



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년06월22일  
(11) 등록번호 10-1530225  
(24) 등록일자 2015년06월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A43B 7/36 (2006.01) A43B 7/00 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-0039572  
(22) 출원일자 2014년04월02일  
심사청구일자 2014년04월02일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020120122269 A  
KR1020130046212 A  
JP2009517168 A  
KR1020110124964 A

(73) 특허권자  
경희대학교 산학협력단  
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)  
(72) 발명자  
김갑진  
경기 수원시 장안구 만석로 29, 713동 302호 (천천동, 비단마을현대성우.우방아파트)  
이소영  
경남 김해시 대동면 대동로 487  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
이중우

전체 청구항 수 : 총 17 항

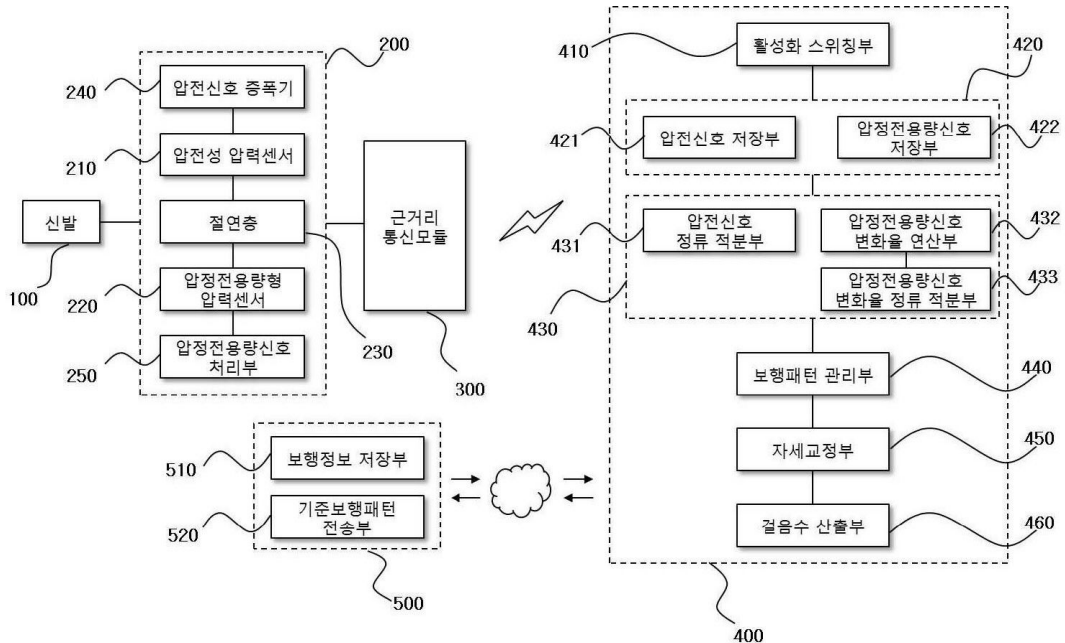
심사관 : 심유봉

(54) 발명의 명칭 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템

(57) 요약

본 발명은 스마트 슈즈에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 나노섬유 웹을 이용하여 얇게 형성되면서도 동일 지점에 가해지는 빠른 주기의 동적인 압력뿐만 아니라 느린 주기의 동적인 압력과 정적인 압력까지 모두 측정할 수 있는 하이브리드 압력센서를 신발 안창에 적어도 하나 이상 설치하고, 이러한 하이브리드 압력센서가 설치된 신 (뒷면에 계속)

대표도



발 안창이 끼워진 신발을 신고 뛰거나 걷는 동안 체중에 의해 가해지는 빠른 주기의 동적인 압력과 느린 주기의 동적인 압력 및 정적인 압력에 의해 상기 하이브리드 압력센서에서 생성되는 전기적 신호인 압전신호나 압정전 용량신호를 수신한 스마트 단말기에서 신발을 신고 있는 사용자의 보행 중 에너지 소비정도와 보행패턴 등을 연산하여 저장할 수 있게 함으로써, 착화감에 지장을 초래하지 않으면서도 착화 후 일상생활이나 운동을 하는 동안의 보행정보를 정확하게 감지하여 저장할 수 있게 한 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템에 관한 것이다.

(72) 발명자

**안유진**

인천광역시 강화군 길상면 온수리 520번지

**이솔지**

경기 군포시 산본로 451-45

**아룬아난드프라부**

경기도 용인시 기흥구 덕영대로1732 제2기숙사 B동 855호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10033449

부처명 산업통상자원부 ((구)지식경제부)

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원 (KEIT)

연구사업명 산업원천기술개발

연구과제명 건강 매니지먼트 기능의 고감도 웰니스 섬유 시스템 개발

기 여 율 2/5

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2009.06.01 ~ 2014.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2008-0057632

부처명 미래창조과학부 ((구)교육과학기술부)

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 선도연구센터(ACE)육성사업/공학분야(ERC)

연구과제명 압력감응 촉각감지 텍스타일

기 여 율 2/5

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2005.06.10 ~ 2014.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 132S-4-3-0612

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국과학기술단체총연합회

연구사업명 해외고급과학자 Brain Pool 사업

연구과제명 신장탄성율 20g/De 이하의 신축성 PLA 섬유 제조기술 개발

기 여 율 1/5

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2013.09.15 ~ 2014.09.14

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

신발 안창이 내부에 삽입되어 있는 신발;

상기 신발 안창에 적어도 하나 이상 설치되며, 전기방사로 형성된 나노섬유 웹으로 이루어진 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서가 절연층을 사이에 두고 적층되어 있는 하이브리드 압력센서;

상기 하이브리드 압력센서에 전기적으로 연결되어 있으며, 상기 압전성 압력센서에서 발생하는 압전신호와 상기 압정전용량형 압력센서에서 발생하는 압정전용량신호를 무선 통신망을 통하여 전송하는 근거리 통신모듈; 및

상기 근거리 통신모듈을 통하여 전송된 압전신호와 압정전용량신호를 수신하여 보행신호로 저장하며, 상기 압전신호를 정류한 후 적분하고, 상기 압정전용량신호의 기울기를 정류한 후 적분하여 에너지 소비정도를 산출하는 보행관리 어플리케이션이 탑재되어 있는 스마트 단말기;를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 하이브리드 압력센서는,

전기방사로 형성된 나노섬유 웹으로 이루어지며, 외부에서 인가되는 압력으로 유발된 쌍극자(Dipole)의 변화에 의해 발생하는 압전신호(Piezoelectric signal)에 의해 빠른 주기의 동적인 압력을 감지하는 압전성 압력센서;

상기 압전성 압력센서의 일면에 적층되며, 외부에서 인가되는 압력에 의해 전기방사로 형성된 나노섬유 웹이 압착되면서 유발되는 두께 변화에 의해 변경된 압정전용량신호(Piezocapacitance signal)에 의해 정적인 압력이나 느린 주기의 압력변화를 감지하는 압정전용량형 압력센서; 및

상기 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서 각각을 절연시키는 절연층;을 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 압전성 압력센서의 일단에 전기적으로 연결되어 있으며, 빠른 주기로 인가된 압력에 의해 발생된 압전신호를 수신하여 증폭하는 압전신호 증폭기; 및

상기 압정전용량형 압력센서의 일단에 전기적으로 연결되어 있으며, 동적인 압력이나 느린 주기로 인가되는 압력에 의해 변경된 압정전용량신호를 수신하여 처리하는 압정전용량신호 처리부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 압전성 압력센서에서 압전신호가 생성된 후에야 상기 압정전용량형 압력센서에서 측정되는 압정전용량신호가 상기 압정전용량신호 처리부에서 처리될 수 있도록 설정되어, 상기 압전성 압력센서가 압정전용량형 처리부에서의 신호처리를 야기하는 스위치로 작용하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템.

#### 청구항 5

제2항에 있어서,

상기 압전성 압력센서는,

압전성 폴리비닐리덴 플루오라이드(PVDF) 용액을 전기방사하여 형성된 PVDF 나노섬유 웹(PVDF nanofiber web); 및

상기 PVDF 나노섬유 웹의 상부와 하부에 각각 형성되는 제1전극과 제2전극으로 이루어진 압전 전극부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템.

**청구항 6**

제5항에 있어서,

상기 압정전용량형 압력센서는,

폴리우레탄(PU) 용액을 전기방사하여 다수의 기공을 내포하도록 형성되어 있는 폴리우레탄 나노섬유 웹; 및

상기 폴리우레탄 나노섬유 웹의 상부와 하부에 각각 형성되는 제3전극과 제4전극으로 이루어진 압정전용량 전극부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템.

**청구항 7**

제6항에 있어서,

상기 절연층은,

적층되어 있는 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서 상호간을 절연시키기 위해 상기 제2전극과 제3전극 사이에 형성되는 내부 절연층; 및

외부로 노출되는 상기 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서의 일면을 절연시키기 위해 상기 제1전극 상면과 상기 제4전극 저면에 각각 형성되는 외부 절연층;을 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템.

**청구항 8**

제7항에 있어서,

상기 하이브리드 압력센서는 신발을 착용하고 서 있거나 걸을 때 체중이 가장 먼저 실리게 되는 신발 안창의 뒤쪽 부분에 1개 설치되고, 상기 신발 안창 앞쪽의 좌측과 우측에 각각 1개씩 2개가 설치되는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템.

**청구항 9**

제2항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 스마트 단말기는,

상기 신발을 착용한 사용자의 체중에 의해 가해지는 정적인 압력뿐만 아니라, 느린 주기와 빠른 주기를 갖고 반복적으로 가해지는 동적인 압력에 의해 상기 하이브리드 압력센서에서 생성된 후 상기 근거리 통신모듈을 통해 전송되는 압전신호와 압정전용량신호를 수신하여 메모리에 저장하는 보행신호 저장부; 및

상기 보행신호 저장부에 저장되어 있는 압전신호를 정류한 후 적분하고, 압정전용량신호의 기울기를 정류한 후 적분하여 에너지 소비정도를 산출하는 에너지 소비 연산부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템.

**청구항 10**

제9항에 있어서,

상기 스마트 단말기는, 상기 하이브리드 압력센서를 이루는 압전성 압력센서에서 발생된 압전신호를 처음 수신한 후 비활성화상태에 있던 보행관리 어플리케이션을 활성화시키는 활성화 스위칭부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템.

**청구항 11**

제10항에 있어서,

상기 보행신호 저장부는,

상기 압전성 압력센서에서 생성된 후 근거리 통신모듈을 통하여 전송되는 압전신호를 수신하여 스마트 단말기에 구비된 메모리에 저장하는 압전신호 저장부; 및

상기 압정전용량형 압력센서에서 생성된 후 근거리 통신모듈을 통하여 전송되는 압정전용량신호를 수신하여 스마트 단말기에 구비된 메모리에 저장하는 압정전용량신호 저장부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템.

**청구항 12**

제11항에 있어서,

상기 에너지 소비 연산부는,

상기 메모리에 저장되어 있는 압전신호를 정류한 후 적분하여 일정시간 동안 누적된 소비 에너지를 산출하는 압전신호 정류 적분부;

상기 메모리에 저장되어 있는 압정전용량신호의 시간에 따른 기울기를 산출하는 압정전용량신호 변화율 연산부; 및

산출된 압정전용량신호 변화율을 정류한 후 적분하여 일정시간 동안 누적된 소비 에너지를 산출하는 압정전용량신호 변화율 정류 적분부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템.

**청구항 13**

제12항에 있어서,

상기 스마트 단말기는, 신발 안창에 설치되어 있는 하이브리드 압력센서들이 가압되어 압전신호와 압정전용량신호가 생성되는 가압순서와, 각 하이브리드 압력센들에서 측정되는 압전신호와 압정전용량신호의 크기를 비교하여 생성되는 가압정보를 사용자의 보행패턴으로 메모리에 저장하는 보행패턴 관리부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템.

**청구항 14**

제13항에 있어서,

상기 스마트 단말기는, 상기 보행패턴 관리부에서 생성되어 메모리에 저장되어 있는 각 사용자의 보행패턴을 권장되는 가압순서와 가압정보로 이루어진 기준보행패턴과 비교하여 그 비교결과를 표출시키는 자세교정부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템.

**청구항 15**

제13항에 있어서,

상기 스마트 단말기는, 상기 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서에서 측정된 압전신호, 압정전용량신호 또는 압정전용량신호의 기울기가 나타내는 피크의 개수에 의해 사용자의 걸음수를 산출하는 걸음수 산출부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템.

**청구항 16**

제14항에 있어서,

무선통신망을 통하여 접속한 상기 스마트 단말기로 상기 보행관리 어플리케이션을 제공함과 아울러, 상기 보행신호 저장부에 저장되어 있는 보행신호를 수신하여 각 사용자별로 데이터베이스에 저장하는 보행관리서버를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템.

**청구항 17**

제16항에 있어서,

상기 보행관리서버는,

무선통신망을 통하여 상기 스마트 단말기에 구비된 보행신호 저장부에 저장되어 있는 사용자의 보행신호와 상기 에너지 소비 연산부에 저장되어 있는 에너지 소비정도를 나타내는 데이터를 수신하여 각 사용자별로 데이터베이스에 저장하는 보행정보 저장부; 및

상기 보행패턴 관리부에서 전송되는 각 사용자의 보행패턴을 수신하여 각 사용자별로 데이터베이스에 저장함과 아울러, 각 사용자에게 올바른 걸음걸이를 나타내는 기준보행패턴을 전송하는 기준보행패턴 전송부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 스마트 슈즈에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 나노섬유 웹을 이용하여 얇게 형성되면서도 동일 지점에 가해지는 빠른 주기의 동적인 압력뿐만 아니라 느린 주기의 동적인 압력과 정적인 압력까지 모두 측정할 수 있는 하이브리드 압력센서를 신발 안창에 적어도 하나 이상 설치하고, 이러한 하이브리드 압력센서가 설치된 신발 안창이 끼워진 신발을 신고 뛰거나 걷는 동안 체중에 의해 가해지는 빠른 주기의 동적인 압력과 느린 주기의 동적인 압력 및 정적인 압력에 의해 상기 하이브리드 압력센서에서 생성되는 전기적 신호인 압전신호나 압정 전용량신호를 수신한 스마트 단말기에서 신발을 신고 있는 사용자의 보행 중 에너지 소비정도와 보행패턴 등을 연산하여 저장할 수 있게 함으로써, 착화감에 지장을 초래하지 않으면서도 착화 후 일상생활이나 운동을 하는 동안의 보행정보를 정확하게 감지하여 저장할 수 있게 한 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 최근 정보통신기술의 발전과 더불어 헬스케어에 대한 관심이 증가하면서 의료기관을 방문하지 않고도 일상생활 속에서 사람들의 다양한 생체신호나 건강정보 등을 정확하게 체크할 수 있는 스마트 의류나 스마트 슈즈에 대한 개발이 U-헬스케어(Ubiquitous Healthcare) 시장의 성장과 함께 중요시되고 있다.

[0003] 그에 따라, 최근에는 대한민국 공개특허공보 제10-2010-0127148호에 개시된 바와 같이 압력센서를 이용하여 걸음걸이 압력을 측정후 기준 수치와 비교하여 분석할 수 있게 한 구조의 블루투스 와 압력센서를 이용한 올바른 걸음걸이 보정 신발이 제안되기도 하였다.

[0004] 그러나 이러한 종래의 보정 신발은 신발에 압력센서를 내장하여 착용자의 걸음걸이 압력을 분석할 수 있게 하였다는 장점은 있으나, 압력센서 자체의 부피로 인하여 착화감에 지장을 초래할 수 밖에 없었고, 압력측정을 위해 착용자의 체중이 반복적으로 가해지는 압력센서의 내구성을 확보하기 어려운 문제점이 있었다. 또한, 천천히 걷는 동안 느린 주기로 가해지는 압력과 빠르게 달리는 동안 빠른 주기로 가해지는 압력을 동시에 정확하게 감지하는 압력센서를 찾기 어려운 문제점이 있었는데, 그 기재내용만으로 실제 일상생활에 적용할 수 있는 형태의 보정 신발을 제조하기는 어려운 문제점이 있었다.

[0005] 또한, 대한민국 공개특허공보 제10-2009-0049572호에 개시된 바와 같이 신발 깔창에 압력센서를 내장한 무선장치를 형성하여 사용자의 체중, 무게중심 정보 및 움직임에 대한 정보를 사용자가 가지고 있는 디스플레이 장치로 무선 전송할 수 있게 한 스마트 신발이 제안되기도 하였다.

[0006] 이러한 종래의 스마트 신발에서는 스트레인게이지로 이루어져 압력이 가해지면 변하게 되는 저항값을 이용하여 체중을 측정할 수 있는 저항형 압력센서를 신발 깔창에 설치하는 것을 개시하였으며, 일반적인 저항형 압력센서는 압력에 의해 늘리면서 가까워지는 거리에 비례하여 작아지는 저항에 의해 압력을 측정할 수 있도록 전도성 충전재로 이루어진 고무를 넣어 구성되었으므로, 동적인 힘뿐만 아니라 정적인 힘에 의한 압력도 모두 측정할 수 있는 장점이 있었다.

[0007] 그러나, 이러한 저항형 압력센서는 압력 제거시의 거리 복원을 위해 전도성 충전재로 이루어진 고무 등 탄성체를 상·하 전극사이에 위치시켜야 하므로, 센서의 전체적인 부피가 증가할 수 밖에 없었고, 외부 자극에 의해 압착된 전도성 충전재가 원래의 부피로 복원되기 위해서는 많은 시간이 요구되어야 하므로 빠른 속도로 반복해서 인가되는 외부의 압력을 정확하게 측정하기 어려운 문제점이 있었다.

[0008] 따라서, 이러한 문제점이 있는 저항형 압력센서가 설치된 종래의 스마트 신발의 경우에도 압력센서 자체의 부피

에 의한 착화시 이물감으로 인하여 착용자의 발에 가깝게 설치될 수 없는 문제점이 있었고, 충진재 복원에 요구되는 시간적인 제약 때문에 공개특허공보에서 의도하였던 것만큼 걸음걸이 속도나 회수를 정확히 측정하기 어려운 문제점이 있었으며, 이러한 문제점들로 인하여 스마트 신발의 보급이 널리 이루어지지 못하였다.

[0009] 또한, 대한민국 공개특허공보 제10-2012-0130306호에 개시된 바와 같이 신발 착용자의 운동패턴에 기반하여 응급상황, 소모칼로리 및 무게중심을 분석함으로써 응급상황시의 응급콜링 서비스, 비만관리 서비스 및 자세관리 서비스를 제공할 수 있는 헬스케어용 스마트 슈즈 시스템이 제안되기도 하였다.

[0010] 이러한 헬스케어를 위한 스마트 슈즈 시스템에서는 신발에 내장된 가속도센서 및 압력센서, 스마트폰에 내장된 GPS 및 생체정보분석서버로 이루어져, 상기 압력센서에서 감지된 체중 정보를 이용하여 비만도를 측정한 후 비만관리정보를 생성하여 스마트폰으로 제공함과 아울러, 상기 생체정보분석서버는 상기 압력센서에서 감지된 무게중심 정보 및 상기 가속도센서에서 감지된 가속도 평균값으로 판단된 운동패턴정보를 이용하여 운동패턴별 무게중심을 분석한 후에 사용자 건강을 위한 자세관리 정보를 생성하여 스마트폰으로 제공할 수 있게 한 것을 개시하였다.

[0011] 이러한 종래의 헬스케어를 위한 스마트 슈즈 시스템은 압력센서를 신발 깔창에 내장시켜 착용자의 체중변화와 무게중심에 대한 정보를 감지하도록 구성되었으나, 일반적인 압력센서는 충진재나 다이어프램(멤브레인)의 복원을 위한 시간이 확보될 수 있을 정도의 느린 주기로 반복되는 압력과 정적인 압력만을 측정할 수 있거나, 아니면 빠른 주기로 반복되는 압력만을 측정할 수 있었는바, 이처럼 어느 한 종류의 압력만을 측정할 수 있는 압력센서에서 측정되는 신호만으로는 착용자가 걸으면서 발생하는 모든 유형의 압력신호들을 정확하게 파악하기 어려운 문제점이 있었다.

[0012] 그에 따라, 종래의 헬스케어를 위한 스마트 슈즈 시스템에서는 착용자의 운동상태 정보를 감지할 수 있도록 별도의 3축 가속도센서를 구비하는 것을 개시하고 있었는바, 보행이나 운동시 착용자의 몸무게에 해당하는 압력이 지속적으로 가해지는 신발에 압력센서와 3축 가속도 센서 등을 모두 설치할 경우 내구성이 급격히 악화될 우려가 있을 뿐만 아니라, 압력을 측정하는 지점과 가속도를 측정하는 지점이 상이하고 그로 인하여 각 센서에서 측정되는 시점에도 차이가 발생됨으로 인하여 보행이나 운동시의 정확한 상태정보를 획득하기 어려운 문제점이 있었다.

[0013] 이처럼 종래의 스마트 슈즈 또는 스마트 신발에 적용되던 지금까지의 압력센서는 압력의 정도를 전기신호로 바꾸어 어느 정도의 압력이 인가되었는지를 감지하는데 이용되며, 압력을 감지하는 원리에 따라 압저항형 압력센서, 압전형 압력센서, 정전용량형 압력센서 등 다양한 종류가 이용되고 있다.

[0014] 이러한 여러 종류의 압력센서들은 압력을 측정하는 방식의 차이로 인하여 특정 유형의 압력을 인식하기에는 적합하지만, 다른 유형의 압력은 측정하지 못하게 되는 문제점이 있었는바, 서로 다른 유형의 압력을 측정하고자 할 경우에는 측정하고자 하는 환경에 따른 다수의 압력센서를 모두 구비해야 하는 불편함이 있었다.

[0015] 즉, 압전성 고분자를 이용하는 종래의 압전성 압력센서(Piezoelectric pressure sensor)의 경우에는 빠른 주기의 동적인 압력을 측정하기에는 적합하지만, 체중을 측정하는 경우와 같이 정적인 힘에 의해 발생하는 압력을 감지하기에는 부적합한 문제점이 있었다.

[0016] 또한, 두 개의 전극 사이에 위치하는 다이어프램(멤브레인)의 변형에 따른 두 전극 사이의 거리 또는 면적 변화로 야기되는 정전용량(Capacitance) 값의 변화에 의해 압력을 측정하는 정전용량형 압력센서(Piezocapacitive pressure sensor)의 경우에는 압력에 의해 줄어든 두 전극 사이의 거리에 의해 변경된 정전용량 값으로 압력을 측정하게 되어 느린 주기의 동적인 압력이나 정적인 압력을 측정하기에는 적합하지만, 압력의 인가와 제거가 빠르게 이루어지는 경우에는 다이어프램(멤브레인)의 충분한 복원이 이루어지지 못하게 되므로 빠른 주기의 동적인 압력을 측정하기에는 부적합한 문제점이 있었다.

[0017] 또한, 변경된 저항값에 의해 압력을 인식하는 압저항형 압력센서의 경우에도 빠른 주기로 반복하여 인가되는 외부 자극에 대해서는 압착된 전도성 충진재가 원래의 부피로 미처 복원되지 못하게 되므로 빠른 주기의 동적인 압력을 측정하기에는 부적합한 문제점이 있었다.

[0018] 따라서, 착화감에 지장을 초래하지 않도록 얇으면서도 구조를 단순화하여 내구성을 강화할 수 있으며, 동일 지점에 정적인 압력이나 느린 주기의 동적인 압력이 가해지는 경우뿐만 아니라, 빠른 주기의 동적인 압력이 가해지는 경우에도 착용자의 움직임을 정확히 감지할 수 있는 새로운 압력센서가 요구됨과 아울러, 이러한 새로운 압력센서로부터 전송되는 신호에 의해 보행정보와 에너지 소비정도 등을 정확하게 산출할 수 있는 새로운 스마트

트 슈즈 시스템에 대한 요청이 U 헬스케어에 대한 시장 확대와 함께 절실히 요청되고 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0019] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2010-0127148호
- (특허문헌 0002) 대한민국 공개특허공보 제10-2009-0049572호
- (특허문헌 0003) 대한민국 공개특허공보 제10-2012-0130306호

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0020] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 나노섬유 웹을 이용하여 얇게 형성되면서도 동일 지점에 가해지는 빠른 주기의 동적인 압력뿐만 아니라 느린 주기의 동적인 압력과 정적인 압력까지 모두 측정할 수 있는 하이브리드 압력센서를 신발 안창에 적어도 하나 이상 설치하고, 이러한 하이브리드 압력센서가 설치된 신발 안창이 끼워진 신발을 신고 뛰거나 걷는 동안 체중에 의해 가해지는 빠른 주기의 동적인 압력과 느린 주기의 동적인 압력 및 정적인 압력에 의해 상기 하이브리드 압력센서에서 생성되는 전기적 신호인 압전신호나 압정전용량신호를 수신한 스마트 단말기에서 신발을 신고 있는 사용자의 보행 중 에너지 소비정도와 보행패턴 등을 연산하여 저장할 수 있게 함으로써, 착화감에 지장을 초래하지 않으면서도 착화 후 일상생활이나 운동을 하는 동안의 보행정보를 정확하게 감지하여 저장할 수 있게 한 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템을 제공함에 있다.

**과제의 해결 수단**

- [0021] 상기 과제를 해결하기 위한 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템은,
- [0022] 신발 안창이 내부에 삽입되어 있는 신발; 상기 신발 안창에 적어도 하나 이상 설치되며, 전기방사로 형성된 나노섬유 웹으로 이루어진 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서가 절연층을 사이에 두고 적층되어 있는 하이브리드 압력센서; 상기 하이브리드 압력센서에 전기적으로 연결되어 있으며, 상기 압전성 압력센서에서 발생하는 압전신호와 상기 압정전용량형 압력센서에서 발생하는 압정전용량신호를 무선 통신망을 통하여 전송하는 근거리 통신모듈; 및 상기 근거리 통신모듈을 통하여 전송된 압전신호와 압정전용량신호를 수신하여 보행신호로 저장하며, 상기 압전신호를 정류한 후 적분하고, 상기 압정전용량신호의 기울기를 정류한 후 적분하여 에너지 소비정도를 산출하는 보행관리 어플리케이션이 탑재되어 있는 스마트 단말기;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 이때, 상기 하이브리드 압력센서는,
- [0024] 전기방사로 형성된 나노섬유 웹으로 이루어지며, 외부에서 인가되는 압력으로 유발된 쌍극자(Dipole)의 변화에 의해 발생하는 압전신호(Piezoelectric signal)에 의해 빠른 주기의 동적인 압력을 감지하는 압전성 압력센서; 상기 압전성 압력센서의 일면에 적층되며, 외부에서 인가되는 압력에 의해 전기방사로 형성된 나노섬유 웹이 압착되면서 유발되는 두께 변화에 의해 변경된 압정전용량신호(Piezocapacitance signal)에 의해 동적인 압력이나 느린 주기의 압력을 감지하는 압정전용량형 압력센서; 및 상기 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서 각각을 절연시키는 절연층;을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0025] 또한, 상기 압전성 압력센서의 일단에 전기적으로 연결되어 있으며, 빠른 주기로 인가된 압력에 의해 발생된 압전신호를 수신하여 증폭하는 압전신호 증폭기; 및 상기 압정전용량형 압력센서의 일단에 전기적으로 연결되어 있으며, 동적인 압력이나 느린 주기로 인가되는 압력에 의해 변경된 압정전용량신호를 수신하여 처리하는 압정전용량신호 처리부;를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0026] 이때, 상기 압전성 압력센서는,
- [0027] 압전성 폴리비닐리덴 플루오라이드(PVDF) 용액을 전기방사하여 형성된 PVDF 나노섬유 웹(PVDF nanofiber web); 및 상기 PVDF 나노섬유 웹의 상부와 하부에 각각 형성되는 제1전극과 제2전극으로 이루어진 압전 전극부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.



- [0028] 또한, 상기 압정전용량형 압력센서는,
- [0029] 폴리우레탄(PU) 용액을 전기방사하여 다수의 기공을 내포하도록 형성되어 있는 폴리우레탄 나노섬유 웹; 및 상기 폴리우레탄 나노섬유 웹의 상부와 하부에 각각 형성되는 제3전극과 제4전극으로 이루어진 압정전용량 전극부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0030] 또한, 상기 스마트 단말기는,
- [0031] 상기 신발을 착용한 사용자의 체중에 의해 가해지는 정적인 압력뿐만 아니라, 느린 주기와 빠른 주기를 갖고 반복적으로 가해지는 동적인 압력에 의해 상기 하이브리드 압력센서에서 생성된 후 상기 근거리 통신모듈을 통해 전송되는 압전신호와 압정전용량신호를 수신하여 메모리에 저장하는 보행신호 저장부; 및 상기 보행신호 저장부에 저장되어 있는 압전신호를 정류한 후 적분하고, 압정전용량신호의 기울기를 정류한 후 적분하여 에너지 소비 정도를 산출하는 에너지 소비 연산부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0032] 또한, 상기 스마트 단말기는, 상기 하이브리드 압력센서를 이루는 압전성 압력센서에서 발생된 압전신호를 처음 수신한 후 비활성화상태에 있던 보행관리 어플리케이션을 활성화시키는 활성화 스위칭부를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0033] 이때, 상기 보행신호 저장부는,
- [0034] 상기 압전성 압력센서에서 생성된 후 근거리 통신모듈을 통하여 전송되는 압전신호를 수신하여 스마트 단말기에 구비된 메모리에 저장하는 압전신호 저장부; 및 상기 압정전용량형 압력센서에서 생성된 후 근거리 통신모듈을 통하여 전송되는 압정전용량신호를 수신하여 스마트 단말기에 구비된 메모리에 저장하는 압정전용량신호 저장부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0035] 또한, 상기 에너지 소비 연산부는,
- [0036] 상기 메모리에 저장되어 있는 압전신호를 정류한 후 적분하여 일정시간 동안 누적된 소비 에너지를 산출하는 압전신호 정류 적분부; 상기 메모리에 저장되어 있는 압정전용량신호의 시간에 따른 기울기를 산출하는 압정전용량신호 변화율 연산부; 및 산출된 압정전용량신호 변화율을 정류한 후 적분하여 일정시간 동안 누적된 소비 에너지를 산출하는 압정전용량신호 변화율 정류 적분부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0037] 또한, 본 발명은 무선통신망을 통하여 접속한 상기 스마트 단말기로 상기 보행관리 어플리케이션을 제공함과 아울러, 상기 보행신호 저장부에 저장되어 있는 보행신호를 수신하여 각 사용자별로 데이터베이스에 저장하는 보행관리서버를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

- [0038] 본 발명은 하나의 얇은 센서에 의해 동일 지점에 가해지는 정적인 압력뿐만 아니라, 느린 주기와 빠른 주기의 동적인 압력도 함께 감지할 수 있는 하이브리드 압력센서를 신발 안창에 설치하여 착용자의 보행시 발생하는 압력을 감지할 수 있게 함으로써, 착화시 이물감을 초래하지 않으면서 보행 중 신발 안창에 가해지는 모든 주기의 압력을 정확하게 감지할 수 있는 효과가 있다.
- [0039] 또한, 본 발명은 신발 안창에 설치된 하이브리드 압력센서로부터 전송되는 압전신호와 압정전용량신호로 이루어진 보행신호에 의해 스마트 슈즈 착용자의 보행정보와 에너지 소비정도 등을 정확하게 측정할 수 있는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0040] 도 1은 본 발명에 따른 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템의 블록 구성도.
- 도 2는 본 발명에 따른 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서의 단면 구성도.
- 도 3은 본 발명에 따라 압전성 압력센서에서 압전신호를 감지하는 것을 나타내는 등가회로 구성도.
- 도 4는 본 발명에 따라 압정전용량형 압력센서에서 압정전용량신호를 감지하는 것을 나타내는 등가회로 구성도.
- 도 5는 본 발명에 따른 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서를 신발 안창에 부착한 후 압정전용량신호를 측정하는 것을 나타내는 예시도.

도 6은 본 발명에 따라 신발 안창에 부착된 3개의 하이브리드 압력센서 각각으로부터 측정된 (A) 압정전용량신호와 (B) 압전신호를 나타내는 그래프.

도 7은 본 발명에 따라 3km/h와 5km/h의 속도를 걸을 때 신발 안창에 부착된 제3하이브리드 압력센서에서 각각 측정된 (A) 압정전용량신호와 (B) 압전신호를 나타내는 그래프.

도 8은 본 발명에 따라 에너지 소비 연산부에서 압전신호를 이용하여 에너지 소비정도를 연산하는 것을 나타내는 예시도.

도 9 및 도 10은 본 발명에 따라 에너지 소비 연산부에서 압정전용량신호를 이용하여 에너지 소비정도를 연산하는 것을 나타내는 예시도.

도 11은 본 발명에 따라 에너지 소비 연산부에서 연산된 에너지 소비정도를 3km/h와 5km/h의 속도를 걸을 때에 대하여 산출한 후 각각 비교하는 그래프.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0041] 이하에서는 본 발명의 구체적인 실시예를 도면을 참조하여 상세히 설명하도록 한다.
- [0042] 도 1은 본 발명에 따른 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템의 블록 구성도이고, 도 2는 본 발명에 따른 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서의 단면 구성도이다.
- [0043] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템은, 신발 안창이 내부에 삽입되어 있는 신발(100)과, 상기 신발 안창에 적어도 하나 이상 설치되며 전기방사로 형성된 나노섬유 웹으로 이루어진 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서가 절연층을 사이에 두고 적층되어 있는 하이브리드 압력센서(200)와, 상기 하이브리드 압력센서에 전기적으로 연결되어 있으며 상기 압전성 압력센서에서 발생하는 압전신호와 상기 압정전용량형 압력센서에서 발생하는 압정전용량신호를 무선 통신망을 통하여 전송하는 근거리 통신모듈(300)과, 상기 근거리 통신모듈을 통하여 전송된 압전신호와 압정전용량신호를 수신하여 보행신호로 저장하며 상기 압전신호를 정류한 후 적분하고 상기 압정전용량신호의 기울기를 정류한 후 적분하여 에너지 소비정도를 산출하는 보행관리 어플리케이션이 탑재되어 있는 스마트 단말기(400)를 포함하여 구성된다.
- [0044] 상기 하이브리드 압력센서(200)는, 전기방사로 형성된 나노섬유 웹으로 이루어지며 외부에서 인가되는 압력으로 유발된 쌍극자(Dipole)의 변화에 의해 발생하는 압전신호에 의해 빠른 주기의 동적인 압력을 감지하는 압전성 압력센서(210)와, 상기 압전성 압력센서의 일면에 적층되며 외부에서 인가되는 압력에 의해 전기방사로 형성된 나노섬유 웹이 압착되면서 유발되는 두께 변화에 의해 변경된 압정전용량신호에 의해 동적인 압력이나 느린 주기의 압력을 감지하는 압정전용량형 압력센서(220)와, 상기 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서 각각을 절연시키는 절연층(230)을 포함하여 구성된다.
- [0045] 상기 하이브리드 압력센서(200)는 도 5에 도시된 바와 같이, 좌측과 우측의 신발 안창(110) 각각에 3개씩 부착되며, 신발(100)을 착용하고 서 있거나 걸을 때 체중이 가장 먼저 실리게 되는 뒤쪽 부분에 1개 설치되고, 걸을 때 상대적으로 넓은 영역에 걸쳐 가압되는 앞쪽의 좌측과 우측에 각각 1개씩 2개가 설치되는 것이 바람직하다. 그에 따라 걸을 때 3개의 하이브리드 압력센서(200)에 순차적으로 압력이 가해지는 순서와 각 하이브리드 압력센서(200)에서 측정되는 전기적신호의 크기를 비교하여 사용자의 보행패턴을 파악할 수 있게 된다.
- [0046] 또한, 상기 하이브리드 압력센서(200)에는 상기 압전성 압력센서의 일단에 전기적으로 연결되어 빠른 주기로 인가된 압력에 의해 발생된 압전신호(Piezoelectric signal)를 수신하여 증폭하는 압전신호 증폭기(240)와, 상기 압정전용량형 압력센서의 일단에 전기적으로 연결되어 동적인 압력이나 느린 주기로 인가되는 압력에 의해 변경된 압정전용량신호(Piezocapacitance signal)를 수신하여 처리하는 압정전용량신호 처리부(250)를 더 포함하여 구성되는 것이 바람직하다.
- [0047] 이러한 상기 압전신호 증폭기(240)와 압정전용량신호 처리부(250)는 상기 근거리 통신모듈(300)과 함께 모듈의 형태로 이루어져 상기 신발의 내측 또는 외측에 설치될 수 있음은 물론, 상기 스마트 단말기(400)에 탑재되어 신호처리가 이루어지도록 구성될 수도 있게 된다.
- [0048] 상기 압전성 압력센서(210)는, 압전성 폴리비닐리덴 플루오라이드(PVDF) 용액을 전기방사하여 형성된 PVDF 나노섬유 웹(PVDF nanofiber web)(211)과, 상기 PVDF 나노섬유 웹의 상부와 하부에 형성되는 압전 전극부(212, 213)를 포함하여 구성된다.

[0049] 이때, 상기 PVDF 나노섬유 웹(211)은 비교적 간단한 단량체 구조인  $\text{CH}_2\text{-CF}_2$ -를 반복 단위로 하는 선상 고분자로서 분자쇄 내에 존재하는 강한 C-F 쌍극자에 의하여 고분자 재료 중 가장 큰 유전율을 나타내며 유기고분자로 이루어져 부식에 강한 압전성 폴리비닐리덴 플루오라이드(PVDF)계 압전성 유기 고분자로 이루어진 용액을 전기 방사하여 형성된다.

[0050] 그리고, 상기 압전 전극부는 PVDF 나노섬유 웹의 상부와 하부에 코팅되거나 도금되는 제1전극(212)과 제2전극(213)을 포함하여 구성된다. 이러한 제1 및 제2전극은 상기 PVDF 나노섬유 웹의 상부와 하부에 은도금 또는 니켈 동도금하여 형성하거나 접착성 전기전도성 직물로 구성된다.

[0051] 이와 같이 상기 제1전극(Top electrode)과 제2전극(Bottom electrode)이 PVDF 나노섬유 웹의 상부와 하부에 위치하게 되므로, 외부에서 주기적인 압력(Periodic pressure)이 인가될 경우 PVDF 나노섬유 웹 내의 쌍극자

$$\vec{i} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

(Dipole) 방향이 바뀌면서 생성되는 압전신호( )는 제1 및 제2전극을 통하여 상기 근거리 통신모듈로 전송된다.

[0052] 이처럼 상기 압전성 압력센서에서 주기적인 압력(Periodic pressure)에 의해 유발되는 쌍극자의 변화로 발생하는 압전신호에 의하여 압력을 감지하는 것을 도 3의 등가회로에 나타내었다. 도 3에 도시된 바와 같이, 압전성 압력센서에 가해지는 주기적인 압력에 의해 발생하는 압전신호는 100~1000MΩ의 입력저항( $R_{in}$ )을 갖는 전치 증폭기(Preamplifier)에서 전압모드로 검출되며, 이와 같이 검출된 압전신호에 의해 주기적인 압력의 인가여부를 감지할 뿐만 아니라, 전압모드 또는 전류모드로 검출되는 압전신호의 크기를 통하여 감지된 압력의 크기도 도출할 수 있게 된다.

[0053] 상기 압정전용량형 압력센서(220)는 상기 압전성 압력센서의 일면에 적층 형성되며, 폴리우레탄(PU) 용액을 전기방사하여 다수의 기공을 내포하도록 형성되어 있는 폴리우레탄 나노섬유 웹(221)과, 상기 폴리우레탄 나노섬유 웹의 상부와 하부에 형성되는 압정전용량 전극부(222, 223)를 포함하여 구성된다.

[0054] 이때, 상기 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹(221)은 열가소성 폴리우레탄(Thermoplastic Polyurethanes, TPU) 용액을 전기방사하여 내부에 다수의 기공이 내포되도록 형성된다. 그에 따라, 외부에서 가해지는 압력에 의해 상기 기공에 충전되어 있는 공기가 출입되면서 두께가 감소 또는 증가되어 상기 압정전용량 전극부 사이의 거리를 변경시킬 수 있게 된다. 폴리우레탄(PU)이 다른 열가소성 중합체보다 우수한 회복력을 갖고 있으므로 열가소성 폴리우레탄을 이용하여 나노섬유 웹을 형성하는 것이 바람직하다.

[0055] 그리고, 상기 압정전용량 전극부는 폴리우레탄 나노섬유 웹의 상부와 하부에 코팅되거나 도금되는 제3전극(222)과 제4전극(223)을 포함하여 구성된다. 이러한 제3 및 제4전극은 상기 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹의 상부와 하부에 은도금 또는 니켈 동도금하여 형성하거나 접착성 전기전도성 직물로 구성된다.

[0056] 이와 같이 상기 제3전극과 제4전극이 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹의 상부와 하부에 위치하게 되므로, 외부에서 압력이 인가되어 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹의 기공에 포함되어 있는 공기가 배출되면서 두께가 줄어들 경우 상기 제3전극(222)과 제4전극(223) 사이의 거리 변경을 초래하게 된다. 그리고 이러한 제3전극(222)과 제4전극(223) 사이의 거리 변경은 두 전극 사이의 거리에 반비례하는 정전용량(Capacitance) 값을 변경시키게 되므로, 이러한 정전용량값의 변화를 통하여 압력을 감지할 수 있게 된다.

[0057] 이처럼 상기 압정전용량형 압력센서에서 외부로부터 가해지는 압력에 의해 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹의 두께 변화로 발생하는 정전용량값의 변화를 나타내는 압정전용량신호에 의하여 압력을 감지할 수 있음을 도 4의 등가회로에 나타내었다.

[0058] 도 4에 도시된 바와 같이 저항( $R_1$ )에 직렬 연결된 압정전용량형 압력센서(PU nanoweb sensor,  $C_s$ )에 10kHz의 주파수와  $4.7V_{p-p}$ 의 크기를 갖는 사인파를 인가하면 포인트 1에서의 출력전압은 외부 압력이 없는  $t=t_0$ 인 시점까지는 동일한 주파수를 갖지만  $V_{p-p}$ 의 값은 감소된 형태의 사인파로 나타난다. 이후 일정한 외력(Force)이  $t_0$ 에서  $t_1$ 의 시간 동안 압정전용량형 압력센서( $C_s$ )에 가해지면, 주파수는 동일하지만 상기 압정전용량형 압력센서에서의 정전용량 증가로 인하여 증가된 크기를 갖도록 사인파가 변조된다. 즉, 정전용량(C)은 하기의 수학적 식 1과 같이 두 평행 전극판 사이의 거리(d)에 반비례하기 때문에, 상기 압정전용량형 압력센서에 외력(Force)이 가해져서 폴리우레탄 나노섬유 웹의 기공에 충전되어 있던 공기들이 배출되면 상기 압정전용량 전극부 사이의 거리가 감

소되며, 그로 인하여 정전용량의 값이 증가되게 된다. 그리고,  $t_1$  시점에 외력(Force)이 제거되면 포인트 1에서의 출력전압은 압력이 가해지기 전에 관찰되던 상태로 복원되며, 상기 압정전용량형 압력센서를 이루는 폴리우레탄 나노섬유 웹의 두께도 원래의 상태로 복원된다.

**수학식 1**

$$C[pF] = \frac{\epsilon_0 \epsilon A}{d}$$

[0059]

[0060]

상기 포인트 1을 통과한 출력신호를 적절한 값으로 선택된 저항( $R_D$ )과 커패시터( $C_D$ )로 이루어진 복조기(Demodulator)(envelope detector) 회로를 통과시키면서 포인트 1에서의 출력신호들에 대한 양의 엔벨로프를 취하면 포인트 2에서는 상기 압정전용량형 압력센서에 가해졌던 외력과 유사한 형태의 출력(V)을 얻을 수 있게 된다.

[0061]

이와 같이 복조기(Demodulator)를 통과한 출력신호를 0.1Hz의 차단주파수를 갖는 고역통과필터(HPF)와 50Hz의 차단주파수를 갖는 저역통과필터(LPF)로 이루어진 대역통과필터에서 노이즈를 제거하면, 상기 압정전용량형 압력센서에 가해진 외력을 나타내는 출력을 얻을 수 있게 된다.

[0062]

이처럼 폴리우레탄 나노섬유 웹(221)은 외부 압력이 주어질 때 감소하는 두께에 따라 정전용량이 증가하기 때문에 압정전용량형 압력센서로 이용될 수 있게 된다. 이와 같이 폴리우레탄 나노섬유 웹으로 이루어진 압정전용량형 압력센서(220)는 기존에 폴리우레탄 폼 시트로 형성되던 압력센서에 비하여 높은 민감도를 구현할 수 있고, 나노스케일의 두께로 얇게 제조될 수 있으며, 낮은 히스테리시스 곡선을 구현할 수 있게 되어 보다 많은 분야로의 활용이 가능하게 된다.

[0063]

또한, 상기 절연층(230)은, 적층되어 있는 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서 상호간을 절연시키기 위해 상기 제2전극과 제3전극 사이에 형성되는 내부 절연층(231)과, 외부로 노출되는 상기 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서의 일면을 절연시키기 위해 상기 제1전극 상면과 상기 제4전극 저면에 각각 형성되는 외부 절연층(232)을 포함하여 구성된다.

[0064]

이와 같이 상기 내부 절연층(231)에 의해 압전성 압력센서에서 발생하는 압전신호와 압정전용량형 압력센서에서 발생하는 압정전용량신호는 서로 영향을 미치지 않으면서 상기 압전신호 증폭부와 압정전용량신호 처리부에서 독립적으로 처리되므로, 빠른 주기의 동적인 압력과 정적인 압력 및 느린 주기의 동적인 압력을 모두 정확하게 감지할 수 있게 된다.

[0065]

상기 근거리 통신모듈(300)은 상기 압전 전극부(212,213)와 압정전용량 전극부(222,223) 각각에 전기적으로 연결되어 스마트 슈즈를 신은 착용자의 체중에 의해 가해지는 빠른 주기의 동적인 압력과 정적인 압력 및 느린 주기의 동적인 압력에 의해 생성된 전기적 신호인 압전신호와 압정전용량신호를 수신한 후, 블루투스(Blue Tooth)나 와이파이(Wi-Fi) 등의 다양한 무선통신망을 통하여 상기 스마트 단말기로 전송할 수 있는 블루투스모듈이나 와이파이모듈 등의 무선통신모듈로 구성된다.

[0066]

이러한 근거리 통신모듈(300)은 상기 하이브리드 압력센서(200)와 함께 신발 안창에 설치될 수도 있으나, 스마트 슈즈를 신고 걸거나 뛰면서 가해지는 압력에 의해 손상되는 것을 방지할 수 있도록 압전신호 증폭기 및 압정전용량신호 처리부와 함께 상기 신발 내측면 또는 외측면에 설치되고 상기 압전 전극부(212,213)와 압정전용량 전극부(222,223)에 도전 등으로 연결되도록 구성되는 것이 바람직하다.

[0067]

상기 스마트 단말기(400)는 근거리 통신모듈을 통하여 전송되는 압전신호와 압정전용량신호를 수신하기 위한 통신모듈이 구비되어 있고, 수신한 압전신호를 정류한 후 적분함과 아울러 수신한 압정전용량신호의 기울기를 정류한 후 적분하여 에너지 소비정도를 산출하는 데이터 처리수단이 구비되어 있으며, 상기 압전신호와 압정전용량신호 및 에너지 소비정도를 저장함과 아울러 사용자의 조작에 따라 표시시키는 디스플레이 수단이 구비된 스마트폰이나 태블릿 피씨 등으로 구성되는 것이 바람직하다. 이러한 스마트폰이나 태블릿 피씨에 구비된 원거리 통신모듈을 통하여 상기 하이브리드 압력센서에서 측정된 압전신호와 압정전용량신호 또는 에너지 소비정도에 관한 데이터를 후술하는 보행관리서버(500)로 전송할 수도 있음은 물론이다.

[0068]

이와 같이 상기 스마트 단말기(400)가 휴대성이 우수한 스마트폰이나 태블릿 피씨로 구성됨으로써, 사용자가 신

발을 착용하고 걷거나 이동할 경우에도 하이브리드 압력센서(200)와 스마트 단말기(400) 사이의 거리를 일정 거리 내로 유지할 수 있게 되어 압전신호나 압정전용량신호를 안정적으로 수신할 수 있게 된다. 이를 위하여 상기 보행관리 어플리케이션이 탑재되어 있는 스마트 단말기와 상기 하이브리드 압력센서에서 생성된 압전신호나 압정전용량신호를 전송하는 근거리 통신모듈 상호간이 미리 매칭되어 있어야 함은 물론이다.

[0069] 이와 같이 상기 보행관리 어플리케이션이 탑재되어 있는 스마트 단말기(400)는, 상기 하이브리드 압력센서를 이루는 압전성 압력센서에서 발생된 압전신호를 수신하여 보행관리 어플리케이션을 활성화시키는 활성화 스위칭부(410)와, 상기 신발을 착용한 사용자의 체중에 의해 가해지는 정적인 압력뿐만 아니라 느린 주기와 빠른 주기를 갖고 반복적으로 가해지는 동적인 압력에 의해 상기 하이브리드 압력센서에서 생성된 후 상기 근거리 통신모듈을 통해 전송되는 압전신호와 압정전용량신호를 수신하여 메모리에 저장하는 보행신호 저장부(420)와, 상기 보행신호 저장부에 저장되어 있는 압전신호를 정류한 후 적분하고 압정전용량신호의 기울기를 정류한 후 적분하여 스마트 슈즈 착용자의 에너지 소비정도를 산출하는 에너지 소비 연산부(430)를 포함하여 구성된다.

[0070] 상기 활성화 스위칭부(410)는 걷거나 뛰는 동안 신발 안창에 가해지는 체중에 의한 압력의 변화로 인해 상기 하이브리드 압력센서(200)에서 생성된 압전신호와 압정전용량신호를 수신하여 보행신호로 저장하고 에너지 소비정도를 연산할 수 있도록 스마트 단말기에 탑재되어 있는 보행관리 어플리케이션을 활성화시키는 것으로서, 사용자가 하이브리드 압력센서가 설치된 신발 안창이 끼워져 있는 신발을 신으면서 체중에 의한 압력을 가할 때 상기 하이브리드 압력센서를 이루는 압전성 압력센서(210)에서 발생된 압전신호를 수신하는 것만으로 자동으로 활성화시키도록 구성될 수 있다.

[0071] 그에 따라, 상기 활성화 스위칭부(410)는 상기 압전성 압력센서(210)에서 발생된 압전신호가 처음으로 전송되면 이를 수신하여 보행관리 어플리케이션을 활성화시키고, 일정시간 동안, 예를 들어 5-20분 동안 압전신호가 전송되지 않으면 사용자가 신발을 벗은 것으로 인식하여 보행관리 어플리케이션을 자동으로 비활성화 시키도록 구성될 수 있게 된다.

[0072] 이와 같이 상기 활성화 스위칭부(410)에서 보행관리 어플리케이션의 활성화와 비활성화를 자동으로 제어할 수 있게 함으로써, 본 발명에 따른 스마트 슈즈 시스템을 이용하는 사용자로서는 별도의 조작 없이 일상생활을 영위하면서 하이브리드 압력센서가 구비된 신발(100)을 신고 걷거나 뛰는 것만으로도 에너지 소비정도의 연산 결과를 통하여 자신의 운동상황을 지속적으로 저장하고 관리할 수 있게 된다.

[0073] 이처럼 상기 스마트 단말기에 탑재되어 보행관리 어플리케이션이 사용자가 신발을 착화한 후 상기 압전성 압력센서에서 생성된 압전신호에 의해 자동으로 활성화되도록 구성될 수 있을 뿐만 아니라, 사용자가 스마트 단말기 상의 어플리케이션 아이콘을 직접 조작하여 수동으로 활성화시킬 수도 있음은 물론이다.

[0074] 또한, 상기 압정전용량형 압력센서(210)는 압력이 가해진 상태에서 뿐만 아니라 압력이 가해지지 않은 상태에서도 일정한 정전용량값을 나타내므로, 사용자가 신발을 벗고 있는 경우에도 압정전용량형 압력센서의 정전용량값이 측정될 수 있게 된다. 그에 따라, 상기 압전성 압력센서(210)에서 압전신호가 생성된 후에야 상기 압정전용량형 압력센서(220)에서 측정되는 압정전용량신호가 상기 압정전용량신호 처리부(250)로 전송될 수 있게 함으로써, 상기 압전성 압력센서(210)가 압정전용량형 처리부에서의 신호처리를 야기하는 스위치로 작용하도록 구성될 수 있음은 물론이다.

[0075] 상기 보행신호 저장부(420)는, 상기 압전성 압력센서에서 생성된 후 근거리 통신모듈을 통하여 전송되는 압전신호를 수신하여 스마트 단말기에 구비된 메모리에 저장하는 압전신호 저장부(421)와, 상기 압정전용량형 압력센서에서 생성된 후 근거리 통신모듈을 통하여 전송되는 압정전용량신호를 수신하여 스마트 단말기에 구비된 메모리에 저장하는 압정전용량신호 저장부(422)를 포함하여 구성된다.

[0076] 이와 같이 상기 보행신호 저장부(420)는 신발을 신고 걷거나 뛰는 동안 발생하는 압력변화로 발생하는 압전신호와 압정전용량신호를 사용자의 보행정보로 메모리에 저장함으로써 에너지 소비정도를 연산하거나 보행패턴 또는 걸음수를 산출하기 위한 기초데이터로 이용할 수 있게 된다. 이때, 상기 압전성 압력센서(210)와 압정전용량형 압력센서(220)는 절연층(230)을 사이에 두고 적층되어 하나의 하이브리드 압력센서(200)를 형성하게 되는데, 신발을 착용한 사용자의 체중에 의해 동일 지점이 눌러지면서 압력을 받게 된다.

[0077] 그에 따라 사용자가 빠른 속도로 달리는 경우와 같이, 사용자의 체중에 의해 눌러지는 지점에 가해지는 압력이 빠른 주기로 반복되는 동적인 압력일 경우, 상기 압정전용량형 압력센서(220)는 상기 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹이 원래의 두께를 미처 회복하지 못하게 되므로 압정전용량신호(capacitance)의 변화는 미미하게 되어 정확한 압력측정이 어렵게 되지만, 상기 압전성 압력센서(210)에서 생성되는 압전신호(piezoelectric)는 보다 완벽한

크기 변화를 발생시킬 수 있게 되므로 이러한 압전신호를 감지하여 사용자로부터 가해지는 압력을 정확히 측정할 수 있게 된다.

[0078] 또한, 사용자가 가만히 서 있거나 천천히 걷는 경우와 같이, 사용자의 체중에 의해 눌리는 지점에 가해지는 압력이 정적인 압력이거나 느린 주기로 반복되는 동적인 압력일 경우, 상기 압전성 압력센서(210)는 압력의 변화가 없는 것으로 인식하게 되어 압전신호(piezoelectric)의 정확한 측정이 어렵게 되지만, 상기 압정전용량형 압력센서(220)의 경우에는 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹이 압착되어 압정전용량 전극부 사이의 거리가 줄어든 상태를 유지하게 되어 정전용량(capacitance)의 값이 변경된 상태로 검출되므로 압력이 지속적으로 인가됨을 정확히 측정할 수 있게 된다.

[0079] 이처럼 신발 안창에 설치되어 있는 하이브리드 압력센서에 가해지는 압력이 빠른 주기로 반복되는 동적인 압력일 경우에는 상기 압전성 압력센서(210)에서 정확한 압력측정이 이루어지고, 상기 하이브리드 압력센서에 가해지는 압력이 정적인 압력이거나 느린 주기로 반복되는 동적인 압력일 경우에는 상기 압정전용량형 압력센서(220)에서 정확한 압력측정이 이루어지게 되므로, 상기 하이브리드 압력센서가 설치된 신발 안창이 삽입되어 있는 신발을 신고 걷거나 뛰는 동안 발생할 수 있는 모든 주기의 압력변화를 정확하게 측정할 수 있게 되어 이러한 압력측정값만으로도 착용자의 이동정보를 정확히 파악할 수 있게 된다.

[0080] 이때, 상기 압전신호 저장부(210)와 압정전용량신호 저장부(220)는 상기 압전신호와 압정전용량신호를 일정시간 단위로, 예를 들어, 5분, 10분, 30분, 1시간단위로 측정이 시작된 이후부터 각 압전신호와 압정전용량신호가 측정된 시간과 함께 저장하도록 구성되는 것이 바람직하다. 그에 따라, 상기 에너지 소비 연산부에서 일정시간 단위로 에너지 소비정도를 산출할 수 있게 된다.

[0081] 즉, 동일한 시간에 측정된 압전신호와 압정전용량신호를 함께 저장함으로써, 압정전용량신호의 변화가 미미한 반면 압전신호의 변화가 클 경우에는 빠른 주기의 동적인 압력이 인가된 것으로 판단하고, 압전신호의 변화가 미미한 반면 압정전용량신호는 변화된 상태를 유지하거나 추가적인 변화가 있을 경우 정적인 압력이나 느린 주기의 동적인 압력이 인가된 것으로 판단함으로써, 동일한 지점에 가해지는 압력을 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서에서 상호 보완하며 측정할 수 있게 되어 측정의 정확성과 측정된 값을 토대로 산출되는 에너지 소비정도의 정확성을 향상시킬 수 있게 된다.

[0082] 상기 에너지 소비 연산부(430)는 상기 보행신호 저장부에 의해 메모리에 저장되어 있는 압전신호와 압정전용량신호를 이용하여 일정시간동안 사용자가 소비한 에너지 소비정도를 산출하기 위한 것으로서, 상기 메모리에 저장되어 있는 압전신호를 정류한 후 적분하여 일정시간 동안 누적 소비된 에너지를 산출하는 압전신호 정류 적분부(431)와, 상기 메모리에 저장되어 있는 압정전용량신호의 시간에 따른 기울기를 산출하는 압정전용량신호 변화율 연산부(432)와, 산출된 압정전용량신호 변화율을 정류한 후 적분하여 일정시간 동안 누적된 소비 에너지를 산출하는 압정전용량신호 변화율 정류 적분부(433)를 포함하여 구성된다.

[0083] 이때, 상기 압전성 압력센서(210)에서 측정되는 압전신호는 압력이 반복됨에 따라 다이폴의 방향이 바뀌면서 도 8에 도시된 바와 같이 양의 값과 음의 값을 갖는 전압(V)이 반복적으로 측정되므로, 이러한 압전신호 자체를 직

접 적분( $\int_0^t V(t) dt$ )할 경우 “0” 이 되어 정확한 에너지 소비정도를 측정할 수 없게 된다.

[0084] 따라서, 상기 압전신호 정류 적분부(431)는 도 8에 도시된 바와 같이 측정된 압전신호인 전압(V)을 먼저 정류

(Rectifying)하고, 이와 같이 정류된 전압(V)을 적분( $\int_0^t |V(t)| dt$  또는  $\int_0^t \sqrt{V(t)^2} dt$ )함으로써, 적분된 결과 값(SUM(|V|))이 시간이 흐르면서 압력이 반복될수록 에너지 소비정도가 증가하는 형태의 그래프로 산출될 수 있게 된다.

[0085] 또한, 상기 압정전용량형 압력센서(220)에서 측정되는 압정전용량신호는 정적인 압력이 인가되는 동안에는 도 9에 도시된 바와 같이 압정전용량 전극부 상호간의 거리가 감소한 상태를 유지하게 되므로 거리가 줄어들어 따라 증가된 정전용량(capacitance)에 해당하는 일정한(constant) 전압(V)이 측정되지만, 느린 주기의 동적인 압력이 인가되는 동안에는 도 9에 도시된 바와 같이 압력이 제거되면서 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹의 기공으로 공기가 유입되어 압정전용량 전극부 사이의 거리가 멀어짐에 따라 감소되었다가 압력이 인가되면서 다시 증가하는 전압(V)이 반복적으로 측정된다.

[0086] 이와 같이 상기 압정전용량형 압력센서에서 측정되는 값을 그대로 적분( $\int_0^t V(t)dt$ )할 경우 도 9에 도시된 바와 같이 정적인 압력이 인가되는 동안, 즉 가만히 서 있는 동안 측정된 신호를 적분한 값(Integrated area(A))이 느린 주기의 동적인 압력이 인가되는 동안, 즉 사용자가 천천히 걷는 동안 측정된 신호를 적분한 값(Integrated area(B))보다 크게 되어 정확한 에너지 소비정도의 산출이 어렵게 됨을 알 수 있다.

[0087] 그에 따라, 상기 에너지 소비 연산부(430)에서는 상기 압정전용량신호를 나타내는 전압(V)이 시간에 따라 변화되는 정도를 나타내는 변화율( $\frac{dV}{dt}$ )을 산출하여 도 10에 도시된 바와 같은 그래프를 도출하는 압정전용량신호 변화율 연산부(432)와, 이와 같이 도출된 압정전용량신호의 변화율을 정류한 후 적분하여 일정시간 동안 누적된 소비 에너지를 산출하는 압정전용량신호 변화율 정류 적분부(433)로 구성된다.

[0088] 이때, 상기 압정전용량신호 변화율 연산부(432)에서 도출된 압정전용량신호 변화율( $\frac{dV}{dt}$ )은 도 9 및 도 10에 도시된 바와 같이 압력이 제거되어 압정전용량형 압력센서가 원래의 두께로 복원되는 동안 전압(V)이 감소하면서 음(-)의 값을 갖게 되고, 다시 압력이 가해져 압정전용량형 압력센서가 압착되는 동안 전압(V)이 증가하면서 양(+)의 값을 갖게 되므로, 이러한 압정전용량신호 변화율 자체를 직접 적분( $\int_0^t (\frac{dV}{dt})dt$ )할 경우 “0”이 되어 정확한 에너지 소비정도를 측정할 수 없게 된다.

[0089] 따라서, 상기 압정전용량신호 변화율 정류 적분부(433)는 도 10에 도시된 바와 같이 압정전용량신호 변화율( $\frac{dV}{dt}$ )을 먼저 정류(Rectifying)하고, 이와 같이 정류된 압정전용량신호 변화율( $\frac{dV}{dt}$ )을 적분( $\int_0^t (\frac{dV}{dt})dt$  또는  $\int_0^t \sqrt{(\frac{dV}{dt})^2 dt}$ )함으로써, 적분된 결과 값(SUM(|dV/dt|))이 시간이 흐르면서 압력이 반복될수록 에너지 소비정도가 증가하는 형태의 그래프로 산출될 수 있게 된다.

[0090] 이와 같이 상기 에너지 소비 연산부(430)를 이루는 압전신호 정류 적분부(431)와 압정전용량신호 변화율 정류 적분부(433)에서 산출되는 적분값들은 사용자가 걷거나 뛰는 동안 하이브리드 압력센서(200)에서 측정된 모든 압전신호와 압정전용량신호를 토대로 연산된 것이므로, 동일한 시간에 대하여 산출된 적분값들을 합산할 경우 사용자의 총 에너지 소비정도 또는 운동량을 산출할 수 있게 된다.

[0091] 즉, 상기 하이브리드 압력센서에 가해지는 압력의 변화는 사용자가 걷거나 뛰는 등 운동을 하고 있음을 나타내는바, 이러한 운동 중 하이브리드 압력센서에서 측정되는 압전신호나 압정전용량신호의 크기와 이를 토대로 측정되는 적분값을 통하여 사용자의 총 에너지 소비정도나 운동량 등을 산출할 수 있게 된다.

[0092] 이와 같이 상기 에너지 소비 연산부(430)에서 산출된 적분값들은 상기 보행신호 저장부(420)에 저장되는 압전신호 및 압정전용량신호와 함께 스마트 단말기에 구비된 통신수단을 이용하여 후술하는 보행관리서버(500)로 전송될 수 있으며, 이를 수신한 보행관리서버에서는 이러한 압전신호와 압정전용량신호 및 상기 에너지 소비 연산부에서 산출된 적분값들을 사용자의 보행정보로 저장하여 지속적으로 관리할 수 있게 된다.

[0093] 또한, 상기 스마트 단말기(400)는, 신발 안창에 설치되어 있는 3개의 하이브리드 압력센서들이 가압되어 압전신호와 압정전용량신호가 생성되는 가압순서와, 각 하이브리드 압력센들에서 측정되는 압전신호와 압정전용량신호의 크기를 비교하여 생성되는 가압정보를 사용자의 보행패턴으로 메모리에 저장하는 보행패턴 관리부(440)를 더 포함하여 구성되는 것이 바람직하다.

[0094] 이를 위하여 상기 신발 안창에 설치되어 있는 3개의 하이브리드 압력센서들에는 도 5에 도시된 바와 같이 ch1 ~ ch6에 이르는 고유번호를 할당하고, 상기 보행패턴 관리부(440)는 상기 보행신호 저장부에 저장되는 압전신호와 압정전용량신호의 최대값이 나타나는 순서를 ch1 ~ ch6의 하이브리드 압력센서들 간에 정렬하여 가압순서로 저

장함과 아울러, 상기 ch1 ~ch6의 하이브리드 압력센서들에서 측정된 압전신호와 압정전용량신호의 크기를 비교하여 가장 작은 압력이 가해지는 위치와 가장 큰 압력이 가해지는 위치를 파악하여 가압정보로 저장함으로써, 사용자의 걸음걸이 패턴을 파악할 수 있게 된다.

[0095] 또한, 상기 스마트 단말기(400)는 상기 보행패턴 관리부에서 생성되어 메모리에 저장되어 있는 각 사용자의 보행패턴을 권장되는 가압순서와 가압정보로 이루어진 기준보행패턴과 비교하여 그 비교결과를 표출시키는 자세교정부(450)를 더 포함하여 구성되는 것이 바람직하다.

[0096] 이러한 상기 자세교정부(450)는 올바른 걸음걸이를 나타내는 기준보행패턴을 제시한 후 안짱걸음이나 팔자걸음과 같이 올바르지 못한 걸음습관을 나타내는 사용자의 보행패턴과 비교하여 그 결과를 제시함으로써, 사용자가 자신의 보행패턴과 기준보행패턴의 차이를 줄여가며 올바른 걸음걸이를 익혀나가는 데 도움을 줄 수 있게 된다. 특히 상기 자세교정부(450)는 한쪽 다리가 불편하여 양쪽 발의 균형 있는 걸음걸이를 유지하기 어려운 장애인의 경우 양쪽 다리 근육의 균형 있는 발전을 유도하기 위한 수단으로 이용될 수도 있음은 물론이다.

[0097] 이와 같이 상기 자세교정부(450)를 통하여 제시되는 기준보행패턴은 상기 보행관리 어플리케이션의 설치시에 함께 설치되도록 구성될 수 있음은 물론, 사용자의 필요에 따라 스마트 단말기에 구비된 통신수단을 이용하여 후술하는 보행관리서버(500)에 접속하여 추가적으로 다운로드 받아 저장하도록 구성될 수도 있음은 물론이다.

[0098] 또한, 상기 스마트 단말기(400)는 정적인 압력이 인가되는 동안 측정되는 압정전용량신호에 의해 사용자가 가하는 압력을 산출할 수 있으므로, 이러한 압정전용량신호에 의해 사용자의 몸무게를 측정할 수 있음은 물론이다.

[0099] 또한, 상기 스마트 단말기(400)는 상기 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서에서 측정된 압전신호와 압정전용량신호 또는 압정전용량신호의 기울기가 나타내는 피크의 개수에 의해 사용자의 걸음수를 산출하는 걸음수 산출부(460)를 더 포함하여 구성되는 것이 바람직하다.

[0100] 이러한 걸음수 산출부(460)에 의해 사용자가 신발을 신고 하루 동안 또는 시간당 걸은 총 걸음수를 산출하여 메모리에 저장함과 아울러, 스마트 단말기에 표시시킴으로써, 사용자로서는 만보기와 같은 별도의 장치를 구비하지 않고도 총걸음수를 용이하게 산출할 수 있게 된다.

[0101] 또한, 본 발명에 따른 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템은, 무선통신망을 통하여 접속한 상기 스마트 단말기로 상기 보행관리 어플리케이션을 제공함과 아울러 상기 보행신호 저장부에 저장되어 있는 보행신호를 수신하여 각 사용자별로 저장하는 보행관리서버(500)를 더 포함하여 구성되는 것이 바람직하다.

[0102] 이러한 보행관리서버(500)는, 무선통신망을 통하여 상기 스마트 단말기에 구비된 보행신호 저장부에 저장되어 있는 사용자의 보행신호와 상기 에너지 소비 연산부에 저장되어 있는 에너지 소비정도를 나타내는 데이터를 수신하여 각 사용자별로 데이터베이스에 저장하는 보행정보 저장부(510)와, 상기 보행패턴 관리부에서 전송되는 각 사용자의 보행패턴을 수신하여 각 사용자별로 데이터베이스에 저장함과 아울러 각 사용자에게 올바른 걸음걸이를 나타내는 기준보행패턴을 전송하는 기준보행패턴 전송부(520)를 포함하여 구성되는 것이 바람직하다.

[0103] 그에 따라, 상기 보행관리서버(500)는 보행정보 저장부(510)를 통하여 상기 스마트 단말기로부터 전송되는 각 사용자의 보행신호와 에너지 소비정도를 나타내는 데이터 등을 수신하여 저장하고 추후 사용자의 요청이 있을 경우 이를 활성화시켜 제공함으로써, 사용자로서는 언제든지 자신의 보행신호와 에너지 소비정도를 포함하는 보행정보를 확인할 수 있게 된다.

[0104] 다음에는 이와 같이 구성된 본 발명에 따른 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서가 구비된 스마트 슈즈 시스템을 이용하여 트레드밀에서 걷는 동안 측정된 압전신호와 압정전용량신호를 통하여 에너지 소비정도를 산출하는 것을 설명한다.

[0105] 도 5는 본 발명에 따른 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서를 신발 안창에 부착한 후 압정전용량신호를 측정하는 것을 나타내는 예시도이고, 도 6은 본 발명에 따라 신발 안창에 부착된 3개의 하이브리드 압력센서 각각으로부터 측정된 (A) 압정전용량신호와 (B) 압전신호를 나타내는 그래프이며, 도 7은 본 발명에 따라 3km/h와 5km/h의 속도를 걸을 때 신발 안창에 부착된 제3하이브리드 압력센서에서 각각 측정된 (A) 압정전용량신호와 (B) 압전신호를 나타내는 그래프이다.

[0106] 도 5의 (B)에 도시된 바와 같이 좌측과 우측 신발 안창(110) 각각에 3개씩의 하이브리드 압력센서(200)를 부착



시킨 후, (A)에 도시된 바와 같이 착화한다. 이때 도 5의 (A)에는 운동화 일측에 하이브리드 압력센서에서 감지된 압전신호나 압정전용량신호를 수신하여 처리하기 위해 전기적인 연결이 이루어진 것을 나타내었으나, 이는 하이브리드 압력센서에서 감지되는 압전신호와 압정전용량신호의 정확한 감지여부를 측정하기 위한 실험을 위한 것인바, 별도의 압전신호 증포기와 압정전용량신호 처리부로 이루어진 신호처리수단이나 근거리 통신모듈을 신발에 구비한 후 이를 통하여 하이브리드 압력센서에서 감지된 압전신호나 압정전용량신호를 사용자의 스마트 단말기 등으로 전송할 수 있음은 물론이다.

- [0107] 이때, 신발 안창에 설치되는 하이브리드 압력센서는 도 5의 (B)에 도시된 바와 같이, 신발을 착용하고 서 있거나 걸을 때 체중이 가장 많이 실리게 되는 뒤쪽 부분에 1개를 설치하고, 걸을 때 상대적으로 넓은 영역에 걸쳐 가압되는 앞쪽 부분에 2개를 설치된다. 이러한 하이브리드 압력센서는 좌측과 우측 신발 안창에 모두 설치됨으로서, 서있거나 걸을 때 체중이 실리면서 압력이 가해지는 것을 좌측과 우측에 대하여 비교할 수 있게 하여, 올바른 걸음걸이나 운동자세를 교정하기 위한 데이터로 활용할 수 있는 등 스마트 슈즈로서의 활용성을 향상시킬 수 있게 된다.
- [0108] 이와 같이 신발 안창에 설치되는 하이브리드 압력센서는 우수한 유연성과, 내구성을 가지면서도 가볍기 때문에 체중을 측정하거나 걷거나 뛰는 패턴을 측정하기 위해 신발에 삽입되더라도 걷거나 뛰는 동안 불편함을 느끼지 않을 수 있게 된다. 이처럼 신발 안창에 설치된 6개의 하이브리드 압력센서(channel 1, channel 2, channel 3, channel 4, channel 5 및 channel 6)에서 일정시간 동안(40.0 ~ 42.0 sec) 측정된 전기적 신호에 의해 생성된 전압(V)을 도 5의 (C)에 도시하였다.
- [0109] 또한, 이와 같이 하이브리드 압력센서가 설치된 신발 안창이 삽입된 신발을 착용하고 5km/h의 속도로 이동하는 트레드밀에서 걸을 때, 상기 하이브리드 압력센서(ch 1 ~ ch 3)를 이루는 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서에서 측정되는 압전신호(Piezoelectricity)와 압정전용량신호(Piezocapacitance)를 도 6에 도시하였다. 이때, 도 6에서는 좌측 신발에 설치되는 3개의 하이브리드 압력센서(①, ②, ③)를 각각 채널 1(ch-1), 채널 2(ch-2) 및 채널 3(ch-3)로 지칭하여 각각에서 측정되는 압전신호와 압정전용량신호를 도시하였다.
- [0110] 도 6에 의하면 좌측 발의 뒤쪽에 위치하는 채널 3(ch-3)의 하이브리드 압력센서에서 측정되는 신호가 먼저 감지됨을 알 수 있으며, 그 이후에 채널 2(ch-2)와 채널 1(ch-1)의 하이브리드 압력센서에서 측정되는 신호가 연속적으로 감지됨을 알 수 있다. 따라서, 걷는 동안 ch 3, ch 2 및 ch 1의 연속적인 순서로 반복되는 신호가 감지됨을 알 수 있으며, 이를 토대로 사용자의 보행패턴을 나타내는 가압순서를 파악할 수 있게 된다.
- [0111] 또한, 채널 2(ch 2)의 하이브리드 압력센서는 채널 1(ch 1)의 하이브리드 압력센서와 아주 가깝게 위치하므로, 채널 2(ch 2)와 채널 1(ch 1)의 하이브리드 압력센서들에서 최고값이 측정되는 피크타임(peak time)의 차이가 아주 작음을 확인할 수 있지만, 채널 2(ch 2)와 채널 3(ch 3)의 하이브리드 압력센서들에서 최고값이 측정되는 피크타임(peak time)은 시속 5km/h로 걸을 때 약 0.3초의 차이가 발생하게 됨을 확인할 수 있다.
- [0112] 도 7에서는 트레드밀을 걷는 속도에 따라 채널 3(ch 3)의 하이브리드 압력센서로부터 측정되는 압전반응신호(piezo-response signals)인 압전신호(Piezoelectricity)와 압정전용량신호(Piezocapacitance)를 나타낸다.
- [0113] 도 7에 의하면, 하이브리드 압력센서를 형성하는 압력센서의 종류에 관계없이 걷는 속도가 증가함에 따라 압력센서에서 측정되는 주기가 빨라짐을 확인할 수 있게 된다. 따라서, 도 7로부터 실험자가 3km/h의 속도로 걸을 때, 한 시간 동안 4,336걸음(4,336 steps/h)을 걷게 됨을 알 수 있으며, 한 걸음 동안에는 0.693미터(0.693 m/step)를 이동하게 됨을 산출할 수 있게 된다.
- [0114] 또한, 실험자가 5km/h의 속도로 걸을 때에는, 한 시간 동안 6,656걸음(6,656 steps/h)을 걷게 됨을 알 수 있으며, 한 걸음 동안에는 0.751미터(0.751 m/step)를 이동하게 됨을 산출할 수 있게 된다. 이를 통하여 걸음수를 산출할 수 있게 된다.
- [0115] 이와 같이 CF<sub>2</sub> 쌍극자의 변화로 인하여 아주 넓은 범위의 주파수까지 동적인 압력만을 측정할 수 있는 PVDF 나노섬유 웹 기반의 압전성 압력센서와, 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹의 두께 변화로 인한 정전용량의 변화를 통하여 정적인 압력과 비교적 낮은 주파수의 동적인 압력을 측정할 수 있는 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹 기반의 압정전용량형 압력센서를 적층하여 하나의 하이브리드 압력센서를 구현함으로써, 동일 지점에 빠른 주기로 반복하여 가해지는 동적인 압력뿐만 아니라, 정적인 압력과 느린 주기로 반복하여 가해지는 동적인 압력까지도 모두 측정할 수 있게 된다.
- [0116] 이때, 상기 PVDF 나노섬유 웹 기반의 압전성 압력센서에서 CF<sub>2</sub> 쌍극자의 변화로 생성되는 압전신호

(Piezoelectric signal)는 양의 값과 음의 값을 모두 갖게 되므로, 측정이 이루어졌던 시간에 대하여 그대로 적분할 경우 그 값이 0이 되는데, 측정된 압전신호의 값을 정류한 후 적분함으로써 시간의 흐름에 따른 에너지 소비정도를 올바르게 산출할 수 있게 됨은 상술한 바와 같다.

[0117] 또한, 상기 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹 기반의 압정전용량형 압력센서에서 압착에 의한 전극 사이의 거리변화로 변경되는 압정전용량신호(Piezocapacitance signal)의 경우 외부압력에 의한 두께 변화로 양의 신호만이 생성되기 때문에, 측정이 이루어졌던 시간에 대하여 그대로 적분하면 걷는 경우보다 압력이 인가된 상태로 가만히 있는 경우에 더 큰 값이 산출될 우려가 있게 된다.

[0118] 그러므로, 상기 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹 기반의 압정전용량형 압력센서에서 측정된 압정전용량신호의 기울

기에 대한 절댓값( $\left| \frac{dV(t)}{dt} \right|$ )을 측정시간 동안에 대하여 적분( $\int_0^t \left| \frac{dV(t)}{dt} \right| dt$ )함으로써, 정지하고 있을 때와 걸을 때의 에너지 소비정도를 올바르게 산출할 수 있게 된다. 따라서, 정지하고 있는 동안에는 압정전용량신호의 기울기에 대한 변화가 없어 그 값이 “0”이 되지만, 걷는 동안에는 시간이 증가함에 따라 양의 기울기를 갖는 직선의 형태로 적분값이 산출되어 올바른 에너지 소비정도를 파악할 수 있음도 상술한 바와 같다.

[0119] 이와 같이 경사 10°의 트레드밀을 3km/h와 5km/h의 속도로 일정시간(0 ~ 300sec) 이동하는 동안 채널 3(ch 3)의 하이브리드 압력센서에서 각각 측정된 압전신호(Piezoelectricity)를 정류한 후 적분하고, 압정전용량신호(Piezocapacitance)의 기울기를 정류한 후 적분하여 산출되는 에너지 소비정도를 도 11의 (A)와 (B)에 각각 도시하였다. 예상했던 것처럼 3km/h의 속도로 이동할 때보다 5km/h의 속도로 이동할 때 압전신호와 압정전용량신호 모두에서 보다 큰 에너지 소비정도가 산출됨을 도 11의 (A) 및 (B)를 통하여 확인할 수 있다.

[0120] 이처럼, 본 발명에 따른 스마트 슈즈 시스템은 이물감이 없어 착화감에 지장을 초래하지 않는 하나의 얇은 하이브리드 압력센서에서 체중에 의해 가해지는 정적인 압력과, 정적인 압력이 가해지고 있던 동일 지점에 걸거나 뛰는 동안 일정주기를 갖고 반복적으로 가해지는 동적인 압력을 모두 측정할 수 있으므로, 걸거나 뛰는 동안뿐만 아니라 가만히 서있는 경우까지도 사용자의 체중에 의해 가해지는 족압을 정확하게 측정할 수 있으며, 이와 같이 측정된 족압을 바탕으로 에너지 소비정도를 정확히 측정하여 사용자의 다양한 보행정보를 획득하고 활용할 수 있게 된다.

[0121] 이상에서는 본 발명에 대한 기술사상을 첨부 도면과 함께 서술하였지만 이는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시적으로 설명한 것이지 본 발명을 한정하는 것은 아니다. 또한 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 이라면 누구나 본 발명의 기술적 사상의 범주를 이탈하지 않는 범위 내에서 다양한 변형 및 모방이 가능한 명백한 사실이다.

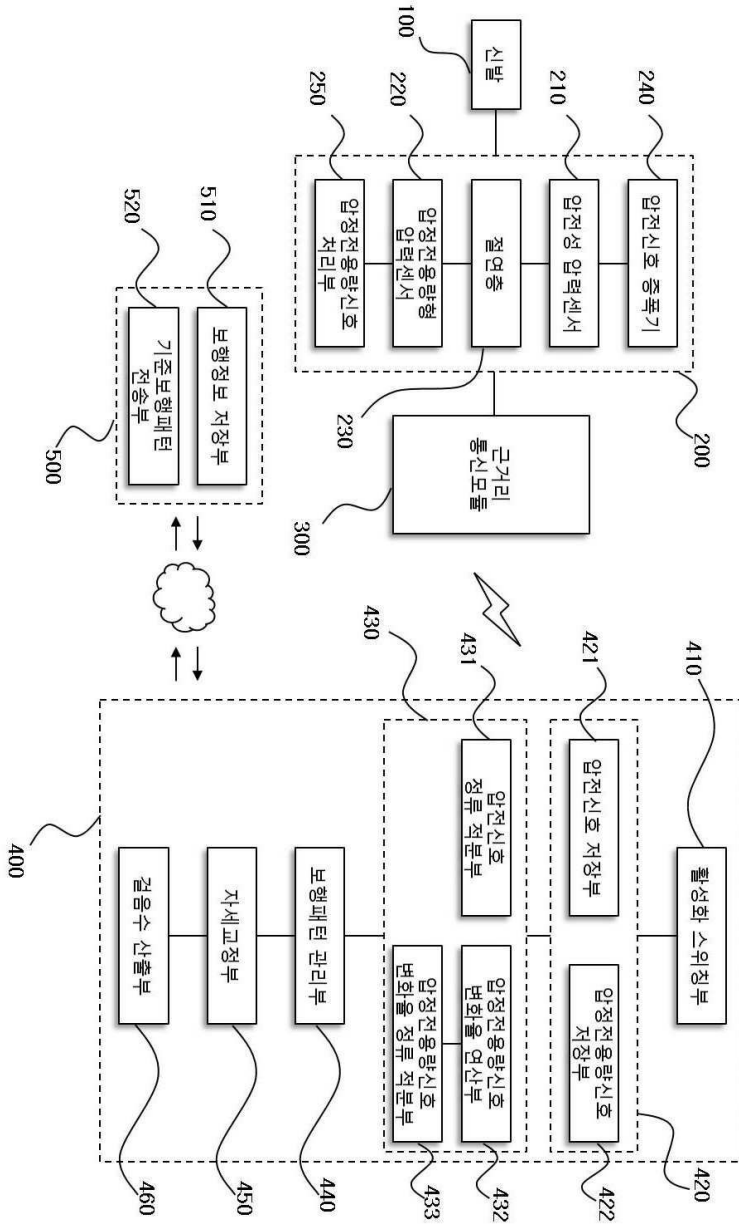
**부호의 설명**

- |                   |                        |
|-------------------|------------------------|
| [0122] 100 - 신발   | 110 - 신발 안창            |
| 200 - 하이브리드 압력센서  |                        |
| 210 - 압전성 압력센서    | 211 - PVDF 나노섬유 웹      |
| 212 - 제1전극        | 213 - 제2전극             |
| 220 - 압정전용량형 압력센서 | 221 - 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹 |
| 222 - 제3전극        | 223 - 제4전극             |
| 230 - 절연층         | 231 - 내부 절연층           |
| 232 - 외부 절연층      |                        |
| 240 - 압전신호 증폭기    | 250 - 압정전용량신호 처리부      |
| 300 - 근거리 통신모듈    |                        |
| 400 - 스마트 단말기     |                        |
| 410 - 활성화 스위칭부    |                        |

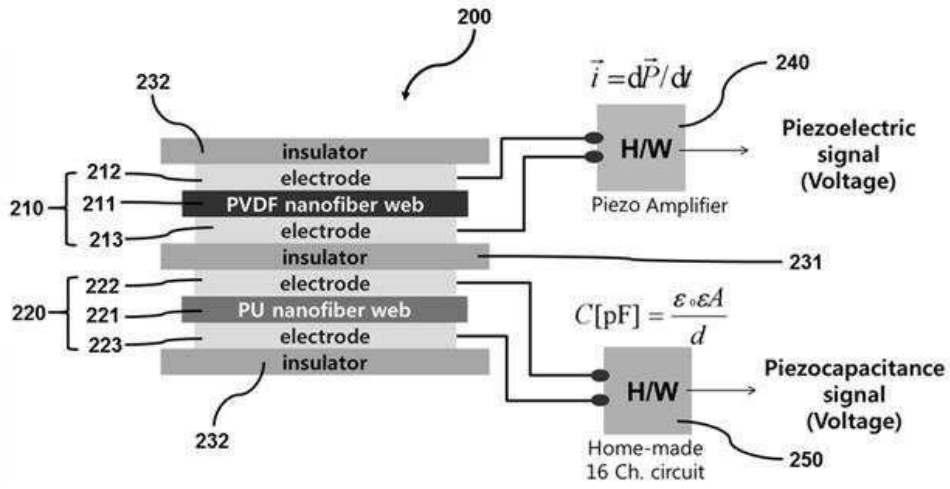
- |                          |                   |
|--------------------------|-------------------|
| 420 - 보행신호 저장부           | 421 - 압전신호 저장부    |
| 422 - 압정전용량신호 저장부        |                   |
| 430 - 에너지 소비 연산부         | 431 - 압전신호 정류 적분부 |
| 432 - 압정전용량신호 변화율 연산부    |                   |
| 433 - 압정전용량신호 변화율 정류 적분부 |                   |
| 440 - 보행패턴 관리부           | 450 - 자세교정부       |
| 460 - 걸음수 산출부            |                   |
| 500 - 보행관리서버             |                   |
| 510 - 보행정보 저장부           | 520 - 기준보행패턴 전송부  |

도면

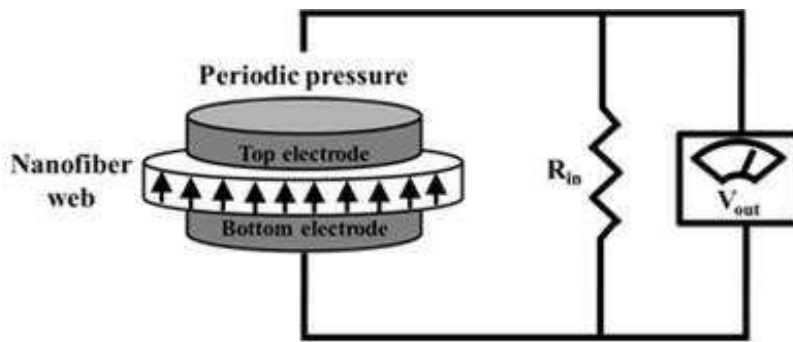
도면1



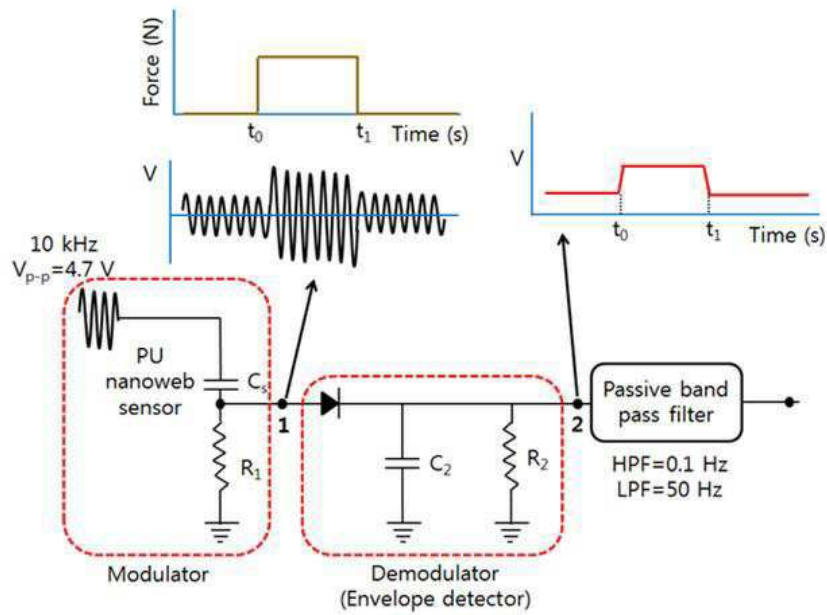
도면2



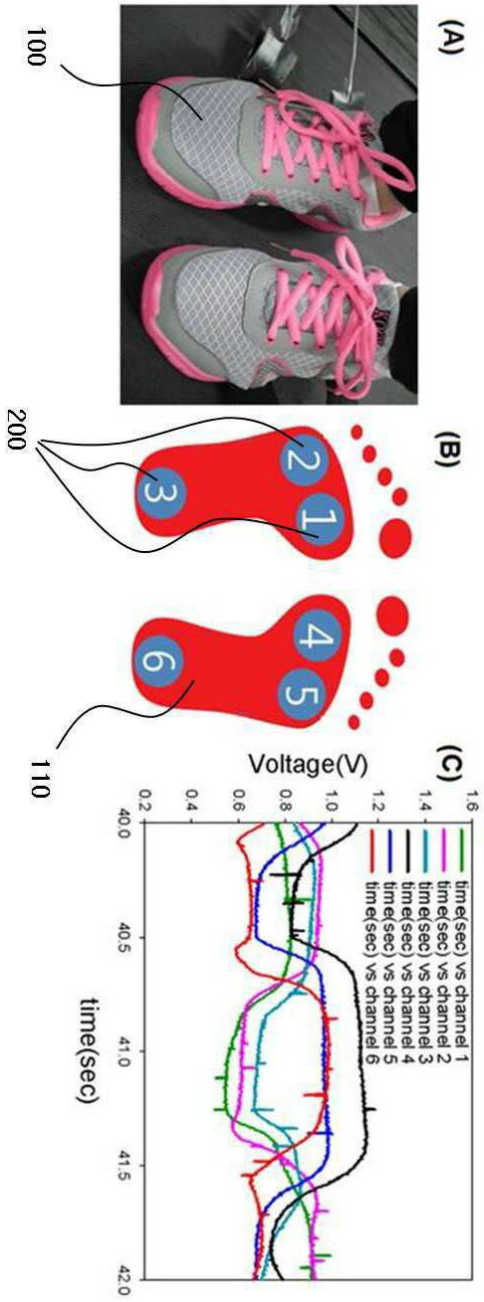
도면3



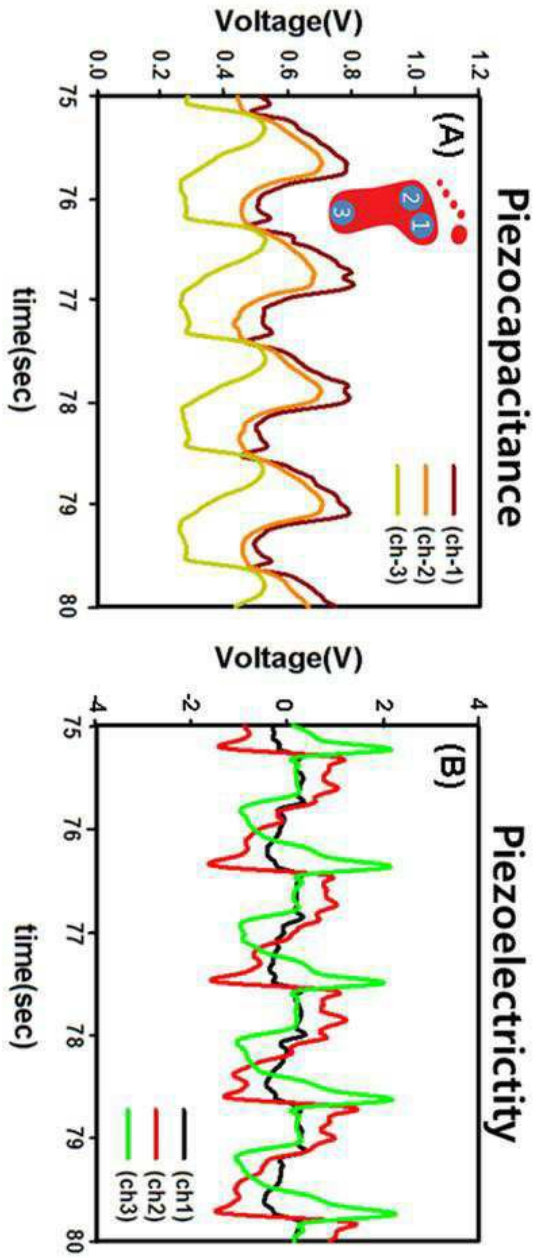
도면4



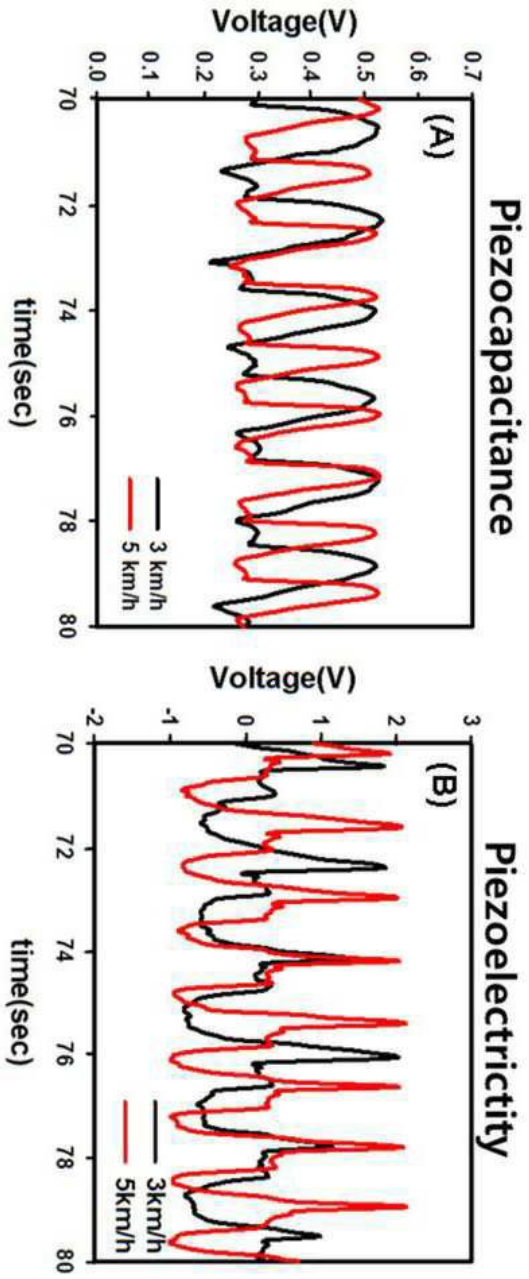
도면5



도면6

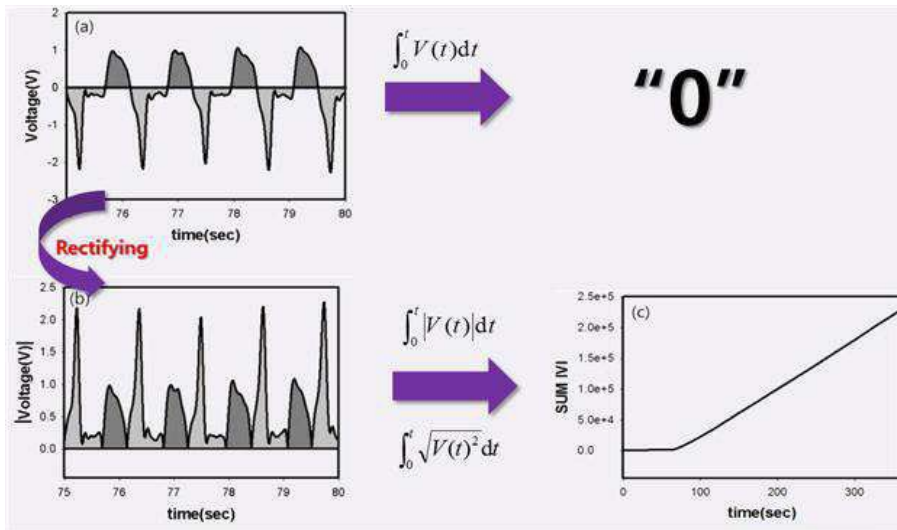


도면7

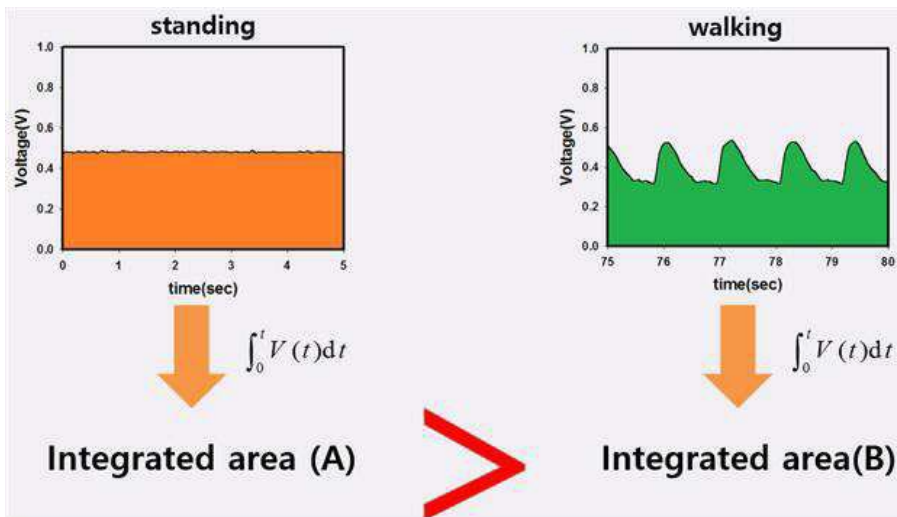




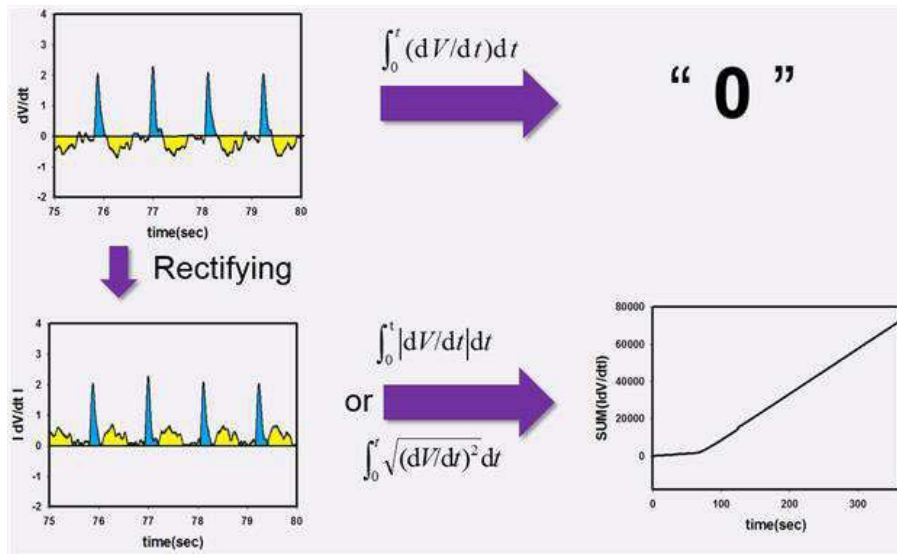
도면8



도면9



도면10



도면11

