



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0129919

(43) 공개일자 2015년11월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 5/11 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0056528

(22) 출원일자 2014년05월12일

심사청구일자 2014년05월12일

(71) 출원인

국립대학법인 울산과학기술대학교 산학협력단

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

배준범

울산 울주군 범서읍 구영로 75-25, 105동 303호
(울산구영동문굿모닝힐)

박연규

인천 부평구 부평대로278번길 42, 102동 1106호
(갈산동, 한국아파트)

이정수

경기 고양시 덕양구 용현로 20, 301동 901호 (행
신동, 무원마을3단지아파트)

(74) 대리인

장한특허법인

전체 청구항 수 : 총 11 항

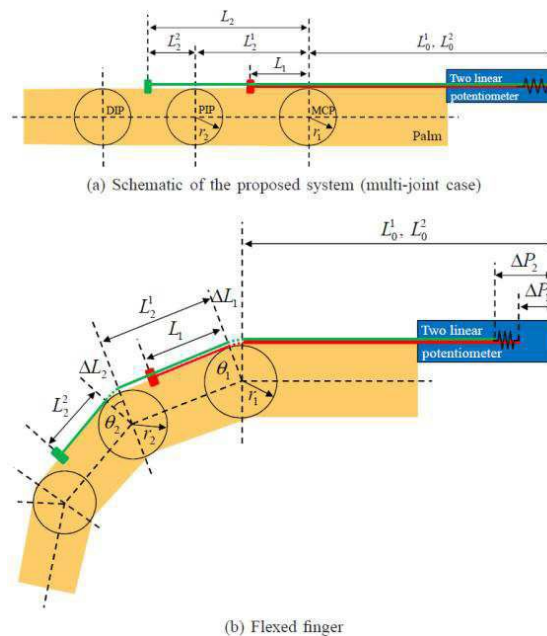
(54) 발명의 명칭 손가락 움직임 측정 시스템 및 측정 방법

(57) 요약

본 발명은, 손가락의 제한된 공간에도 불구하고 손가락의 관절 각도를 비교적 쉽게 측정가능하고, 또한 손의 자연스러운 움직임을 방해하지 않을 정도로 충분히 가볍고 컴팩트한 손가락 움직임 측정 시스템 및 측정방법을 제공하는 것을 그 기술적 과제로 하고 있다.

(뒷면에 계속)

대표도 - 도4



이러한 기술적 과제를 달성하기 위하여, 장갑을 착용한 사용자의 손가락 움직임을 측정하기 위한 측정방법은, 손가락 각각에 대하여 중간마디뼈와 첫째마디뼈(middle and proximal phalanxes)에 각각 대응하는 상기 장갑 상의 위치에 제1 및 제2 가요성 와이어 각각의 일단을 부착하는 단계; 손가락의 움직임에 따라 상기 제1 및 제2 가요성 와이어들 각각이 장력을 유지하면서 전후 이동가능하게 상기 제1 및 제2 가요성 와이어들 각각의 타단을 센싱 모듈에 연결하는 단계; 및 상기 센싱 모듈에 의하여 상기 제1 및 제2 가요성 와이어들 각각의 이동 거리를 측정하는 단계를 포함하여 이루어지고, 상기 측정된 각각의 이동 거리에 기초하여 손가락 내의 해당 관절의 회전 각도를 계산하는 것을 특징으로 한다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345201021

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 재단법인 한국연구재단

연구사업명 글로벌프론티어사업

연구과제명 손가락 및 손바닥의 파지 역감 생성 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 국립대학법인 울산과학기술대학교 산학협력단

연구기간 2013.09.01 ~ 2014.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

손가락의 움직임을 측정하기 위한 시스템(100)으로서,

사용자로 하여금 착용하도록 구성된 장갑(10),

손가락의 움직임에 따라 이동 가능하도록 구성되며, 상기 장갑에 일단이 부착된 소정 길이의 제1 및 제2 가요성 와이어(20), 및

상기 제1 및 제2 가요성 와이어 각각의 타단이 연결되도록 구성되고, 상기 각각의 가요성 와이어의 장력을 유지하기 위한 탄성부재를 각각 갖는 제1 및 제2 선형 포텐서미터를 포함하는 센싱 모듈(30)

을 포함하여 이루어지고,

상기 제1 가요성 와이어의 일단은 손가락의 제1 관절와 제2 관절 사이의 지점에 대응하는 장갑 지점에 부착되고, 상기 제2 가요성 와이어의 일단은 손가락의 제2 관절와 제3 관절 사이의 지점에 대응하는 장갑 지점에 부착되고,

상기 제1 및 제2 관절의 각도는, 손가락의 움직임에 따라 상기 가요성 와이어 및 상기 센싱 모듈의 선형 포텐서미터에 의해 측정되는 상기 부착된 지점의 변화된 거리로부터 계산되는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 및 제2 가요성 와이어와 상기 센싱 모듈은 손가락 하나당 설치되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 센싱 모듈은 손 등에 대응하는 장갑 지점에 위치되는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 센싱 모듈의 탄성부재는 선형 스프링인 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제1, 제2, 제3 관절은 각각 근위지절간(PIP) 관절, 중수지절(MCP) 관절 및 원위지절간(DIP) 관절인 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 6

장갑을 착용한 사용자의 손가락 움직임을 측정하기 위한 측정방법으로서,
 손가락 각각에 대하여 중간마디뼈와 첫째마디뼈(middle and proximal phalanxes)에 각각 대응하는 상기 장갑 상의 위치에 제1 및 제2 가요성 와이어 각각의 일단을 부착하는 단계;
 손가락의 움직임에 따라 상기 제1 및 제2 가요성 와이어들 각각이 장력을 유지하면서 전후 이동가능하게 상기 제1 및 제2 가요성 와이어들 각각의 타단을 센싱 모듈에 연결하는 단계; 및
 상기 센싱 모듈에 의하여 상기 제1 및 제2 가요성 와이어들 각각의 이동 거리를 측정하는 단계
 를 포함하여 이루어지고,
 상기 측정된 각각의 이동 거리에 기초하여 손가락 내의 해당 관절의 회전 각도를 계산하는 것을 특징으로 하는 손가락 움직임 측정방법.

청구항 7

제6항에 있어서,
 상기 센싱 모듈은 손 등에 대응하는 장갑의 지점에 위치되도록 구성되는 손가락 움직임 측정방법.

청구항 8

제6항에 있어서,
 상기 제1 및 제2 가요성 와이어들 각각의 장력은 상기 센싱 모듈 내에 설치된 탄성 부재에 의하여 일정하게 유지되는 손가락 움직임 측정방법.

청구항 9

제8항에 있어서,
 상기 탄성 부재로서 선형 스프링이 사용되는 손가락 움직임 측정방법.

청구항 10

제6항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,
 상기 제1 및 제2 가요성 와이어들 각각의 이동 거리는 상기 센싱 모듈 내에 설치된 제1 및 제2 선형 포텐서미터들 각각에 의하여 측정되는 손가락 움직임 측정방법.

청구항 11

제6항에 있어서,
 상기 센싱 모듈의 프레임은 나일론 재질로 급속 프로토타입 기술(rapid prototyping technology)에 의해 제조되는 손가락 움직임 측정방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 손가락 움직임 측정 시스템 및 측정방법에 관한 것으로서, 특히 손가락 움직임에 따라 달라지는 위치

[0001]

관계를 알 수 있게 해주는 손가락 움직임 측정 시스템에 및 측정방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 손은 촉각 센싱의 가장 풍부한 소스들 중 하나에 해당하기 때문에, 손 없이는 정교하고 복잡한 조작이 달성될 수 없다. 손에 대한 착용가능 시스템의 개발을 위하여는, 비구속적인 손 움직임(unconstrained hand motion)의 분석이 선행되어야만 한다. 단순한 시스템으로 손가락 움직임을 측정하기 위한 광범위한 연구가 수행되어 왔다.
- [0003] 먼저, 광학 선형 엔코더(OLE)를 사용한 유사한 접근법이 시도되었지만, 손가락에 부착된 엔코더 및 광학 엔코더 용 굵고 넓은 와이어 케이블은 손가락의 자연스러운 움직임을 방해할 수 있다.
- [0004] 또한, 3차원 자기 위치 센서가 손가락 관절 각도 측정에 적용되었으며, 이들은 손가락의 움직임을 3차원으로 측정할 수 있었다. 그러나, 요구되는 주변장치들이 비구속적 손의 움직임에 장애물이 될 수 있다.
- [0005] 그리고, 광섬유 센서 또한 각도 측정을 위해 사용되었다. 광섬유 센서는 쉬운 착용을 위한 장갑에 부착되었지만, 광 센서는 관절 각도를 측정하기 위하여 신중하게 구부려져야만 한다. 아울러, 레이저 다이오드 및 광학 파워계와 같이 요구되는 주변장치들에 의해 그 이동성이 극히 제한되었다.
- [0006] 한편, 가요성 저항이 상업적으로 이용가능하며 해상도와 반복성에 있어서 양호한 성능을 보여주고는 있지만, 비용 측면에서 비효율적이고 손 외골격 시스템과 같은 다른 시스템과의 통합이 어렵다.
- [0007] 이와 같이, 광학 엔코더, 자기 위치 센서, 광섬유 센서 및 가요성 저항 등을 이용한 시도가 행해져 왔지만, 손의 제한된 공간으로 인하여, 컴팩트하고 단순한 측정 시스템 - 이는 비구속적으로 손가락의 움직임을 측정할 수 있어야만 함 - 이 완전히 개발되었다고는 볼 수 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은, 손가락의 제한된 공간에도 불구하고 손가락의 관절 각도를 비교적 쉽게 측정가능하고, 또한 손의 자연스러운 움직임을 방해하지 않을 정도로 충분히 가볍고 컴팩트한 손가락 움직임 측정 시스템 및 측정방법을 제공하는 것을 그 기술적 과제로 하고 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 이러한 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명에 의한 손가락 움직임 측정용 시스템은, 사용자로 하여금 착용하도록 구성된 장갑, 손가락의 움직임에 따라 이동 가능하도록 구성되며, 상기 장갑에 일단이 부착된 소정 길이의 제1 및 제2 가요성 와이어, 및 상기 제1 및 제2 가요성 와이어 각각의 타단이 연결되도록 구성되고, 상기 각각의 가요성 와이어의 장력을 유지하기 위한 탄성부재를 각각 갖는 제1 및 제2 선형 포텐서미터를 포함하는 센싱 모듈을 포함하여 이루어지고, 상기 제1 가요성 와이어의 일단은 손가락의 제1 관절과 제2 관절 사이의 지점에 대응하는 장갑 지점에 부착되고, 상기 제2 가요성 와이어의 일단은 손가락의 제2 관절과 제3 관절 사이의 지점에 대응하는 장갑 지점에 부착되고, 상기 제1 및 제2 관절의 각도는, 손가락의 움직임에 따라 상기 가요성 와이어 및 상기 센싱 모듈의 선형 포텐서미터에 의해 측정되는 상기 부착된 지점의 변화된 거리로부터 계산되는 것을 특징으로 한다.
- [0010] 상기 제1 및 제2 가요성 와이어와 상기 센싱 모듈은 손가락 하나당 설치되도록 구성된다.
- [0011] 상기 센싱 모듈은 손 등에 대응하는 장갑 지점에 위치된다.
- [0012] 여기서, 상기 센싱 모듈의 탄성부재는 선형 스프링인 것을 특징으로 하며, 상기 제1, 제2, 제3 관절은 각각 근위지절간(PIP) 관절, 중수지절(MCP) 관절 및 원위지절간(DIP) 관절인 것을 특징으로 한다.
- [0013] 한편, 또 다른 본 발명인 장갑을 착용한 사용자의 손가락 움직임을 측정하기 위한 측정방법은, 손가락 각각에

대하여 중간마디뼈와 첫째마디뼈(middle and proximal phalanxes)에 각각 대응하는 상기 장갑 상의 위치에 제1 및 제2 가요성 와이어 각각의 일단을 부착하는 단계; 손가락의 움직임에 따라 상기 제1 및 제2 가요성 와이어들 각각이 장력을 유지하면서 전후 이동가능하게 상기 제1 및 제2 가요성 와이어들 각각의 타단을 센싱 모듈에 연결하는 단계; 및 상기 센싱 모듈에 의하여 상기 제1 및 제2 가요성 와이어들 각각의 이동 거리를 측정하는 단계를 포함하여 이루어지고, 상기 측정된 각각의 이동 거리에 기초하여 손가락 내의 해당 관절의 회전 각도를 계산하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 상기 센싱 모듈은 손 등에 대응하는 장갑의 지점에 위치되도록 구성된다.

[0015] 상기 제1 및 제2 가요성 와이어들 각각의 장력은 상기 센싱 모듈 내에 설치된 탄성 부재에 의하여 일정하게 유지되며, 상기 탄성 부재로서 선형 스프링이 사용될 수 있다.

[0016] 상기 제1 및 제2 가요성 와이어들 각각의 이동 거리는 상기 센싱 모듈 내에 설치된 제1 및 제2 선형 포텐서미터들 각각에 의하여 측정된다.

[0017] 상기 센싱 모듈의 프레임은 나일론 재질로 급속 프로토타입 기술(rapid prototyping technology)에 의해 제조될 수 있지만, 유사한 효과를 달성할 수 있는 범위 내에서는 반드시 이러한 재질과 제조방법에 한정되는 것은 아니다.

발명의 효과

[0018] 이러한 본 발명에 따른 손가락 움직임 측정 시스템 및 측정방법에 의하면, 손가락의 제한된 공간에도 불구하고 손가락의 관절 각도를 비교적 쉽게 측정가능하고, 또한 손의 자연스러운 움직임을 방해하지 않을 정도로 충분히 가볍고 컴팩트한 손가락의 굴곡/신장 움직임 측정이 가능하게 된다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 손의 해부학적 개략도,
 도 2는 손가락의 단면도,
 도 3은 본 발명에 따른 시스템의 개념도,
 도 4는 본 발명에 따른 시스템의 설계,
 도 5는 본 발명에 따른 시스템의 설계,
 도 6은 실험장치,
 도 7은 DIP 관절과 PIP 관절 사이의 관계를 나타내는 그래프,
 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 센싱 모듈의 설계,
 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 착용가능 센싱 장갑의 사진, 및
 도 10는 본 발명의 일 실시예에 따른 프로그램 인터페이스
 를 각각 나타낸다.

[주요 도면부호]

100 손가락 움직임 측정용 시스템

10 사용자 착용용 장갑 20 제1 및 제2 가요성 와이어

30 센싱 모듈 40 원통형 가이드

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발

명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0021] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

[0022] 본 발명에서는, 선형 포텐서미터, 가요성 와이어 및 선형 스프링을 사용한 손가락 움직임 측정 시스템이 제안된다. 가요성 와이어는 손가락의 배면에 부착된다. 가요성 와이어가 손가락 움직임에 의하여 움직임에 따라, 관절 각도는 가요성 와이어의 길이 변화를 측정함에 의하여 계산될 수 있다. 와이어 장력을 유지하기 위한 선형 스프링을 갖는 선형 포텐서미터는 관절 각도를 측정하기 위하여 적용된다. 근위지절간(proximal interphalangeal: PIP)의 움직임은 원위지절간(distal interphalangeal: DIP) 관절에 종속하기 때문에, 오직 두 개의 선형 포텐서미터들만이 각각의 손가락에 적용된다. 열 개의 선형 포텐서미터들과 스프링들을 포함하는 컴팩트한 센싱 모듈은 장갑에 부착된다. 단순히 이러한 장갑을 착용함에 의하여, 손가락 움직임이 사용용이한 프로그램 인터페이스로 쉽게 측정될 수 있다.

[0023] 손의 골격 구조

[0024] 손은 뼈, 근육 및 관절의 인대의 복잡한 조합으로 이루어져 있으며, 손 움직임의 방향과 범위는 이들에 의해 결정된다. 손가락 움직임을 정확하게 측정하기 위해서는 손의 해부학적 구조에 대한 이해가 요구되므로, 이에 대하여 간략하게 설명한다.

[0025] 손 움직임은 19개의 뼈, 19개의 관절 및 29개의 근육에 의해 달성된다. 엄지를 제외한 각각의 손가락은, 도 1에 도시된 바와 같이, 세 개의 뼈인 끝마디뼈, 중간마디뼈 및 첫마디뼈(distal, middle and proximal phalanx)와 세 개의 관절인 근위지절간 관절[proximal interphalangeal (PIP) joint], 중수지절관절[metacarpophalangeal (MCP) joint] 및 원위지절간 관절[distal interphalangeal (DIP) joint]를 갖는다. 엄지는 오직 두 개의 뼈인 끝마디뼈와 첫마디뼈, 그리고 두 개의 관절인 지절간관절[interphalangeal (IP) joint]과 MCP 관절을 갖는다. 중수골(Metacarpal phalanx bones)는 수근중수관절[carpometacarpal (CMC) joints]에서 손목과 만난다. PIP와 DIP 관절을 포함하는 IP 관절은 굴곡/신장(flexion/extension) 움직임을 위해 1-자유도를 갖고, MCP 관절은 굴곡/신장 및 내전/외전(abduction/adduction) 움직임을 위해 2-자유도를 갖는다.

[0026] 손에 의하여 물체를 조작하기 위해서는 통상적으로 내전/외전 움직임보다 굴곡/신장 움직임이 더 많이 요구된다. 따라서, 자연스러운 손가락 움직임을 방해하지 않는 손가락의 굴곡/신장 움직임 측정 시스템이 크게 요구된다.

[0027] 시스템 구성

[0028] 굴곡/신장 움직임을 위한 손가락의 단면은 도 2에 도시된 바와 같다. 각 손가락 요소의 길이인 C_1 , C_2 , C_3 는 미리 측정될 수 있으며, 손가락 팁의 위치는, 관절 각도 θ_1 , θ_2 , θ_3 가 측정되는 경우, 다음 식과 같이 표현될 수 있다.

수학식 1

$$x = C_1 \cos(\theta_1) + C_2 \cos(\theta_2) + C_3 \cos(\theta_3)$$

수학식 2

$$y = C_1 \sin(\theta_1) + C_2 \sin(\theta_2) + C_3 \sin(\theta_3)$$

[0031] 수학식 1, 2에서와 같이 각 손가락의 굴곡/신장 움직임을 기술하기 위해서는 오직 3 개의 관절 각도만을 필요로 하지만, 손가락의 제한된 공간으로 인하여 손가락의 관절 각도를 측정하는 것이 쉽지는 않다. 또한, 각도 측정 시스템은 손의 자연스러운 움직임을 방해하지 않을 정도로 충분히 가볍고 컴팩트해야만 한다.

[0032] 앞서 설명한 바와 같이, 손가락 관절을 정확하게 측정하기 위한 많은 시도들이 있어 왔다. 즉, 광학 선형 엔코더(OLE)를 사용한 유사한 접근법에 있어서는, 손가락에 부착된 엔코더 및 광학 엔코더용 굵고 넓은 와이어 케이블은 손가락의 자연스러운 움직임을 방해할 수 있으며, 3차원 자기 위치 센서에 의한 손가락 관절 각도 측정에 있어서는, 요구되는 주변장치들이 비구속적 손의 움직임에 장애물이 될 수 있다. 또한, 광섬유 센서 이용 방법에 있어서는 광 센서가 관절 각도를 측정하기 위하여 신중하게 구부려져야만 하며, 레이저 다이오우드 및 광학 파워계와 같이 요구되는 주변장치들에 의해 그 이동성이 극히 제한되었다. 그리고, 가요성 저항을 이용한 측정에 있어서는, 비용 측면에서 비효율적이고 손 외골격 시스템과 같은 다른 시스템과의 통합이 어렵다는 문제점이 있다.

[0033] 본 발명에서는, 가요성 와이어와 선형 스프링을 갖는 선형 포텐서미터가 손가락의 굴곡/신장 움직임을 측정하도록 적용된다. 이러한 본 발명의 기본 개념은 도 3에 도시되어 있다. 이해를 돕기 위하여, 오직 하나의 관절만에 대한 예시가 동 도면에 도시되어 있다.

[0034] 도 3a(손가락 내 A 지점)에 도시된 바와 같이 가요성 와이어(가령, 낚시줄 등)를 장갑에 묶는 방법 등을 통하여 와이어가 손가락의 일정 위치에 부착될 수 있다. 손가락 관절 움직임은 고정된 관절(손가락 내 B 지점)을 중심으로 하는 회전움직임으로 고려될 수 있기 때문에, 하나의 관절의 운동학이 도 3b와 같이 표현될 수 있다. 손가락이 굽혀짐에 따라, 손가락 관절의 주름이 펴지기 때문에 연결된 선이 이동된다. 이동된 거리 ΔL 는 다음과 같이 계산된다.

수학식 3

$$\Delta L_1 = r_1 \theta_1$$

[0035]

[0036] 여기서, r_1 은 손가락 관절의 직경이며, θ_1 는 관절 각도이다. 손가락 관절의 직경은 직접적으로 측정될 수 있다. 길이 변화 ΔL_1 는 도 3c에 도시된 바와 같이, ΔP 로서 설치된 선형 포텐서미터에 의해 측정된다. 따라서, 관절 각도는 다음과 같이 계산된다.

수학식 4

$$\theta_1 = \frac{\Delta P}{r_1}$$

[0037]

[0038] 손가락이 원래 위치로 펴졌을 경우, 손가락 와이어는 포텐서미터 내에 설치된 스프링에 의해 원위치로 다시 되돌아 간다. 스프링 없이는, 도 3d에서와 같이 가요성 와이어가 늘어지게(loose) 되고 이는 시스템이 오직 한번만의 손가락 굴곡을 측정하도록 한다. 즉, 스프링은 손가락의 움직임에 따라 가요성 와이어의 장력을 항상 일정하게 유지시켜 주는 기능을 한다.

[0039] 한편, 다중 관절 경우를 살펴보기에 앞서, 먼저 손가락 관절들 사이의 상호 종속성(dependency)에 대해 논의되어야만 한다. DIP 관절 움직임은 독립적으로 움직일 수 없는 것으로 알려져 있으며, DIP 관절 움직임은 PIP 관절에 종속적이다. 이들 사이의 관계는 다음과 같이 근사화될 수 있다.

수학식 5

$$\theta_{DIP} = \frac{2}{3} \theta_{PIP}$$

[0040]

[0041] 여기서, θ_{DIP} 와 θ_{PIP} 는 DIP 및 PIP 관절들 각각의 각도를 나타낸다. 그러나, PIP 관절의 오직 하나의 측정에 의해 두 관절 각도들을 측정하기 위하여 보다 정확한 관계가 요구된다. DIP 관절과 PIP 관절 사이의 정확한 관계를 얻는 것에 의하여, 3-자유도의 하나의 손가락에 대한 오직 두 개의 측정들이 필요하다. DIP 관절과 PIP 관절 사이의 정확한 관계는 후술하는 바와 같이 실험적으로 얻어진다.

[0042] 이러한 DIP 관절과 PIP 관절 사이의 종속성을 고려하면, 본 발명은 도 4에 도시된 바와 같이 설계된다. 하나의 관절 경우와 유사하게, 각각의 관절 각도는 선형 포텐서미터에 의해 측정된다. 둘 사이의 관계로 인해 DIP 관절 각도는 PIP 관절 각도에 의해 얻어질 수 있기 때문에, 오직 두 개의 포텐서미터가 PIP 및 MCP 관절 각도들을 측정하도록 적용된다.

[0043] 손가락이 도 4a로부터 도 4b로 구부러진다고 가정하면, 뭍힌 지점들의 이동 거리인 ΔL_1 와 ΔL_2 는 설치된 두 개의 선형 포텐서미터들에 의해 다음과 같이 측정된다.

수학식 6

[0044]
$$\Delta P_1 = \Delta L_1$$

수학식 7

[0045]
$$\Delta P_2 = \Delta L_1 + \Delta L_2$$

[0046] 관절 각도들은 다음과 같이 계산된다.

수학식 8

[0047]
$$\theta_1 = \frac{\Delta L_1}{r_1}$$

수학식 9

[0048]
$$\theta_2 = \frac{\Delta L_2}{r_2}$$

[0049] 따라서, 관절 각도들은 포텐서미터들에 의해 다음과 같이 얻어지게 된다.

수학식 10

[0050]
$$\theta_1 = \frac{\Delta P_1}{r_1}$$

수학식 11

$$\theta_2 = \frac{\Delta P_2 - \Delta P_1}{r_2}$$

[0051]

[0052]

본 발명에서는, 오직 요구되는 측정이 묶인 지점의 변화된 거리들이며, 이는 가요성 와이어와 선형 포텐서미터에 의해 측정된다. 본 발명의 장점들 중 하나는 가요성 와이어가 구부러질 수 있으며 이에 따라 와이어가 손가락과 직선적으로 정렬될 필요가 없다는 것이다. 따라서, 스프링을 갖는 포텐서미터를 포함하는 센싱 모듈(30)이 손 등에 위치되고, 도 5에 도시된 바와 같이 가요성 와이어(20)는 장갑(10)에 묶여서 센싱 모듈(30)과 연결된다. PIP 및 MCP 관절을 측정하기 위하여 두 개의 가요성 와이어(20)가 손가락 하나당 사용되고, 각각의 와이어는 동 도면에서와 같이 중간마디뼈와 첫마디뼈(middle and proximal phalanxes) 각각에 연결된다. 얇은 원통형 가이드(40)가 와이어를 적절히 굴곡시키기 위하여 장갑에 부착된다.

[0053]

검증

[0054]

본 발명의 성능을 검증하기 위하여, 본 발명에 의한 측정치들이 손가락에 부착된 소형 와이어리스 이너시얼 측정 유닛(small wireless inertial measurement unit: IMU) 센서의 측정치들과 대비되었다. IMU 센서는 직교하는 3-축의 관절 각도를 측정할 수 있지만, 오직 굴곡/신장 움직임만이 측정되고 포텐서미터 측정과 대비되었다.

[0055]

본 발명을 인간의 손에 적용하기에 앞서, 본 발명의 개념이 목재 손에 의해 검증되었다. 목재 손을 사용함에 의하여, 장갑 또는 인간의 손의 불확실성(가령, 장갑의 신장, 각 관절의 종속적 회전 등)이 감소될 수 있었다.

[0056]

IMU 센서와 가요성 와이어가 도 6의 좌측 도면에서와 같이 목재 손에 부착되었다. IMU 센서는 목재 손가락에 직접 부착되었고, 가요성 와이어는 목재 손가락(DIP 및 PIP 관절들 사이) 및 복귀용 선형 스프링을 포함하는 선형 포텐서미터를 연결하였다. 포텐서미터는 목재 손 등에 위치되었다. 실험에 있어서, 오직 검지의 PIP 관절만이 구부러지면서 MCP 관절은 고정되었다. 측정된 포텐서미터 신호는 수학식 9에 의해 PIP 관절 각도로 전환되었다. 실험치 결과에서는, 0.65도의 평균 오차로 두 측정치들은 서로 잘 매칭되었다.

[0057]

앞서 설명된 바와 같이, DIP 및 PIP 관절들 사이의 종속성이 이하에서 논의되고 이들 사이의 올바른 관계식이 유도될 것이다. 손가락 움직임은 FDP(flexor digitorum profundus) 및 FDS(flexor digitorum superficialis) 근육들의 조합에 의해 생성된다. FDP는 PIP 및 DIP 관절들에서의 동시적인 움직임을 생성하기 때문에, 이들 관절들의 움직임은 커플링된다. 이들 사이의 관계는 선형으로 알려져 있지만, 보다 정확한 관계는 이하에서 실험적으로 얻어진다.

[0058]

DIP 및 PIP 관절 각도는 서로 다른 참가자들로 수차례의 IMU에 의해 측정되었다. 대표적인 결과는 도 7에 도시된 바와 같다. 실험에 있어서, 참가자들은 어떠한 구속도 없이 자신의 손가락을 자유롭게 굽혔다 폈다 하도록 요청받았다. 관계식은 커브 피팅 방법에 의해 유도되었다. 실험으로부터의 평균 데이터는 2차 오더 및 2차 오더로 다음과 같이 피팅되었다.

수학식 12

$$\theta_{DIP} = 0.989\theta_{PIP} - 0.230$$

[0059]

수학식 13

$$\theta_{DIP} = 0.006\theta_{PIP}^2 + 0.674\theta_{PIP} + 0.104$$

[0060]

[0061]

여기서, θ_{DIP} 와 θ_{PIP} 는 DIP 및 PIP 관절들 각각의 각도를 나타낸다. 1차 오더 및 2차 오더 케이스들의 오차의 제곱 평균 제곱근(RMSE)이 각각 3.104 도 및 2.251 도로 계산되었다. 커브 피팅 결과는, DIP 및 PIP 관절 각도

들이 선형적으로 커플링되지 않고, 2차 오더 피팅이 1차 오더 피팅보다 더 양호함을 나타내는데, 이는 수학적 5에 의한 주지의 1차 오더 근사화와는 상당히 다른 것이다.

[0062] 손가락의 관절 각도를 측정하기 위한 실험장치가 도 6의 우측 도면에 나타나 있다. 세 개의 IMU 센서들이 검지에 부착되어 DIP, PIP 및 MCP 관절 각도들을 측정하였다. 두 개의 와이어가 장갑의 첫째마디뼈와 중간마디뼈에 각각 묶여 있고 두 개의 포텐서미터들에 연결되었다. 실험에서, 손바닥은 평평하게 유지되고 통상적인 굴곡/신장 움직임으로서 검지는 앞뒤로 수차례 구부러졌다.

[0063] 측정된 포텐서미터 측정치들은 수학적 10, 11에 의해 각도로 전환되었다. 모든 실험 결과치들은 두 측정방법들 사이에서 상당한 일치를 일반적으로 보여준다. 하지만, DIP 각도의 측정은 약간 다른 것을 확인하였는데, 이는 PIP 각도에 대한 측정 및 이들 사이의 관계의 모델링에 있어서의 측정된 오차에 기인한 것일 수 있다.

[0064] **본 발명의 구체적 구현**

[0065] 본 발명에 의하면 다섯 개 손가락의 굴곡/신장 움직임을 측정하기 위하여 10개의 포텐서미터가 요구된다. 자연스러운 손 동작을 방해함이 없이 컴팩트하고 가벼운 센싱 모듈을 만들기 위해서, 20 mm 스트로크를 갖는 소형 선형 포텐서미터가 적용되었다(도 8 참조). 두 개의 포텐서미터는 도 8a에 도시된 바와 같이 수직으로 설치되어 센싱 모듈의 크기를 줄였다. 각 포텐서미터의 레버는 가요성 와이어로 묶이고, 이는 프레임의 작은 구멍을 통해 장갑에 연결되었다. 매뉴얼로 설계된 선형 스프링은 동 도면에 나타난 바와 같이 손가락이 펴졌을 때 포텐서미터가 초기 위치로 복귀하게 하도록 설치된다.

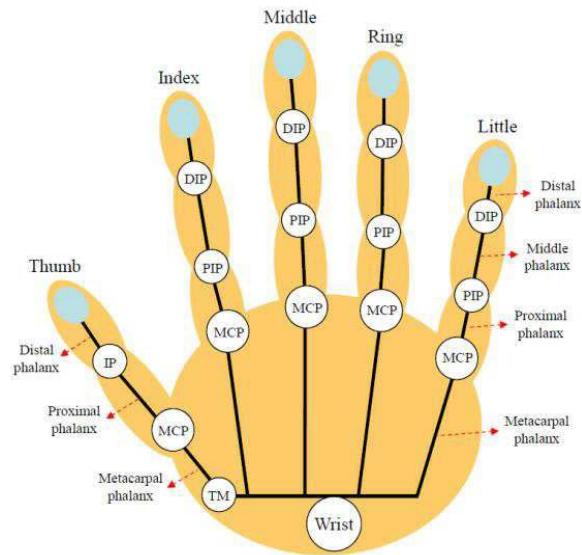
[0066] 센싱 모듈의 배면은 도 8b에 도시된 바와 같다. 포텐서미터와 스프링은 센싱 모듈의 배면을 통해 설치되었다. 센싱 모듈의 프레임은 다양한 재질/방법에 의하여 제조될 수 있으며, 동 실시예에서는 나일론 재질로 급속 프로토타입 기술(rapid prototyping technology)에 의해 제조되었다. 크기는 45×61×17.4 mm 이고 무게는 39 g 이며, 이는 손 움직임을 방해하지 않기에 충분히 컴팩트한 것이다. 센싱 모듈은 장갑에 부착되고 도 9에 도시된 바와 같이 사용자에게 의해 착용된다.

[0067] 측정된 관절 각도는 도 10에 나타나 있다. 이 프로그램에서, 인간의 손은 14 자유도 - 즉, 2 자유도의 엄지와 3 자유도의 기타 손가락 - 의 강성 링크체로 모델링되었으며, 동 프로그램은 착용 센싱 장갑에 대한 직관적인 인터페이스를 제공하였다.

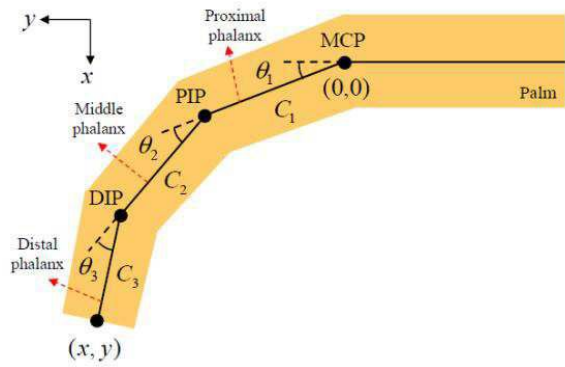
[0068] 이와 같이, 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

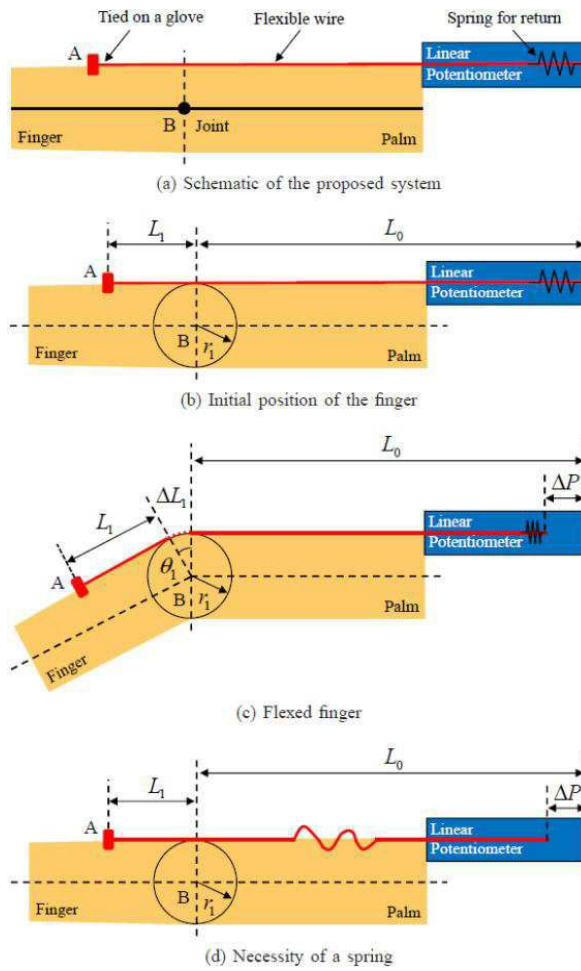
도면1



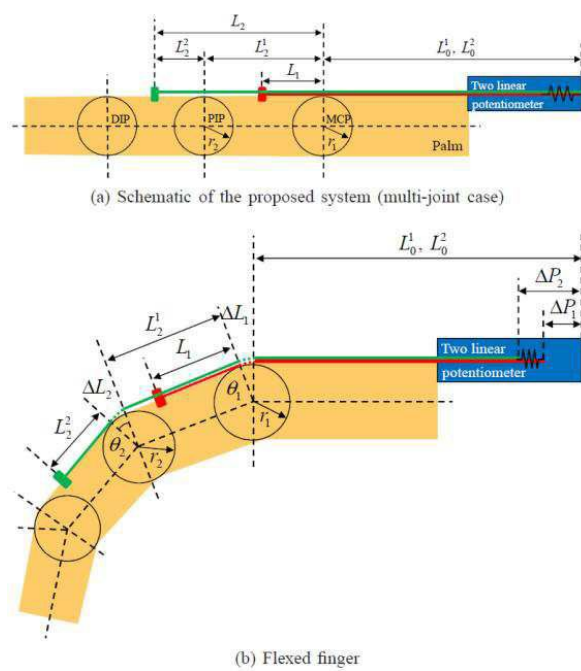
도면2



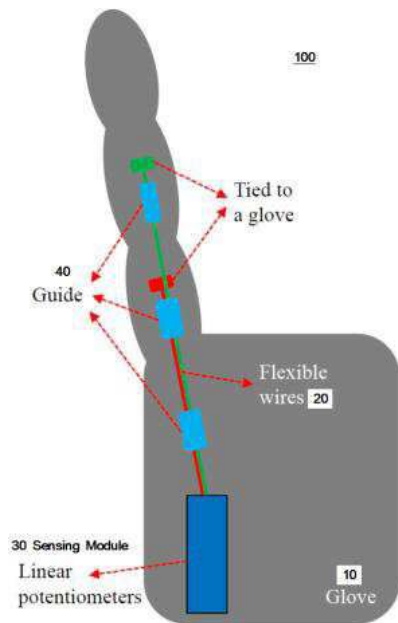
도면3



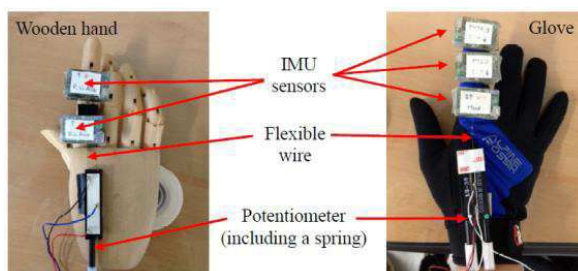
도면4



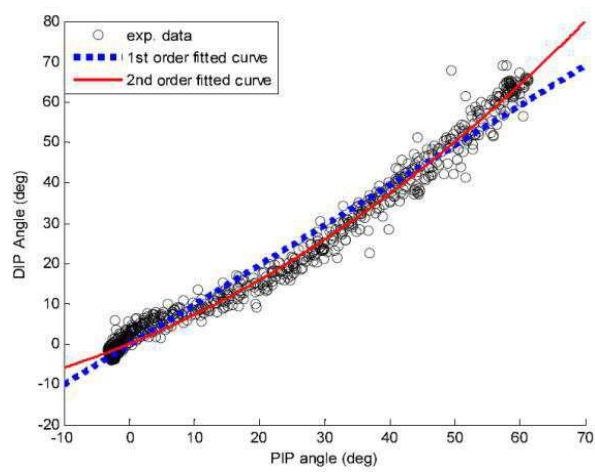
도면5



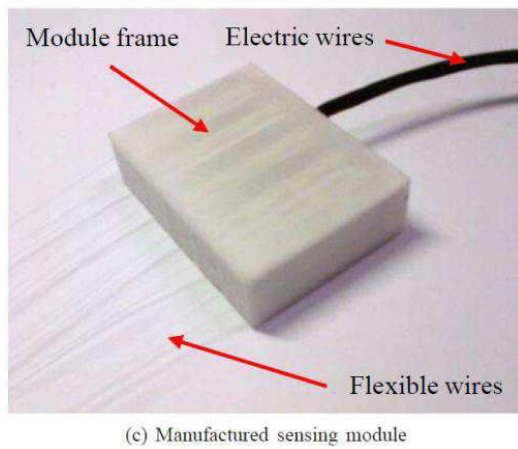
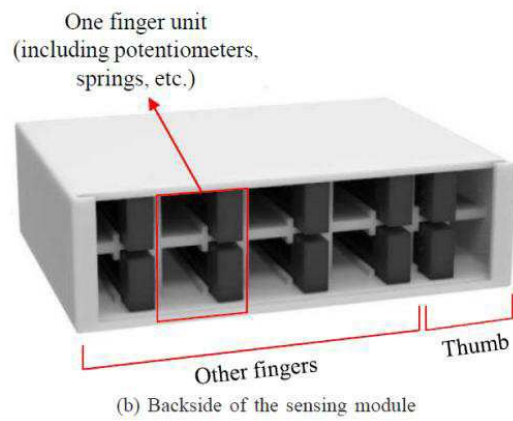
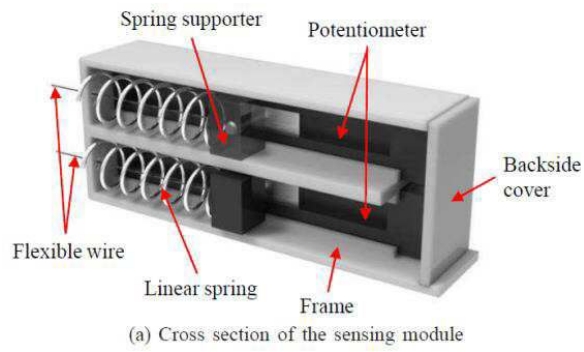
도면6



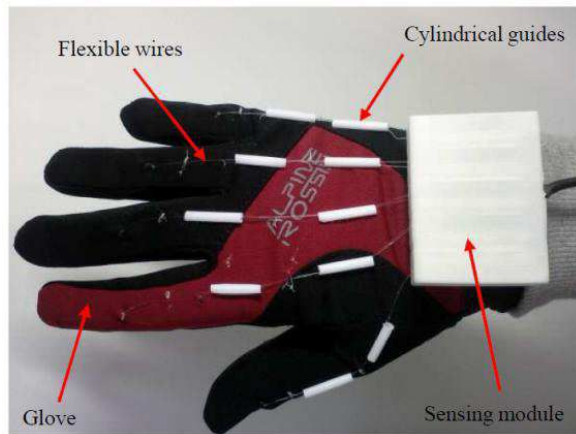
도면7



도면8



도면9



도면10

