 특성

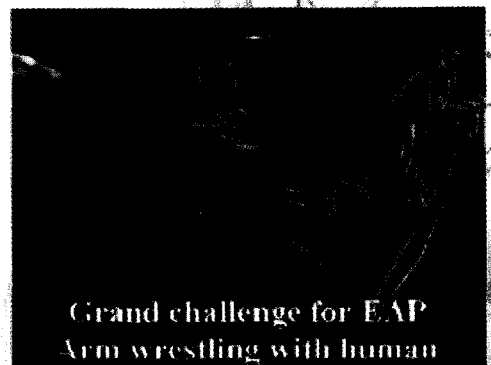


그림 3 EAP를 이용한 인공근육



그림 4 EAP를 이용한 스마트 피부

센서/액추에이터 등이 있다. 또한, 그림 2에 보이는 바와 같이 EAP에 물리적인 자극(운동에너지)을 주게 되면 에너지가 발생하는데, 이를 이용하여 발전기(generator)로 사용이 가능하다. 기존에 발전기로서 사용하고 있는 전자기(electro-magnetic)형 발전기는 외형적 크기와 에너지 밀도가 좋지 못하고, 차세대 소자로 각광받고 있는 압전소자(Piezoelectric element) 또한 취성 및 에너지 밀도가 좋지 못하여 충격 및 물리적 활동이 많은 응용분야에 한계를 보이고 있다. 그러나 EAP 경우는 일반적인 중합체의 성질을 가지고 있어, 부드럽고 성형이 자유로우며, 에너지 밀도가 높은 동시에 응용장소의

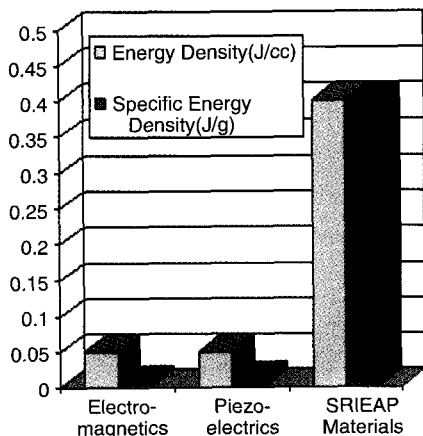


그림 5 에너지 변환 소자의 에너지 밀도

제약을 받지 않아 발전기로서 여러 분야에 적용이 가능하다.(그림 5)

EAP 응용 에너지 발전 기술

최근에 연구테마로서 관심을 얻고 있는 MPG(Micro Power Generation)기술의 한 예로 국방분야를 예를 들어 설명하기로 한다. 첨단장비를 가지고 개개인의 병사가 작전을 수행하는 최근의 전장(battlefield)에서 군인들에게 가중되는 무게는 기동성을 떨어뜨려 생명과 직접적인 연관성을 가지게 된다. EAP를 이용한 발전기를 사용할 경우 배터리의 무게를 감소시키고 장기간 작전에도 충전이 필요없이 자체적으로 에너지 생산 및 충전할 수 있는 장점이 있다. 기존의 에너지 발생장치 즉, 내연엔진, 배터리 및 연료전지는 많은 제약조건을 가지고 있으며 그 중 하나가 발전 시 발생하는 소음문제이다. 군사 작전 시 장비에서 발생하는 소음으로 인하여 적에게 발각될 경우 상당한 인명피해와 전략적 손실을 가져올 수 있으나 EAP를 이용한 엔진은 소음이 없으며 내연엔진에 비해 무게도 가벼워 신속한 작전이 가능하다. EAP를 이용한 에너지 발전기술은 기존의 압전소자를 이용한 발전에 비해 그 크기를 현저히 줄이면서도 에너지 생산효율을 높일 수 있어 첨단장비를 보유하고 있는 군인들의 신발(군화) 굽에 적용할 경우 개인군사장비에 사용되는 배터리의 무게를 줄일 수 있다. 신발 굽에 적용 시 열에 의한 방사(dissipate)를 제외하면 에너지는 자유롭게 획득할 수 있으며 한걸음마다 5J 이상을 획득할 수 있고 양쪽 신발에 모두 장착하여 걷는 동안 1~10W까지 얻을 수 있으며, 5J를 획득하기 위해서 EAP 중합체는 50g 또는 50cc보다 더 적은 양만이 필요하여 무게는 전자기소자 및

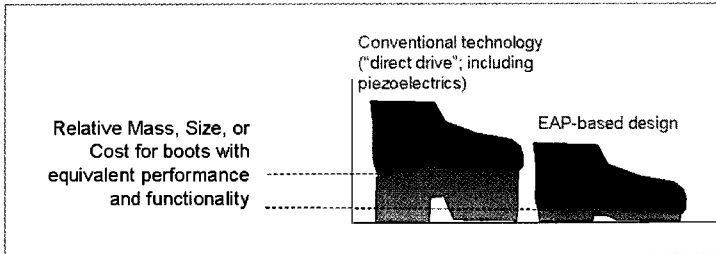


그림 6 EAP 발전기의 장점

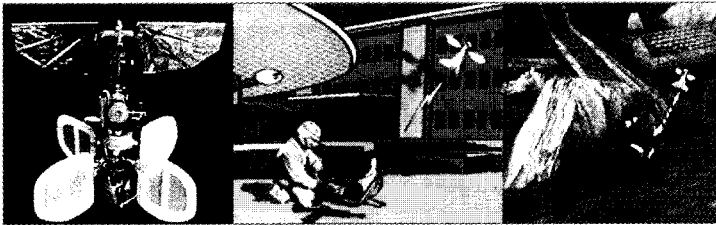


그림 7 EAP를 이용한 MAV 및 이용 예

압전소자에 비해 1/10로 감소시킬 수 있다 (그림 6). 기존의 전자기 및 압전발전기는 크기에 비하여 에너지 밀도가 적고 취성 및 응용분야 적용에 따른 가공기술 미흡 등의 단점을 가지고 있어 점차 절연중합체(dielectric elastomer) EAP에 관한 연구가 미국 등 국방을 전담하는 기관인 DARPA 등에서 연구 진행 중에 있다. 그 중에서 EAP 발전기는 개인군사장비의 구동용으로 사용되며 그 위치 또한 신발, 군낭 및 팔, 다리 등에 부착하여 최대 20W의 전력을 얻고 있다. 개인 이동이 많은 군인에게 EAP 발전기를 부착할 경우 그 부착 부위에 따라 획득할 수 있는 전력은 호흡하는 곳에 장착할 경우 0.1~1W, 배낭에 장착할 경우 0.5~5W, 팔에 장착할 경우 0.2~3W, 마지막으로 신발(군화) 굽에 장착할 경우 최대 전력인 2~20W를 획득할 수 있다. 또한, EAP 엔진은 무소음 및 저중량의 특징을 가지고 있어 고공정찰을 담당하는 무인항공기에 적용 가능

하며 UTIAS(University of Toronto Institute for Aerospace Studies)에서 연구 중에 있다. 최근의 DARPA에서 수행하고 있는 프로젝트에 의하면 정찰을 위한 항공기(micro-air-vehicle)의 경우, 공중선회를 위해 98W의 전력이 요구되고, 정찰 임무로 인한 엔진의 저소음, 저전력 소비를 위한 저중량 등으로 볼 때, 발전성능이 우수하고 가볍고 발

전기 크기 및 모양을 자유자재로 할 수 있는 EAP 엔진이 매우 적합하다는 결론을 내리고 있다.(그림 7)

향후 전망

지금까지 스마트 액추에이터의 한 종류인 EAP에 대해서 액추에이터 효과 및 발전효과에 대해서 살펴보았다. 이론적으로는 다른 스마트 액추에이터에 비해서 비교적 우수하다는 결론이 도출되고 있으나, 정확한 원리 규명이 부족한 수준이고, 앞으로 민수 및 군수용으로 사용되기 위해서는 발전소자 선정 기술, EAP 설계기술, 발전소자 가공기술, 마이크로 발전기술, 에너지 변환 기술 등 많은 해결 과제들이 산재해 있다. 이러한 여러 기술들이 해결되면, 미래 MPG 분야에 새로운 자리 매김을 할 것으로 기대된다.

▶ 박중호 위원 : jhpark@kimm.re.kr