

# 압전소자를 이용한 자가발전형 다기능 트레드밀 설계

정상진\*, 김용호\*, 이현석\*, 조계환\*, 김한영\*, 김영권\*, 신창선\*

\*국립순천대학교 정보통신학과

jsj88jsj@naver.com

## A Study on the multifunctional Treadmill Using Piezoelectric Elements

Sang-Jin Jung\*, Young-Ho Kim\*, Hyeun-Seok Lee\*, Kye-Hwan Jo\*, Han-Yeong Kim\*, Young-Kwon Kim\*, and Chang-Sun Shin\*

\*Dept. of Information and Communication Engineering, Suncheon National University

### 요 약

본 논문에서는 트레드밀의 전원공급을 보조하는 압전소자를 이용한 자가발전형 트레드밀을 제안한다. 이를 위해 기존 트레드밀의 발판을 압전소자 발판으로 교체하고, 트레드밀의 발판에 발전된 전기를 저장하기 위한 충전지를 두며, 해당 발판의 압전소자를 이용하여 트레드밀에 재사용 할 수 있는 전원을 생산한다. 본 연구 결과로 트레드밀의 구동전력효율의 향상을 기대할 수 있다.

### 1. 서론

현재 에너지 부족으로 인해 다양한 대체에너지 개발에 힘쓰고 있지만, 일반 가정에선 사용하기 어렵고 관리가 힘들다. 그래서 대용량의 에너지 생산보다는 효율적 에너지 사용이 일반 가정에서는 더욱 효과적 이라고 생각하며, 이것을 일상생활에서 자주 사용하는 물건 또는 반복적인 행동 등을 이용하여 에너지를 생산 할 수 있을 것이라 생각하였다. 또한 트레드밀을 이용하는 이용자들의 안전부주의로 인해 발생하는 안전사고가 잦다. 이로인해 발생하는 인명피해 및 피트니스 센터의 피해 누적액이 계속 증가하고 있는 추세다.

본 연구에서서는 흔히 볼 수 있는 트레드밀에 압전소자를 이용한 발전 및 생산된 에너지 활용 방법을 제시하고자 한다. 또한 기존 트레드밀의 기능외에 이용자들의 잦은 안전사고로 인해 발생하는 피해를 줄이기 위해 안전을 위한 안전장치를 추가하고 그외에 추가 기능구현으로 인해 편의성 다기능 트레드밀을 구현하는데 초점을 맞추고 있다.

### 2. 관련연구(트레드밀)

본 연구의 개선할 점을 위해 기존 트레드밀의 고쳐야 할점에 대해 몇 가지 제시하고자 한다.

첫째, 현재 스포츠 센터를 가면 사용하지 않는 트레드밀이 사용자가 없음에도 불구하고 항상 켜져있기에 많은 전력을 소모한다. 또 이후 사용자가 작동중인지 모르고 오르다가 사고를 당해 전 사용자가 후 사용자에게 1천4백60만 원을 지급한 사례가 있다.[1]

이러한 불필요한 사고를 막기위한 방안으로 사용자의 사용을

감지하여 미사용시 자동전력 차단시스템의 구현이 필요하다.

둘째, 트레드밀의 잘못된 사용으로 인한 사고가 많다. 미국 소비자제품안전위원회(Consumer Product Safety Commission)에 따르면 2009년 한 해 동안 약 1만 9000명의 환자가 트레드밀에서 사고를 당해 병원 응급실을 찾았다. 그리고 이 가운데 약 6000명이 어린이들이었던 것으로 밝혀졌다.[2]

이렇듯 트레드밀에서 사고를 당하기에 이를 보완하기 위한 사용중 안전장치가 필요하다.

셋째, 지금은 전 세계적으로 친환경 에너지에 관심을 갖고 있다. 지금 미국 로스엔젤레스 ‘AC4 피트니스센터’는 언뜻 보기는 일반 스포츠센터와 다를바가 없지만 이곳에서는 사람들이 운동한만큼 운동에너지를 전기에너지로 바꿔 가정용 전력공급을 할 수 있는 시스템을 갖추고 있다.[3]



(그림 1) 친환경 헬스장

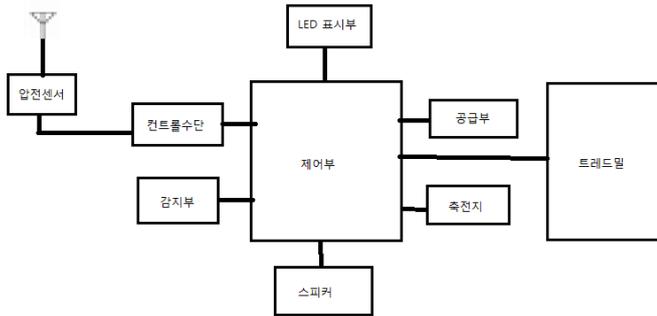
### 3. 자가발전 트레드밀 구현

본 연구는 트레드밀의 발판 상에 사용자에게 의해 공급되는 기계적 에너지를 전기에너지로 변환시키는 다수의 압전소자가 구비되도록 하여 이 압전소자에 의해 변환된 전

기에너지를 트레드밀을 작동시키는 전원에 공급되도록 함으로써 전기사용량이 절감됨과 트레드밀의 사용이 종료된 후 그 작동을 중단시키지 않더라도 압전소자로부터 발생되는 전기에너지의 저장 유무에 따라 자동으로 트레드밀의 작동을 종료시킬 수 있을 뿐만 아니라 안전띠가 마련되어 있어 사용자의 안전이 효과적으로 확보될 수 있다.

동시에 스마트폰과 같은 이동 단말기의 충전 및 거치가 가능한 압전소자를 이용한 자가발전형 트레드밀에 관한 것이다.

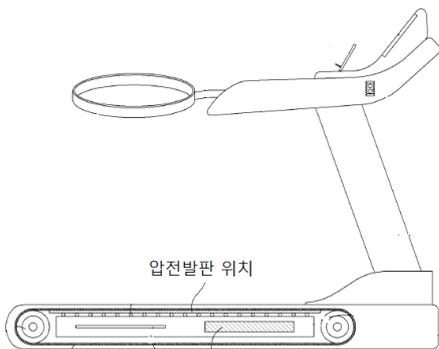
### 3.1. 구성요소



(그림 2) 다기능 트레드밀 구성도

(그림 2)에서 보는바와 같이 구성도는 크게 8가지로 나눌 수 있다.

압전센서는 (그림 3)과 같이 트레드밀의 발판 하부에 위치하여 사용자에게 의해 공급되는 기계적 에너지를 전기에너지로 변환시키는 다수의 압전소자가 구비되도록 하고 이 압전소자에 의해 변환된 전기에너지를 트레드밀을 작동시키는 전원에 공급되도록 함으로써 전기 사용량이 절감을 기대할 수 있다.[4],[5]



(그림 3) 다기능 트레드밀의 압전발판 위치

감지부는 트레드밀의 사용이 종료된 후 그 작동을 중단시키지 않더라도 압전소자로부터 발생되는 전기에너지의 충전이 일정시간 이상 중단될 경우 압전소자를 이용한 트레드밀의 작동이 자동 종료되도록 하는 신호가 상기 제어부 측으로 송신된다.

컨트롤수단은 전술한 압전소자 및 제어부와 전기적으로 연

결되며 압전소자로부터 변환된 전기에너지가 충전됨과 동시에 충전된 전기에너지의 분배를 제어하는 역할을 하는 것이다.

공급부는 플러그 및 축전지를 통해 공급되는 전력을 사용하여 트레드밀의 상부에 부착된 Y자형 포트타입 충전기종으로 전력을 공급한다. 이를 통해 사용자는 상부에 부착된 스마트 기기의 거치대에 스마트 기기를 거치하여 운동을 함과 동시에 스마트기기를 즐길 수 있고 자신의 운동을 통한 에너지로 스마트 기기를 충전할 수 있는 친환경 에너지를 공급받게 된다.

스피커는 공급부 및 축전지에서 공급되는 전력을 통해 시스템상 사용자에게 알려줘야 하는 위험 신호나 기본 신호음 등을 제어부에서 신호를 착신하여 소리를 낸다.

LED 표시부(디스플레이 패널)는 공급부 및 축전지에서 공급되는 전력을 통해 시스템상 사용자에게 알려줘야 하는 표시 신호나 시간 및 속도등을 제어부에서 신호를 착신하여 표시한다.

충전지는 압전센서를 통해 공급받은 전기에너지를 충전 보관하고 있다가 필요시 공급부를 통해 스마트 기기 충전을 위한 전력을 공급하거나 LED표시부나 스피커로 전력을 공급할수 있다.

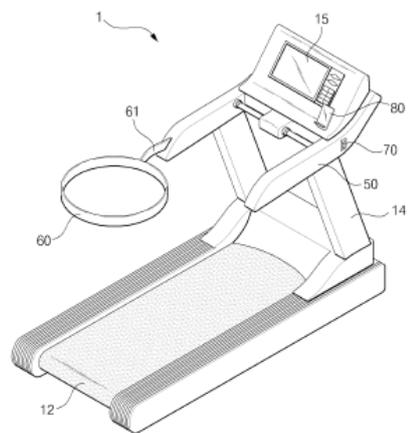
제어부는 모든 부의 총괄로 각 부간의 상호연동 시켜주고 소프트웨어 적으로 컨트롤수단과 연동하여 사용자의 하중을 감지하고 보폭계산을 통해 운동 칼로리를 계산할 수 있으며 체중 및 운동 거리등을 LED표시부를 통해 표시할 수 있다. 하드웨어 적인 트레드밀의 구동과 소프트웨어 적인 프로그램을 상호 연동하는 시스템의 총괄부이다.

트레드밀은 기본 트레드밀의 기능을 갖고 있으며 본 연구에서 추가로 삽입한 기능을 부착한다.

사용자의 안전을 위한 안전띠가 부착되어 있어 사용자가 실수를 해도 부상을 입지 않을 수 있다.

스마트폰과 같은 이동 단말기를 충전할 수 있는 충전포트가 마련되고, 충전포트를 이 용해 충전중인 이동 단말기를 거치할 수 있는 거치대가 구비된다. 따라서 사용자는 운동중에도 이동 단말기를 이용해 영화 감상, 사진/동영상 촬영, 화상통화 등을 이용할 수 있음은 물론 충전 또한 가능하다.

구성요소를 종합 반영하면 (그림 4)과 같은 설계도를 갖는다.



(그림 4) 다기능 트레드밀 설계도

〈표 1〉 다기능 트레드밀 부호의 설명

10 : 런닝머신 본체	11 : 발판부
12 : 케도벨트	13 : 롤러
14 : 제어부	15 : 디스플레이 패널
20 : 압전소자	30 : 가압 플레이트
40 : 컨트롤수단	41 : 충전배터리
42 : 회로패널	50 : 손잡이부재
60 : 안전띠	61 : 탄성로프
70 : 충전포트	80 : 거치대

### 3.2. 구현방법

압전소자를 이용한 다기능 트레드밀은 하부에는 케도벨트가 상, 하부 방향으로 무한 회전되는 발판부가 구비되고 전방에는 상기 케도벨트의 회전을 제어하는 제어부가 구비된 트레드밀 본체와, 상기 발판부 상에 이격 배열되며 사용자에게 의해 공급되는 기계적 에너지가 전기 에너지로 변환되도록 하는 다수의 압전소자와, 상기 압전소자와 케도벨트 사이에 구비되어 사용자에게 의한 기계적 에너지가 상기 압전소자 측에 균등하게 가해지도록 하는 가압 플레이트가 <그림 5>와 같이 설치된다.

상기 발판부 내부에 구비되고 상기 압전소자 및 제어부와 전기적으로 연결되며 상기 압전소자로부터 변환된 전기에너지가 충전 및 분배되는 컨트롤수단이 포함된다.



(그림 5) 병렬연결된 압전소자와 가압플레이트

가압 플레이트는 발판부와 동일한 크기로 형성되고 케도벨트 직하부에 배치되어 사용자가 케도벨트를 밟는 순간 그 기계적 에너지가 전체 압전소자에 균등하게 배분되도록 한다.

발판부는 그 전,후 방향으로 각각 롤러가 회전가능하게 구비되고 일측 롤러의 측에는 추후에 설명될 컨트롤수단의 충전배터리로부터 전원을 공급받아 구동되는 구동모터(도시되지 않음)가 연결되며 이 구동모터의 작동 여부에 따라서 (그림 6)과 같이 케도벨트가 양측 롤러의 회전에 연동 되면서 무한케도 방식으로 회전된다.



(그림 6) 케도벨트

제어부는 트레드밀 본체의 전방에 배치되고 발판부와 연결되어 사용자가 압전소자를 이용한 자가발전형 트레드밀을 사용하는데 필요한 디스플레이 패널, 충전포트, 거치대 등과 같은 다양한 편의 장치들이 사용가능하게 구비된다. 디스플레이 패널은 케도벨트가 회전되는 전체 전기에너지의 충전량, 속도, 사용자의 운동량, 사용시간, on/off 상태, 오르막/내리막 설정 등을 사용자가 인식할 수 있도록 디스플레이 되며 동시에 버튼 또는 터치스크린 방식으로 진술한 다양한 메뉴의 선택이 가능하다.

사용자의 허리 측에 착용되는 안전띠가 탄성로프에 의해 연결됨으로써 사용자를 안전사고로부터 안전하게 보호하는 역할을 하게 된다. 이때 안전띠는 나일론 재질로 형성되고 그 탈착은 버클(도시되지 않음)에 의해 이루어지는 것으로 하며 탄성로프는 탄성력을 갖는 고무재질로 형성되는 것이 바람직하다.

그리고 진술한 제어부 일측에는 스마트폰과 같은 이동 단말기를 충전할 수 있는 충전포트가 마련되고, 제어부 타측에는 충전포트를 이용해 충전중인 이동 단말기를 거치할 수 있는 거치대가 구비된다. 따라서 사용자는 운동 중에도 이동 단말기를 이용해 영화 감상, 사진/동영상 촬영, 화상통화 등을 이용할 수 있음은 물론 충전 또한 가능하다. 이때 진술한 충전포트는 5핀과 30핀을 각각 지원하는 Y잭 포트 타입으로 설치되며, 거치대는 이동 단말기의 탈착이 용이한 합성 플라스틱 재질로 이루어지는 것으로 하되 다양한 기종에 적용 가능하도록 범용으로 제작되는 것으로 한다.

한편, 진술한 발판부 상에는 다수의 압전소자(20)가 이격 배열되는데 이 압전소자는 사용자가 발판부(11)재를 연속적으로 밟음으로써 공급되는 수직압력이나 진동과 같은 기계적 에너지를 전기에너지로 변환시켜주는 역할을 하는 것이다.

발판부 내부에는 컨트롤수단이 구비되는데 이 컨트롤수단은 진술한 압전소자 및 제어부와 전기적으로 연결되며 압전소자로부터 변환된 전기에너지가 충전됨과 동시에 충전된 전기에너지의 분배를 제어하는 역할을 하는 것이다.

컨트롤수단 내부에는 충전배터리가 내장되어 있어 압전소자로부터 발생되는 전기에너지가 충전되며, 또한 회로패

널이 내장되어 있어 전술한 구동모터 및 제어부로의 전원 공급 여부, 운동량 연산 및 전원차단 등을 제어하게 된다. 즉, 전술한 전기에너지가 충전배터리가 충전되면 회로패널은 이를 구동모터와 제어부의 디스플레이 패널 및 충전포트 측으로 분배하게 된다.

그리고 회로패널에서는 압전소자를 통해 센싱되는 사용자의 보폭을 이용해 사용자의 운동량이 측정되는데, 사용자의 보폭이 압전소자에 의해 센싱되면 그 신호가 회로패널로 송신되고 이를 소정의 프로그램에 의해 연산 처리한 뒤 제어부로 재차 송신하여 디스플레이 패널을 통해 사용자의 운동량을 칼로리 단위로 표시하게 된다.

또한 사용자가 운동을 중단하여 압전소자로부터 발생되는 전기에너지의 충전이 중단될 경우 회로패널에 의해 충전배터리로부터의 전원공급이 차단됨으로써 압전소자를 이용한 자가발전형 트레드밀의 작동이 자동으로 종료된다.

#### 4. 결과

압전소자 발생된 에너지는 컨트롤수단의 충전배터리 측으로 충전되고 충전된 전원은 회로패널에 의해 물러를 회전시키는 구동모터와 제어부의 디스플레이 패널 및 충전포트 측에 배분된다.

사용자는 디스플레이 패널을 통해 퀘도벨트가 회전되는 속도를 조절할 수 있고 충전포트를 이용해 이동 단말기를 충전할 수 있으며 동시에 이동 단말기를 거치대에 거치시킨 상태로 이용할 수 있다.

사용자가 디스플레이 패널의 버튼을 이용해 퀘도벨트의 회전을 종료하지 않고 사용을 중단할 경우, 회로패널은 압전소자로부터의 전기에너지 공급 중단을 인식하여 구동모터로의 전원공급을 차단해 작동을 자동으로 종료한다.

현재의 압전소자로는 트레드밀을 구동하는데 자가발전이 가능할 정도의 에너지를 생산하기란 역부족으로 확인된다. 또한 압전소자를 직/병렬 등의 조합으로 많은 압전소자를 연결 할 경우 비용 및 내구성 문제로 인해 효율적이지 못하다.

하지만 압전소자의 발전효율과 축전지의 효율이 증가하여 트레드밀이 자가발전을 통한 전력으로 구동된다면 충분히 효율적이고 미래 스포츠 시장에서 주축이 될 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

- [1] 김병규, 2006. 01. 06. "작동중 러닝머신 사고 "이전 사용자도 책임" 서울-연합뉴스
- [2] 이완배, 2011. 09. 12. "러닝머신 잘못된 사용 탓 사고 많다", 코메디닷컴
- [3] 부소현, 2012. 08. 04. "땀 흘리고 전기도 만드는 '친환경 헬스장' 인기 절정", 중앙일보
- [4] Natan S. Shenck, Joseph A. Paradiso, "'Energy Scavenging With Shoe-Mounted
- [5] Piezoelectrics'", MIT Media Laboratory, Responsive Environments Group