



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년05월18일
(11) 등록번호 10-2112400
(24) 등록일자 2020년05월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 3/02 (2006.01) G06N 99/00 (2019.01)
(52) CPC특허분류
G06F 3/0202 (2013.01)
G06N 20/00 (2019.01)
(21) 출원번호 10-2018-0065753
(22) 출원일자 2018년06월08일
심사청구일자 2018년06월08일
(65) 공개번호 10-2019-0139373
(43) 공개일자 2019년12월18일
(56) 선행기술조사문헌
비특허 논문1*
비특허 논문2*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
손기선
서울특별시 강남구 인주로146길 18, 4동 302호
(74) 대리인
특허법인아이엠

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 신현상

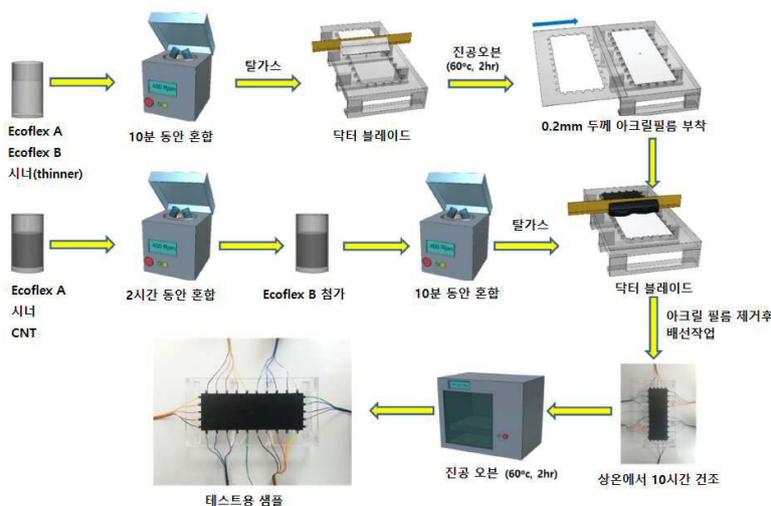
(54) 발명의 명칭 복합재료 시트를 플렉서블 키 패드로 변환시키는 방법 및 플렉서블 키 패드

(57) 요약

본 발명은 머신 러닝 기법을 이용하여 단순한 복합재료 시트를 가요성과 휴대성이 우수한 플렉서블 키 패드로 변환시키는 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따른 방법은, 가요성 시트와, 그 내부에 분산된 전도성 입자를 포함하는 복합재료 시트를 준비하는 단계와, 상기 복합재료 시트의 임의의 위치에 압력을 복수회 가하면서 가해진 압력의 위치 정보와, 상기 복합재료 시트의 전기 저항 변화를 시트에 장치한 복수의 검출단자에서 검출하여 수집하는 단계와, 수집된 위치 정보 및 전기 저항 정보를 사용하여 머신 러닝을 수행하는 단계 및 사용자가 상기 복합재료 시트의 소정 위치에 압력을 가할 때, 상기 머신 러닝을 통해 도출한 DNN(Deep Neural Network) 모델을 이용하여 상기 사용자가 상기 복합재료 시트에 가한 압력의 위치 정보를 추정하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20150899

부처명 미래부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 일반 연구자 사업

연구과제명 휴리스틱스 전산기반 기능성 무기소재 창제 연구

기 여 율 1/1

주관기관 세종대학교 산학협력단

연구기간 2015.12.04 ~ 2021.12.03

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

가요성 시트와, 그 내부에 분산된 전도성 입자를 포함하는 복합재료 시트를 준비하는 단계;

상기 복합재료 시트의 임의의 위치에 압력을 복수회 가하면서 가해진 압력의 위치 정보와, 상기 복합재료 시트의 전기 저항 변화를 시트에 장치한 복수의 검출단자에서 검출하여 수집하는 단계;

수집된 위치 정보 및 전기 저항 정보를 사용하여 머신 러닝을 수행하는 단계; 및

사용자가 상기 복합재료 시트의 소정 위치에 압력을 가할 때, 상기 머신 러닝을 통해 도출한 DNN(Deep Neural Network) 모델을 이용하여 상기 사용자가 상기 복합재료 시트에 가한 압력의 위치 정보를 추정하는 단계;를 포함하고,

상기 가해진 압력의 위치 정보외에 압력의 세기 정보를 추가로 수집하여 머신 러닝을 수행하며,

사용자가 상기 복합재료 시트의 소정 위치에 압력을 가할 때, 상기 머신 러닝을 통해 만들어진 DNN(Deep Neural Network) 모델을 사용하여, 상기 사용자가 가한 압력의 위치 및 세기 정보를 도출하는, 복합재료 시트를 다기능 플렉서블 키 패드로 변환시키는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 개요성 시트는 고분자 물질로 이루어진, 복합재료 시트를 다기능 플렉서블 키 패드로 변환시키는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 개요성 시트는, 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 에폭시 수지, 우레탄 수지 또는 에코플렉스(Ecoflex) 중에서 선택된 1종인, 복합재료 시트를 다기능 플렉서블 키 패드로 변환시키는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 전도성 입자는, 입자(particulate) 형상, 파이버(fiber) 형상, 플레이크(flake) 형상, 판상(plate) 형상 중에서 선택된 하나 이상을 포함하는, 복합재료 시트를 다기능 플렉서블 키 패드로 변환시키는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 전도성 입자는, 카본 나노 튜브(CNT)인, 복합재료 시트를 다기능 플렉서블 키 패드로 변환시키는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 위치 정보 및 전기 저항 신호의 수집은,

상기 복합재료 시트를 소정의 가상 영역으로 분할하는 단계와,

상기 복합재료 시트의 가장자리에 복수 개 배치된 포트를 통해, 상기 압력이 가해진 가상 영역과 상기 복합재료 시트에서 발생하는 전기 저항 신호를 검출하는 단계를 포함하는,

복합재료 시트를 다기능 플렉서블 키 패드로 변환시키는 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 세기 정보는, 적어도 그 강도로 3단계로 구분되어, 각 단계별로 가해진 압력의 의미를 다르게 인식하는, 복합재료 시트를 다기능 플렉서블 키 패드로 변환시키는 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 머신 러닝 기법을 이용하여 가요성 재료와 전도성 입자를 포함하는 단순한 복합재료 시트를 가요성과 휴대성이 우수한 플렉서블 키 패드로 변환시키는 방법과, 이 방법에 의해 제조된 플렉서블 키 패드에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 휴대폰, PDA와 같이 휴대성을 구비한 정보처리기기 장치의 경우, 정보입력에 있어서 불편함이 많기 때문에, 휴대성이 우수하면서도 정보입력이 용이한 키 패드에 대한 요구가 증대하고 있다.

[0004] 가요성(flexibility)이 있으면서 휴대 가능한 키 패드와 관련하여, 아래 특허문헌에 개시된 바와 같이, 가요성 소재로 이루어진 시트(sheet)에 단단한 푸시 버튼과 촉각 센서 배열 패턴이 매립된 형태로 배치되어, 접히거나 두루마리 형태로 감을 수 있는 플렉서블 키 패드가 알려져 있다.

[0005] 상기 촉각 센서 배열 패턴은, 저항성(resistive), 용량성(capacitive), 유도성(inductive), 압저항(piezoresistive), 광학(optical), 자기(magnetic), 압전(piezoelectric) 및 유압(hydraulic) 등의 다양한 물리적 인자를 사용하여 구성될 수 있으나, 어떠한 방식을 사용하던 촉각 센서 배열 패턴들은 모두 부서지기 쉬운 구성 요소를 포함하므로, 종래의 플렉서블 키 패드에서 구현할 수 있는 가요성은 제한적인 수준의 굽힘 또는 롤링이 가능한 정도이다.

[0006] 그런데 일상 생활에서 자유롭게 사용될 때는 다양한 형태로 접히거나 거칠게 구겨지는 형태가 발생할 수 있고 이 경우 종래의 플렉서블 키 패드는 파손될 수 있기 때문에, 종래의 플렉서블 키 패드로는 일상 생활에서 자유롭게 사용될 수 있을 정도의 가요성을 구현할 수 없는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제2013-0060022호
 (특허문헌 0002) 대한민국 공개특허공보 제2009-0029411호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 과제는, 특정한 패턴이 형성되어 있지 않은 단순한 복합재료로 만들어진 시트를 종래에 비해 가요성

이 현저하게 향상되면서 높은 정확성을 구현할 수 있는 플렉서블 키 패드로 변환시키는 방법과, 이 방법에 의해 제조된 플렉서블 키 패드를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 측면은, 가요성 시트와, 그 내부에 분산된 전도성 입자를 포함하는 복합재료 시트를 준비하는 단계; 상기 복합재료 시트의 임의의 위치에 압력을 복수회 가하면서 가해진 압력의 위치 정보와, 상기 복합재료 시트의 전기 저항변화 시트에 장치한 복수의 검출 단자에서 검출하여 수집하는 단계; 수집된 위치 정보 및 전기 저항 정보를 사용하여 머신 러닝을 수행하는 단계; 및 사용자가 상기 복합재료 시트의 소정 위치에 압력을 가할 때, 상기 머신 러닝을 통해 도출한 DNN(Deep Neural Network) 모델을 이용하여 상기 사용자가 상기 복합재료 시트에 가한 압력의 위치 정보를 추정하는 단계;를 포함하는, 복합재료 시트를 다기능 플렉서블 키 패드로 변환시키는 방법을 제공하는 것이다.
- [0012] 또한, 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 다른 측면은, 내부에 전도성 입자가 분산된 가요성 시트와, 상기 가요성 시트의 복수의 위치로부터 상기 가요성 시트에 가해지는 압력에 의해 발생하는 전기 저항 변화 신호를 검출할 수 있도록 하는 복수의 검출 단자가 구비되어 있는 플렉서블 키 패드를 제공하는 것이다.

발명의 효과

- [0014] 본 발명에 의하면, 가요성 시트의 내부에 패턴이 없이 무작위로 분산된 전도성 입자를 포함하는 단순한 복합재료 시트가 머신러닝 기법을 통해, 사용자가 시트에 접촉하였을 때, 그 접촉 위치는 물론 그 세기까지 인식할 수 있는 스마트한 플렉서블 키 패드로 변환된다.
- [0015] 이와 같이, 단순한 대면적 복합재료 시트를 키 패드로 변환시키게 되면, 종래의 플렉서블 키 패드와 같이 부서지기 쉬운 구성을 포함하지 않아, 일상 생활에서 요구되는 거친 구김 내지 접힘 후에도 키 패드로서의 기능을 충족할 수 있는 획기적인 가요성, 휴대성 및 내구성을 구현할 수 있게 된다.
- [0016] 또한, 복합재료 시트의 내부에 특정한 패턴 없이 분산된 전도성 입자만으로 키 패드를 제조할 수 있기 때문에, 종래에 패턴을 형성하는데 사용되는 고비용 제조 공정을 사용하지 않아도 되어, 키 패드 자체의 생산비용을 크게 줄일 수 있다.
- [0017] 또한, 복합재료 시트에 가해지는 압력의 위치는 물론, 압력의 세기에 관한 정보를 얻을 수 있기 때문에, 압력 세기를 구분하여 인식할 경우, 종래의 키 패드에 비해, 동일한 면적에서 보다 다양한 형태의 정보 입력이 가능하다.
- [0018] 본 발명의 효과는 이상에서 언급한 효과로 제한되지 않으며, 본 명세서에서 언급되지 않은 또 다른 효과는 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본 발명의 실시예에서 사용한 복합재료 시트의 제조 공정의 개략도이다.
- 도 2a는 본 발명의 실시예에서, 키 패드의 모든 키 위치에 대한 학습 데이터 세트 구조(training dataset structure)를 나타낸 것이다.
- 도 2b는 본 발명의 실시예에서, 키 패드의 모든 키 위치에 대한 테스트 데이터 세트 구조(test dataset structure)를 나타낸 것이다.
- 도 2c는 본 발명의 실시예에서, 압력 회귀(pressure regression)용 DNN 아키텍처를 나타낸 것이다.
- 도 2d는 실험 데이터와 압력 회귀 DNN 모델에 의해 예측된 데이터를 나타낸 것이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따라, 영역 I과 영역 II에 대해 수행한 압력 인식 DNN 모델의 정확도를 나타낸 것이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따라 복합재료 시트에 대해 머신 러닝을 수행한 후, 사용자가 상기 복합재료 시트를 심하게 구김 후에도 다시 회복 시 이전과 동일한 데이터 수집 상태를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 이하 본 발명의 실시예에 대하여 첨부된 도면을 참고로 그 구성 및 작용을 설명하기로 한다. 하기에서 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 또한, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 '포함'한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0022] 본 발명에 따른 방법은, 가요성 시트와, 그 내부에 분산된 전도성 입자를 포함하는 복합재료 시트를 준비하는 단계와, 상기 복합재료 시트의 임의의 위치에 압력을 복수회 가하면서 가해진 압력의 위치 정보와, 상기 복합재료 시트의 전기 저항 변화를 시트에 장치한 복수의 검출단자(probe terminal)에서 검출하여 수집하는 단계와, 수집된 위치 정보 및 전기 저항 정보를 사용하여 머신 러닝을 수행하는 단계 및 사용자가 상기 복합재료 시트의 소정 위치에 압력을 가할 때, 상기 머신 러닝을 통해 도출한 DNN(Deep Neural Network) 모델을 이용하여 상기 사용자가 상기 복합재료 시트에 가한 압력의 위치 정보를 추정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 상기 가요성 시트는, 외부의 압력에 의해 내부에 존재하는 전도성 입자에 압저항(Piezo-resistive)이 생성될 수 있을 정도의 가요성을 구비한 것이면 제한 없이 사용될 수 있다. 바람직하게는 연성의 고분자 물질로 이루어질 수 있고, 예를 들어, 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 에폭시 수지, 우레탄 수지 또는 실리콘 고무 중에서 선택된 1종일 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0024] 상기 전도성 입자는, 그 형상이 입자(particulate) 형상, 파이버(fiber) 형상, 플레이크(flake) 형상, 판(plate) 형상과 같은 다양한 형상 중 1 또는 2 이상을 포함할 수 있다.
- [0025] 상기 전도성 입자는 압력이 가해졌을 때, 전기 저항의 변화를 생성하는 물질이고, 압력이 가해졌을 때 검출단자로부터 전기 저항의 변화를 검출할 수 있도록 하는 정도의 함량이면 제한없이 사용될 수 있으며, 예를 들어 카본 나노 튜브(CNT)와 같은 물질이 사용될 수 있다.
- [0026] 상기 위치 정보 및 전기 저항의 수집은, 바람직하게, 상기 복합재료 시트를 소정의 가상 영역으로 분할하는 단계와, 상기 복합재료 시트의 가장자리에 복수 개 배치된 포트를 통해, 상기 압력이 가해진 가상 영역과 그때의 상기 복합재료 시트의 전기 저항을 검출하는 단계를 통해 이루어질 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 가해진 압력의 위치 정보외에 압력의 세기 정보를 추가로 수집하여 머신 러닝을 수행할 수 있으며, 이 경우 사용자가 상기 복합재료 시트의 소정 위치에 압력을 가할 때 상기 머신 러닝을 통해 도출된 DNN(Deep Neural Network) 모델을 사용하여 상기 사용자가 가한 압력의 위치와 함께 압력의 세기 정보를 도출할 수 있어, 예를 들어 'shift key'나 '대소 문자의 변환'을 '압력의 세기'로 대체하는 것과 같이 동일한 시트 면적에서 보다 다양한 입력 정보를 생성할 수 있다.
- [0028] 본 발명에 따른 플렉서블 키 패드는, 내부에 전도성 입자가 분산된 가요성 시트와, 상기 가요성 시트의 복수의 위치로부터 상기 가요성 시트에 가해지는 압력에 의해 발생하는 전기 저항 신호를 검출할 수 있도록 하는 복수의 검출단자가 구비되어 있는 것을 특징으로 한다.
- [0029] 상기 키 패드에 있어서, 상기 가요성 시트의 일측에는 키 패드의 글자, 숫자, 기호 중 1 이상이 인쇄되어 있을 수 있다.
- [0031] [실시예]
- [0032] 복합재료 시트의 제조
- [0033] 본 발명의 실시예에서는, 탄소나노튜브(CNT)(Carbon Nano-material Technology Co., Ltd.)와 실리콘 고무(Ecoflex™, platinum-catalyzed silicone)의 균질 혼합물로 초연질 복합재료 시트를 제작하였다.
- [0034] 이중 CNT는 길이 5 μ m, 직경 20nm의 다중벽(multi-walled)을 가진 것을 사용하였다. 또한, 기지를 형성하는 연성의 고분자 재료로 사용된 실리콘 고무는, PMMA, PDMS, 에폭시 수지 및 우레탄과 같은 다른 연성 고분자 재료에 비해, 0 ~ 50kPa 범위의 일반적인 촉각 압력을 감지하는 범위에서 감지가 용이하기 때문에 보다 바람직한 재료이다.
- [0035] 도 1은 본 발명의 실시예에서 사용한 복합재료 시트의 제조 공정의 개략도이다.
- [0036] 본 발명의 실시예에서 사용한 에코플렉스는 2가지 성분으로 구성되며, 에코플렉스 A와 에코플렉스 B의 혼합비율은 1:1이다. 또한, 점도를 낮추는 시너(Thinning Ecoflex™ Silicones)도 CNT의 분산을 촉진하고 시트에 연성을

부여하기 위하여 첨가되었다.

- [0037] CNT는 기지 총중량(에코플렉스 A + 에코플렉스 B + 시너)의 1중량%가 되도록 에코플렉스 A와 혼합하였다. 또한 에코플렉스 내에서 CNT가 응집되지 않고 균질하게 분산되도록, 직경 10mm의 알루미늄아 연마 볼 몇 개를 장입한 후, 유성 전단 혼합기에서 400rpm의 속도로 2시간 동안 혼합하였다.
- [0038] 이어서, 에코플렉스 A와 동일한 양의 에코플렉스 B를 추가하고, 다시 10분 동안 유성 전단 혼합기를 사용하여 혼합한 후, 나노 복합체에 포획된 기포를 제거하기 위해 10분 동안 진공 상태로 두었다.
- [0039] 복합 시트를 제조하기 위한 몰드는 가로, 세로 및 두께 160×59×0.2mm와 80×59×0.2mm인 2가지의 치수의 시트를 주조할 수 있도록 구비되었다. 또한, 몰드는 전기 저항을 검출하기 위한 검출단자용 배선을 용이하게 하기 위해 5×3×5mm 치수로 각 측면에서 몇 개의 익스텐션을 구비한다.
- [0040] 닥터 블레이드 기법을 사용하여, 혼합된 나노 복합체를 몰드에 주입하여 주조하고 배선이 이루어지도록 하였다. 배선된 복합 시트를 상온에서 10시간 동안 방치하여 고화시킨 다음 마지막으로 60℃에서 2시간 동안 진공 오븐에서 가열하여 완전히 고화되도록 하였다.
- [0041] 이와 같이 제조된 복합 시트는 가해진 하중에 의해 전기 저항의 변화를 나타낸다. 또한, MWCNT-에코플렉스 물질의 내성은 변형률에 독립적인데, 이는 압저항이 절연 에코플렉스 기지에서 전도성 CNT 분포의 순간 상태에 의존하지만 변형률 속도에는 의존하지 않는다는 것을 의미한다.
- [0043] 키 패드 변환을 위한 기계 학습
- [0044] (1) 가상 키 세트 및 검출단자
- [0045] 도 2a와 2b는, 본 발명의 실시예에 따른 복합재료 시트를 키 패드로 변환시키기 위한 키 배열과 검출단자 역할을 하는 전극 배열을 나타낸다.
- [0046] 본 발명의 실시예에서는 상기 복합 시트의 표면에는 60개의 가상 키 세트와 복합 시트 가장자리를 따라 30개의 검출단자를 구성하였다. 가상 키 세트는 각 키 버튼을 구분하는 어떠한 물리적 장치가 없지만 가상 영역 구분을 갖도록 설계되었다.
- [0047] 상기 검출단자의 수는 최소화하는 것이 키 패드의 구조를 단순화할 수 있으므로 바람직한데, 검출단자의 수가 지나치게 적으면, 머신 러닝에 의한 DNN 모델의 성능이 저하되므로, 키 패드로 사용될 수 있는 최소한의 정확도를 확보할 수 있는 숫자 이상으로 설정되는 것이 바람직하다.
- [0049] (2) 학습 및 테스트용 데이터 구조
- [0050] 키 패드의 모든 키 위치에 대한 데이터 세트 구조는, 도 2a에 나타난 학습 데이터 세트와 도 2b에 나타난 테스트 데이터 세트로 이루어진다.
- [0051] 각 키에 관한 데이터 세트는 박스로 표시되며, 녹색 박스들은 전기저항 데이터 세트를 입력 데이터로 나타낸 것이고, 적색 슬라브(slab)는 압력 데이터 세트를 레이블로 나타낸 것이다.
- [0052] 데이터 세트에 있어서, 폭(800)은 0.16초 동안 검출단자로부터 순차적으로 수집된 전기저항 데이터를 나타내는데, 이는 0.16초 동안 특정 키에 가해진 접촉(또는 가압)이 각 검출단자 당 800개의 순차적 전기저항 값을 생성하는 것을 의미한다. 또한, 깊이(30)는 전기저항 신호가 수집되는 검출단자의 수를 나타내며, 높이(학습 데이터 세트의 경우 20개, 테스트 데이터 세트의 경우는 2개)는 각 키 위치당 접촉 횟수를 나타낸다.
- [0053] 입력 특징(input feature)은 30차원 벡터(녹색 박스 내의 청색 막대)로 벡터화되었으며, 그 구성 요소는 30개의 검출단자 각각에서 측정된 실제 저항 수를 나타낸다. 이때 0.16초 동안 특정 키 위치에 일정 수준의 압력(0 ~ 6.7kPa)을 가해진다.
- [0054] 이를 통해, 각 키 위치당 800개의 압력 값과 함께 800개의 30차원 입력 벡터를 수집하고, 각 키 위치에서 20개의 독립적인 측정을 수행하여, 60개의 키에 대한 총 학습 데이터 세트가 960,000(800×60×20)개인 30차원 입력 벡터를 구성하였다.
- [0055] 레이블(출력) 데이터는 관련된 키 위치에 관한 알파벳, 숫자 및 기능 키이고, 변위(압력)에 대한 레이블 데이터는 적색 슬라브로 표시된 실수(real number)이다.
- [0056] 한편, 도 2b에 도시된 바와 같이, 테스트 데이터 세트의 구조는 학습 데이터 세트에 비해 작지만, 유사한 구조

를 가진다.

- [0058] (3) 압력 인식용 DNN(Deep Neural Network) 아키텍처
- [0059] 정적 바이어스(10V)가 모든 검출단자에 병렬로 적용되고, 키 패드의 중심이 접지되었기 때문에, 키 패드의 특정 위치를 접촉하면 일부 검출단자에서 전기 저항에 변화가 발생하며, 이때, 접촉 위치에서 멀리 떨어져 있는 대부분의 검출단자에는 큰 변화가 일어나지 않는다. 접촉 위치에 관계없이, 전기 저항 신호의 변화는 가해진 압력과 관련된 관계를 갖는다. 본 발명의 실시예에서는 상이한 위치에 접촉될 때 모든 검출단자에서 수집되는 모든 전기 저항 데이터를 취합하여 입력값으로 사용하였다.
- [0060] 본 발명의 실시예에서 사용한 압력 인식용 DNN 모델은 모든 접촉 위치에서 적절하게 작동하였다. 이는 어떤 키 위치에 접촉이 있었는지에 관계없이 접촉의 정확한 압력이 실시간으로 인식됨을 의미한다.
- [0061] 도 2c는 본 발명의 실시예에 따른 DNN 아키텍처를 나타낸 것이고, 도 2d는 실험 데이터와 압력 회귀 DNN 모델에 의해 예측된 데이터를 나타낸 것이다.
- [0062] 도 2c에서 녹색으로 표시된 아키텍처가 압력 예측(pressure prediction) 아키텍처인데, 입력층에서 출력층으로 각 층에 속하는 30-4500-1500-150-1개의 노드가 있다.
- [0063] 이 아키텍처에서는, 3번째 층까지는 $\max(0, x)$ 임계값을 갖도록 활성화 함수를 적용하는 ReLU(Rectified Linear Unit)가 적용되고, 30%의 드롭아웃(dropout)이 적용되어 작동하고, 마지막으로 연결된 층의 활성화 함수는 선형 활성화 함수를 적용하였다.
- [0064] 압력 예측 아키텍처에서는, 30개의 검출단자로부터 수집된 전기 저항 신호 데이터를 모니터링하여, 압력에 대한 실제값에 대한 회귀(regression)를 수행하여 학습하는데, 이러한 학습 과정은 실제 키 패드 작동에 필요한 압력 정보에 비해 과도하게 정밀한 결과를 산출하여, 학습 과정을 복잡하게 만들 수 있다.
- [0065] 그런데, 적절한 키 패드 작동을 위해서는 훨씬 간단한 학습 과정으로도 충분할 수 있는데, 이는 실제 키 패드 작동을 위해 키 패드 접촉 시의 정확한 압력값이 필수적으로 요구되는 것은 아니기 때문이다.
- [0066] 이를 위해, 본 발명의 실시예에서는, 압력을 3개의 영역으로 구분하였다. 예를 들어, 압력은 사용자의 의사와 무관한 접촉을 구분하기 위한 낮은 수준의 접촉시의 압력, 키 패드의 주요 기능을 정의하는 중간 수준의 접촉(일반적인 접촉) 시의 압력, 'Shift' 명령이나 '대문자 소문자의 전환' 명령과 같은 특수 기능을 정의하는 높은 수준의 강한 접촉 시의 압력으로 구분될 수 있다.
- [0067] 상기 강한 접촉의 경우, 예를 들어 키에 특정 임계 값 이상의 가압이 이루어지면 대문자로 인식하지만 그렇지 않으면 소문자로 인식되도록 할 수 있다. 이를 통해 DNN 기반 키 패드에서는 'Shift' 키를 제거할 수 있다.
- [0068] 도 3c에 청색으로 표시된 아키텍처는 상기와 같이 압력을 3단계로 구분한 3단계 압력 분류 방식(pressure classification)을 구현하기 위한 것이다.
- [0069] 이 아키텍처는 압력 예측용 아키텍처와 비교할 때, 마지막 2개층을 제외하고 동일한 구조를 가진다.
- [0070] 3단계 압력 분류 방식 아키텍처에서는, 입력층에서 출력층으로 각 층에 속하는 30-4500-1500-300-3개의 노드가 있다. 단순한 선형 활성화 함수가 입력층에서 3번째 층까지 적용되었지만 마지막으로 연결된 층의 활성화 함수는 softmax 함수를 적용하였다.
- [0071] 이전의 3층에서는 $\max(0, x)$ 임계값을 갖도록 활성화 함수를 적용하는 ReLU(Rectified Linear Unit)가 적용되고, 30%의 드롭아웃(dropout)이 적용되어 작동한다. 압력 회귀 방식에서는 접촉 시의 압력에 대한 즉각적인 실제 값을 제공하지만, 3단계 압력 분류 방식에서는 단순한 분류 방식(classification) 아키텍처를 취한다.
- [0072] 아래 표 1은 압력 회귀에 대한 평균 제곱근 오차(%RMSE)와 MAE(mean absolute error)를 나타낸 것이다.

표 1

테스트		모든 범위	영역 0	영역 I	영역 II
		%RMSE	11.246	22.3562	4.0898
학습	MAE	0.0418	0.0558	0.0230	0.0219
	%RMSE	10.1265	20.2280	3.7217	2.4612
	MAE	0.0368	0.0506	0.0197	0.0166

- [0075] 표 1에서 확인되는 바와 같이, 모든 범위 압력 회귀 값의 정확성은 평균 제공근 오차와 MAE의 관점에서 볼 때 수용 가능한 수준이었다.
- [0076] 도 3d에서 확인되는 바와 같이, 접촉 동작 초기 단계에서 저압 영역은 상당한 노이즈가 있으나, 이 저압 영역(영역 0)을 지난 후에는 곧바로 노이즈가 감소되었다. 실제로 노이즈가 많은 데이터가 포함된 경우에는 RMSE와 MAE의 값이 낮다.
- [0077] 영역 I과 영역 II는 실용적인 관점에서 중요한데, 이 두 영역은 부드러운 접촉 또는 강한 접촉 여부를 결정하는 핵심 기능이기 때문이다. 그런데, 표 1에서 확인되는 바와 같이, 이 두 영역에서의 피팅은 오차가 적어 높은 정확성을 나타낸다.
- [0078] 한편, 초기의 노이즈가 많은 영역(영역 0)과 노이즈가 적은 영역(영역 I, 영역 II)을 포함하는 전체 영역의 피팅 정확도는 낮은 문제점이 있으나, 노이즈가 포함된 데이터는 실제 키 패드 작동에는 사용되지 않으므로 초기 노이즈로 인한 전체적인 피팅 정확도의 저하는 문제가 되지 않는다.
- [0079] 이상과 같이, 실제 압력 값의 회귀가 아니라 단계 분류가 보다 실용적이었으며, 이를 통해 실제적인 키 패드 기능의 구현이 가능함을 알 수 있다.
- [0080] 한편, 3 단계 분류 모델의 DNN 아키텍처는 매우 잘 작동했으며, 성능은 테스트 및 학습 정확도 값은 각각 94.95% 및 96.21%로 나타났다. 상기 정확성은 개별 데이터 포인트에 기초하여 얻어졌다. 수 밀리 초와 같이 특정 시간 동안 수집된 데이터 그룹에서 가장 자주 발생하는 레이블을 정답으로 택하는 그룹데이터 별 분류법을 적용할 경우, 100% 정확도가 보장되며, 실제 키 패드 시스템에 이 유형의 그룹 데이터 기반 분류 체계를 적용하였다.
- [0082] (4) 키 인식용 DNN 아키텍처
- [0083] 단계 압력 인식과 동시에 수행되어야 할 것은 접촉된 키를 인식하는 것이다.
- [0084] 도 2a에 도시된 바와 같이 본 발명의 실시예에서는 60개의 키 배열을 적용하였다. 도 2c의 키 위치 인식용(Position Recognition) DNN 아키텍처는 60개의 레이블 분류를 가능하게 구성되었다.
- [0085] DNN 구조는 마지막 2개 층을 제외하고 압력 예측(pressure prediction) 모델 및 3 단계 압력 분류(Three step pressure Classification) 모델과 유사하다.
- [0086] 입력층에서 출력층으로 각 층에 속하는 30-4500-1500-300-60개의 노드가 있다. 입력층에서 3번째 층까지 ReLU 활성화 함수가 적용되었지만 마지막으로 연결된 층의 활성화 함수는 softmax 함수를 적용하였다.
- [0087] 이전의 3개 은닉층에 대해 $\max(0, x)$ 임계값을 갖도록 활성화 함수를 적용하는 ReLU(Rectified Linear Unit)가 채택되고, 30%의 드롭아웃을 도입하였다.
- [0088] 그 결과, 개별 데이터 기반 및 그룹 데이터 기반 위치 인식은 테스트 데이터 세트와 학습 데이터 세트 모두에 대해 뛰어난 정확도를 나타내었다.
- [0089] 개별 데이터 기반 위치 인식은 도 2a ~ 2d에서 확인되는 바와 같이 100% 또는 100%에 근접한 실시간 정확도를 제공한다. 강한 접촉(영역 II)의 전체 정확도는 약한 접촉(영역 I)에 비해 더 정확한 결과를 나타내었다. 테스트 정확도는 학습 정확도에 비해 약간 낮으나, 이는 많은 머신 러닝의 일반적인 추세와 유사한 수준이다.
- [0090] 전체적으로 60개 키에 대한 강한 접촉 및 약한 접촉의 개별 데이터 기반 인식에 대한 학습 및 테스트 정확도는 대략 100%이다. 그런데 약한 접촉에 대한 글자의 테스트 정확도는 90.76%로 떨어졌다.
- [0091] 그러나, 현 단계에서도 개별 데이터 기반 위치 인식 대신 그룹 데이터 기반 위치 인식을 사용할 경우에는, 모든 상황에서 모든 위치에 대해 100% 정확도가 가능하게 된다.
- [0092] 그룹 기반의 데이터 기반 위치 인식은 데이터 단위(소위 그룹 데이터)로 0.16초 동안 독립적인 접촉 동작이 발생하는 것으로 간주한다. 즉, 이러한 일정한 시간 내의 데이터 중에 가장 빈도수가 높은 위치를 테스트 결과로 인식하는 것이다. 신뢰할 수 있는 그룹 데이터 기반 위치 인식에 필요한 시간이 몇 밀리초로 단축될 수 있으며, 이는 세계에서 가장 빠른 타이피스트가 키 패드에 입력할 때도 문제가 없는 수준이다.
- [0093] 그룹 기반의 데이터 기반 위치 인식 체계를 사용할 때 어떠한 상황에서도 접촉으로 키를 식별하지 못한 경우가 없었다. 즉, 그룹 데이터 기반 위치 인식 체계는 실제 키 패드 기능에 대한 실질적인 요구 사항을 충족하므로

DNN 기반 키 패드가 시중에 판매되는 응용 프로그램으로 판매되는 경우, 이 방식이 실용적일 수 있다.

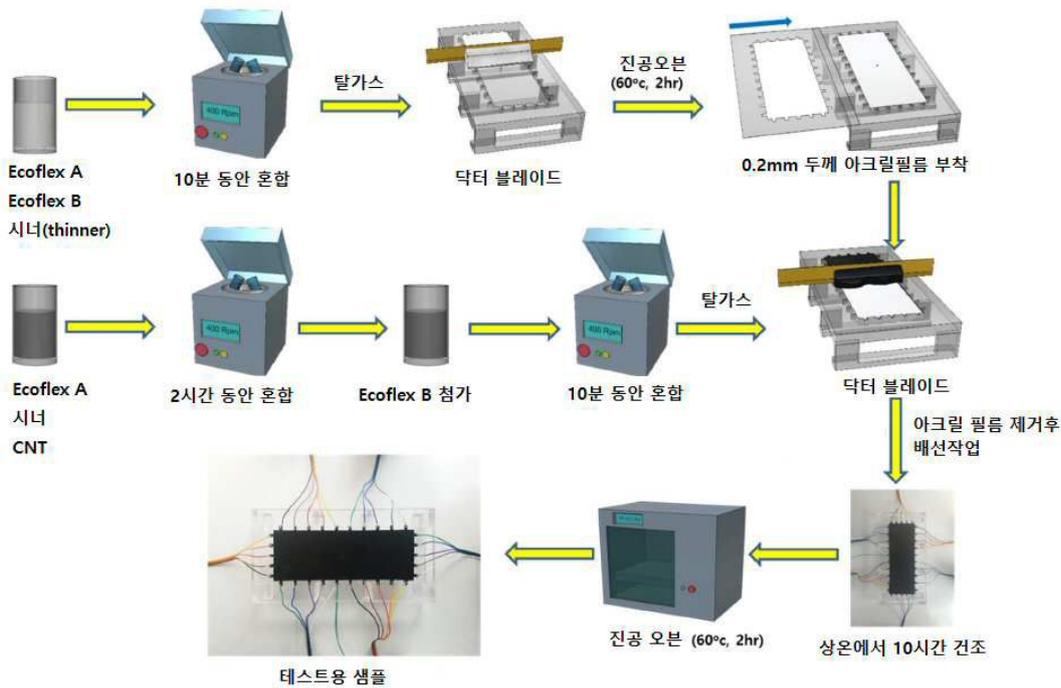
[0095] (5) 가요성 테스트

[0096] 본 발명의 실시예에 따라 키 패드로 변환된 복합 시트의 가요성을 평가하기 위하여, 도 4에 나타낸 바와 같이, 복합 시트를 심하게 구겼다 편 후에, 재학습 과정 없이 그대로 키 패드로 사용될 수 있는지에 대해 평가하였다.

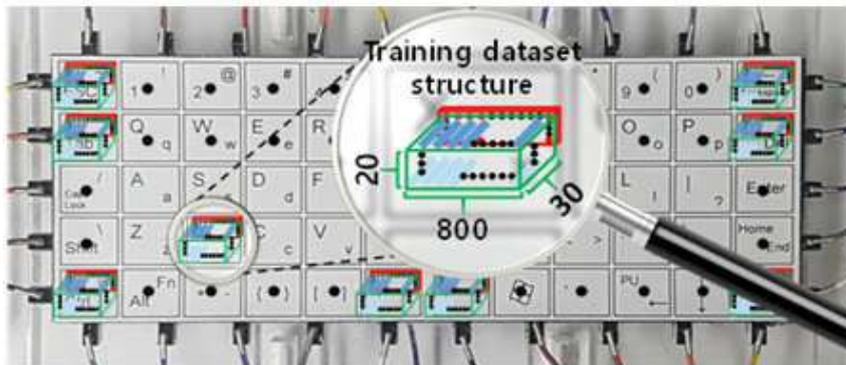
[0097] 그 결과, 도 4에 도시된 바와 같이, 심한 구김 후에도, 30개의 검출단자에서 검출된 전기저항 신호는 변화가 없었고, 동일한 DNN 모델을 사용할 수 있었다. 즉, 본 발명의 실시예에 따른 키 패드는 심한 변형 후에도 재학습 과정 없이 키 패드로 사용할 수 있다.

도면

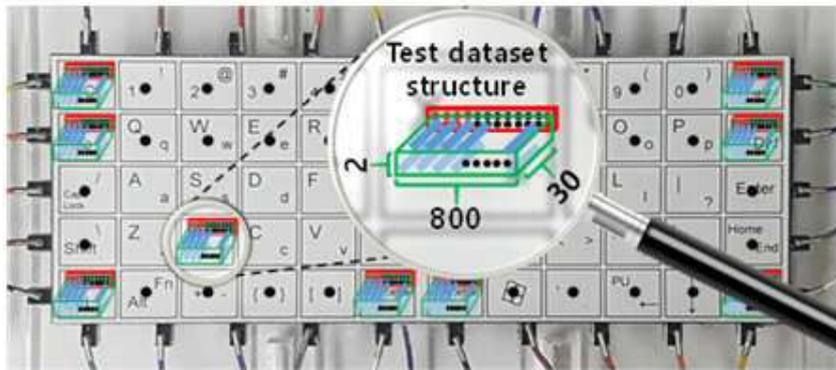
도면1



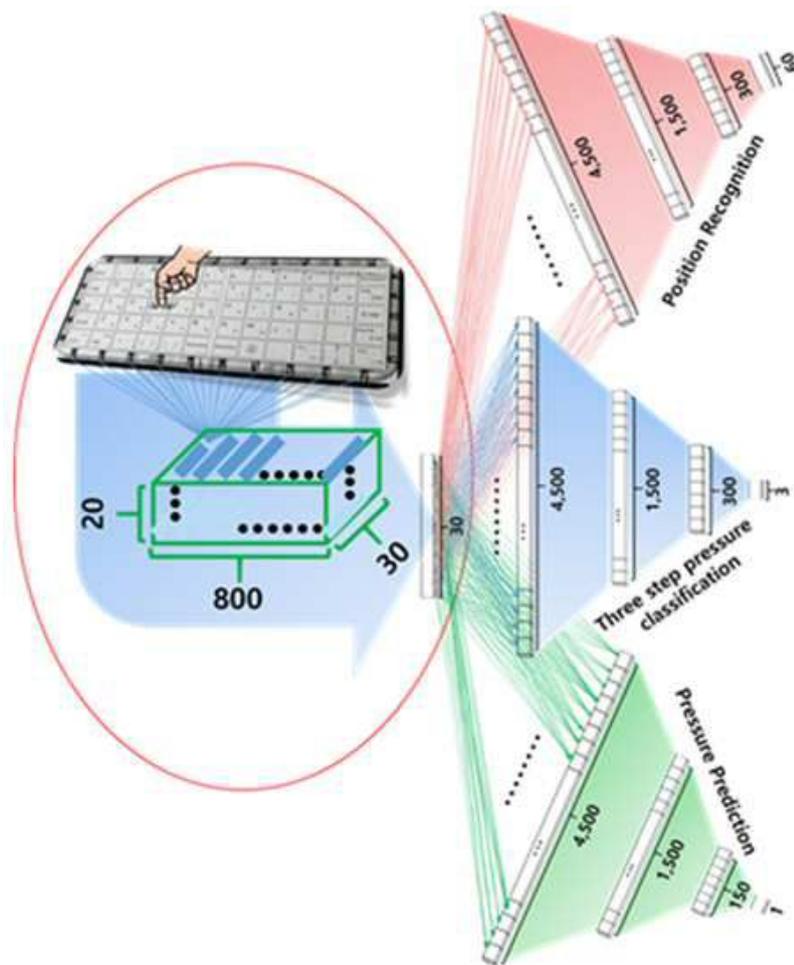
도면2a



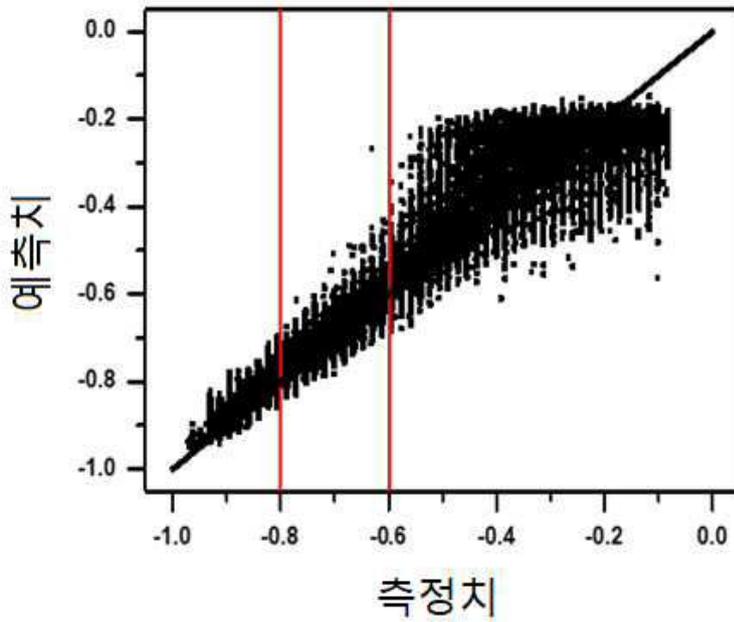
도면2b



도면2c



도면2d



도면3a



도면3b



도면3c



도면3d



도면4

