

에너지 하베스팅 재료

1. 서언

웨어러블 기술 및 스마트 텍스타일 산업에서는 오랫동안 혁신 제품의 실현을 위해 에너지 공급 부분에 관해 주목해왔다.

1990년대 리튬 배터리는 웨어러블 기술용 에너지 문제의 해결책으로 여겨졌다. 하지만 최근 에너지에 대한 인식이 달라지면서 리튬 배터리로는 충분하지 않다는 것이 분명해졌다. 태양광, 풍력, 조력 및 운동 에너지 분야는 섬유, 직물, 라미네이팅 및 코팅, 가공 기술의 새로운 기술과 함께 성장하고 있다. 이와 더불어 지속가능성 및 사용자 중심의 디자인 접근 방식으로 인해 가볍고, 유연하며, 고에너지 효율 및 환경 영향이 적은 전원 공급 장치에 대한 수요가 증가하고 있다.

독일 기계공업연합회(VDMA)는 Walter Reiners Foundation 2018 dissertation을 아헨 공대의 Benjamin Weise 박사의 논문인 ‘Development of graphene-modified multifilament yarns for the production of textile charge storage devices’에 수여하였다. 이 연구는 그래핀 적용 폴리아마이드 섬유 및 이를 텍스타일 표면에 처리하는 공정 개발에 관한 내용이다. 개발 섬유는 높은 수준의 충전 저장 공간을 제공하여 이중층 구조의 커패시터(Double-layer capacitor) 또는 슈퍼 커패시터(Super capacitor)로 사용될 수 있다. 또한, 화학반응이 없기 때문에 일반적인 리튬-이온 배터리에 비해 더 높은 전력 밀도와 긴 수명을 제공한다. 따라서 텍스타일에 충전식 배터리를 재봉하여 붙이지 않고 충전 저장 장치를 텍스타일 자체에 통합할 수 있다. 이 섬유는 작은 에너지의 발전으로도 큰 차이가 발생할 수 있는 직물 제세동기와 같은 제품 개발을 가속화할 가능성이 있다.

최근 운동 에너지 하베스팅(Kinetic Energy Har-



〈그림 1〉 AMPY MOVE

vesting, KEH) 장치가 시장에 나타나기 시작하였고, 그 예로 착용자의 움직임으로 충전되는 휴대용 스마트폰 배터리인 ‘AMPY MOVE’를 들 수 있다. 보행 인식은 세 가지 방법으로 분류할 수 있다. 첫 번째는 영상기반이며, 카메라를 사용하여 거리를 두고 촬영을 통해 정보를 수집하고 수집된 이미지로부터의 보행 데이터에 대한 처리 기술을 사용한다. 두 번째는 센서가 바닥에 위치하여 데이터를 기록하는 바닥기반 방법이다. 세 번째는 가속도계를 몸의 서로 다른 위치에 부착하는 웨어러블 센서 방식이다. KEH-Sense는 사용자 식별 시스템과 함께 자체 전원을 사용하는 웨어러블 제품 하나를 통해 두 가지의 시장 요구를 해결할 수 있다. KEH-Sense 공동 연구에는 중국 대학들과 호주의 연방과학산업연구기구(CSIRO)의 연구원들이 참여하며, 이 연구에서는 운동 에너지 하베스팅을 사용하여 장치를 구동한다.

헬스케어용 웨어러블 기술에서 보행 분석을 위한 가속도계 기반 사용자 인증 시스템의 사용은 많은 관심을 불러일으키고 있다. 그러나 가속도계는 웨어러블 센서의 배터리 수명을 감소시킨다는 것이 밝혀졌으며, 이는 실제 사용에서 커다란 장애물이다. KEH-Sense 연구팀은 운동 에너지 하베스팅 회로에서 사용자별로 다르

게 나타나는 진동이 서로 다른 에너지 생성 패턴으로 에너지를 발생시킨다는 점을 적용하여 가속도계를 사용할 필요성을 제거함으로써 이를 해결했다.

CSIRO에 따르면 가속도계와 같은 실제 센서가 필요 없기 때문에, 제한된 하베스팅 에너지의 상당한 퍼센트를 절약할 수 있어 자기충력형 웨어러블에 대한 큰 발전을 이루었다. 에너지는 웨어러블 제품에서 중요한 문제이며, 특히 헬스케어 제품에서 어려움이 크다. 예를 들어 체내삽입형 의료장치(IMDs, Implantable Medical Devices)는 긴 수명을 가지고 있지만, 배터리의 수명이 짧기 때문에 배터리를 교체하기 위한 외과수술이 필요하다. KEH-Gait는 운동 에너지 하베스팅에 의해 작동하며, 모바일 건강관리를 위해 제안된 새로운 보행 기반 사용자 식별 시스템이다. 프로토타입으로는 압전 하베스팅 시스템과 전자기 하베스팅 시스템을 사용했다. 두 경우 다 가속도계 기반의 보행 인식에 비해 6% 정도 정확도가 감소하는 것을 확인했다. 이는 새로운 예측 기반 다중 단계 희소 표현 분류(PMSSRC, Probability based Multi-Step Sparse Representation

Classification)의 도입을 통해 해결하고자 연구하고 있다. 이것은 다중 단계로부터 수집된 데이터를 결합하여 가속도계 방법과 일치하는 정확성을 제공한다. 또한, KEH-Sense 연구자들은 생체 암호 시스템(BCS, Biometric Cryptosystems) 분야도 연구하고 있다. 해당 연구는 고유의 암호 열쇠를 생성하기 위해 생체 데이터의 활용 등을 고려하고 있다.

작업복을 위한 웨어러블 기술은 필요한 데이터 수집을 위한 규정, 안전성 및 효율성을 고려해야 한다. 초기 장비들은 길 찾기 및 원격 데이터 액세스에 주력하였지만, 최근 개발 제품은 사용자의 심박수 및 피로도를 모니터링하고 환경과 작업 위험을 경고한다. International ThermoDyne사는 착용자의 체온과 움직임을 전기 에너지로 변환하는 PhelTex를 개발했다. 이 제품의 장점은 의류에 전원공급장치가 통합되어 있어 충전식 배터리가 필요 없고, 따라서 착용자가 위험한 환경에서 배터리 충전을 고민할 필요가 없다는 것이다. 또한, 필요에 따라 발열이나 쿨링 기능을 제공할 수 있다. 미군 및 미국 국립과학재단(NSF, National Science Foundation)의 지원을 받아 개발된 SolePower사의 EnSoles는 착용자의 움직임으로부터 동력을 얻는다. 이를 스마트 부츠에 통합한 제품의 목표 시장은 국방, 산업용 그리고 긴급 구조원용이다. 센서의 위치를 다양하게 하면, 작업자가 움직임을 멈추거나 생명에 위협을 가하는 상황에 마주했을 때 착용자와 동료에게 경고하고 움직임 및 환경 조건을 모니터링 할 수 있다.

대만 ITRI(Industrial Technology Research Institute) 연구원들은 30 kg을 초과하는 장비를 착용하는 소방관을 위해 하중이 추가되지 않는 휴대용 조명을 연구하였다. 대만 연구팀은 소방 호스에 부착할 수 있는 FDEL(Fluid-Driven Emergency Lighting)을 개발했다. 개발된 FDEL은 마이크로 수력(Micro-hydropower)에 의해 작동하므로 추가적인 장치나 배터리가 필요 없다. 이 기술은 소형 발전기 내에 위치한 터빈 블레이드를 통과하여 흐르는 물의 흐름에 의해 발생하는 전기로 작동한다. 개발된 조명은 저장된 전력을 사용하여 약 1시간 동안 작동할 수 있다. 또한, 이 시스



〈그림 2〉 PhelTex



〈그림 3〉 FDEL(Fluid-Driven Emergency Lighting)

템은 건물 내 소방 스프링클러 시스템의 일부로 소방관과 갇힌 사람들의 안전을 도모하는데 응용할 수 있다.

모든 에너지 혁신이 리튬 배터리를 제외하는 것은 아니며, Soteria Battery Innovation Group은 리튬 이

온 배터리의 아키텍처 개선에 초점을 맞추고 있다. 이 부분의 주요 이슈는 코팅을 통해 전극을 형성하는데 필요한 금속의 혼합과 상대적으로 낮은 플라스틱 분리막(Separator)의 용점으로 인해 발생하는 열폭주, 화재 그리고 폭발이다. 이 회사는 양극과 음극 사이에 위치한 플라스틱 분리막을 첨단 섬유로 대체하여 제조하여 열적으로 안정한 부직포를 사용하여 Dreaweaver라는 배터리 분리막을 개발하였다. 부직포의 안정성 증가는 내부 단락과 관련된 강한 전류 조건에서 녹거나 줄어들지 않는 것을 의미하며, 이로 인해 배터리의 안전성이 크게 증가한다. 이 개발은 일회용 시장보다는 내구성이 필요한 시장에서 더욱 강한 입지를 구축할 수 있을 것으로 보이기 때문에 부직포 산업과 같은 웨어러블 기술에서 매우 중요하다.

IoTex (Issue 6, 2018)