

기능성 재료를 이용한 에너지수확 기술

윤소남<한국기계연구원 책임연구원> · 김동건<한국기계연구원 연구원> · 정은아<한국기계연구원>

1 서론

일반적으로 기능성 재료란 강도에 기인한 구조적 특성 이외에 다른 다양한 특성을 통해 특수한 기능을 발휘할 수 있는 재료를 말한다. 대표적인 기능성 재료는 전자재료, 자성재료, 초탄성 재료, 형상기억합금, 제진합금, 초전도 재료, 압전 소자, 폴리머 등이 있다. 현재 기능성 재료에 대해서 많은 연구가 수행되고 있다. 그 중에서 압전 소자의 경우는 마이크로 단위의 미세기술을 필요로 하는 원자간 현미경의 미소 위치 결정기구, 디지털 카메라와 비디오 카메라의 고배율 줌에 응용되는 손떨림 방지장치 및 잉크젯프린터 헤드의 정밀위치제어 센서, 소음을 잡아내고 그 원인을 제거하여 잠수함이나 배가 적의 레이더에 감지되지 않도록 하는 스마트 추진력 시스템 등에 응용이 되고 있다. 폴리머의 경우는 물고기 로봇의 구동장치, 화성 탐사선의 카메라 렌즈에 낀 먼지를 제거하는 장치 등에 응용이 되고 있다. 이 두 재료들은 에너지 밀도 및 출력밀도가 우수하지만 에너지 수확 기술 과 관련된 연구는 아직도 초보 단계에 있다고 할 수 있다.

에너지 수확 기술이란 주변 환경을 이용하여 에너지를 얻는 방법으로 그냥 지나쳐 없어질 수 있는 에너지를 모아서 회로 동작에 이용될 수 있는 전기 에너지로 변환하는 기술이다. 이러한 이유로 Scavenging Energy라고도 한다. 이러한 기술은 USN 및 WSN

등에 적용할 경우, 배터리 없이 자가발전으로 전자회로를 구동할 수 있어 응용 범위가 상당히 넓다. 특히 USN분야와 관련하여 정보통신부와 관계부처가 2007년 12월 10일 제25차 경제정책조정회의에서 2008년도 RFID/USN 중점 확산사업의 구체적인 사업규모와 내용을 담은 'RFID/USN 확산 종합대책의 세부 추진계획'을 확정하였다. 이 계획에 의하면 RFID/USN 8대 분야, 17개 중점 확산사업을 통하여 '기상/해양 분야', '복지 분야', '국방/치안/안전 분야', '조달/출판 분야', '유통투명화 분야', '물류 분야', '농축수산 분야', '식의약품 분야'에 R&D 사업비를 투자할 계획이다. 전술한 분야에 사용되는 전원은 수 [mW] 정도로 구동이 가능하여 에너지수확기술 분야에 많은 연구자들의 관심이 모아지고 있다.

본 해설에서는 기능성 재료에서도 에너지 밀도 및 출력밀도가 우수하면서도 상용화에 용이한 압전 소자 및 능동 폴리머(EAP)를 이용한 에너지 수확 기술에 대한 국내·외 개발 및 연구동향을 살펴보고 기능성 재료를 이용한 에너지 수확 기술의 응용 가능성에 대해서 고찰하고자 한다.

2. 압전 소자를 이용한 에너지 수확 기술

압전 소자는 압전효과와 역압전효과를 동시에 가지는 특성이 있다. 압전효과는 센서와 에너지 발생장치

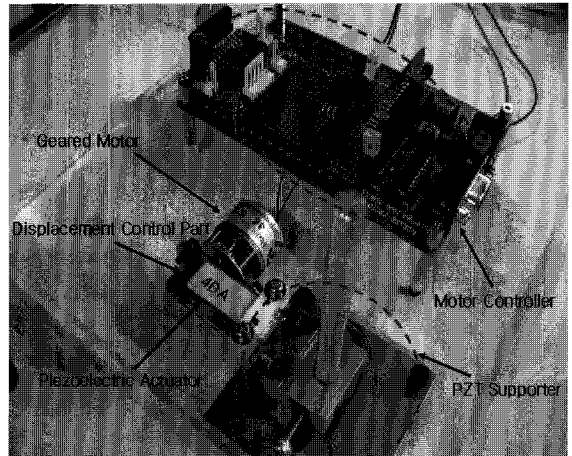
에 적용하여 사용되고, 역압전효과는 진동자 또는 힘 및 변위제어용 액추에이터로 응용되고 있다. 압전효과를 이용하여 에너지 수확장치로 사용되는 경우에 대해서 국내·외에서 연구가 진행이 되는 사례를 살펴보면 다음과 같다.

2.1 국내의 연구 동향

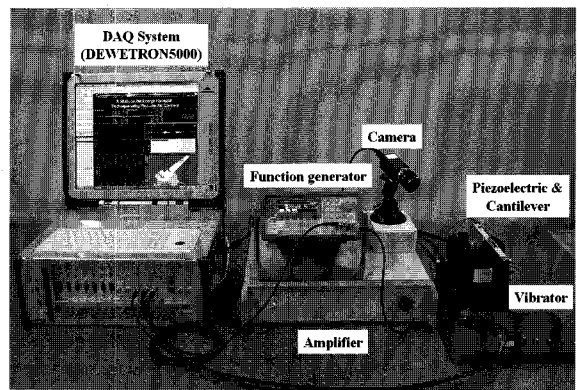
압전 소자를 이용한 에너지 수확 기술은 미국, 유럽 및 일본 등에 비해 뒤떨어져 있는 실정이다. 하지만 근래에는 USN, WSN 및 RFID와 같이 자가발전 장치를 필요로 하는 시스템의 상용화가 본격적으로 이루어짐에 따라 에너지를 수확할 수 있는 장치의 개발이 서둘러 이루어지고 있다. 국내에서는 한국기계연구원, 한국생산기술연구원, 한국과학기술연구원, 한국전자부품연구소, 한국에너지기술연구원, 한국전자통신연구원, 삼성종합기술원, 성균관대학교, 금오공과대학교, 동국대학교, 인하대학교, 서강대학교 및 서울대학교 등에서를 중심으로 압전 소자를 이용한 에너지 수확 기술에 대한 연구를 수행하여 좋은 성과를 여러 학회에 게재 또는 발표를 하고 있다. 주로 압전식 에너지 수확을 위한 압전 소자의 재료 개선, 수확된 에너지를 효율적으로 저장하기 위한 에너지 저장 회로에 관한 연구들이 이루어지고 있다.

그림 1은 한국기계연구원에서 바람 및 진동과 같이 자연에서 발생하는 에너지를 압전 소자에 가하였을 때 발생하는 에너지의 특성을 실험하기 위한 장치를 나타낸 것이다. 그림 1 (a)의 경우는 바람에 의해 날개가 회전하는 기구의 등가모델인 기어드 모터를 이용하여 바이모프형식의 벤더형 압전 소자에 외력을 가하여 브릿지 다이오드를 사용하여 AC/DC 변환시켜 슈퍼캐패시터에 3일간 충전하였을 때 1,801[mJ]의 에너지를 얻었다. 그림 1 (b)의 경우는 알루미늄 캔틸레버 위에 Hard PZT계 바이모프형 압전 소자를 고정시켜 진동에너지를 가했을 때, 길이가 190[mm]

인 캔틸레버 끝에 0[g]과 11.01[g]의 질량을 올려 부하저항을 달았을 때의 출력되는 전력은 각각 0.845[mW]와 4.036[mW]로 나타남을 확인하였다.



(a) 바람을 이용한 에너지 수확 실험장치



(b) 진동을 이용한 에너지 수확 실험장치

그림 1. 자연에너지를 이용한 에너지 특성 연구

그림 2는 성균관대학교 신소재공학부의 김상우 교수팀과 삼성종합기술원의 최재영 수석연구원과 금오공과대학교의 연구진에 의해 개발된 투명 플렉서블 나노전력발전소자를 나타낸 것이다. 이는 산화아연(ZnO) 나노로드를 기반으로 하는 압전소자이다. 이 소자는 터치 스크린 디스플레이어나 약한 바람에 의

해서도 에너지를 발생할 수 있는 소자로서 개발이 완료되고 나서 재료분야 세계 최고 권위지 중 하나인 독일 '어드밴스드 머티리얼스(Advanced Materials)' 지에 소개되기도 하였다. 또한 이 소자를 개발한 연구진들은 소자 개발에 멈추지 않고 문제점을 보완하여 디스플레이, IT, 차세대 에너지 수확 장치 등에 응용할 계획이라고 밝히고 있다.

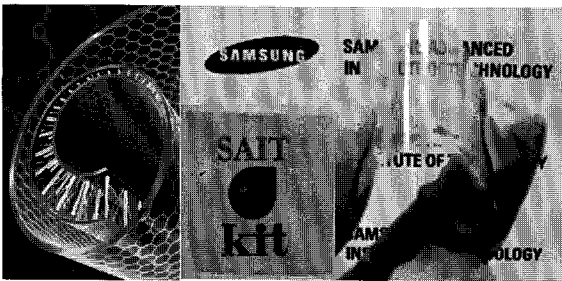


그림 2. 투명 플렉서블 나노전력발전소자

험결과 압전체 특성과 실험 조건에 따라 발생하는 에너지의 양이 변화하였으며, 최대로 저장되는 에너지는 17.6(μJ)으로 나타났다. 또한 2,000(μF) 캐패시터를 사용하였을 경우에 13.94(s)의 충전 시간이 필요하였고, 센서의 데이터를 무선으로 장애물이 없는 상태에서 20(m)정도의 거리까지 전송이 가능하다는 결론을 얻었다.

그림 4는 (주)센블에서 개발한 발판에 압전소자를 삽입한 에너지 수확 장치를 나타낸 것이다. 이 장치는 사람이나 자전거의 이동에 의해서 발생하는 외부의 충격을 압전 소자에 가하여 전기에너지를 얻을 수 있으며, 수십 개의 LED를 점등할 수 있는 에너지를 얻을 수 있다고 한다. (주)센블에서는 압전 에너지 수확 시스템의 조기 사업화를 위해 에너지사업부를 신설하였으며, 2009년 12월 2일 산·학·연이 공동으로 참여하는 압전에너지센터를 설립하였다. 이 센터는 발전용 압전 소자와 압전 에너지 수확 기술 및 에너지 수확 기술에 대한 어플리케이션의 개발과 관련기술의 사업화 추진이 주된 활동을 보일 것이라고 한다.

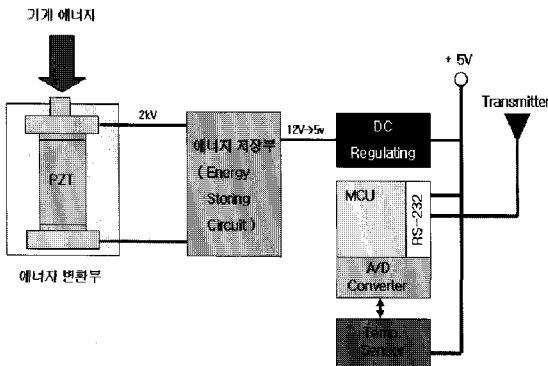


그림 3. Balldrop 테스트를 이용한 에너지 변환 시스템 구성도

그림 3은 서강대학교에서 연구한 사례로 에너지 변환 시스템의 구성은 에너지 변환부와 에너지 저장부, DC regulating과 MCU(Micro Controller Unit), 센서, 데이터 전송부로 구성되어 되었으며, 에너지 변환부 위로 질량을 떨어트렸을 때 발생하는 에너지의 크기와 이때 발생된 에너지를 이용하여 센서의 데이터 전송 가능여부를 확인하는 실험을 수행하였다. 실



그림 4. 발판에 적용한 에너지 수확 장치

국내의 압전 에너지 수확 기술은 주로 기초 연구를 수행하는 정도의 기술력을 갖고 있었지만, 관련 정보를 분석하고 기초 연구에서 얻은 결과를 이용하여 사업화에 다가가고 있는 것으로 분석된다. 에너지 수확용 압전 소자의 원천기술을 확보하고 적용 분야를 다

양화한다면 사업화시기를 보다 앞당길 수 있을 것으로 사료된다.

2.2 국외의 연구 동향

원천기술을 확보하고 있는 미국, 유럽 및 일본 등의 선진 국가들은 다양한 형태의 에너지 수확에 대한 연구가 진행 중에 있으며, 실제 압전 소자를 이용한 에너지 수확 장치를 설치하여 에너지를 얻어 사용하고 있다. 미국의 경우는 “에너지 생산과 저장” 분야에 있어 2006년도에는 이미 10억 달러 이상 연구비로 지원하고 있다. 특히 버지니아공대와 ACI (Advanced Cerametrics Inc.)사 및 미국과학재단(NSF) 등에서 활발한 연구가 이루어지고 있다. 영국의 경우는 Southhamton 대학을 중심으로 총 9개 기관이 컨소시엄 형태로 “Piezoelectric 및 Electromagnetic Energy Harvesting”에 관한 VIBES(Vibration Energy Scavenging) 프로젝트를 수행 중에 있다. 이와 같이 대학의 교수진과 여러 연구기관 및 기업 내부 연구원에 의해서 압전재료 변화에 따른 효율성과 효과적인 수확 형상, 회로를 통한 성능향상, 심을 수 있거나 착용할 수 있는 전력공급장치, 주변 유체유동에 의한 에너지수확, 미세전기 기계장치(MEMS), 자가발전 센서 그리고 압전재료와 다른 에너지 수확 물체의 비교에 대한 많은 연구가 이루어져 좋은 결과를 내고 있다.

그림 5는 이스라엘의 이노와텍에서 개발한 차량이 주행하는 도로에서 전력을 생산하는 에너지 수확 장치와 장치를 설치한 도로를 보여주고 있다. 이 장치는 신설 도로 건설을 하거나 도로 유지 보수 시에도 설치를 할 수 있으며, 설치비용이 풍력이나 태양광 시스템보다 저렴하다고 한다. 또한 이 장치는 철도 레일이나 항공기 활주로에 설치하여 에너지를 얻을 수도 있다. 투자비용을 회수할 수 있는 기간은 교통량에 따라 다르지만 약 6~12년이면 회수가 가능하다고 한다. 이

장치의 전력 생산량은 시간당 통과 교통량이 600대 수준인 편도 2차선 도로에 발전 장치를 1(km) 설치할 경우 400(kWh)의 전력을 생산할 수 있으며, 이 전력은 600~800 가구에 공급할 수 있다고 한다.

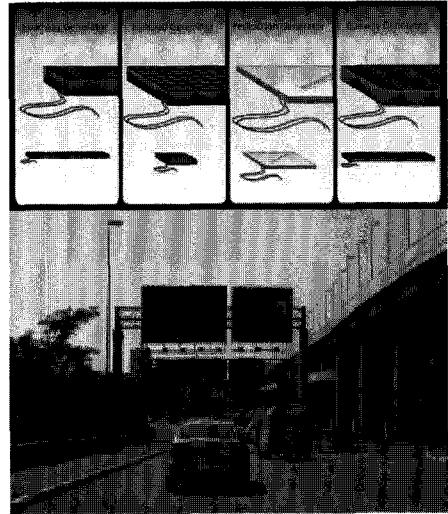


그림 5. 이노와텍 압전 발전장치

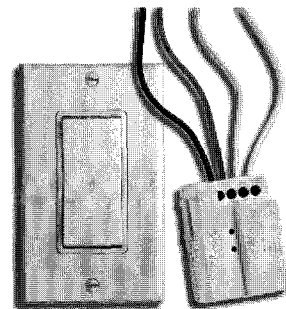


그림 6. 배터리 없는 지그비 무선스위치

그림 6은 프랑스의 슈나이더일렉트릭에서 2009년에 개발한 배터리가 없는 지그비 무선스위치이다. 이 스위치는 외부 전원이 없어도 작동하기 때문에 실내 장소 어디서나 간편하게 설치할 수 있으며, 스위치의 위치가 한 곳에 국한하지 않고 사용자가 원하는 위치로 옮겨 전원을 On/Off시킬 수 있는 장점이 있다. 또 배터리 교체와 같은 유지보수에 신경 쓰지 않고도 수

십년간 사용이 가능하다.

그림 7은 텍사스 대학의 Shashank Priya 교수진에 의해서 연구되고 있는 풍력을 이용한 에너지 수확 기술의 시스템 구성과 실험결과를 나타낸 것이다. 이 연구에서는 압전소자의 공진영역 밖의 저주파영역에서 바이모프 타입의 압전소자로부터 발생하는 전력을 계산하기 위한 이론적 모델을 제시하였으며, 이론해석의 타당성 확인을 위하여 시제품 풍차를 통하여 연구를 수행한 결과로 풍속과 전력 출력 관계가 선형적으로 증가함을 알 수 있었고, 최대 전원 출력은 6.7 [kΩ]의 부하저항에 의해 10[mph]의 풍속에서 7.5 [mW]의 전력을 얻을 수 있어 주위의 바람 흐름에 의해 전력 수확이 가능하여 수학적으로 설계할 수 있음을 입증하였다.

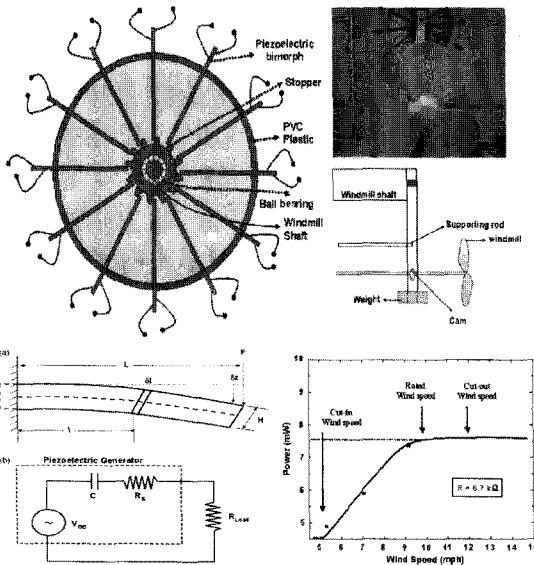


그림 7. 풍차를 이용한 에너지 수확 시스템

그림 8은 네브래스카대학교 Stephen R. Platt 교수진에 의해 연구된 자가발전 무릎관절교환장치에 사용되는 압전형 에너지수확장치이다. 무릎관절에 힘이 가해졌을 때 압전 재료를 145층 쌓아서 만든 압전 소자에 의해 최대 전력 4.8[mW]가 발전됐으며, 이때 얻

어진 전력은 장치의 상태에 대하여 귀중한 정보 전달을 할 수 있는 내장된 마이크로프로세서의 소요전력을 만족시킬 수 있음을 입증하였다. 이외에도 인력을 이용한 에너지수확시스템은 2가지 종류로 나뉘게 된다. 호흡 및 혈액과 같은 지속적인 활동이 첫 번째이고, 두 번째는 걸음걸이와 상체 운동과 같은 불연속적인 활동(그림 9 참조)으로, 두 활동에 적합한 형태의 에너지수확시스템에 대한 연구가 진행 중이다.

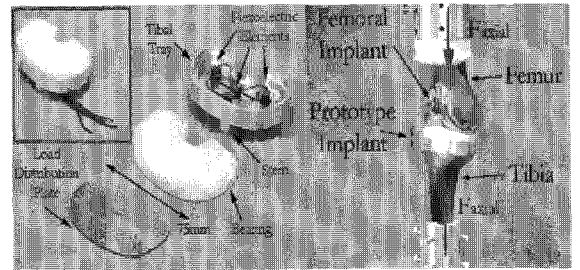


그림 8. 무릎관절에 적용한 에너지 수확 장치

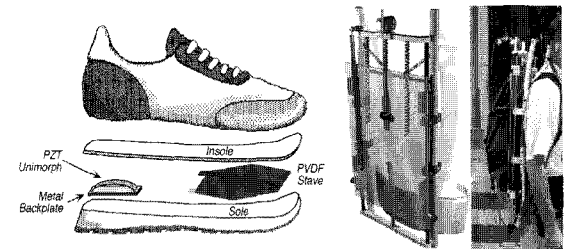


그림 9. 불연속적인 활동에 의한 에너지 수확 기술

그림 10은 미국 MIT 건축학부 연구진이 고안한 군중발전소의 원리를 나타낸 것이다. 이 원리는 걸을 때 바닥에 전달되는 압력을 전기로 바꿔줌으로써 여러 사람이 다니는 출입구 바닥에 설치할 경우 효과가 클 것으로 예상된다. 이 발전 시스템에 1명이 밟고 지나갈 경우 60[W]의 전기를 1초 동안 켤 수 있으며, 28,527명이 밟고 지나갈 경우 기차를 1초 동안 움직일 수 있다. 우리나라 인구의 두 배 정도인 8400만 명이 밟고 지나갈 경우에는 우주왕복선을 발사할 수 있는 에너지를 얻을 수 있다고 한다.

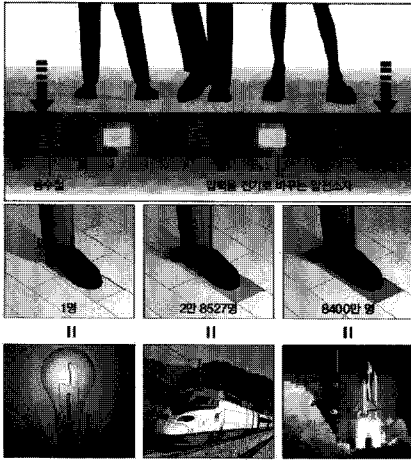


그림 10. 균중발전소의 원리

3. EAP를 이용한 에너지 수확 기술

3.1 Electroactive polymer(EAP)의 정의 및 역사

EAP는 전기를 공급했을 때 변위가 발생하고, 반대로 변위를 주었을 때 순간적인 전압을 발생시키는 것을 말한다. 이러한 변위를 주었을 때의 원리를 이용해서 에너지 수확기술에 응용할 수 있다.

압전 EAP로는 지금까지 잘 알려진 PVDF(Polyvinylidene fluoride)가 있다. 1924년에 폴리머의 압전효과가 발견된 이후 1969년 Kawai가 PVDF에 강한 압전효과가 있음을 발견하면서부터 수많은 연구가 1970년대에 미국, 유럽에서 이루어졌다. Research Triangle Park 의 Scott Goodwin-Johansson 교수진은 폴리머와 MEMS 기술을 이용한 센서응용 연구를 수행하여 발표를 하였고, 매사추세츠공과대학의 Andreas Wingert 교수진은 강유전체 고분자 액추에이터에 관한 연구를 수행하였다. 도쿄 대학 Mihoko OTAKE 교수진은 폴리머를 이용하여 로봇에 적용하기 위한 연구를 수행하였고, UC 리버사이드의 Marsella는 근육과 같은 특성을 갖는 단일 폴리머 체인의 개발에 대하여 연구를 수행하였으며,

미국의 비영리연구단체인 SRI 인터내셔널과 같은 단체에서도 연구를 진행하여 좋은 성과를 얻고 있는 것으로 보고되고 있다.

3.2 Electroactive polymer(EAP)의 종류 및 특징

EAP는 크게 두 가지 구동환경과 구동원리에 의해서 분류할 수 있는데, Electric EAP는 전기 가짐에 의해서 구동되며, 공기 중에서도 쉽게 구동이 가능한 타입이다. Ionic EAP는 Polymer내부의 이온의 이동에 의해서 구동되는 것이며, 수분을 반드시 필요로 하며, 증발되게 되면 구동 힘이 저하되게 된다. Table. 1에 있는 여러 가지 EAP종류 중에서는 Piezoelectric EAP나 Ionic Polymer Metallic Composite(IPMC)이 에너지 수확에 있어서 주로 많이 사용되는 소재이다.

3.3 Electroactive polymer(EAP)의 에너지 수확기술

현재는 거대 용량의 전기를 발생시키기 위한 것보다는 음파, 초음파, 또는 주의에서 발생할 수 있는 소음, 떨림, 구부러짐, 수축, 신장과 같은 기계적인 변형을 이용한 소용량의 에너지 수확 개발 연구가 이루어지고 있다. 그러한 소재들 중 하나인 EAP는 여러 가지 분야에 적용이 가능하다.

표 1. Electroactive polymer의 종류

Electronic EAP	Dielectric EAP Piezoelectric EAP Ferroelectric EAP Electrostrictive EAP
Ionic EAP	Carbon Nanotubes(CNT) Conductive Polymer(CP) Ionic Polymer Gels(IPG) Ionic Polymer Metallic Composite(IPMC)

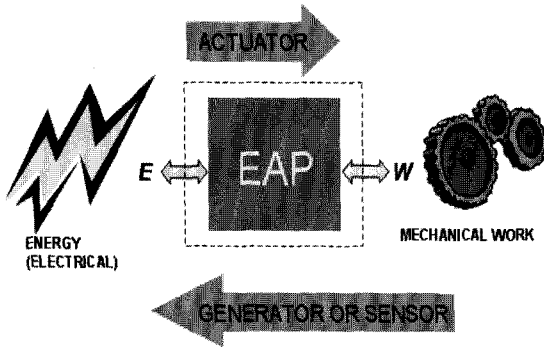


그림 11. Electroactive polymer(EAP)의 구동원리

Direct Piezoelectric Effect Converse Piezoelectric Effect

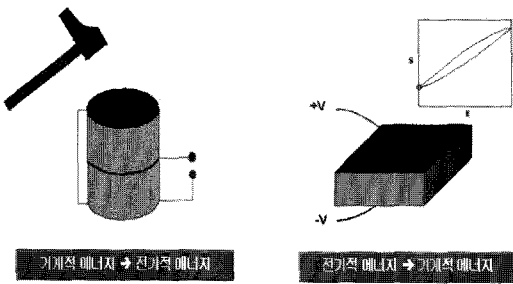


그림 12. 압전효과

에서 연구되었으며, 현재 국내 연구기관에서의 EAP 응용에너지 수확기술에 대한 보고는 없는 것으로 조사되었으며, 일부 대학에서 EAP 조성 관련 연구들이 수행되고 있다. 그림 13은 신발을 이용하여 에너지를 수확하는 예를 보이는 것이다. 이것은 탄성체에 직접 전극을 도포하고, 진동을 이용한 에너지 수확 기술을 이용한 것으로, 신발의 안쪽에 EAP를 삽입해서 사람이 걷거나 뛸 때의 힘을 받아서 에너지를 수확하게 된다. 이것은 기존의 배터리는 용량을 증가할 경우 크기 및 무게가 상대적으로 커지고, 재사용을 위해서는 충전해야 하는 불편함을 가지게 된다. 이것을 해결하기 위해 MIT 공대에서도 신발을 이용한 자가발전을 연구하고 있다.

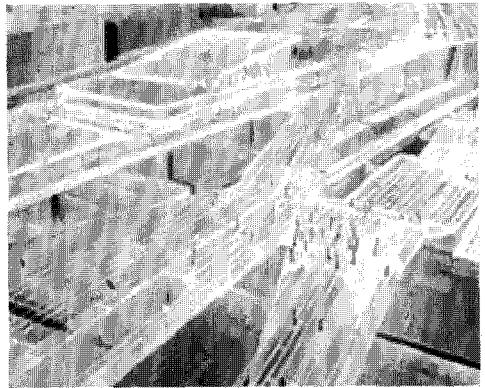


그림 14. MIT의 군중발전소 개념도

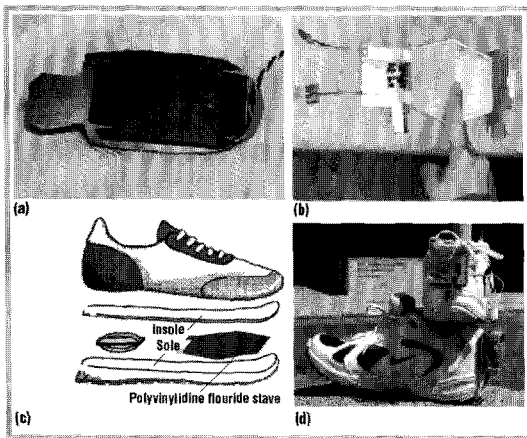


그림 13. 신발을 이용한 자가발전

Electroactive polymer(EAP)를 이용한 에너지 수확기술은 처음으로 미국의 SRI International사



그림 15. 미시간대학의 무릎 장착형 에너지 수확장치

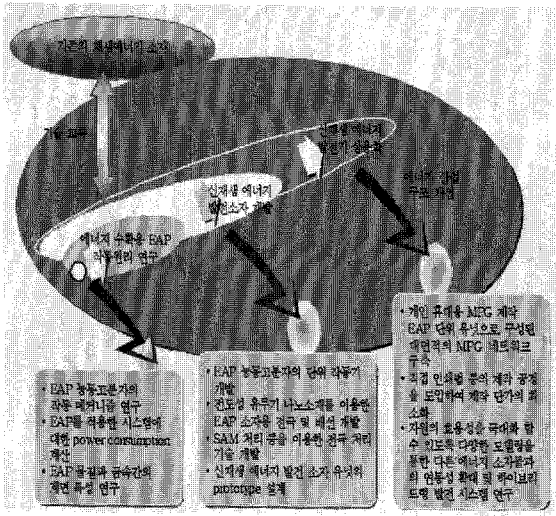


그림 19. EAP를 이용한 신재생에너지 개발에 필요한 핵심요소

동용 자가 발전 시스템으로 EAP 발전 시스템을 이용하고 있으며, 최대 10[W]의 전력을 얻은 결과를 보고하고 있으며, Ocean Power Technologies Inc. Dr. George W. Taylor 연구진은 얇은 강이나 바다에서 물의 흐름을 통해 에너지를 수확하는 시스템에 대해 연구하였고, Michigan 대학의 J. M. Donelan 교수진은 사람의 걸음으로부터 에너지 수확량을 늘릴 수 있는 시스템에 대해 연구하였다. 그 결과 10번의 무릎운동으로부터 5[W]의 전력을 얻을 수 있었으며, Georgia 기술 연구소의 Dr. Rusen Yang 연구진은 손가락과 같은 작은 관절의 운동으로부터 에너지를 수확할 수 있는 기술에 대해 연구하였으며, 그 결과 0.6[mW]의 전력을 얻을 수 있었다. Pennsylvania 대학의 Heath F. Hofmann 교수진은 Polyurethane 재질에 대한 에너지 수확 특성에 대한 연구를 진행 중에 있다.

3.4 전 망

EAP가 갖는 생체근육과 같은 작동을 할 수 있는

가능성은 곧 공상과학의 꿈을 이루고자 하는 희망을 갖게 하며 인류의 문명발전에 크게 기여할 것이다. EAP는 차세대 마이크로 로봇, 오락산업 또는 초소형 비행체의 구동과 같은 인공근육 작동기의 응용분야를 창출하고 있다. EAP 작동기의 응용성은 폭넓으며 새로운 기술혁신의 기대를 불러일으키고 있다.

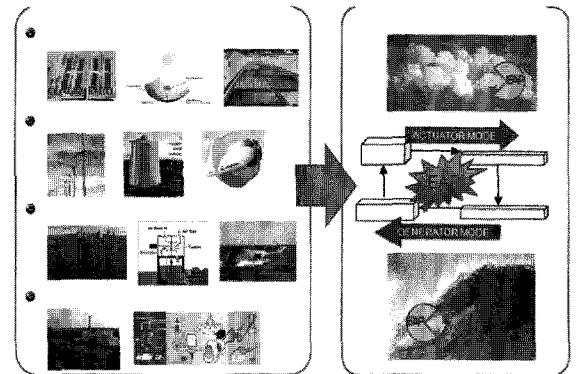


그림 20. EAP를 이용한 신재생 에너지 개발의 개념도

표 2. EAP 발전기 기술과 타 기술과의 비교

발전기 응용	장점기술	EAP(Electrostrictive Elastomer)		비고
		장점	단점	
엘렉트릭 발전기	전직성	<ul style="list-style-type: none"> 고에너지 밀도 저가격 지속도 구동 고온도 작동 	<ul style="list-style-type: none"> 작은 엔지니어링에 비해 전하 회로 가격과 무게 	전지회로는 큰 엔지니어링 용에서는 문제가 되지 않음
구동 발전기	전직성 압전성	<ul style="list-style-type: none"> 고에너지 밀도 저가격 경량 좋은 기계적 부하와 내장 	<ul style="list-style-type: none"> 전직성 구동보다 전자 회로가 복잡 	1cmL 크기의 소자에서 0.8! 발명
무선센서를 위한 파생에너지 수확	전직성 압전성	<ul style="list-style-type: none"> 이용할 수 있는 에너지원과의 좋은 기계적 부하 매칭으로 인해 설계 간단 저가격 재활가능 	<ul style="list-style-type: none"> 전지회로 가격 	전선이 없이 저가격이 가능하나 현재 전력원이 재현되어 있음
패러 캐패시터	전직성	<ul style="list-style-type: none"> 좋은 기계적 부하와 내장 저가격 	<ul style="list-style-type: none"> 효율적인 변환을 위해 큰 변형 모드가 요구됨 	

과학자들은 전기적 자극이 가해졌을 때 길이나 부피가 늘거나 줄어드는 경량재료를 개발하기를 추구하여왔다. 따라서 이러한 물질은 운동을 일으키는 작동기(actuator)로 사용되어 초소형 응용 분야에 사용

하기에는 너무 무겁거나 큰 전기모터나 공압 실린더를 대체할 수 있다. EAP의 새로운 탄생은 인공근육으로서의 가능성을 보이고 있다. EAP는 전기장에 의해 작동되는 것과 이온에 의해 작동하는 것으로 대별되며 전기장에 의한 EAP에는 압전, 전왜, 강유전성의 재료가 있다. 이온화에 의한 것은 외부에서 전기와 같은 자극이 가해졌을 때 폴리머 내부에 이온의 편류가 발생하여 변형이 발생하는 것으로 폴리머, 젤, IPMC, 탄소나노튜브, 도전성 폴리머 그리고 ER유체가 있다. 이외에는 종이, 천 등의 다양한 EAP 재료가 현재 연구되고 있다.

5. 결 론

지금까지 기능성 재료인 압전소자와 EAP를 이용한 에너지 수확 기술에 대하여 간략하게 소개하고 국내·외의 연구 동향 및 사례를 살펴보았다. 압전소자를 에너지수확장치로 사용하기 위해서는, 압전소자를 이용할 때의 문제점으로 지적이 되고 있는 취성 외에도 에너지 변환효율 증대를 위한 압전 소자의 재료개선, 에너지수확회로의 최적설계 방법 등 다른 문제점을 보완하여 발전 효율을 높여야 할 것으로 사료된다. 우선적으로 배터리 장착이 곤란하면서도 소비전력이 낮은 초소형 디바이스(RFID, USN, WSN, 웨어러블 PC, 인체 삽입형 의료기기 등)에 적용을 하고 좀 더 큰 전력을 생산할 수 있는 곳으로 적용범위를 넓히는 것이 바람직하다고 보인다.

Electroactive polymer(EAP)는 현재에도 국내외 국내에서 많은 연구가 이루어지고 있으나 아직까지 실제로 상용화되기에는 부족한 부분이 많이 있다. EAP와 유사한 압전 재료로는 PZT가 있는데 이것은 EAP보다 딱딱해서 충격을 잘 받아들일 수 있다. 그러나 EAP는 너무 무른 탓에 충격에는 견디지 못한다. 이러한 단점을 보완하기 위한 연구도 필요한 것 같다. 또한 EAP를 해석할 수 있는 프로그램을 개발

하지 못하고 있는 실정이다. 이러한 가장 큰 이유는 EAP는 핵심 재료로 사용되는 고분자의 고유 특성이 때문이다. EAP에 주로 사용되는 재료인 고분자는 다른 재료와는 달리 유한한 변형을, 점탄성(viscoelasticity)과 변형 후 완전히 회복되지 않고 어느 정도의 소성변형을 포함하고, 그 오차로 인해서 시뮬레이션상의 한계가 있을 수 있기 때문에 해석 프로그램의 제작에 있어 큰 어려움이 있다. 그래서 EAP에 적용할 수 있는 해석프로그램을 제작하게 된다면 EAP의 기술 성장에 좀 더 가속도를 낼 수 있을 것이라 생각되며, EAP는 작동능력과 보다 우수한 내구성향상을 필요로 하는 문제점이 도출되고 있어 이에 대한 대책이 필요하다고 사료된다. 또한 에너지를 전환하는 과정을 좀 더 효과적으로 보완할 수 있다면, 에너지 수확부분에 있어 뛰어난 소재로 개발 가능성이 있을 것으로 본다.

끝으로 석유 등의 부존자원의 부족으로 대체에너지 이용기술에 대한 관심이 높아지고 있고, 청정에너지 활용에 대한 많은 연구가 이루어지고 있는 현 시점에서 PZT와 EAP를 이용한 에너지수확기술은 IT와 에너지, IT와 BT+NT와의 융합기술의 매력적인 분야라 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] S. N. Yun et al., "A Study on Energy Harvesting Technique using Piezoelectric Element", The Korean Society for Power System Engineering, pp. 65~71, Vol. 13, No. 3, 2009.
- [2] http://www.dt.co.kr/contents.html?article_no=2009042302010251614003.
- [3] Je-Yun Lee, "A Study on the Energy Conversion System Using Piezoelectric Effect", Sogang University, pp. 1~64, 2005.2) John Kymissis et al., "Parasitic Power Harvesting in Shoes", Proceeding of the Second IEEE International Conference on Wearable Computing(ISWC), pp. 132~139, 1998.
- [4] http://radar.ndsl.kr/tre_View.do?ct=TREND&cl_cd=&clk=&lp=BM&gotoPage=171&cn=GTB2009080234.
- [5] Shashank Priya, "Modeling of Electric Energy Harvesting Using Piezoelectric Windmill", APPLIED PHYSICS LETTERS, 2005.
- [6] Stephen R. Platt et al., "The Use of Piezoelectric Ceramics for Electric Power Generation within Orthopedic Implants", IEEE/ASME TRANSACTIONS ON MECHATRONICS, Vol. 10,

No. 4, pp. 455~461, 2005.

- (7) 김재환, "Electroactive polymer(EAP)의 연구동향 및 응용분야", 2권, PP.142-150, 2001.
- (8) 임현의, "전도성고분자 나노센서", 기계저널, 제47권, 제10호, PP.40-46, 2007.
- (9) 김성현, "EAP를 이용한 청정 에너지 수확 기술 개발", 전자통신동향분석, 제23권, PP.22-31, 2008.
- (10) 박승창, 조일식 "전기에너지 수확 기술의 개발동향 분석", IT기획시리즈, 1339호, PP.22-34, 2008.
- (11) 이영기, 이성규, 박강호, 강만구, 김종대 "에너지 하베스트 기술과 IT용 디바이스 응용", IT기획시리즈, 1343호, PP.30-36, 2008.

◇ 저자 소개 ◇



윤소남

1963년 7월 29일생. 1990년 부경대학교 기계공학부 졸업(석사). 1994년 동 대학원 졸업(박사). 2005년 어반대 마이크로나노시스템/재료연구실 객원 연구원. 1994년~현재 한국기계연구원 책임연구원, 스마트 액추에이터, 유공압밸브 및 에너지 수확기 개발 연구에 종사. 유공압시스템학회, 대한기계학회, 동력기계공학회, 한국정밀공학회, 일본유공압시스템학회 등 회원. 공학박사.

Tel : 042-868-7155

E-mail : ysn688@kimm.re.kr



김동건

1982년 12월 2일생. 2009년 제주대학교 메카트로닉스공학과 졸업(석사). 한국기계연구원 연구원. 압전 에너지수확, 유공압 밸브 연구개발에 종사.

Tel : 042-868-7767

E-mail : dgkim82@kimm.re.kr



정은아

1987년 3월 26일생. 2010년 충남대학교 고분자공학과 석사과정. 한국기계연구원 학연과정, 유기합성, EAP 에너지 수확기술 연구에 종사.

Tel : 042-868-7767

E-mail : dmsdk@kimm.re.kr