



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0055641
(43) 공개일자 2024년04월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B07C 5/34 (2006.01) B07C 5/36 (2006.01)
B25J 11/00 (2006.01) B25J 13/08 (2006.01)
B25J 19/02 (2006.01) B25J 9/16 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B07C 5/34 (2013.01)
B07C 5/362 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0130205
(22) 출원일자 2023년09월27일
심사청구일자 2023년09월27일
(30) 우선권주장
1020220135438 2022년10월20일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
차영수
서울특별시 성북구 화랑로 210-26, 104동 603호
박현익
서울특별시 노원구 동일로180길 41, 301호
(74) 대리인
김동용

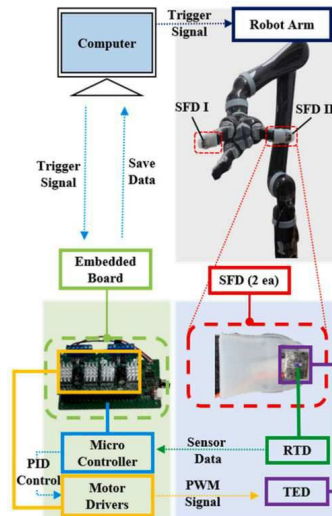
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 열전도율 기반 물체 인식 장치 및 방법

(57) 요약

열전도율 기반 물체 인식 장치 및 방법이 개시된다. 상기 물체 인식 장치는 로봇 암(robot arm)에 의해 물체를 쥐는 동작이 수행될 때 물체와 직접적으로 접촉하도록 상기 로봇 암의 핑거 팁(finger tip)에 위치하는 열전 소자, 상기 열전 소자의 온도를 측정하는 온도 센서, 상기 열전 소자의 온도를 제어하고 상기 온도 센서의 측정 값에 대응하는 온도를 산출하는 마이크로컨트롤러, 및 상기 로봇 암의 동작을 제어하는 제1 트리거 신호와 상기 마이크로컨트롤러를 제어하는 제2 트리거 신호를 출력하는 컴퓨팅 장치를 포함한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

B25J 11/00 (2013.01)

B25J 13/08 (2013.01)

B25J 19/02 (2013.01)

B25J 9/163 (2013.01)

B07C 2501/0063 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711162974
과제번호	2020R1A2C2005252
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	전기유압 액츄에이터 기반 소프트 로봇 모듈 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

로봇 암(robot arm)에 의해 물체를 쥐는 동작이 수행될 때 물체와 직접적으로 접촉하도록 상기 로봇 암의 핑거 팁(finger tip)에 위치하는 열전 소자;

상기 열전 소자의 온도를 측정하는 온도 센서;

상기 열전 소자의 온도를 제어하고 상기 온도 센서의 측정 값에 대응하는 온도를 산출하는 마이크로컨트롤러; 및

상기 로봇 암의 동작을 제어하는 제1 트리거 신호와 상기 마이크로컨트롤러를 제어하는 제2 트리거 신호를 출력하는 컴퓨팅 장치를 포함하는,

물체 인식 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 열전 소자의 온도는 상기 마이크로컨트롤러의 제어에 따라 미리 정해진 온도까지 상승하는,

물체 인식 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 열전 소자의 온도가 상기 미리 정해진 온도까지 상승한 후에,

상기 로봇 암은 상기 제1 트리거 신호에 응답하여 물체를 쥐는 동작을 수행하고, 상기 마이크로컨트롤러는 상기 제2 트리거 신호에 응답하여 상기 열전 소자의 온도 제어를 중단하는,

물체 인식 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 마이크로컨트롤러는 상기 제2 트리거 신호를 수신한 이후에 상기 온도 센서의 측정값들에 대응하는 온도 값들을 상기 컴퓨팅 장치로 송신하는,

물체 인식 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 컴퓨팅 장치는 수신된 온도 값들을, 온도 값들을 입력받아 입력된 온도 값들에 대응하는 물체를 분류하도록 사전에 학습된 인공 신경망(Artificial Neural Network, ANN) 기반의 물체 분류 모델에 입력하여, 상기 로봇 암에 쥐어진 물체를 식별하는,

물체 인식 장치.

청구항 6

물체 인식 장치에 의해 수행되는 물체 인식 방법에 있어서,

온도 센서를 이용하여 압전 소자의 온도를 측정하여, 실내 온도(room temperature)을 획득하는 단계;

상기 압전 소자의 온도가 상기 실내 온도 보다 높게 되도록 상기 압전 소자를 제어하는 단계;
상기 압전 소자의 온도를 제어하는 동작을 중단하고 로봇 암이 물체를 쥐도록 상기 로봇 암을 제어하는 단계;
상기 로봇 암의 핑거 팁에 설치된 상기 온도 센서를 이용하여 상기 물체의 온도 변화를 측정하는 단계; 및
상기 물체의 온도 값들을 물체 인식 모델에 입력하여, 상기 물체를 분류하는 단계를 포함하는 물체 인식 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,
상기 실내 온도를 획득하는 단계는, 상기 압전 소자에 연결되어 상기 압전 소자의 온도를 측정하는 상기 온도 센서를 이용하는,
물체 인식 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,
상기 압전 소자를 제어하는 단계는, 상기 압전 소자에 PWM(Pulse Width Modulation) 제어 신호를 전송하여 상기 압전 소자의 온도가 미리 정해진 온도에 도달하도록 하는,
물체 인식 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,
상기 압전 소자를 제어하는 단계는, PID(Proportional-Integral-Differential) 제어를 통해 수행되는,
물체 인식 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,
상기 물체 인식 모델은, 상기 로봇 암에 의해 쥐어진 물체의 온도 변화와 쥐어진 물체의 식별 정보를 포함하는 학습 데이터를 통하여, 입력된 온도 값들에 대응하는 물체의 식별 정보를 출력하도록 학습된 인공 신경망 기반의 모델인,
물체 인식 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 물체의 열전도율(thermal conductivity)을 기반으로 물체를 인식하는 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 물체마다 상이한 열전도율 특성을 이용하여 온도 센서를 통해 접촉된 물체로부터 획득한 열전도율 정보를 기반으로 물체를 분류하거나 인식하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 인간의 손(hand)은 다양한 타입의 수용기들(receptors)을 통하여 물체를 감지하는 중요한 기관이다. 인간의 피부의 층(layers) 내의 수용기들은 열적(thermal) 메커니즘, 기계적(mechanical) 메커니즘, 및 화학적(chemical) 메커니즘을 통해 물체를 식별하는 과정에서 중요한 역할을 수행한다. 이러한 메커니즘들은 활성화된 수용기들에 의해 전기적인 신호를 생성하고 처리하는 인간의 촉지각(tactile perceptions)에 포함된다.

[0003] 로봇(robot)의 경우, 다양한 센서들이, 인간의 수용기들을 모방(imitating)함으로써, 물체의 인식과 지각(perception)을 위해 이용된다. 압전 소자(piezoelectric sensor), 용량형 센서(capacitive sensor), 및 마찰 전기 센서(triboelectric sensor)가 인공적인 촉지각을 제공하기 위하여 이용될 수 있다. 그러나, 압력/힘 센서(pressure/force sensors)를 통해 획득된, 사이즈(size), 질감(texture), 및 형상(shape)과 같은 물리적인 정

보는 물체를 분류하기에 충분한 정보를 제공하지 못한다.

[0004] 이에, 본 발명에서는 접촉되는 물체의 열전도율을 측정하고, 측정된 열전도율에 기초하여 해당 물체를 식별하거나 분류하는 장치 및 방법을 제공하고자 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제2334111호 (2021.12.02. 공고)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 열전도율을 이용하여 접촉 물질의 전달 함수 차이를 이용하여 얻은 신호를 학습시켜 물체를 인식하는 물체 인식 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따른 열전도율 기반의 물체 인식 장치와 물체 인식 방법이 개시된다.

[0008] 상기 물체 인식 장치는 로봇 암(robot arm)에 의해 물체를 쥐는 동작이 수행될 때 물체와 직접적으로 접촉하도록 상기 로봇 암의 핑거 팁(finger tip)에 위치하는 열전 소자, 상기 열전 소자의 온도를 측정하는 온도 센서, 상기 열전 소자의 온도를 제어하고 상기 온도 센서의 측정 값에 대응하는 온도를 산출하는 마이크로컨트롤러, 및 상기 로봇 암의 동작을 제어하는 제1 트리거 신호와 상기 마이크로컨트롤러를 제어하는 제2 트리거 신호를 출력하는 컴퓨팅 장치를 포함한다.

[0009] 상기 물체 인식 방법은 상술한 물체 인식 장치에 의해 수행되고, 온도 센서를 이용하여 압전 소자의 온도를 측정하여, 실내 온도(room temperature)를 획득하는 단계, 상기 압전 소자의 온도가 상기 실내 온도 보다 높게 되도록 상기 압전 소자를 제어하는 단계, 상기 압전 소자의 온도를 제어하는 동작을 중단하고 로봇 암이 물체를 쥐도록 상기 로봇 암을 제어하는 단계, 상기 로봇 암의 핑거 팁에 설치된 상기 온도 센서를 이용하여 상기 물체의 온도 변화를 측정하는 단계, 및 상기 물체의 온도 값들을 물체 인식 모델에 입력하여, 상기 물체를 분류하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0010] 본 발명의 실시예에 따른 열전도율 기반 물체 인식 장치 및 방법에 의한 경우, 상온에서 온도가 세팅되어 있는 열전 소자로 물체를 잡고 센서로 온도 변화를 감지하여, 물체 고유의 열전도된 온도 변화를 학습시켜 물체 분류를 가능하게 한다.

[0011] 또한, 본 발명에 의한 경우, 로봇 손가락으로 물체를 문지르거나 슬립시키지 않아도 잡는 순간 열전 소자와 센서를 통해 물체 분류를 가능하게 한다.

도면의 간단한 설명

[0012] 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 상세한 설명이 제공된다.

도 1은 환경(environment)과 물체에 대한 정보를 획득하는 과정을 설명하기 위한 개념도이다.

도 2는 제안하는 SFD의 구조로써, (a) 제작된 SFD, (b) TED-RTD 모듈의 구조, 및 (c) 실리콘에 TED-RTD 모듈의 설치 과정을 도시한다.

도 3은 전체 시스템 구조를 도시한다.

도 4는 제안하는 분류기로 채용된 1D-CNN 모델의 구조를 도시한다.

도 5는 데이터 획득과 학습 세션을 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 본 명세서에 게시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태들로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되지 않는다.
- [0014] 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서에서 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 특정한 개시 형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.
- [0015] 제1 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 벗어나지 않은 채, 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고 유사하게 제2 구성 요소는 제1 구성 요소로도 명명될 수 있다.
- [0016] 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성 요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는 중간에 다른 구성 요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성 요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0017] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 본 명세서에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0018] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0019] 이하, 본 명세서에 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다. 그러나, 특허출원의 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0020] 인간 피부의 온도(warmth)와 유사하게, 로봇의 피부(skin)에서 열을 발생시킴으로써, 물체의 열적 특징(thermal properties)에 기초하여, 물체를 감지할 수 있다. 온도 센서는 물질 내의 온도 변화(temperature variation)를 인지하기 위해 이용될 수 있다. 열전도율은 물질의 특성에 해당한다. 높은 열전도율을 갖는 금속 물체는 절연 물질(insulating materials)과 용이하게 구분될 수 있다. 따라서, 온도 센서와 시스템은 온도 변화를 감지하고 그들의 열전도율에 기초하여 물체를 구분할 수 있다.
- [0021] 온도 센서의 디자인과 제작을 위해, 물질 특성(material properties), 표면 형태(surface morphology), 및 접촉 압력(contact pressure)과 같이 열전도율에 영향을 미치는 다양한 요인(factors)을 고려하여야 한다. 적절히 디자인된 온도 센서로, 접촉 영역(contact area)을 일정하게 만들 수 있다. 또한, 온도 센서 및 압력/힘 센서와 결합된 멀티모달 센서(multimodal sensors)는 추가적인 정보를 제공할 수 있고 물체 분류의 정확도를 향상시킬 수 있다. 그러나, 멀티모달 센서는 복잡한 구조와 제조 기법을 갖는다. 진보된 알고리즘을 갖는 시스템 내의 유니모달 온도 센서(unimodal temperature sensors)는 이러한 제약을 극복할 수 있다. 또한, 딥러닝(deep learning)과 같은 진보된 알고리즘은 특징(features)을 추출하고, 미가공 센서 데이터(raw sensor data)로부터 풍부하고 유용한 내부 표현(rich and useful internal representations)을 발견할 수 있다. 이를 통해, 쓰레기 분리(garbage sorting)와 같이 다양한 양상의 물체를 식별하는 것이 가능하다.

- [0022] 게다가, 촉각 인지 프로세스(tactile recognition process)와 신경망(neural network)을 모방함으로써, 인간의 정확도를 앞설 수 있다. 다양한 신경망 기반의 모델들 중에서, CNN(Convolutional Neural Network, 합성곱 신경망)-기반 모델들은 데이터의 차원 구조(dimensional structure)를 고려하고 그들의 고유한 특징들(unique features)을 추출할 수 있다. 온도 센서 데이터는 시간에 따라 변동한다. CNN-기반 모델들 중에서, 특히 1D-CNN은 고정된 길이의 시간-기반 데이터(fixed-length time-based data)로부터 특징을 추출하기에 적절할 수 있다. 실제로, 1D-CNN 딥러닝 모델은 심방세동(atrial fibrillation)의 감지에 이용되고 있다. 그러나, 본 발명이 학습 모델의 종류나 구조에 제한되는 것은 아니며, 실시예에 따라 CNN이 아닌 다른 신경망 모델을 이용할 수 있으며, CNN 모델의 구조 역시 다양하게 변경이 가능하다.
- [0023] 본 발명에서, 물체는 제안하는 온도 센서 모듈을 이용하는 머신 러닝(machine learning)에 기초하여 분류될 수 있다. 도 1은 주변 환경(environment) 및/또는 물체에 대한 정보를 획득하는 과정을 설명하기 위한 개념도이다. 특히, 시스템은, 로봇의 그리퍼(robotic gripper)에 마운트된 실리콘 핑거 코트(silicone finger cot) 내에 내장된 유연한 TED(thermoelectric device, 열전 장치 또는 열전 소자로 명명될 수 있음)와 RTD(resistance temperature detector, 저항측온기) 센서를 포함하는 모듈로 구성될 수 있다.
- [0024] 다음으로, 다양한 딥러닝 모델들 중에서, CNN, 특히 1D-CNN을 인공지능 모델로 채용할 수 있다. 온도는 시계열 데이터(time series data)이고 1차원으로 표현이기 때문이다. 제안하는 시스템은 환경과 물체에 대한 열 정보(thermal information)를 연속적으로 획득하는 RTD 센서를 이용한다. 획득된 데이터는 물체와 모듈 사이의 온도 차이(temperature difference)에 의한 열전달(heat transfer)에 의해 생성된다. 모듈은 펠티에 효과(Peltier effect)를 이용하여 원하는 온도에서 열을 생성하는 TED를 이용하여 미리 가열될 수 있다.
- [0025] **Structure of SFD**
- [0026] SFD(Smart Finger Device, 제안하는 장치의 일부로써, 로봇의 핑거 (구조) 등으로 명명될 수 있음)는 실리콘 핑거 코트에 부착된 TED(유연성을 가질 수 있으며, 실험을 위해 본 발명에서는 Tegway Co., Ltd. 사의 제품을 사용함) 센서와 RTD(온도 센서, 열 정보 획득 장치 등으로 명명될 수 있으며, 실험을 위해 본 발명에서는 DM-504, PT1000, LABFACILITY Co., Ltd. 제품을 사용함) 센서를 구비한 모듈로 구성될 수 있다(도 2의 (a) 참조). 예시적으로, 제작된 TED 센서(열전 소자를 의미할 수 있음)와 RTD 센서(온도 센서를 의미할 수 있음)의 크기는 각각 10mm×10mm(width×length)와 1mm×3mm(width×length)이다.
- [0027] RTD 센서는, 열적 값들(thermal values)을 감지함으로써, TED에서의 온도 변화(temperature variation)를 획득하기 위해 이용된다. RTD 센서는 (PET(polyethylene terephthalate) 테이프를 이용하여) TED에 부착될 수 있다(도 2의 (b) 참조). 따라서, RTD 센서는 TED의 온도를 감지할 수 있다.
- [0028] 실리콘 핑거 코트는 TED-RTD 모듈을 위해 제작될 수 있다. 실리콘 핑거 코트를 위한 몰드(mold)는 솔리드웍스 소프트웨어(Solidworks software, Dassault Systems Solidworks Co.)를 이용하여 디자인되고, CNC(computer numeric control) 커터(cutter)와 밀링 머신(milling machine, DNM-500, Hyundai Doosan Infracore Co., Ltd.)을 이용하여 제작될 수 있다. 내구성을 가진 잘 늘어나는(stretchable) 실리콘 용액(Dragon Skin 10 A/B, Smooth-On, Inc.)이, 50wt%의 비율로 혼합되어 사용될 수 있다. 혼합된 실리콘 용액은 몰드에 부어지고, 자연순 환건조기(natural convection oven, HQ-D084, CORETECH) 내에서, 80℃에서 1.5 시간동안 경화될(cured) 수 있다. 다음으로, 실리콘 핑거 코트는 몰드에서 제거된다. TED-RTD 모듈은 실리콘 핑거 코트에 설치될 수 있다(도 2의 (c) 참조). 결국, TED는 로봇 그리퍼의 핑거 팁에 위치하여 로봇의 그리퍼가 물체를 쥐었을 때, 핑거 팁과 물체 사이에 위치할 수 있다. 이때, TED는 물체와 직접적으로 접촉할 수 있다.
- [0029] **Operation of the system**
- [0030] 전체 시스템(물체 인식 장치로 명명될 수도 있음)은 로봇 암(robot arm), 그리퍼(KINOVA JACO KG-3, KINOVA, Inc.), 적어도 하나의 SFD, 및 임베디드 보드(embedded board)로 구성될 수 있다(도 3 참조).
- [0031] SFD는 그리퍼(gripper)의 핑거들 중 어느 하나의 핑거에 설치될 수 있다. 여기서, 도 3에는 3 개의 핑거들이 도시되어 있으나, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니다. 실시예에 따라, 2개 이상의 SFD가 구현될 수 있다. 이 경우, SFD들 각각은 핑거들 중 어느 하나의 핑거에 설치됨으로서, SFD가 설치된 적어도 2 개의 SFDs를 이용하여 물체를 움켜질 수 있다.
- [0032] 일 실시예에 따르면, (임베디드) 보드는 마이크로컨트롤러(ATMEGA328P-AU, Microchip Technology, Inc.)와 TED-RTD 모듈을 위한 모터 드라이버(VNH2SP30, two channels, Pololu Corp.)를 포함할 수 있다.

- [0033] 마이크로컨트롤러(제어기나 제어부로 명명될 수도 있음)는 소정의 전원 공급 장치, 예컨대 리튬-이온 폴리머 배터리(lithium-ion polymer battery)에 의해 전원을 공급받을 수 있다. 그러나, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0034] 모터 드라이버는 소정의 전원 공급 장치, 예컨대 외부 DC 파워 서플라이(MK3003P, MKPOWER Co., Ltd.)를 이용하여 동작할 수 있다. 그러나, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니다. 또한, 모터 드라이버는 복수 개로 구현될 수 있으며, 각각 대응되는 TED 센서를 구동하기 위한 (PWM) 신호를 생성 및/또는 전송할 수 있다. 다른 예로, 하나의 모터 드라이버가 복수의 TED 센서를 제어하는 것도 가능하다.
- [0035] 마이크로컨트롤러에서, RTD 센서들의 저항 변화(resistance variations)를 측정하기 위하여, ADC(analog-to-digital converter, 아날로그-디지털 컨버터)가 더 구비될 수 있다. 저항 변화는 온도-저항 테이블(temperature-resistance table)을 이용하여 온도 값으로 변환될 수 있다.
- [0036] TED 센서의 온도는, 마이크로컨트롤러에 의해서, PID 제어(proportional-integral-differential control)를 통해 제어될 수 있다. 모터 드라이버는 PWM 기법(pulse-width-modulation method)을 이용하여 TED를 제어한다.
- [0037] 전체 시스템은 컴퓨터(또는 컴퓨팅 장치)를 이용하여 동작할 수 있다. 즉, 로봇 암과 그리퍼는 소정의 통신 방식, 예컨대 HDX(half-duplex) 시리얼 버스 통신을 통해 제어되고, 센서 출력 데이터는 소정의 통신 방식, 예컨대 마이크로컨트롤러로부터의 FDX(full-duplex) 시리얼 버스 통신을 통해 저장될 수 있다. 적어도 프로세서(processor) 및/또는 메모리(memory)를 포함하는 컴퓨팅 장치는 PC(Personal Computer), 서버(server), 랩탑 컴퓨터, 태블릿 PC, 스마트폰(smart phone) 등을 포함한다. 여기서, 전체 시스템은 물체 인식 장치로 명명될 수 있다. 다른 예로, 전체 시스템의 적어도 일부 구성, 예컨대, 컴퓨팅 장치, 마이크로컨트롤러, ADC, 모터 드라이버, RTD 센서, 및 TED 센서 중 적어도 일부만이 물체 인식 장치로 명명되는 것도 가능하다.
- [0038] 물체 인식 장치의 동작 방법이나 물체 인식 방법에 해당하는 시스템의 동작은, 온도 감지(Temperature sensing), 온도 제어(Temperature control), 및 물체 쥐기 및 온도 측정(Object grasping & temperature measurement)의 단계들로 이루어 진다. 단계별 구체적인 설명은 다음과 같다.
- [0039] 1) 온도 감지(Temperature sensing): RTD 센서들이 초기 실온(initial room temperature)을 감지한다. 보다 구체적으로, RTD 센서에 의해 센싱된 값들은 (ADC를 경유하여) 마이크로컨트롤러로 전송되고, 마이크로컨트롤러는 센싱된 값들에 대응하는 온도 값을 결정한 후 결정된 값들을 컴퓨팅 장치로 전송할 수 있다.
- [0040] 2) 온도 제어(Temperature control): 로봇 핑거들의 팁(tips)에 위치한 각 TED의 온도가 상온보다, 상대적으로 높게 제어된다. 상대적으로 높다라는 것은 상온보다 미리 정해진 수치만큼 또는 미리 정해진 비율만큼 높음을 의미할 수 있다. 보다 구체적으로, 마이크로컨트롤러는 (PID 제어를 통해) TED의 온도가 실온보다 높은 온도를 갖도록 제어 신호를 출력하고, 모터 드라이버는 마이크로컨트롤러의 제어 신호에 대응되는 PWM 신호를 TED 센서로 출력함으로써, TED 센서의 온도는 미리 정해진 온도까지 상승할 수 있다. PID 제어를 통해, 목표 온도까지 TED 센서의 온도가 상승한 경우, TED 센서의 온도를 유지하기 위한 제어가 수행될 수 있다.
- [0041] 3) 물체 쥐기 및 온도 측정(Object grasping & temperature measurement): 로봇 그리퍼가 물체를 쥐기 전에, 컴퓨터는 임베디드 보드와 로봇 암 모두에게 (개별적으로) (제어) 신호를 전송한다. 임베디드 보드(보다 구체적으로는 마이크로컨트롤러)로 전송된 트리거 신호(trigger signal)은 TED 온도의 유지 제어를 턴오프한다. 즉, TED 온도에 대한 추가적인 제어는 수행되지 않는다. (동시에) 로봇(보다 구체적으로는 로봇 암)으로 전송된 트리거 신호에 따라, 로봇 그리퍼는 물체를 쥐는 동작을 수행한다. 로봇 그리퍼는 소정의 프로그램(예컨대, Microsoft Visual Studio 2019, Microsoft Co.)을 이용하여 제어될 수 있다.
- [0042] RTD 센서들은, 물체로 전달되는 열로 인하여 발생하는 TED 센서의 온도 변화를 측정한다. 특히, 각 SFD에 내장된 TEDs는 물체와 접촉하고, TEDs의 표면 열은 물체로 전달된다. 수초 후 또는 미리 정해진 시간이 경과된 후, 로봇의 그리퍼는 물체를 해제한다(즉, 물체에 대한 쥐기 동작을 해제한다). 이때에도, RTD 센서에 의해 측정된 값들은 (ADC를 경유하여) 마이크로컨트롤러로 전송되고, 마이크로컨트롤러는 측정된 값들에 대응하는 온도 값을 컴퓨팅 장치로 전송할 수 있다.
- [0043] 이후, 컴퓨팅 장치는 수신된 온도 값들의 변화를 이용하여 대상 물체를 식별하거나 분류할 수 있다. 실시예에 따라, 컴퓨팅 장치는 사전에 학습된 물체 분류 모델에 수신된 온도값들을 입력함으로써 대상 물체를 분류할 수 있다. 물론 입력 데이터에 대한 전처리 동작이 선행될 수 있다.
- [0044] **Data preprocessing**

[0045] RTD 센서 데이터는, 로봇의 그리퍼가 물체를 질 때, 두 개의 스텝으로 전처리될 수 있다. 제1 스텝은 두 SFDs로부터의 각 센서의 데이터(S_1 과 S_2)를 연결(connect)하는 것이다(물론, 하나의 SFD만이 구현되는 경우에는 데이터를 연결하는 동작은 불필요할 수 있음). 제2 스텝은 계산 시간을 감소시키기 위하여 데이터에 대한 폴리핏(polyfit, polynomial fit)을 수행하는 것이다. 일반적으로, 데이터를 입력하기 위한 두 가지 방법, 즉 멀티 인풋(multi-input)과 각 데이터를 하나의 입력으로 연결(concatenating)하는 방법이 존재한다. 데이터는 레이어를 다운사이징하기 위해 연결되고, 풍부한 내부적인 표현(affluent internal representations)을 이용할 수 있다. 데이터는 다음 수학적 식 1과 같이 연결된다.

[0046] [수학적 식 1]

[0047]
$$S_{concat} = S_1 \oplus S_2$$

[0048] 수학적 식 1에서, S_{concat} , S_1 , 및 S_2 는 각각 Numpy library의 concatenate function을 이용한 집적된(또는 연결된) 센서 데이터, 센서 1(제1 RTD 센서)로부터의 데이터, 및 센서 2(제2 RTD 센서)로부터의 데이터를 나타낸다. 각 센서로부터 2000 피스(pieces)의 데이터가 수집될 수 있고, 따라서, 4000 데이터 포인트가, 단일 입력으로써, 연결된다. 다음 스텝은, Numpy library로부터의 폴리핏 함수(polyfit function)를 이용하여, S_{concat} 를 재구성함으로써, 계산 시간과 데이터의 양(amount of data)을 감소시키는 것이다. 데이터의 양을 감소시키고 내부적인 표현을 추출하기 위해 이용되는 온도 요소(temperature component) T 에서의 변동은, 다항식(polynomial equation)으로 표현되는 수학적 식 2와 같다.

[0049] [수학적 식 2]

[0050]
$$T = \sum_{k=0}^{P_d} a_k x^k$$

[0051] 수학적 식 2에서, P_d , a_k , 및 x^k 는 각각 재구성된 함수(reconstructed function)의 다항식 차수(polynomial degree), k 번째 다항식 차수(polynomial order)의 계수(coefficient), 및 제안하는 다항식(polynomial equation)의 변수를 나타낸다. 데이터는 순차적으로 상기 두 개의 스텝을 수행함으로써 전처리된다(pre-processed). 제안하는 전처리된 입력 데이터는, 다항식 함수(polynomial function)로부터, 규칙적인 구간 포인트(regular interval points)로, 1000 데이터 포인트를 추출하였다. 전처리된 데이터 포인트는, 이러한 스텝들을 통하여, 4000에서 1000 데이터 포인트로 변환될 수 있다.

[0052] **Artificial neural network(ANN)**

[0053] 인공 신경망(ANN)은 물체를 분류할 수 있다(도 4 참조). 1×1000 이 폴리핏된(poly-fitted) 시계열 기반 온도 변화 데이터를 입력 데이터로 이용하기 때문에, 1D-CNN이 학습 모델로 이용될 수 있다. 이는 학습 시간을 줄이고 정확도를 향상시킬 수 있다. CNN은, 전형적으로, 3 개의 레이어들(layers), 즉 합성곱 레이어(convolutional layer), 풀링 레이어(pooling layer), 및 완전 연결 레이어(fully connected layer)로 구성된다. 각 합성곱 레이어 내의 커널(kernels)의 개수와 크기는 각각 16-32-32 및 3일 수 있다. 합성곱 레이어의 스트라이드(stride size)는 3일 수 있다. 맥스-풀링 레이어(max-pooling layer)가, 차원 축소(dimensionality reduction)를 위해, 적어도 하나의 합성곱 레이어의 후단에 추가될 수 있다. 제안하는 합성곱 레이어와 풀링 레이어는 반복적으로 연결되어 3 개의 은닉 레이어(hidden layers)를 형성할 수 있다. 플랫 레이어(flattened layer)가 3 개의 합성곱-맥스 풀링 레이어 후단에 추가될 수 있다. 완전 연결 레이어는 입력과 출력 사이의 표현을 맵핑할 수 있다. 레이어를 플랫한(flattening) 후, 0.35의 스케일(scale)을 갖는 드롭아웃(dropout) 레이어와 1000-400-100의 사이즈를 갖는 은닉 레이어로 구성된 MLP(multilayer perceptron, 다층 퍼셉트론) 레이어가 결합될 수 있다. 드롭아웃 레이어는 과적합(overfitting)을 방지하기 위해 추가될 수 있다. 학습을 위해 선택된 옵티마이저(optimizer)는 Adam(adaptive moment estimation)을 이용할 수 있다. 소프트맥스 함수(softmax function)는 물체의 클래스를 분류하기 위한 복수의 출력(예컨대, 10 개의 출력)을 갖는 1D-CNN의 마지막 레이어를 구성할 수 있다. ReLU(rectified linear unit)가 활성화 함수(activation function)으로 이용될 수 있다. 실험에서, 1D-CNN 모델을 위한 적절한 배치 사이즈(batch size)는 64였다. 제안 시스템의 모델 학습에는 Python(Phthon 3.8.11), CPU(Intel Core i9-10900 CPU, Intel Corp.), RAM(DDR43200 MHz 32G RAM, Samsung Electronics Co., Ltd.), 그리고 GPU(Nvidia Geforce RTX 3070 GPU, Nvidia Corp.)를 이용하였다. 상기하고 같이, 소정의 학습 데이터를 이용하여 신경망 모델을 학습함으로써, 물체 분류 모델을 생성할 수 있고, 컴퓨팅

장치는 생성된 물체 분류 모델에 감지된 온도 값들을 입력함으로써, 대상 물체를 식별 또는 분류할 수 있다. 이때의 학습 데이터는 소정의 물체들에 대한 온도 값들(해당 물체에 대한 라벨을 더 포함할 수 있음)을 포함할 수 있다. 즉, 소정의 온도로 유지된 물체를 로봇의 그리퍼로 잡았을 때의 온도 변화값들과 물체의 식별 정보가 하나의 학습 데이터를 이룰 수 있다.

[0054] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성 요소, 소프트웨어 구성 요소, 및/또는 하드웨어 구성 요소 및 소프트웨어 구성 요소의 집합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성 요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, ALU(Arithmetic Logic Unit), 디지털 신호 프로세서(Digital Signal Processor), 마이크로컴퓨터, FPA(Field Programmable array), PLU(Programmable Logic Unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(Operation System, OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(Processing Element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(Parallel Processor)와 같은, 다른 처리 구성(Processing Configuration)도 가능하다.

[0055] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(Computer Program), 코드(Code), 명령(Instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(Collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성 요소(Component), 물리적 장치, 가상 장치(Virtual Equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(Signal Wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(Embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0056] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(Magnetic Media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(Optical Media), 플롭티컬 디스크(Floptical Disk)와 같은 자기-광 매체(Magneto-optical Media), 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

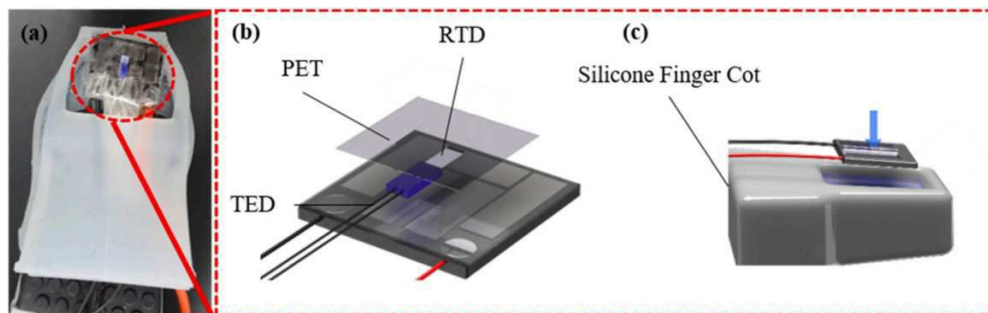
[0057] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성 요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성 요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

도면

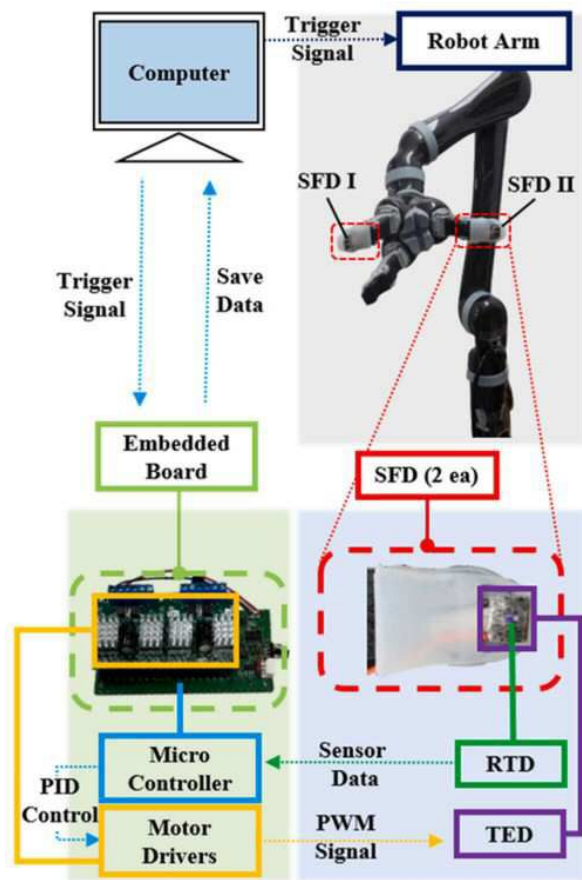
도면1



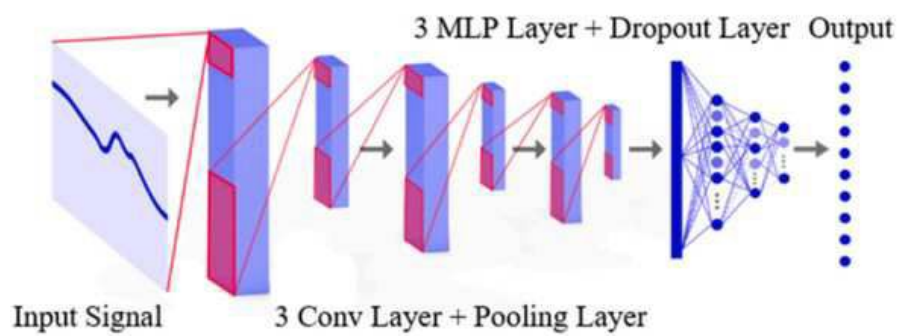
도면2



도면3



도면4



도면5

