(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0177842
(43) 공개일자 2024년12월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61H 1/02 (2006.01) *B25J 9/00* (2006.01)
B25J 9/16 (2006.01) *G06F 3/01* (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61H 1/0262 (2013.01)
A61H 1/024 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0078778
(22) 출원일자 2023년06월20일
심사청구일자 2023년06월20일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
이원구
경기도 용인시 기흥구 탑실로 15, 107동 1401호(공세동, 탑실마을 대주피오레1단지)
이지훈
경기도 평택시 고덕로 270, 1434동 2503호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김연권

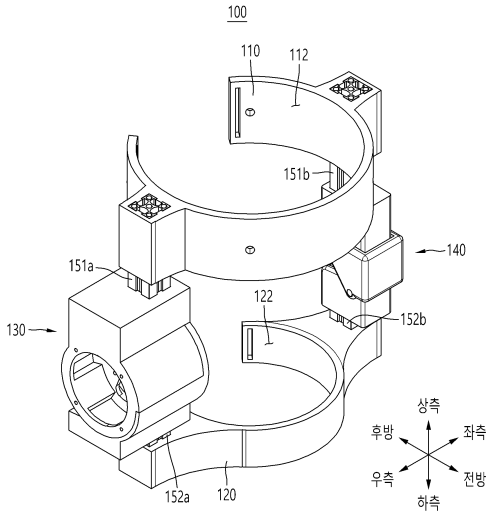
전체 청구항 수 : 총 25 항

(54) 발명의 명칭 **토크 피드백 기반 혼합현실에서의 보행 보조 제어시스템 및 이에 사용되는 보행 보조 디바이스**

(57) 요 약

본 발명은 가상공간과의 인터페이스를 위해 보행 보조 디바이스를 장착한 사용자에게 가상모델이 가상환경 속에서 움직일 때 발생하는 가상의 작용력을 사용자에게 전달하여 실제감을 전달할 수 있고, 이를 통해 재활 운동에도 응용할 수 있는 보행 보조 디바이스에 관한 것으로, 제1 링크부가 형성된 제1 연결부재; 제2 연결부재; 상기 제1 연결부재와 제2 연결부재를 서로 회전가능하게 연결하는 지지부; 일측이 상기 제1 링크부의 일측과 회전가능하게 연결된 제2 링크부; 및 일측은 상기 제2 링크부의 타측과 회전가능하게 연결되고, 타측은 상기 제2 관절연결부재와 회전가능하게 연결된 제4 링크부;를 포함하고,상기 지지부에는 제3 링크부가 형성되고, 상기 제3 링크부의 일측은 상기 제1 링크부의 타측과 회전축을 공유하고, 타측은 상기 제4 링크부의 타측과 회전축을 공유하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B25J 9/0006 (2013.01)
B25J 9/16 (2013.01)
G06F 3/011 (2022.02)
H02P 6/04 (2021.08)
A61H 2201/0173 (2013.01)
A61H 2201/1215 (2013.01)
A61H 2201/1642 (2013.01)
A61H 2201/1652 (2013.01)
A61H 2201/5007 (2013.01)

(72) 발명자
서종민
경기도 수원시 영통구 청명로59번길 45-21, B02호
전세준
서울특별시 용산구 서빙고로 35, 101동 2302호(한강로3가, 용산시티파크1단지)
남기중
강원특별자치도 홍천군 홍천읍 남산마을길 13-1, 아이파크 105동 407호
윤정민
경기도 수원시 영통구 반달로35번길 30, 영통역아이파크 1710호(영통동)

명 세 서

청구범위

청구항 1

제1 링크부가 형성된 제1 연결부재;

제2 연결부재;

상기 제1 연결부재와 제2 연결부재를 서로 회전가능하게 연결하는 지지부;

일측이 상기 제1 링크부의 일측과 회전가능하게 연결된 제2 링크부; 및

일측은 상기 제2 링크부의 타측과 회전가능하게 연결되고, 타측은 상기 제2 연결부재와 회전가능하게 연결된 제4 링크부;를 포함하고,

상기 지지부에는 제3 링크부가 형성되고,

상기 제3 링크부의 일측은 상기 제1 링크부의 타측과 회전축을 공유하고, 타측은 상기 제4 링크부의 타측과 회전축을 공유하는 것을 특징으로 하는,

보행 보조 디바이스.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제1 링크부는 상기 제1 연결부재의 전방에서 후방으로 갈수록 하면 높이가 높아지도록 경사지게 형성되는 것을 특징으로 하는 보행 보조 디바이스.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제1 링크부는 상기 제1 연결부재의 하면 양측에 형성되고,

상기 제1 링크부 사이에는 상기 제2 링크부의 적어도 일부가 수용될 수 있도록 제1 수용공간이 형성되는 것을 특징으로 하는 보행 보조 디바이스.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 제1 수용공간의 바닥면은 상기 제1 링크부의 경사방향을 따라 형성된 경사면을 포함하는 것을 특징으로 하는 보행 보조 디바이스.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제1 연결부재에는 제1 프레임이 삽입되도록 홈 또는 홀 형상이 형성되고, 상기 제2 연결부재에는 제2 프레임이 삽입되도록 홈 또는 홀 형상이 형성되는 것을 특징으로 하는 보행 보조 디바이스.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제2 연결부재의 상면에는 상기 제4 링크부의 적어도 일부가 수용될 수 있도록 제2 수용공간이 형성되는 것을 특징으로 하는 보행 보조 디바이스.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 지지부는 전방 측면과, 상기 제3 링크부가 각각 형성된 좌우 측면을 포함하는 것을 특징으로 하는 보행 보조 디바이스.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 전방 측면은 상기 제1 연결부재의 전방 일면을 가리도록 폐쇄된 면을 포함하는 것을 특징으로 하는 보행 보조 디바이스.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 제3 링크부는 상기 제1 링크부의 경사방향과 동일 방향으로 경사지게 형성되는 것을 특징으로 하는 보행 보조 디바이스.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 제4 링크부는 상기 제2 링크부를 중심으로 양측에 형성되는 것을 특징으로 하는 보행 보조 디바이스.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 제2 링크부의 타측 회전축을 중심으로 상기 제2 링크부와 제4 링크부는 'V'자 형상을 가지고 상기 제1 연결부재와 상기 제2 연결부재 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는 보행 보조 디바이스.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 제1 연결부재와 상기 제2 연결부재가 서로 펼쳐지도록 회전된 상태에서는 상기 제2 링크부와 제4 링크부는 상기 제2 링크부의 타측 회전축을 중심으로 제1 각도를 가지고 접히는 것을 특징으로 하는 보행 보조 디바이스.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 제1 연결부재와 상기 제2 연결부재가 접혀지도록 회전된 상태에서는 상기 제2 링크부와 제4 링크부는 상기 제2 링크부의 타측 회전축을 중심으로 제2 각도를 가지고 펼쳐지는 것을 특징으로 하는 보행 보조 디바이스.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 제1 연결부재와 상기 제2 연결부재 간 회전 각도는 0° ~ 140° 인 것을 특징으로 하는 보행 보조 디바이스.

청구항 15

제1 착용부;

상기 제1 착용부와 일측 제1 프레임을 통해 연결된 안전장치; 및

상기 제1 착용부와 타측 제1 프레임을 통해 연결된 회전부;를 포함하고,

상기 안전장치는,

제1 링크부가 형성된 제1 연결부재;

제2 연결부재;

상기 제1 연결부재와 제2 연결부재를 서로 회전가능하게 연결하는 지지부;

일측이 상기 제1 링크부의 일측과 회전가능하게 연결된 제2 링크부; 및

일측은 상기 제2 링크부의 타측과 회전가능하게 연결되고, 타측은 상기 제2 연결부재와 회전가능하게 연결된 제4 링크부;를 포함하고,

상기 지지부에는 제3 링크부가 형성되고,

상기 제3 링크부의 일측은 상기 제1 링크부의 타측과 회전축을 공유하고, 타측은 상기 제4 링크부의 타측과 회전축을 공유하는 것을 특징으로 하는,

보행 보조 디바이스.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 안전장치는 일측 제2 프레임을 통해 제2 착용부와 연결되고, 상기 회전부는 타측 제2 프레임을 통해 제2 착용부와 연결되는 것을 특징으로 하는 보행 보조 디바이스.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

상기 회전부는,

상기 제1 프레임과 연결되고, 모터가 장착되는 모터장착부;

상기 모터의 회전력에 받아 회전가능한 로터부; 및

상기 로터부와 고정연결되는 회전프레임;을 포함하는 토크 피드백 기반 혼합현실 보행 보조 디바이스.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 회전프레임에는 타측 제2 프레임을 통해 제2 착용부와 연결되도록 제2 프레임 삽입홀이 형성되는 것을 특징으로 하는 보행 보조 디바이스.

청구항 19

적어도 하나의 모터를 가지고, 사용자의 무릎에 착용되고 보행 보조 디바이스;

상기 모터를 제어하는 제1 제어부;

상기 보행 보조 디바이스와 연동된 가상모델을 형성하고, 상기 가상모델이 이동할 수 있는 가상환경을 제공하는 가상공간 제공부; 및

상기 가상환경을 이동하는 상기 가상모델에 작용하는 토크 관련 정보를 연산하여 상기 제1 제어부에 전달하는 제2 제어부;를 포함하고,

상기 가상환경은 상기 가상모델에 저항력이 작용하도록 가상의 유체환경을 포함하는 것을 특징으로 하는,

토크 피드백 기반 혼합현실 보행 보조 제어 시스템.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 제2 제어부는,

상기 사용자가 움직일 때 상기 모터가 회전하는 회전각 정보를 받아 상기 가상모델의 움직임을 추정하는 가상모델 움직임 추정부; 및

상기 유체환경에서 상기 가상모델이 받을 것으로 예측되는 가상의 작용력에 따른 토크 정보를 계산하는 가상모델 작용력 연산부;를 포함하는 토크 피드백 기반 혼합현실 보행 보조 제어 시스템.

청구항 21

제 19 항에 있어서,

상기 가상공간 제공부는 상기 유체환경에서 유체의 점성 및 유속을 설정하는 것을 특징으로 하는 토크 피드백 기반 혼합현실 보행 보조 제어 시스템.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 유체의 점성은 상기 유체환경에 잠긴 상기 가상모델에 작용하는 항력 값에 따라 구해질 수 있는 것을 특징으로 하는 토크 피드백 기반 혼합현실 보행 보조 제어 시스템.

청구항 23

제 21 항에 있어서,

상기 유체의 유속은 유체 입자의 속도(Particle velocity)와 유체 입자 간 거리(length between particle)에 따라 아래 <수학식 1>과 같이 계산될 수 있는 것을 특징으로 하는 토크 피드백 기반 혼합현실 보행 보조 제어 시스템.

<수학식 1>

$$v_{flow} = Particle\ velocity \times length\ between\ particle$$

청구항 24

제 20 항에 있어서,

상기 유체환경은 액체 환경으로 구성되고, 상기 가상환경은 가상의 지상환경인 그라운드를 더 포함하며,

상기 가상모델 작용력 연산부는, 아래 <수학식 2>와 같이, 상기 유체환경의 점성, 유속 파라미터를 받아 저항력(F_{drag})을 계산하고, 상기 유체환경에서 상기 그라운드에서와 동일한 속도로 움직이도록 요구되는 무릎 회전 토크 값($T_{resistance}$)을 계산하는 것을 특징으로 하는 토크 피드백 기반 혼합현실 보행 보조 제어 시스템.

<수학식 2>

$$F_{drag} = \frac{1}{2} \times p \times C_d \times A \times v_{relative}$$

$$T_{drag} = F_{drag} \times l$$

$$l = f(\theta) = L \times \sin(90 - \theta)$$

$$T_{resistance} = T_{drag} - T_{ground}$$

여기서, p는 유체의 밀도이고, Cd는 항력계수이고, A는 유속에 수직인 다리의 면적이고, $v_{relative}$는 유체에 잠긴 다리의 진행(보행)속도와 유속의 상대속도이고, L은 가상모델을 따라 가상모델의 질량중심(C.M)과 무릎 간 거리이고, l은 가상모델의 질량중심(C.M)과 무릎 사이의 수직거리이고, θ는 L과 l사이의 각도이고, T_{drag}는 유체환경에서 다리에 작용하는 무릎 회전 토크 값이며, T_{ground}는 그라운드에서 다리에 작용하는 무릎 회전 토

크값임.

청구항 25

제 24 항에 있어서,

상기 $v_{relative}$ 에서 다리의 진행속도는 아래 <수학식 3>과 같이 계산되는 것을 특징으로 하는 토크 피드백 기반 혼합현실 보행 보조 제어 시스템.

<수학식 3>

$$V = \frac{F_{before}}{(Cd \times \rho \times A \times sqrt(2 \times g \times d))}$$

$$F_{before} = \frac{T_{drag}}{l}$$

여기서, F_{before} 는 무릎의 굽힘 과정에서 (예를 들어, 모터에 장착된 엔코더 등에 의해)측정된 토크 값을 질량중심과 무릎관절 사이의 수직거리 l 로 나누어 얻은 값으로, 다리에서 발생하는 진행방향의 추진력을 의미함.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 토크 피드백 기반 혼합현실에서의 보행 보조 제어시스템 및 이에 사용되는 보행 보조 디바이스로서, 더욱 자세하게는 가상공간과의 인터페이스를 위해 보행 보조 디바이스를 장착한 사용자에게 가상모델이 가상환경 속에서 움직일 때 발생하는 가상의 작용력을 사용자에게 전달하여 실제감을 전달할 수 있고, 이를 통해 재활 운동에도 응용할 수 있는 보행 보조 제어시스템 및 이에 사용되는 보행 보조 디바이스를 제공한다.

배 경 기 술

[0002] 현재, 메타버스 관련 산업의 경제적 파급효과로 인해 가상현실 관련 산업의 빠른 확장이 예상되고 있다. 가상현실(Virtual Reality : VR)은 특정한 환경이나 상황을 컴퓨터 작업을 통해 만든 가상 세계로서, 사용자는 가상세계를 통해 마치 실제 주변 상황 및 환경과 상호작용을 하고 있는 것과 같은 체험을 할 수 있다.

[0003] 한편, 현재로서는 VR컨트롤러와 모션트래킹 등으로 신체의 자세와 동작을 실시간으로 위화감없이 가상환경에 입력하는 것은 가능해졌으나, 사용자가 전달받는 출력은 여전히 영상과 소리에 국한되고 있다. 가상환경과 물체와의 상호작용에 수반하는 힘, 구속과 같은 역학적 반응의 부여는 진동을 통하는 등 극히 제한적이다.

[0004] 이러한 물리적 상호작용 수단의 부재는 메타버스의 구현을 방해하고 사용자의 몰입을 저해하는 요인으로 평가할 수 있다. 따라서, 가상환경에 인간이 더 깊게 참여하기 위해서는 현재의 키보드, 마우스, 터치 스크린 등의 전통적인 HID(Human Interface Device)를 벗어난, 메타버스 구현에 요구되는 고차원의 입출력 능력을 갖는 컴퓨터-인간 상호작용 장치인 MID(Metaverse Interface Device)의 도입이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국 등록특허 제10-2225783호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 과제는 사용자가 착용한 보행 보조 디바이스와 가상공간에서의 가상모델을 연동시키고, 가상공간에서 가상모델에 작용하는 토크 값을 사용자에게 전달함으로써 실제감 및 몰입감을 제공할 수 장치 및 제어 시스템을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기의 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 보행 보조 디바이스는, 제1 링크부가 형성된 제1 연결부재; 제2 연결부재; 상기 제1 연결부재와 제2 연결부재를 서로 회전가능하게 연결하는 지지부; 일측이 상기 제1 링크부의 일측과 회전가능하게 연결된 제2 링크부; 및 일측은 상기 제2 링크부의 타측과 회전가능하게 연결되고, 타측은 상기 제2 관절연결부재와 회전가능하게 연결된 제4 링크부;를 포함하고,상기 지지부에는 제3 링크부가 형성되고, 상기 제3 링크부의 일측은 상기 제1 링크부의 타측과 회전축을 공유하고, 타측은 상기 제4 링크부의 타측과 회전축을 공유하는 것을 특징으로 한다.

[0008] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제1 링크부는 상기 제1 연결부재의 전방에서 후방으로 갈수록 하면 높이가 높아지도록 경사지게 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0009] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제1 링크부는 상기 제1 연결부재의 하면 양측에 형성되고, 상기 제1 링크부 사이에는 상기 제2 링크부의 적어도 일부가 수용될 수 있도록 제1 수용공간이 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0010] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제1 수용공간의 바닥면은 상기 제1 링크부의 경사방향을 따라 형성된 경사면을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제1 연결부재에는 제1 프레임이 삽입되도록 홈 또는 홀 형상이 형성되고, 상기 제2 연결부재에는 제2 프레임이 삽입되도록 홈 또는 홀 형상이 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제2 연결부재의 상면에는 상기 제4 링크부의 적어도 일부가 수용될 수 있도록 제2 수용공간이 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0013] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 상기 지지부는 전방 측면과, 상기 제3 링크부가 각각 형성된 좌우 측면을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 상기 전방 측면은 상기 제1 연결부재의 전방 일면을 가리도록 폐쇄된 면을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제3 링크부는 상기 제1 링크부의 경사방향과 동일 방향으로 경사지게 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제4 링크부는 상기 제2 링크부를 중심으로 양측에 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제2 링크부의 타측 회전축을 중심으로 상기 제2 링크부와 제4 링크부는 'V'자 형상을 가지고 상기 제1 연결부재와 상기 제2 연결부재 사이에 배치되는 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제1 연결부재와 상기 제2 연결부재가 서로 펼쳐지도록 회전된 상태에서는 상기 제2 링크부와 제4 링크부는 상기 제2 링크부의 타측 회전축을 중심으로 제1 각도를 가지고 접히는 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제1 연결부재와 상기 제2 연결부재가 접혀지도록 회전된 상태에서는 상기 제2 링크부와 제4 링크부는 상기 제2 링크부의 타측 회전축을 중심으로 제2 각도를 가지고 펼쳐지는 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제1 연결부재와 상기 제2 연결부재 간 회전 각도는 0° ~ 140° 인 것을 특징으로 한다.

[0021] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 보조 디바이스는, 제1 착용부; 상기 제1 착용부와 일측 제1 프레임을 통해 연결된 안전장치; 및 상기 제1 착용부와 타측 제1 프레임을 통해 연결된 회전부;를 포함하고, 기 안전장치는, 제1 링크부가 형성된 제1 연결부재; 제2 연결부재; 상기 제1 연결부재와 제2 연결부재를 서로 회전가능하게 연결하는 지지부; 일측이 상기 제1 링크부의 일측과 회전가능하게 연결된 제2 링크부; 및 일측은 상기 제2 링크부의 타측과 회전가능하게 연결되고, 타측은 상기 제2 연결부재와 회전가능하게 연결된 제4 링크부;를 포함하고, 상기 지지부에는 제3 링크부가 형성되고, 상기 제3 링크부의 일측은 상기 제1 링크부의 타측과 회전

축을 공유하고, 타측은 상기 제4 링크부의 타측과 회전축을 공유하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 안전장치는 일측 제2 프레임을 통해 제2 착용부와 연결되고, 상기 모터회전부는 타측 제2 프레임을 통해 제2 착용부와 연결되는 것을 특징으로 한다.

[0023] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 상기 회전부는, 상기 제1 프레임과 연결되고, 모터가 장착되는 모터장착부; 상기 모터의 회전력에 받아 회전가능한 로터부; 및 상기 로터부와 고정연결되는 회전프레임;을 포함한다.

[0024] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 상기 회전프레임에는 타측 제2 프레임을 통해 제2 착용부와 연결되도록 제2 프레임 삽입홀이 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0025] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 토크 피드백 기반 혼합현실 보행 보조 제어 시스템은, 적어도 하나의 모터를 가지고, 사용자의 무릎에 착용되고 보행 보조 디바이스; 상기 모터를 제어하는 제1 제어부; 상기 보행 보조 디바이스와 연동된 가상모델을 형성하고, 상기 가상모델이 이동할 수 있는 가상환경을 제공하는 가상공간 제공부; 및 상기 가상환경을 이동하는 상기 가상모델에 작용하는 토크 관련 정보를 연산하여 상기 제1 제어부에 전달하는 제2 제어부;를 포함하고, 상기 가상환경은 상기 가상모델에 저항력이 작용하도록 가상의 유체환경을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0026] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제2 제어부는, 상기 사용자가 움직일 때 상기 모터가 회전하는 회전각 정보를 받아 상기 가상모델의 움직임을 추정하는 가상모델 움직임 추정부; 및 상기 유체환경에서 상기 가상모델이 받을 것으로 예측되는 가상의 작용력에 따른 토크 정보를 계산하는 가상모델 작용력 연산부;를 포함한다.

[0027] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 상기 가상공간 제공부는 상기 유체환경에서 유체의 점성 및 유속을 설정하는 것을 특징으로 한다.

[0028] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 상기 유체의 점성은 상기 유체환경에 잠긴 상기 가상모델에 작용하는 항력 값에 따라 구해질 수 있는 것을 특징으로 한다.

[0029] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 상기 유체의 유속은 유체 입자의 속도(Particle velocity)와 유체 입자 간 거리(length between particle)에 따라 아래 <수학식 1>과 같이 계산될 수 있는 것을 특징으로 한다.

[0030] <수학식 1>

[0031] $$v_{flow} = Particle\ velocity \times length\ between\ particle$$

[0032] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 상기 유체환경은 액체 환경으로 구성되고, 상기 가상환경은 가상의 지상환경인 그라운드를 더 포함하며, 상기 가상모델 작용력 연산부는, 아래 수학식 2와 같이, 상기 유체환경의 점성, 유속 파라미터를 받아 저항력(F_{drag})을 계산하고, 상기 유체환경에서 상기 그라운드에서와 동일한 속도로 움직이도록 요구되는 무릎 회전 토크 값($T_{resistance}$)을 계산하는 것을 특징으로 한다.

[0033] <수학식 2>

[0034] $$F_{drag} = \frac{1}{2} \times p \times C_d \times A \times v_{relative}$$

[0035] $$T_{drag} = F_{drag} \times l$$

[0036] $$l = f(\theta) = L \times \sin(90 - \theta)$$

[0037] $$T_{resistance} = T_{drag} - T_{ground}$$

[0038] 여기서, p는 유체의 밀도이고, Cd는 항력계수이고, A는 유속에 수직인 다리의 면적이고, $v_{relative}$는 유체에 잠긴 다리의 진행(보행)속도와 유속의 상대속도이고, L은 가상모델을 따라 가상모델의 질량중심(C.M)과 무릎 간 거리이고, l은 가상모델의 질량중심(C.M)과 무릎 사이의 수직거리이고, θ 는 L과 l 사이의 각도이고, T_{drag}는 유체환경에서 다리에 작용하는 무릎 회전 토크 값이며, T_{ground} 는 그라운드에서 다리에 작용하는 무릎 회전 토크

값임.

[0039] 또한, 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 $v_{relative}$에서 다리의 진행속도는 아래 <수학식 3>과 같이 계산되는 것을 특징으로 한다.

[0040] <수학식 3>

[0041] $$V = \frac{F_{before}}{(Cd \times \rho \times A \times sqrt(2 \times g \times d))}$$

[0042] $$F_{before} = \frac{T_{drag}}{l}$$

[0043] 여기서, F_{before}는 무릎의 굽힘 과정에서 측정된 토크 값을 질량중심과 무릎관절 사이의 수직거리 l로 나누어 얻은 값으로, 다리에서 발생하는 진행방향의 추진력을 의미함.

발명의 효과

[0044] 본 발명에 따르면 가상공간에서 가상모델이 가상환경에서 움직일 때 발생되는 저항력을 사용자에게 전달함으로써 실제감을 제공할 수 있다.

[0045] 또한, 본 발명에 따르면, 가상의 유체환경을 제공하고, 이러한 유체환경에서 가상모델이 움직임으로써 무릎 관절에 작용하는 토크 값을 제공하므로, 환자가 재활 운동하는데 적합하다.

[0046] 또한, 본 발명에 따르면, 보행 보조 디바이스에 안전장치가 장착되어 있으므로, 과도하게 무릎이 회전되는 것이 방지될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0047] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 보조 디바이스의 전면을 개략적으로 나타낸 사시도이다.

도 2는 도 1에 도시된 보행 보조 디바이스의 후면을 개략적으로 나타낸 사시도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 보조 디바이스를 분해한 사시도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 안전장치의 모습을 개략적으로 나타낸 사시도이다.

도 5는 도 4에 도시된 안전장치를 분해한 사시도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 연결부재와 제2 연결부재를 위에서 아래 방향으로 바라본 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 연결부재와 제2 연결부재를 아래에서 위 방향으로 바라본 도면이다.

도 8a 내지 도 8c는 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 보조 디바이스의 작동 과정을 나타낸 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 보조 디바이스에서 하지의 무릎 관절 회전에 따른 펼쳐진 각도부터 최대로 접혀진 상태를 도시한 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 안전장치의 링크 움직임을 도시한 도면이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 안전장치의 링크 구조를 좌표평면 상에 나타낸 도면이다.

도 12는 인체의 무릎 관절의 움직임을 도시한 도면이다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 토크 피드백 기반 혼합현실에서의 보행 보조 제어시스템의 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 14는 본 발명에 따른 제2 제어부의 구성을 나타낸 도면이다.

도 15는 가상공간에서 구현된 유체 환경에서 가상모델이 가상유체에 잠겨있는 상태를 도시한 도면이다.

도 16은 도 15에서 가상모델이 움직일 때 가상모델에 작용하는 토크 관련 정보를 구하기 위해 가상모델의 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0048] 이하 첨부된 도면을 참조하여, 바람직한 실시예에 따른 토크 피드백 기반 혼합현실에서의 보행 보조 제어시스템 및 이에 사용되는 보행 보조 디바이스에 대해 상세히 설명하면 다음과 같다. 여기서, 동일한 구성에 대해서는 동일부호를 사용하며, 반복되는 설명, 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 발명의 실시형태는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.

[0050] <보행 보조 디바이스>

[0051] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 보조 디바이스의 전면을 개략적으로 나타낸 사시도이고, 도 2는 도 1에 도시된 보행 보조 디바이스의 후면을 개략적으로 나타낸 사시도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 보조 디바이스를 분해한 사시도이다.

[0052] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 보조 디바이스는(100), 인체의 하지에 착용되어 보행을 도와줄 수 있는 장치로서, 착용부(110, 120), 회전부(130) 및 안전장치(140)를 포함할 수 있다.

[0053] 착용부(110, 120)는 인체에 착용될 수 있는 부재로서, 제1 착용부(110)와 제2 착용부(120)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 무릎 관절을 중심으로, 제1 착용부(110)는 상측에 위치하여 인체 하지의 허벅지 둘레를 감싸도록 착용될 수 있는 구조를 가질 수 있고, 제2 착용부(120)는 제1 착용부(110)의 하측에 위치하여 인체 하지의 종아리 둘레를 감싸도록 착용될 수 있는 구조를 가질 수 있다. 즉, 제1 착용부(110)에 형성된 제1 착용홀(112)을 통해 허벅지가 감싸질 수 있고, 제2 착용부(120)에 형성된 제2 착용홀(122)을 통해 종아리 둘레가 감싸질 수 있다. 다만, 제1 착용부(110) 및 제2 착용부(120)는 관절을 가진 다양한 생체 구조에 적용될 수 있다.

[0054] 제1 착용부(110)에는 제1 프레임삽입홀(111a, 111b)이 형성된다. 본 발명의 일 실시예에서 제1 프레임삽입홀(111a, 111b)은 제1 착용부(110)의 양측에 형성되나, 제1 프레임삽입홀(111a, 111b)의 개수 및 형상에는 제한이 없다. 일측의 제1 프레임삽입홀(111a)에는 일측 제1 프레임(151a)의 일단이 삽입될 수 있고, 타측의 제1 프레임삽입홀(111b)에는 타측 제1 프레임(151b)의 일단이 삽입될 수 있다.

[0055] 제2 착용부(120)에는 제2 프레임삽입홀(121a, 121b)이 형성된다. 본 발명의 일 실시예에서 제2 프레임삽입홀(121a, 121b)은 제2 착용부(120)의 양측에 형성되나, 제2 프레임삽입홀(121a, 121b)의 개수 및 형상에는 제한이 없다. 일측의 제2 프레임삽입홀(121a)에는 일측 제2 프레임(152a)의 일단이 삽입될 수 있고, 타측의 제2 프레임삽입홀(121b)에는 타측 제2 프레임(152b)의 일단이 삽입될 수 있다.

[0056] 한편, 실시예에 따라, 제1 프레임삽입홀(111a, 111b) 및 제2 프레임삽입홀(121a, 121b) 대신 프레임이 삽입될 수 있는 홈의 형상을 가질 수 있다. 이러한 변형예는 이하 설명하는 다른 부재의 프레임삽입홀들에도 적용될 수 있으므로, 이에 대한 설명은 생략한다.

[0057] 제1 착용부(110) 또는 제2 착용부(120)에는 인체 등의 삽입이 용이하도록 착용홀(112, 122)을 중심으로 일측이 개방되는 부분을 포함할 수 있다.

[0058] 회전부(130)는 상기 디바이스(100)에 회전력을 제공할 수 있는 것으로, 모터장착부(132), 로터부(135) 및 회전프레임(137)을 포함할 수 있다.

[0059] 모터장착부(132)에는 적어도 하나의 액츄에이터(예를 들어, 모터 등)이 장착될 수 있는 장착공간(133)이 형성될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서 모터는 BLDC(Brushless Direct Current) 모터가 사용될 수 있다. 다만, 모터장착부(132)에 장착되는 모터의 종류에는 제한이 없다. 모터에는 감속을 위해 기어박스로 구성된 감속장치가 연결될 수 있다. 이러한 감속장치는 이중 복합 유성기어 시스템으로 구성될 수 있고, 다른 기어 시스템 대비 높은 기어비를 가지도록 구성될 수 있고, 오랜 시간 안정적으로 작동할 수 있으며, 공간의 효율성을 위해 작은 크기로 설계될 수 있다.

[0060] 본 발명의 일 실시예에서 모터에는 모터의 회전각을 측정하기 위한 센싱부(예를 들어, 엔코더(encoder)등)가 장착될 수 있다.

[0061] 한편, 모터장착부(132)에는 제1 프레임삽입홀(134)이 형성될 수 있다. 제1 프레임삽입홀(134)에는 일측 제1 프

레임(151a)의 타단이 삽입될 수 있다.

[0062] 모터장착부(132)의 일측에는 로터부(135)가 연결될 수 있다. 로터부(135)는 모터 또는 감속장치로부터 회전력을 전달받아 회전이 가능하다.

[0063] 회전프레임(137)은 로터부(135)에 고정 연결될 수 있다. 따라서, 로터부(135)가 회전하면 이에 따라 회전프레임(137)도 회전할 수 있다. 회전프레임(137)에는 안착부(138)가 형성될 수 있다. 안착부(138)에는 모터장착부(132) 및 로터부(135)가 안착될 수 있다. 회전프레임(137)에는 제2 프레임삽입홀(139)이 형성될 수 있다. 제2 프레임삽입홀(139)에는 일측 제2 프레임(152a)의 타단이 삽입될 수 있다.

[0064] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 안전장치의 모습을 개략적으로 나타낸 사시도이고, 도 5는 도 4에 도시된 안전장치를 분해한 사시도이고, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 연결부재와 제2 연결부재를 위에서 아래 방향으로 바라본 도면이며, 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 연결부재와 제2 연결부재를 아래에서 위 방향으로 바라본 도면이다.

[0065] 안전장치(140)는 회전부(130)의 회전에 따라 같이 회전할 수 있되, 과도하게 회전되는 것을 방지하기 위한 장치로서, 도 4 내지 도 7을 참조하면, 제1 연결부재(1410), 제2 연결부재(1420), 및 지지부(1430)를 포함한다. 한편, 본 발명의 일 실시예에 있어서, 회전부(130) 또는 안전장치(140)는 인체 하지의 무릎 관절과 유사한 기능을 수행할 수 있다.

[0066] 제1 연결부재(1410)는 관절과 연결되는 부재일 수 있으며, 인체의 대퇴골(Femur)과 비교될 수 있다. 제1 연결부재(1410)에는 타측 제1 프레임삽입홀(1411)이 형성될 수 있다. 타측 제1 프레임삽입홀(1411)은 제1 연결부재(1410)의 상측에 형성될 수 있으며, 하측 방향으로 함입된 형상을 가질 수 있다. 타측 제1 프레임삽입홀(1411)에는 타측 제1 프레임(151b)의 타단이 삽입될 수 있다.

[0067] 제1 연결부재(1410)에는 제1 링크부(1412a, 1412b)가 형성될 수 있다. 제1 링크부(1412a, 1412b)는 제1 연결부재(1410)의 하측에 형성될 수 있다. 제1 링크부(1412a, 1412b)는 제1 연결부재(1410)의 하면 좌우 양측에 하측 방향으로 돌출되어 서로 마주볼 수 있도록 형성될 수 있다. 제1 링크부(1412a, 1412b)는 전방에서 후방으로 갈수록 하면의 높이가 높아지도록 경사지게 형성될 수 있다. 제1 링크부(1412a, 1412b)에는 전방측에 위치한 제1-1 링크축홀(1413a, 1413b)과 후방측에 위치한 제1-2 링크축홀(1414a, 1414b)이 형성될 수 있다.

[0068] 도 7에 도시된 바와 같이, 제1 링크부(1412a, 1412b) 사이에는 제1 수용공간(1415)이 형성될 수 있다. 제1 수용공간(1415)은 후술할 제2 링크부(1452) 또는 제4 링크부(1442a, 1442b)의 적어도 일부가 수용될 수 있는 공간이다. 제1 수용공간(1415)의 바닥면(1415-1), 즉 제1 연결부재(1410)의 하측면은 제1 링크부(1412a, 1412b)의 경사방향을 따라 경사면을 포함할 수 있다. 따라서, 제2 링크부(1452)가 제1 수용공간(1415)에 수용되는 경우 제2 링크부(1452)가 경사면에 닿으면서 경사진 자세를 취할 수 있다. 한편, 제1 수용공간(1415)의 후방 측면(1415-2)은 개방될 수 있다. 이러한 후방 측면(1415-2)을 통해 제2 링크부(1452) 및 제4 링크부(1442a, 1442b)가 서로 링크 연결된 부분이 삽입될 수 있다.

[0069] 제2 연결부재(1420)는 관절과 연결되는 또 다른 부재일 수 있으며, 인체의 경골(Tibia)과 비교될 수 있다. 제2 연결부재(1420)는 그 하면이 제1 연결부재(1410)의 상면을 바라보도록 배치될 수 있다. 제2 연결부재(1420)에는 타측 제2 프레임삽입홀(1421)이 형성될 수 있다. 타측 제2 프레임삽입홀(1421)은 제2 연결부재(1410)의 하측에 형성될 수 있으며, 상측 방향으로 함입된 형상을 가질 수 있다. 타측 제2 프레임삽입홀(1421)에는 타측 제2 프레임(152b)의 타단이 삽입될 수 있다.

[0070] 제2 연결부재(1420)의 좌우 양측면에는 제4 링크축연결홀(1423a, 1423b)이 서로 마주보도록 형성될 수 있다. 제4 링크축연결홀(1423a, 1423b)은 제2 연결부재(1420)의 전방측에 형성될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0071] 도 5 및 도 6에 도시된 바와 같이, 제2 연결부재(1420)의 상측에는 제2 수용공간(1425)이 형성될 수 있다. 제2 수용공간(1425)은 후술할 제2 링크부(1452) 또는 제4 링크부(1442a, 1442b)의 적어도 일부가 수용될 수 있는 공간이다. 제2 수용공간(1425)에는 안착면(1425-1)이 형성될 수 있다. 안착면(1425-1)에는 제4 링크부(1442a, 1442b)가 안착될 수 있다. 제4 링크부(1442a, 1442b)의 회전을 용이하게 하기 위해 안착면(1425-1)은 곡면(1425-12)을 포함할 수 있다.

[0072] 한편, 제1 연결부재(1410)와 제2 연결부재(1420)가 서로 마주보도록 배치되는 경우, 제1 수용공간(1415)과 제2 수용공간(1425)이 서로 연결되어 하나의 공간을 이룰 수 있다. 이러한 공간에는 링크부재인 제2 링크부(1452)

및 제4 링크부(1442a, 1442b)가 배치될 수 있다.

[0073] 제2 링크부(1452)는 제1 연결부재(1410)와 회전가능하게 연결될 수 있는 링크부재이다. 제2 링크부(1452)의 일단 또는 양단은 일정한 곡률을 가진 둥근 형상을 가질 수 있다. 제2 링크부(1452)에는 제2-1 링크축홀(1453) 및 제2-2 링크축홀(1454)이 형성될 수 있다.

[0074] 제4 링크부(1442a, 1442b)는 제2 연결부재(1420)와 회전가능하게 연결될 수 있는 링크부재이다. 제4 링크부(1442a, 1442b)는 제2 링크부(1452)를 중심으로 양측에 형성될 수 있다. 제4 링크부(1442a, 1442b)의 일단 또는 양단은 일정한 곡률을 가진 둥근 형상을 가질 수 있다. 제4 링크부(1442a, 1442b)의 일단에 형성된 곡률은 제2 연결부재(1420)에 형성된 곡면(1425-12)(도 6 참조)과 대응되는 곡률을 가질 수 있다. 제4 링크부(1442a, 1442b)에는 제4-1 링크축홀(1443a, 1443b) 및 제4-2 링크축홀(1444a, 1444b)이 형성될 수 있다.

[0075] 지지부(1430)는 제1 연결부재(1410)와 제2 연결부재(1420)를 서로 회전 가능하게 연결하여 지지하는 부재이다. 제1 연결부재(1410)와 제2 연결부재(1420)가 회전하는 동안 지지부(1430)도 같이 회전할 수 있는데, 지지부(1430)는 제1 연결부재(1410) 또는 제2 연결부재(1420)가 일 방향으로 과도하게 회전하는 것을 제한할 수 있다.

[0076] 지지부(1430)는 상측, 하측 및 후방이 개방되어 있을 수 있고, 전방 측면(1431) 및 좌우 측면(1431-1, 1431-2)을 포함할 수 있다. 따라서, 지지부(1430)는 전방 측면(1431) 및 좌우 측면(1431-1, 1431-2)으로 둘러싼 내부공간을 가질 수 있다. 여기서, 지지부(1430)의 좌우 측면(1431-1, 1431-2) 사이의 거리는 제1 연결부재(1410) 및 제2 연결부재(1420)의 폭보다 클 수 있다. 따라서, 지지부(1430)의 내부공간으로 제1 연결부재(1410) 또는 제2 연결부재(1420)가 위치할 수 있다.

[0077] 지지부(1430)의 전방 측면(1431)은 제1 연결부재(1410) 또는 제2 연결부재(1420)의 전방 일면의 적어도 일부를 가리도록 폐쇄된 면을 포함할 수 있다. 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에서, 제1 연결부재(1410) 및 제2 연결부재(1420)가 서로 나란하게 맞닿도록 배치된 상태에서 지지부(1430)의 전방 측면(1431)의 상측은 제1 연결부재(1410)의 전방 일면 하측 일부를 가릴 수 있고, 지지부(1430)의 전방 측면(1431)의 하측은 제2 연결부재(1420)의 전방 일면 상측 일부를 가릴 수 있다.

[0078] 지지부(1430)의 좌우 측면(1431-1, 1431-2)은 제1 연결부재(1410) 또는 제2 연결부재(1420)의 좌우 일면의 적어도 일부를 가리도록 폐쇄된 면을 포함할 수 있다. 지지부(1430)에는 제3 링크부(1432a, 1432b)가 형성될 수 있다. 제3 링크부(1432a, 1432b)는 전방에서 후방으로 갈수록 하면의 높이가 높아지도록 경사지게 형성될 수 있다. 제3 링크부(1432a, 1432b)에는 전방측에 위치한 제3-1 링크축홀(1433a, 1433b)과 후방측에 위치한 제3-2 링크축홀(1434a, 1434b)이 형성될 수 있다.

[0079] 이하, 도 4 내지 도 7을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 안전장치(140)의 결합 상태를 살펴본다.

[0080] 제1 연결부재(1410)의 하측과 제2 연결부재(1420)의 상측이 서로 맞닿은 상태로 나란하게 배치되면, 제1 수용공간(1415)과 제2 수용공간(1425)이 서로 연결된 공간이 형성될 수 있다. 이러한 공간에는 제2 링크부(1452)와 제4 링크부(1442a, 1442b)가 위치할 수 있다. 이때, 제2 링크부(1452)의 제2-2 링크축홀(1454)과 제4 링크부(1442a, 1442b)의 제4-2 링크축홀(1444a, 1444b)이 서로 연통될 수 있다. 이렇게 연통된 홀들에는 제4 회전축 부재(164)가 삽입될 수 있다. 따라서, 제2 링크부(1452)와 제4 링크부(1442a, 1442b)가 서로 회전가능하게 연결될 수 있다. 그리고, 제2 링크부(1452)의 제2-1 링크축홀(1453)과 제1 링크부(1412a, 1412b)의 제1-1 링크축홀(1413a, 1413b)이 서로 연통될 수 있다. 이렇게 연통된 홀들에는 제2 회전축 부재(162)가 삽입될 수 있다. 따라서, 제2 링크부(1452)는 제1 연결부재(1410)와 회전가능하게 연결될 수 있다. 한편, 제4 링크부(1442a, 1442b)의 제4-1 링크축홀(1443a, 1443b)과 제2 연결부재(1420)의 제4 링크축연결홀(1423a, 1423b)이 서로 연통될 수 있다.

[0081] 상술한 상태에서 지지부(1430)가 결합되면, 제1 링크부(1412a, 1412b)의 제1-2 링크축홀(1414a, 1414b)과 제3 링크부(1432a, 1432b)의 제3-2 링크축홀(1434a, 1434b)이 서로 연통될 수 있다. 이렇게 연통된 홀들에는 제1 회전축 부재(161a, 161b)가 삽입될 수 있다. 그리고, 제3 링크부(1432a, 1432b)의 제3-1 링크축홀(1433a, 1433b)과 제2 연결부재(1420)의 제4 링크축연결홀(1423a, 1423b)이 서로 연통될 수 있다. 결국, 제3-1 링크축홀(1433a, 1433b), 제4-1 링크축홀(1443a, 1443b) 및 제4 링크축연결홀(1423a, 1423b)이 서로 연통될 수 있고, 이렇게 연통될 홀들에는 제3 회전축 부재(163)가 삽입될 수 있다. 따라서, 제4 링크부(1442a, 1442b)는 제2 연결부재(1420)와 회전가능하게 연결될 수 있다.

[0082] 한편, 본 발명의 일 실시예에서 제2 링크부(1452)와 제4 링크부(1442a, 1442b)는 'V'자 형상을 가지며 서로 회

전가능하게 연결될 수 있다.

[0083] 도 8a 내지 도 8c는 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 보조 디바이스의 작동 과정을 나타낸 도면이다.

[0084] 도 8a 내지 도 8c는 각각 제1 연결부재(1410)에 대해 제2 연결부재(1420)가 서로 다른 각도로 회전된 상태를 나타낸다. 한편, 도 8a 내지 도 8c에는 안전장치(140)의 작동 상태를 이해하기 쉽도록 일부 부재(제1 및 제2 연결부재(1410, 1420), 지지부(1430)의 좌우 측면(1431-1, 1431-2) 등)가 투명 처리된 상태가 도시되어 있다.

[0085] 이하, 도 8a 내지 도 8c를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 보조 디바이스의 작동 과정(특히, 안전장치의 작동 과정)을 설명한다. 한편, 도 8a 내지 도 8c에서 도면 부호를 통해 도시되지 않은 구성들은 도 1 내지 도 7에 도시된 동일한 구성들을 참조하여 어렵지 않게 고려될 수 있다.

[0086] 즉, 상술한 바와 같이, 안전장치(140)는 회전이 가능한 구조를 가지고 있다. 그리고, 회전부(130)와 안전장치(140)는 착용부(110, 120), 프레임(151a, 151b, 152a, 152b), 연결부재(1410, 1420) 등을 통해 서로 연결되어 있다. 따라서, 회전부(130)의 구동력에 따라 안전장치(140)도 함께 회전할 수 있다.

[0087] 도 8a를 참조하면, 제1 연결부재(1410)와 제2 연결부재(1420)는 서로 펼쳐진 상태이다. 제1 연결부재(1410)와 제2 연결부재(1420)를 연결하는 라인(X)을 기준으로, 제2 연결부재(1420)는 대략 0°를 형성하고 있다. 이때, 지지부(1430)의 전방 측면(1431)의 상측은 제1 연결부재(1410)의 전방 일면에 닿을 수 있다. 따라서, 제2 연결부재(1420)는 더 이상 일 방향(도 8a 내지 도 8c에 도시된 상태에서 반시계 방향)으로 회전되지 못한다. 이때, 제2 링크부(1452)와 제4 링크부(1442a, 1442b)는 제2 링크부(1452)와 제4 링크부(1442a, 1442b)의 결합 회전축을 중심으로 가장 가깝게 접혀진 상태이다. 제4 링크부(1442a, 1442b)는 제2 수용공간(1425)에 수용되어 있다.

[0088] 도 8a에 도시된 상태에서 회전부(130)에 의해 타 방향(도 8a 내지 도 8c에 도시된 상태에서 시계 방향)으로 회전되기 시작하면, 제2 연결부재(1420) 역시 제1 연결부재(1410)에 대해 회전한다. 도 8b를 참조하면, 제1 연결부재(1410)와 제2 연결부재(1420)를 연결하는 라인(X)과, 제2 연결부재(1420)의 중심 라인(X1) 사이의 각도는 대략 90°보다 작은 각도를 형성하고 있다. 이때, 지지부(1430) 역시 제1 링크부(1412)의 회전에 따라 시계 방향으로 회전하게 되며, 지지부(1430)의 전방 측면(1431)이 회전하면서 제1 연결부재(1410)의 전방 일면으로부터 멀어지게 된다. 한편, 제2 링크부(1452)와 제4 링크부(1442)는 제2 링크부(1452)와 제4 링크부(1442)의 결합 회전축을 중심으로 점점 벌어지게 된다. 이때, 제2 링크부(1452)는 제1 연결부재(1410)의 제1 수용공간(1415) 안으로 가깝게 이동한다.

[0089] 도 8b에 도시된 상태에서, 회전부(130)에 의해 타 방향(도 8a 내지 도 8c에 도시된 상태에서 시계 방향)으로 더 회전하면, 제2 연결부재(1420) 역시 제1 연결부재(1410)에 대해 회전한다. 도 8c를 참조하면, 제1 연결부재(1410)와 제2 연결부재(1420)를 연결하는 라인(X)과, 제2 연결부재(1420)의 중심 라인(X2) 사이의 각도는 대략 90°를 형성하고 있다. 이때, 지지부(1430) 역시 지지부(1430)의 전방 측면(1431)이 제1 연결부재(1410)의 전방 일면을 가리지 않도록 제1 링크부(1412)의 회전에 따라 시계 방향으로 회전된 상태일 수 있다. 한편, 제2 링크부(1452)와 제4 링크부(1442)는 제2 링크부(1452)와 제4 링크부(1442)의 결합 회전축을 중심으로 점점 더 벌어지게 된다. 이때, 제2 링크부(1452)는 제1 연결부재(1410)의 제1 수용공간(1415) 안에 수용될 수 있다.

[0090] 한편, 제2 링크부(1452)가 제1 수용공간(1415)에 완전히 삽입되어 바닥면(1415-1)에 닿는 경우, 제2 연결부재(1420)는 더 이상 이동하지 못하게 되고, 결국 제2 연결부재(1420)의 회전도 멈추게 된다.

[0091] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 보조 디바이스에서 하지의 무릎 관절 회전에 따른 펼쳐진 각도부터 최대로 접혀진 상태를 도시한 도면이다.

[0092] 한편, 본 발명의 일 실시예에서 제1 연결부재(1410)에 대한 제2 연결부재(1420)가 완전히 펼쳐진 상태는 0°이고, 무릎 관절이 최대로 접혀질 수 있는 상태는 140°일 수 있다. 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 보조 디바이스의 작동 범위는 0° ~ 140°로 설정될 수 있다. 그러나, 이에 한정되지 않으며, 안전장치의 설계에 따라 보행 보조 디바이스가 최대로 접힐 수 있는 각도는 얼마든지 변경될 수 있다.

[0093] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 안전장치의 링크 움직임을 도시한 도면이고, 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 안전장치의 링크 구조를 좌표평면 상에 나타낸 도면이며, 도 12는 인체의 무릎 관절의 움직임을 도시한 도면이다.

[0094] 이하, 도 10 내지 도 12를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 안전장치의 링크 운동에 대해 설명한다.

[0095] 본 발명에 따른 안전장치는 4절 링크 구조를 포함하고 있으며, 인체의 무릎 관절을 모사하여 설계될 수 있다.

[0096] 무릎 관절은 하지의 세가지 주요 관절 중 하나이며, 하지의 정상적인 움직임을 돕는 것뿐만 아니라 지지력과 보호 기능도 제공한다.

[0097] 도 12를 참조하면, 인간의 무릎 운동은 본질적으로 다축성이며, 가변적인 즉각적 회전 중심(ICR: Instantaneous Center of Rotation)을 가지고 있다. 무릎 관절의 주요 동작은 앞뒤 평면에서의 굴곡/신전으로, 최대 굴곡/신전 각도 범위는 120~140° 일 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서 안전장치는 이러한 각도 범위를 고려하여 설계될 수 있고, 무릎 관절의 ICR 움직임과 유사한 거동을 보이도록 설계될 수 있다. 또한 안전장치(140)에서는 모터 회전축에 따라 모터의 회전 토크를 분산(회전토크 부하가 걸리지 않도록 대면접촉을 늘려 압력을 분산)하고, 무릎의 회전 동작 중에 일어나는 하중을 줄이기 위해 연골을 대체하는 간접 연골을 외부에 설치한 것이다.

[0098] 무릎 관절에는 전방 십자 인대와 후방 십자 인대가 있다. 전방 십자 인대는 무릎 관절 내부에서 위쪽에 위치하며, 대퇴골의 전방 아래 부분에서 시작하여 종아리뼈의 후면 상단 부분에 연결된다. 이러한 연결 과정은 본 발명의 지지부(1430)와 같이 작동한다. 무릎 관절이 앞으로 움직일 때, 대퇴골과 종아리뼈 사이의 각도가 줄어들면서 전방 십자 인대가 무릎 관절을 지지하여 관절의 안정성을 유지하게 된다. 이는 안전장치의 4절 링크가 연결되어 움직일 때, 압력과 힘이 고르게 분산되어 관절이 안정적으로 작동하는 것과 유사하다.

[0099] 후방 십자 인대는 무릎 관절 내부에서 아래쪽에 위치하며, 대퇴골의 후방 윗부분에서 시작하여 종아리뼈의 전면 상단 부분에 연결된다. 이는 본 발명의 안전장치의 제2 링크부(1452) 및 제4 링크부(1442)의 'V'자 연결구조처럼 동작한다. 무릎 관절이 뒤로 움직일 때, 대퇴골과 종아리뼈 사이의 각도가 늘어나면서 후방 십자 인대가 무릎 관절을 지지하여 관절의 안정성을 유지하게 된다. 이는 안전장치의 4절 링크가 연결되어 움직일 때, 각 링크 간의 상호작용으로 관절의 안정성을 유지하는 것과 유사하다.

[0100] 도 10의 (a)는 제1 연결부재(1410)에 대해 제2 연결부재(1420)가 완전히 펼쳐진 상태에서의 4절 링크구조를 도시한 도면이고, 도 10의 (b)는 제1 연결부재(1410)에 대해 제2 연결부재(1420)가 완전히 접힌 상태에서의 4절 링크 구조를 도시한 도면이다. 한편, 도 10의 (b)에는 도 10의 (a)에 도시된 4절 링크 구조가 더 표시되어 있다.

[0101] 안전장치의 4절 링크 구조는 인간 무릎 관절의 동작과 유사한 플렉션(flexion) 각도의 다중 중심 운동을 표시할 수 있도록 설계될 수 있다. 안전장치의 4절 링크 구조는 네 개의 링크부와 네 개의 힌지 조인트로 구성될 수 있으며, 이동(4절 링크 구조의 움직임)을 수행하기 위해 각 링크부의 길이가 계산될 필요가 있다.

[0102] 도 11을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 안전장치의 4절 링크 구조의 움직임을 분석하기 위해 벡터 대수학과 운동학 분석이 사용되었다.

[0103] 본 발명의 일 실시예에 따른 안전장치의 4절 링크 구조에서 발생하는 힘과 모멘트에 대한 관계는 아래 (수학식 1)과 같이 계산될 수 있다.

[0105] (수학식 1)

[0106] $$\theta_{shank} = \theta_4 - (180 - \alpha) = 2\arctan\left(\frac{-E + \sqrt{E^2 - 4DF}}{2D}\right) - (180 - \alpha)$$

[0107] 여기서,

[0108] $$\alpha = 70.5(Design\ constants)$$
$$D = \cos\theta_3 - K_1 + K_4\cos\theta_3 + K_5$$
$$E = -2\sin\theta_3$$
$$F = K_1 + (K_4 - 1)\cos\theta_3 + K_5$$
$$K_1 = \frac{L_1}{L_3},\ K_4 = \frac{L_1}{L_4},\ K_5 = \frac{L_2^2 - L_1^2 - L_3^2 - L_4^2}{2L_3L_4}$$

이고,

[0109] L1은 제1 링크부의 길이(OA), L2는 제2 링크부의 길이(AB), L3는 제3 링크부의 길이(OC), L4는 제4 링크부의 길이(BC), Θ_1은 x축과 평행한 선과 제1 링크부 간 내각, Θ_2는 제1 링크부의 연장선에 대한 제2 링크부의 외각, Θ_3는 제1 링크부에 대한 제3 링크부의 내각, Θ_4는 제1 링크부의 연장선에 대한 제3 링크부의 내각, R(Θ_3)는

ICR에서 제2 프레임과 평행을 이루도록 그려지는 연장선에 대한 위치벡터 (Θ_3가 주 변화요인), α는 제4 링크부와 제2 프레임(도 11에 도시된 Shank)과의 각, Θ_{shank}는 제4 링크부와 연결되는 제2 연결부재와 제2 연결부재에 삽입되는 제2 프레임의 회전각이다.

[0110] 본 발명의 일 실시예에 따른 안전장치의 4절 링크 구조에서 모터 출력과 관련된 4절 링크의 회전 속도와 4절 링크에 작용하는 토크 사이의 관계는 아래 (수학식 2)와 같이 계산될 수 있다.

[0112] (수학식 2)

$$F_{linkage} = f(T_{motor}, \theta_3)$$

$$= inv\left(\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -R_{13y} & R_{13x} & -R_{43y} & R_{43x} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \cos\theta_F \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & \sin\theta_F \\ 0 & 0 & R_{34y} & -R_{34x} & -R_{24y} & R_{24x} & 0 & 0 & K \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & R_{42y} & -R_{42x} & -R_{12y} & R_{12x} & 0 \end{bmatrix}\right)\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ T_{motor} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

[0113]

[0114] 여기서,

$$\theta_F = \theta_4 - 180 + \alpha - 90, \quad K = (RP_x \sin\theta_F - RP_y \cos\theta_F)$$

$$R_{12x} = \frac{L3}{2}\cos(\theta_2 + \pi), \quad R_{12y} = \frac{L3}{2}\sin(\theta_2 + \pi)$$

$$R_{42x} = \frac{L3}{2}\cos(\theta_2), \quad R_{42y} = \frac{L3}{2}\sin(\theta_2)$$

$$R_{13x} = \frac{L3}{2}\cos(\theta_3 + \pi), \quad R_{13y} = \frac{L3}{2}\sin(\theta_3 + \pi)$$

$$R_{43x} = \frac{L3}{2}\cos(\theta_3), \quad R_{43y} = \frac{L3}{2}\sin(\theta_3)$$

$$R_{24x} = \frac{L3}{2}\cos(\theta_4 + \pi), \quad R_{24y} = \frac{L3}{2}\sin(\theta_4 + \pi)$$

$$R_{34x} = \frac{L3}{2}\cos(\theta_4), \quad R_{34y} = \frac{L3}{2}\sin(\theta_4)$$

[0115] 이고,

[0116] T_{motor}는 모터에서 발생되는 토크이고, $F_{linkage}$는 상기 수학식 2에서 확인할 수 있듯이 도 11에 정의된 좌표에서 각 Θ들의 각도 변화에 따라 발생되는 힘이고, RPx, RPy는 x, y에 대한 위치백터이다. 한편, $F_{linkage}$의 주 원인이 되는 요소는 도 11에 도시된 점 0에서의 회전, 즉 제3 링크부의 회전이기 때문에 상술한 바와 같이, $F_{linkage} = f(T_{motor}, \theta_3)$으로 표현될 수 있다.

[0117] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 모터의 회전에 따라 L4에 의한 제2 프레임에서 발생되는 출력 토크(T_{shank})는 L3(여기서, L3의 점 0가 모터의 회전축임)와 모멘트 암(ICR에서 제2 프레임에 이르는 모멘트 암은 L3의 각도에 따라 달라짐)의 입력 신호(입력 토크)를 사용하여 추정할 수 있다. 본 발명에 따른 제어 시스템에서 생성하는 출력 토크와 입력 신호의 관계는 아래 (수학식 3)과 같이 계산될 수 있다.

[0119] (수학식 3)

[0120] $$T_{shank} = F_{linkage}(T_{motor}, \theta_3) \times R(\theta_3)$$

[0122] <토크 피드백 기반 혼합현실에서의 보행 보조 제어시스템>

[0123] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 토크 피드백 기반 혼합현실에서의 보행 보조 제어시스템의 구성을 개략적으로 나타낸 도면이고, 도 14는 본 발명에 따른 제2 제어부의 구성을 나타낸 도면이고, 도 15는 가상공간에서 구현된 유체 환경에서 가상모델이 가상유체에 잠겨있는 상태를 도시한 도면이며, 도 16은 도 15에서 가상모델이 움직일 때 가상모델에 작용하는 토크 관련 정보를 구하기 위해 가상모델의 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.

[0124] 본 발명에 따른 토크 피드백 기반 혼합현실에서의 보행 보조 제어시스템은 현실세계에서 외골격 디바이스를 착용한 사용자의 움직임과 가상세계에서의 가상모델간 움직임의 물리적 상호 작용을 구현하기 위한 시스템을 의미할 수 있다.

[0125] 도 13 내지 도 16을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 토크 피드백 기반 혼합현실에서의 보행 보조 제어시스템은, 현실세계에서 보행 보조 디바이스(100)를 착용한 사용자의 움직임과 가상세계에서의 가상모델(M)간 움직임의 물리적 상호 작용을 위한 시스템으로서, 보행 보조 디바이스(100)와, 제1 제어부(160)와, 가상공간 제공부(300)와, 제2 제어부(320)를 포함할 수 있다. 한편, 보행 보조 디바이스(100)와 제1 제어부(160)는 현실세계에서 인간 등에게 장착될 수 있는 하드웨어일 수 있고, 가상공간 제공부(300) 및 제2 제어부(320)는 가상세계를 생성, 처리하기 위한 소프트웨어에 해당될 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 토크 피드백 기반 혼합현실에서의 보행 보조 제어시스템은, 현실세계와 가상세계를 유무선 등의 방식으로 연결하기 위해 인간 등에 장착될 수 있는 인터페이스 장치(200)가 더 구비될 수 있다. 인터페이스 장치(200)는 HMD(Head Mount Display), MID(Metaverse Interface Device) 등으로 구성될 수 있다.

[0126] 보행 보조 디바이스(100)는 인체 등의 하지에 착용되어 움직임을 보조할 수 있는 기기로서, 상술한 보행 보조 디바이스(100)일 수 있다. 일반적으로 인체의 하지는 다자유도 시스템이나, 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 보조 디바이스(100)는 가상공간과의 물리적 상호작용에 대한 설명의 편의를 위해 인체의 허벅지와 종아리에 착용되고, 무릎 관절의 굴곡 및 신전 회전축에만 적용되는 1자유도를 갖는 것으로 가정하여 설명한다.

[0127] 제1 제어부(160)는 외골격 디바이스(100)의 액츄에이터(모터)를 제어하는 것으로, 유선 또는 무선 방식으로 가상공간 제공부(300) 또는 제2 제어부(320)와 통신가능하게 연결되어 있다. 제1 제어부(160)는 액츄에이터(모터)의 회전각 정보를 제2 제어부(320)에 전달할 수 있고, 제2 제어부(320)로부터 받은 가상모델의 움직임에 따른 동작 정보 등을 전달받아 액츄에이터(모터)를 제어할 수 있다.

[0128] 가상공간 제공부(300)는 보행 보조 디바이스(100)와 연동되어 가상모델을 형성하며, 가상모델이 활동할 수 있는 가상공간(또는 메타버스)을 형성하는 서버일 수 있다. 가상공간 제공부(300)는 가상모델에 작용하는 물리적 현상(예를 들어, 중력이나 관성 등)에 관한 부분을 처리하는 물리 엔진 소프트웨어를 포함할 수 있다. 여기서, 가상공간이란 컴퓨터 상에 형성된 가상의 컴퓨팅 환경일 수 있다. 가상모델이란 외골격 디바이스(100)를 착용한 인체의 전부 또는 일부를 가상공간에서 가공하여 구현한 가상의 모델을 의미할 수 있다.

[0129] 가상공간 제공부(300)는 제1 제어부(160)로부터 전달받은 모터의 회전각 정보를 전달받아 가상모델의 움직임을 처리할 수 있다. 가상공간 제공부(300)는 외골격 디바이스(100)를 장착한 착용자의 움직임에 따라 가상공간에서 가상모델의 움짐임을 구현하여 표시부(400)에 표시할 수 있다. 도 12에 도시된 바와 같이, 표시부(400)에는 가상모델(M)이 보행 보조 디바이스(100) 및 인터페이스 장치(200)를 장착한 상태가 표시될 수 있으나, 이러한 장치가 장착되지 않은 가상모델(M)이 표시될 수도 있다.

[0130] 가상공간 제공부(300)는 가상모델(M)이 가상공간 내 가상객체와 접촉하며 물리적 상호작용이 발생될 수 있는 다양한 시뮬레이션 환경조건을 제공할 수 있다. 즉, 가상공간 제공부(300)는 가상모델(M)에 작용하는 물성치가 다르도록 서로 다른 가상공간(가상환경)을 제공할 수 있다.

[0131] 가상공간 제공부(300)는 가상환경 내에서 실제와 유사한 특성을 반영하기 위한 특성치 및 동작을 생성하기 위해 특성치 설정(property) 및 스크립(script)를 적용할 수 있다. 도 12를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에서 가상모델 제공부(300)는 가상모델(M)의 움직임에 따라 저항이 발생할 수 있는 가상의 유체환경(E)을 제공할 수 있다. 여기서, 유체의 높이에 따라 가상모델(M)에 작용하는 저항력의 크기는 달라질 수 있다. 예를 들어, 유체

가 없는 가상공간보다 유체가 있는 환경에서 저항력이 더 크며, 유체의 높이가 높을수록 가상모델(M)에 작용하는 저항력은 커질 수 있다. 가상의 유체환경(E)에서 가상모델(M)에 작용하는 저항력에 영향을 미치는 인자에 대해서는 후술하기로 한다. 본 발명의 일 실시예에서, 유체환경(E)이 존재하지 않는 환경, 즉 가상의 지상환경을 그라운드(ground)라 부르기로 한다. 한편, 본 발명의 일 실시예에서 유체환경(E)이라 함은, 그라운드와 구분하기 위해 액체로 구성되는 액체환경일 수 있다.

[0132] 한편, 제2 제어부(320)는 가상환경 내에서 가상모델(M)이 움직이는 동안 작용하는 토크 관련 정보를 계산하여 보행 보조 디바이스(100)에 전달하도록 제어하는 것으로, 도 14에 도시된 바와 같이, 가상모델 움직임 추정부(322), 가상모델 작용력 연산부(324) 및 출력부(326)를 포함할 수 있다.

[0133] 가상모델 움직임 추정부(322)는 제1 제어부(160)로부터 전달받은 모터의 회전각 정보를 전달받아 가상모델의 움직임을 추정한다. 여기서, 가상모델 움직임 추정부(322)는 유체환경(E) 내에서 가상모델(M)에 가상의 작용력이 발생될 필요가 있는 구간을 추정할 수 있다. 예를 들어, 가상모델(M)에 저항력이 발생될 수 있는 가상환경과 저항력이 발생되지 않는 가상환경을 구분할 수 있다.

[0134] 가상모델 작용력 연산부(324)는 유체환경(E)에서 가상모델(M)에 작용하는 가상의 작용력을 고려하여 토크 관련 정보값을 연산한다. 후술하겠으나, 이러한 토크 관련 정보값은 외골격 디바이스(100)에 전달되는 것으로, 가상모델 작용력 연산부(324)는 토크의 크기 뿐만아니라 방향도 고려하여 연산할 수 있다.

[0135] 한편, 본 발명의 일 실시예에서 가상의 유체환경(E)에서 움직이는 가상모델(M)에 작용하는 작용력은, 유체의 점성, 유속 등의 유체의 특성에 따라 달라질 수 있다. 제2 제어부(320)는 이러한 상술한 유체 특성을 제어할 수 있다.

[0136] 유체특성인 점성은 유체의 유동 및 변형에 대한 저항을 결정하는 특성이다. 일 실시예에서 이러한 유체의 점성은 유체를 구성하는 시스템(particle system)에서 항력 값(drag value)(유체 등 물에 잠겨서 움직이는 다리에 영향을 미치는 저항력)을 조절함으로써 구현될 수 있다. 항력은 속도 방향으로 유체 입자의 움직임에 반대하는 힘으로 가상환경 내에서 점성을 시뮬레이션하는데 사용될 수 있다. 항력과 점도의 단위는 다르지만, 유체 입자가 겪는 항력은 입자의 속도와 유체의 점성에 비례하기 때문에 점성 효과를 구현할 수 있는 것이다. 예를 들어, 가상의 유체가 물로 구성되는 경우, 특정 온도에서 물의 점성이 약 0.9mpa*s라면, 항력 값을 0.5~1의 수치 내에서 구현되도록 설정함으로써 물의 점성이 설정될 수 있다.

[0137] 아래 (수학식 4)과 같이 유량(초당 방출되는 입자 수)을 지정함으로써, 유체특성인 밀도 혹은 속도 파라미터가 제어될 수 있다. 가상의 유체환경(E)에서 구현되는 유속은 가상모델(M)의 진행방향의 역방향으로 단순 발생될 수 있다. 아래 (수학식 1)에서 h는 가상모델(M)이 유체에 잠긴 다리의 길이로 가정될 수 있다.

[0139] (수학식 4)

[0140] $$Q_{flow} = w \times h \times v_{flow}$$

[0141] 여기서, Q_{flow} 은 유량($m^2/2$)이고, w 은 너비이고, h 은 높이이고, v_{flow} 는 유속이다.

[0142] 한편, 유체 입자 시스템(particle system)을 단순 식으로 구성하면, 유속은 아래 (수학식 5)와 같이 구해질 수 있다. 예를 들어, 약 1m/s의 유속을 구현하기 위해 입자의 속도(particle velocity)를 1로, 입자 간 거리(length between particle)를 1로 설정한 후 단위를 일치시킬 수 있다.

[0144] (수학식 5)

[0145] $$v_{flow} = Particle\ velocity \times length\ between\ particle$$

[0147] 가상환경 내에서 가상모델(M)은 보행 보조 디바이스(100)를 장착한 사용자의 무릎 굽힘 정보를 바탕으로 진행 속도 및 방향이 추정되어 그 움직임에 반영된다. 무릎 굽힘 정보는 제1 제어부(160) 또는 인터페이스 장치(20

0)를 통해 실시간 통신으로 획득될 수 있다. 가상모델 작용력 연산부(324)는, 가상모델(M)이 유체환경(E)으로 진입할 경우, 해당 환경의 점성, 유속 파라미터를 입력 받아 저항력(F_{drag})을 계산할 수 있고, 그라운드(ground)에서와 동일한 속도로 걷기 위해 요구되는 무릎 회전 토크 값($T_{resistance}$)을 계산할 수 있다. 구체적으로, 상술한 저항력 및 토크 값은 아래 (수학식 6)과 같이 구해질 수 있고, 도 16이 참조될 수 있다. 한편, 도 16에는 작용력 계산의 편의를 위해 가상모델(M)이 뼈대 구조로 표시되었다.

[0149] (수학식 6)

[0150] $$F_{drag} = \frac{1}{2} \times p \times C_d \times A \times v_{relative}$$

[0151] $$T_{drag} = F_{drag} \times l$$

[0152] $$l = f(\theta) = L \times \sin(90 - \theta)$$

[0153] $$T_{resistance} = T_{drag} - T_{ground}$$

[0154] 여기서, p 는 유체의 밀도이고, Cd는 항력계수이고, A 는 유속에 수직인 다리의 면적이고, $v_{relative}$ 는 유체에 잠긴 다리의 진행(보행)속도와 유속의 상대속도이고, L은 가상모델을 따라 가상모델의 질량중심(C.M)과 무릎 간 거리이고, l 은 가상모델의 질량중심(C.M)과 무릎 사이의 수직거리이고, θ 는 L과 l 사이의 각도이고, T_{drag} 는 유체환경에서 다리에 작용하는 무릎 회전 토크 값이며, T_{ground} 는 그라운드에서 다리에 작용하는 무릎 회전 토크값이다.

[0155] 한편, 가상모델 작용력 연산부(324)는 유체환경(E)에서 보행하는 가상모델(M)의 보행속도(V)(상술한 수학식 6에서 다리의 진행속도)를 연산할 수 있다. 유체 내에서의 보행은 유체의 점성에 의한 항력에 따라 속도가 감소한다. 유체 내 보행속도는 아래 (수학식 7)과 같이 계산될 수 있다.

[0157] (수학식 7)

[0158] $$V = \frac{F_{before}}{(Cd \times \rho \times A \times sqrt(2 \times g \times d))}$$

[0159] $$F_{before} = \frac{T_{drag}}{l}$$

[0160] 여기서, F_{before} 는 무릎의 굽힘 과정에서 (예를 들어, 모터에 장착된 엔코더 등에 의해)측정된 토크 값을 질량중심과 무릎관절 사이의 수직거리 l 로 나누어 얻은 값으로, 다리에서 발생하는 진행방향의 추진력을 의미하며, 다른 파라미터는 상술한 파라미터와 동일하다.

[0161] 한편, 유체의 특성, 무릎 관절 토크 및 보행 속도에 대한 계산 결과를 가상모델(M)에 작용하고 제1 제어부(160)로 전송하기 위해 물리엔진에서의 충돌 조건이 활용될 수 있다. 구체적으로, 유체환경(E)과 일반 환경(예를 들어, 그라운드) 진입에 대한 조건을 구분하기 위해 가상모델(M)이 유체로 설정한 평면과 충돌 시에 스크립트로 부여한 유속과 점성 값이 가상모델(M)에 지속적으로 부여하도록 프로그래밍될 수 있다. 이 경우 사용되는 주 함수는 OnCollisonStay 로서, 이 함수는 충돌상황이 지속적으로 이어지도록 하며, 이 상황 하에 주어진 코드가 실

행될 수 있다. 이 함수를 이용하기 위해 가상모델(M) 하체부는 rigid body-box collider로 설정되어 충돌이 가능한 객체로 만드는 과정이 선행될 수 있다.

[0162] 출력부(326)는 가상모델 작용력 연산부(324)에서 연산된 토크 값 및 토크방향 정보를 직접 또는 인터페이스 장치(200)를 통해 제1 제어부(160)에 전달할 수 있다. 제1 제어부(160)는 출력부(326)로부터 받은 정보를 액츄에이터(모터)에 전달하여 각 시뮬레이션 상황에서 저항력 등이 작용하도록 액츄에이터를 제어할 수 있다. 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 출력부(326)에서 출력되는 토크 값의 크기는 보행 보조 디바이스(100) 착용자의 안전을 고려하여 계산된 토크 값보다 작은 값으로 출력할 수도 있다.

[0163] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 토크 피드백 기반 혼합현실에서의 보행 보조 제어시스템의 작동에 대해 설명한다.

[0164] 사용자는 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 보조 디바이스(100)를 허벅지 및 종아리 부위를 감싸도록 착용한다. 보행 보조 디바이스(100)와 연동된 가상공간 제공부(300)는 가상모델(M)을 형성하고, 유체환경(E), 그라운드 환경 등 다양한 시뮬레이션 환경을 제공한다. 이때, 유체의 높이, 점성 등 다양한 유체환경(E)이 제공될 수 있다. 사용자가 보행 보조 디바이스(100)를 착용한 상태에서 하지가 움직이는 동안 보행 보조 디바이스(100)에 장착된 모터가 돌면서 센싱부가 모터의 회전각을 센싱한다. 그러면 제1 제어부(160)는 회전각 정보를 받아 가상공간 제공부(300)에 전달하여 가상모델(M)의 움직임을 구현한다. 한편, 가상모델(M)이 유체환경(E)에서 이동하는 동안 가상모델 움직임 추정부(322)는 무릎 관절에 가상의 작용력이 발생된 구간을 추정한다. 가상모델 작용력 연산부(324)는 무릎 관절에 작용하는 가상의 작용력 또는 진행 방향, 즉, 토크 관련 정보를 연산하며, 출력부(326)는 이 토크 관련 정보를 제1 제어부(160)에 전달한다. 그러면 제1 제어부(160)는 모터를 제어하게 되고, 결국 반발력 또는 저항력이 보행 보조 디바이스(100)에 부여될 수 있다.

[0165] 본 발명에 따르면, 상술한 제어시스템을 통해 사용자의 재활 운동이 수행될 수 있다. 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 제어시스템은 가상환경 내 유체의 조건을 수정하여 무릎 굽힘 운동에 필요한 힘을 조절할 수 있기 때문이다. 또한, 일반적인 걸음에 대한 애니메이션을 가상모델(M)에 적용시켜 무릎의 움직임을 구현할 수 있으므로 하지 재활 환자에게 도움을 줄 수 있다.

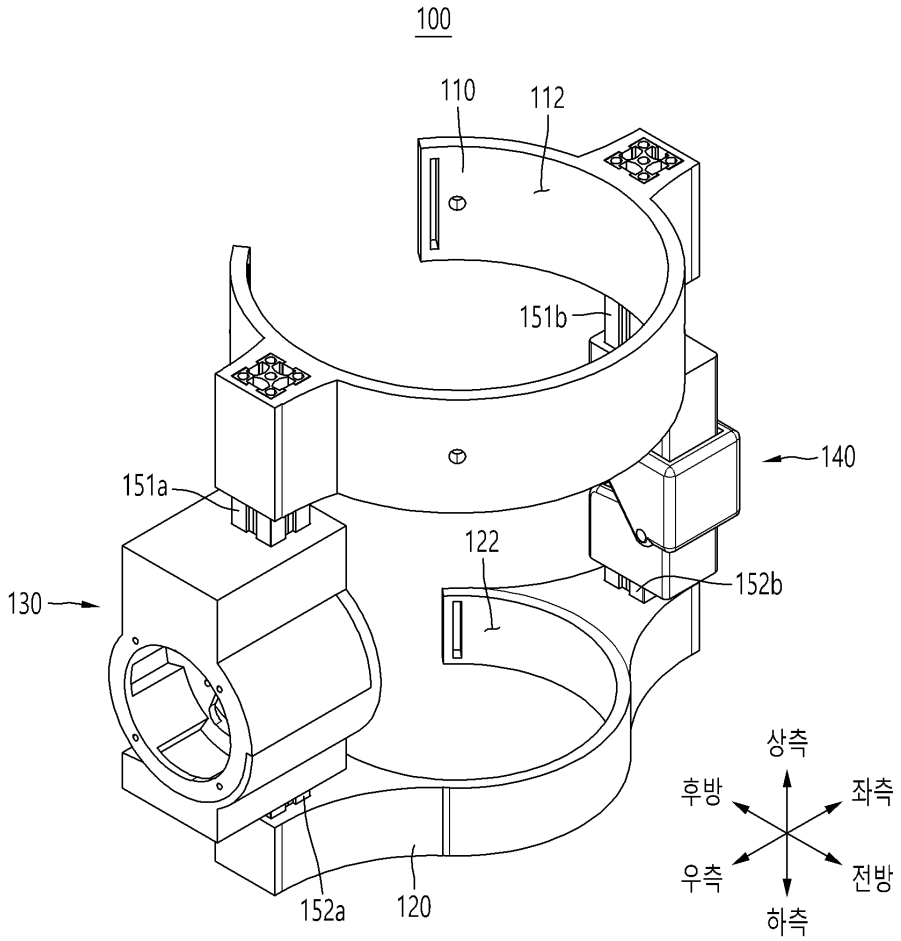
[0166] 구체적으로, 본 발명에 따르면, 유체의 점성 조절을 통한 점진적 부하 운동이 가능하다. 상술한 바와 같이, 항력 파라미터를 통해 점성을 설정할 수 있고, 점성에 의한 항력으로 무릎에 가해지는 부하가 조절될 수 있다. 이는 무릎의 재활운동이 필요한 환자의 상태에 적절한 부하의 크기를 조절할 수 있는 기능으로 적용할 수 있으며, VR 기기 등의 인터페이스 장치(200)를 이용하므로, 보다 몰입감 있는 재활운동을 가능하게 한다. 또한, 사용자의 시선에 따라 적절한 발의 위치를 표시하는 기능을 추가함으로써 올바른 보행 재활 운동을 시행할 수도 있다.

[0167] 또한, 본 발명에 따르면, 애니메이션 적용을 통한 무릎 움직임 재활 운동이 가능하다. 가상환경에서 다리의 움직임과 머리의 움직임 외에 상체의 움직임은 가상모델(M)의 애니메이션으로 구동될 수 있다. 이를 하체로 확장한다면 무릎을 움직일 힘이 없는 환자에게 가상모델(M)의 움직임을 바탕으로 무릎을 자동으로 굽히기에 충분한 토크 값을 전송하여 무릎의 운동을 가능하게 할 수 있다. 이 경우 가상모델(M)의 걸음 속도, 반복 횟수 등을 제어할 수 있으므로, 환자에게 적합한 재활 운동 사이클을 생성할 수도 있다.

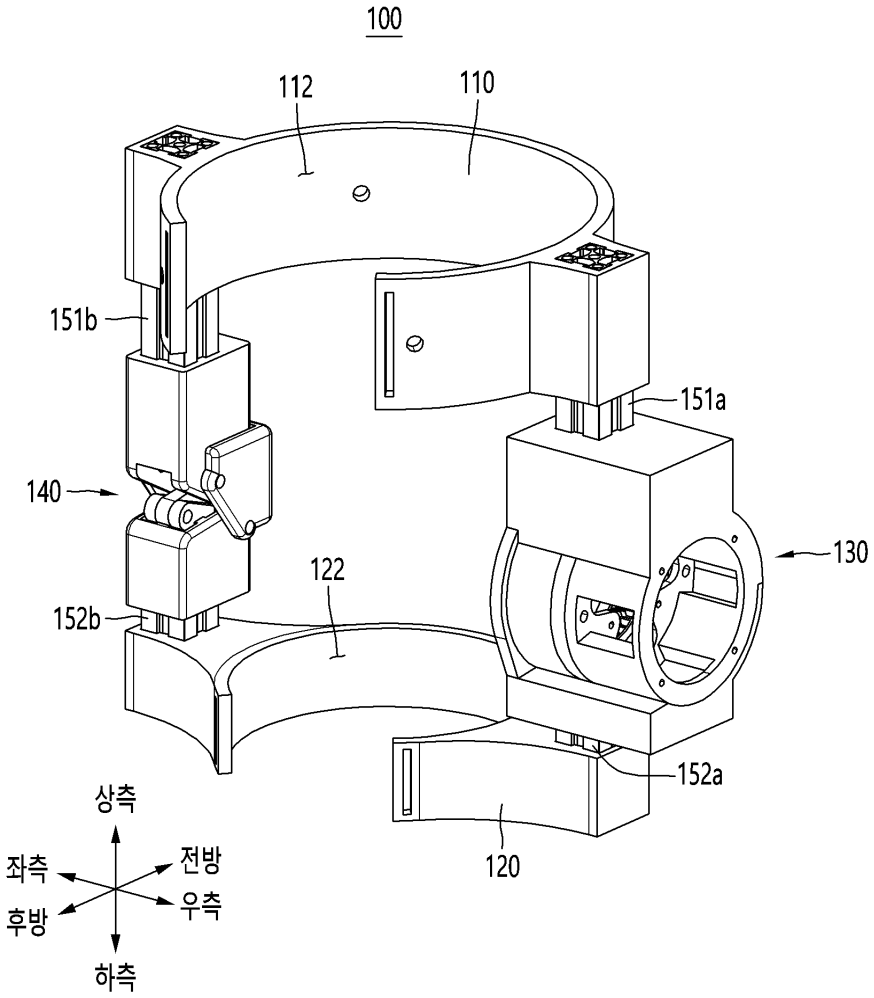
[0168] 본 발명은 첨부된 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 보호 범위는 첨부된 청구 범위에 의해서만 정해져야 할 것이다.

도면

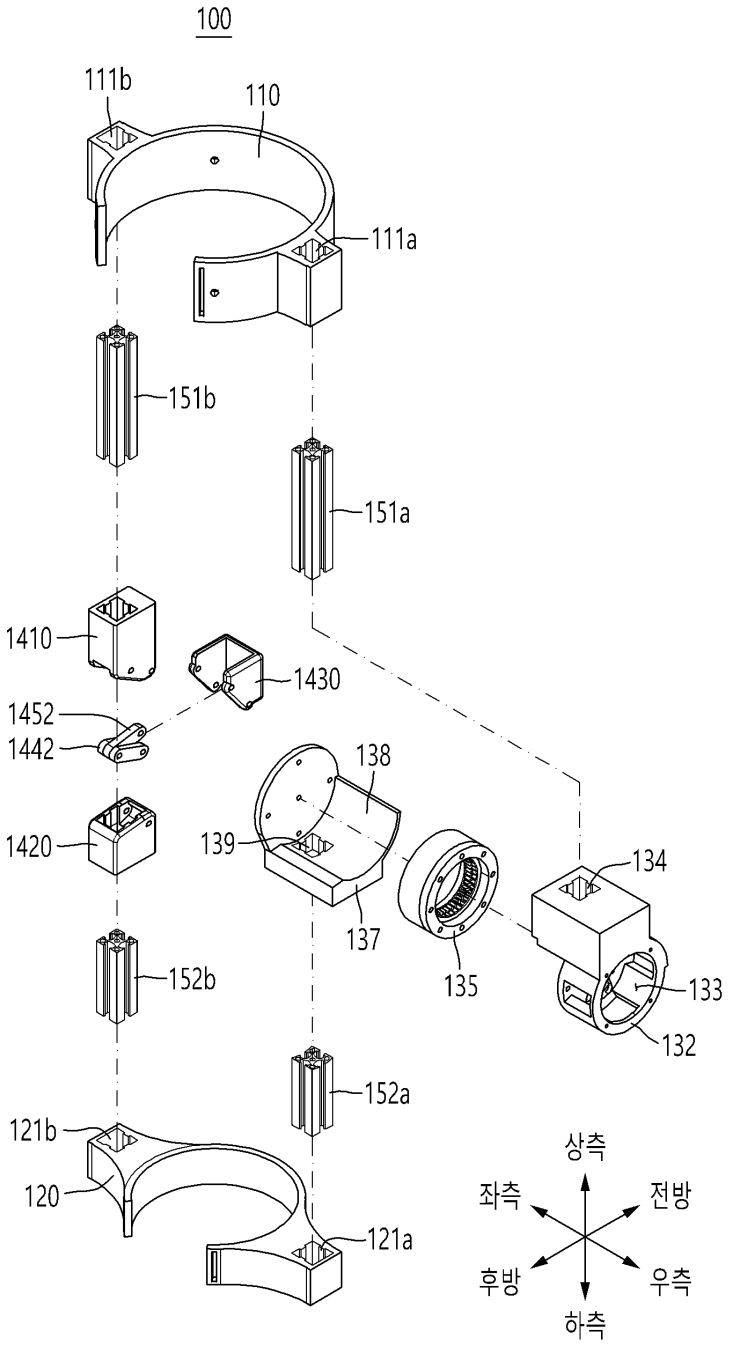
도면1



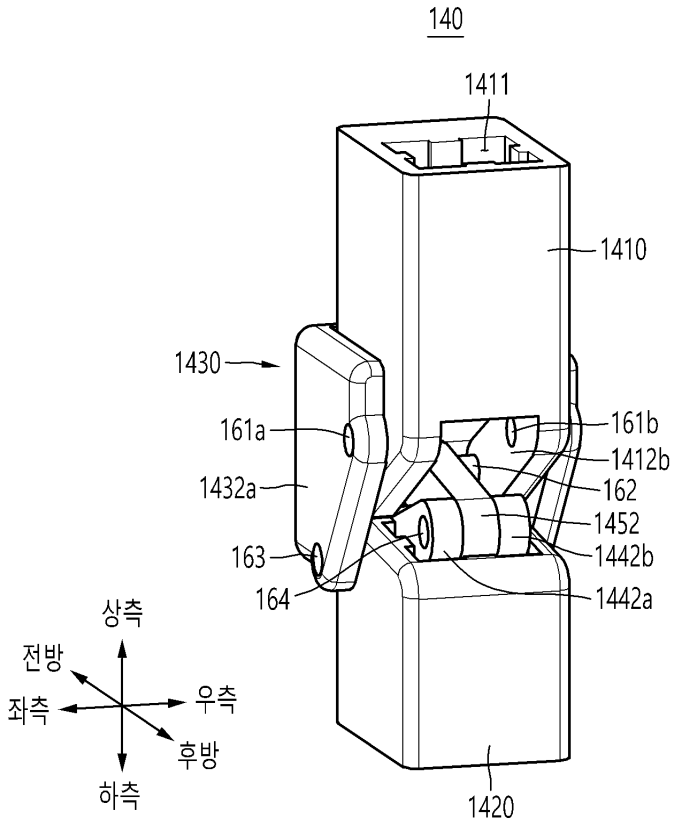
도면2



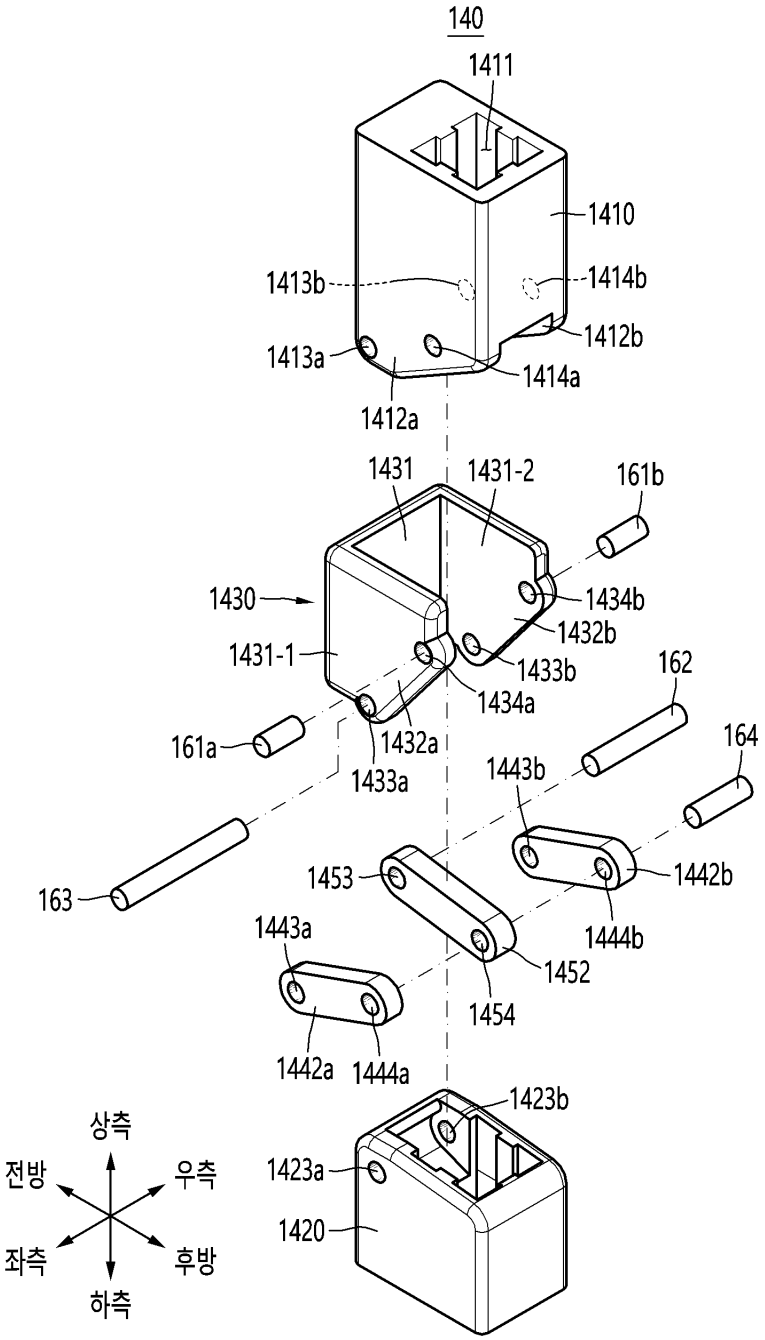
도면3


100
111b
110
111a
151b
151a
1410
1430
1452
1442
1420
138
139
137
135
134
133
132
152b
152a
121b
120
121a
상측
좌측
전방
후방
우측
하측

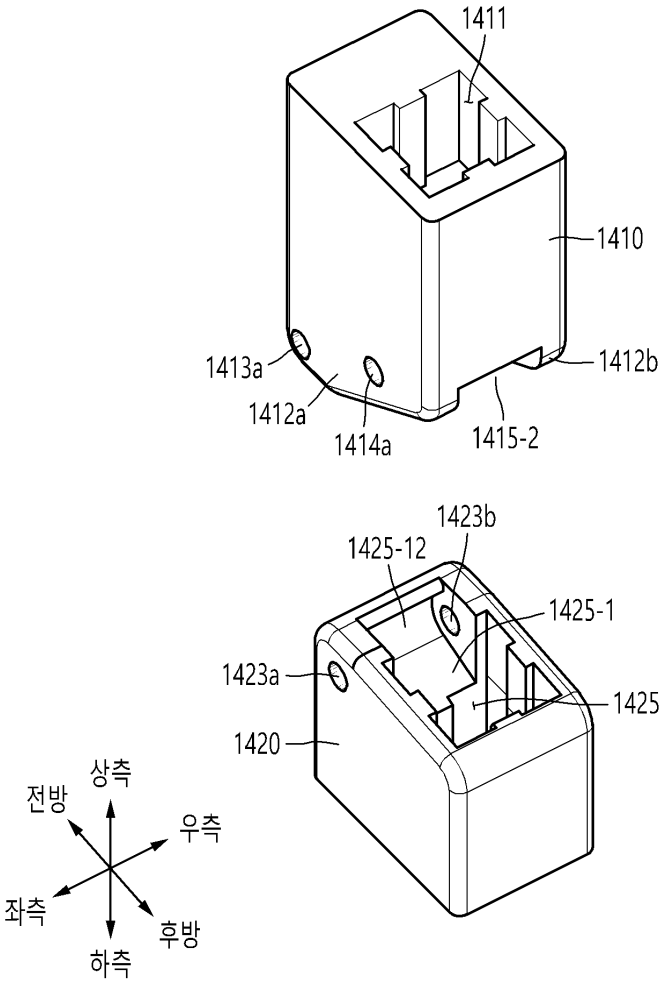
도면4


140
1411
1410
1430
161a
161b
1412b
1432a
162
1452
163
1442b
164
1442a
상측
전방
우측
좌측
후방
하측
1420

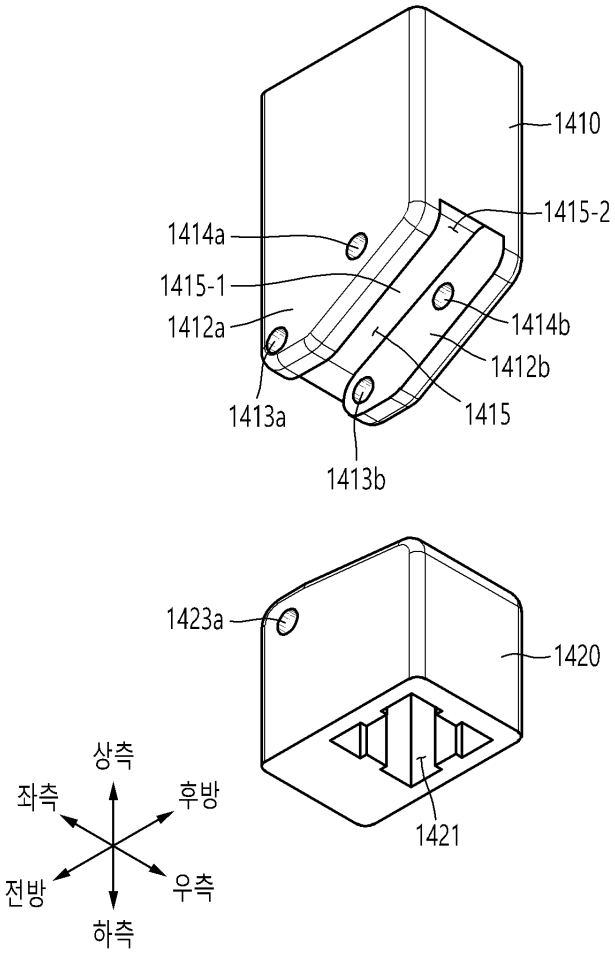
도면5


140
1411
1410
1413b
1414b
1412b
1413a
1414a
1412a
1431
1431-2
161b
1430
1434b
1432b
1431-1
1433b
162
1434a
161a
1432a
164
1433a
1443b
163
1453
1442b
1443a
1444b
1452
1454
1442a
1444a
1423b
상측
전방
우측
1423a
좌측
후방
1420
하측

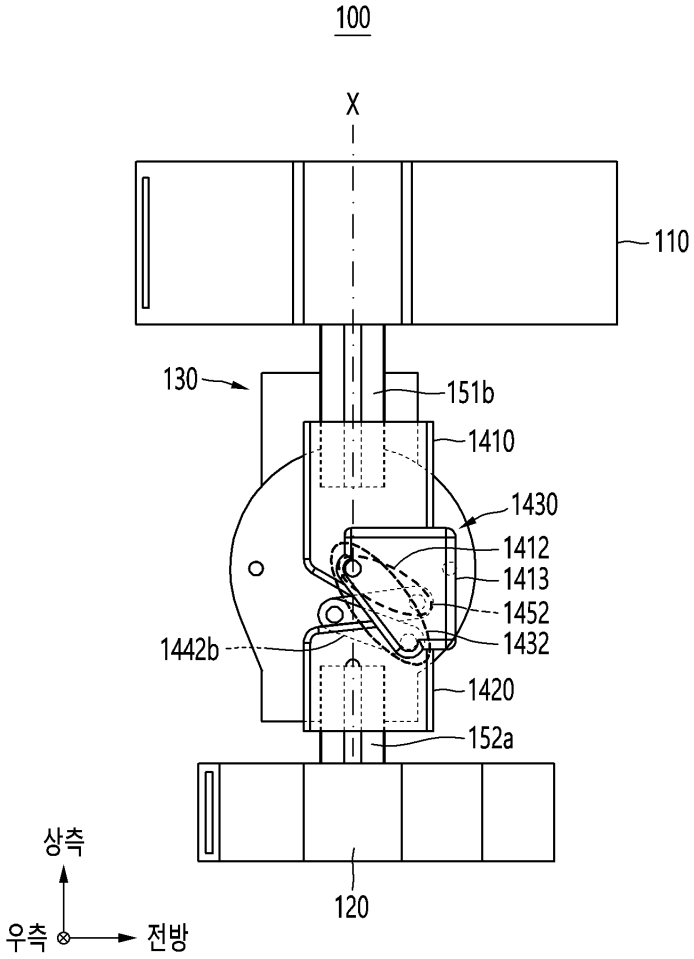
도면6


1411
1410
1413a
1412b
1412a
1414a
1415-2
1423b
1425-12
1425-1
1423a
1425
1420
상측
전방
우측
좌측
후방
하측

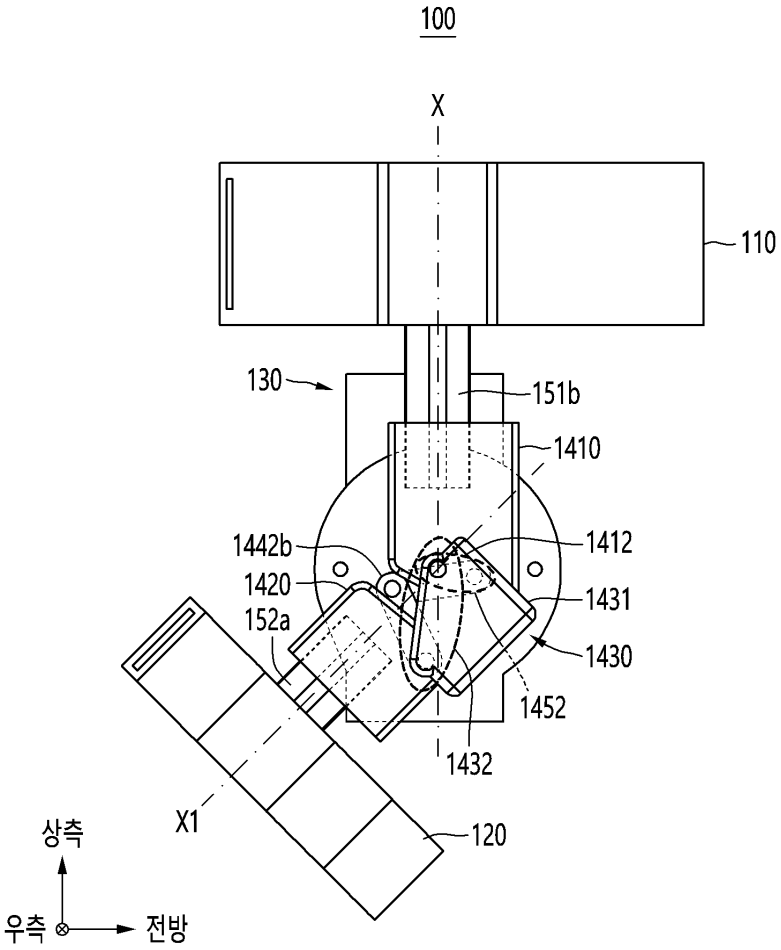
도면7


1410
1415-2
1414a
1415-1
1412a
1414b
1412b
1413a
1415
1413b
1423a
1420
1421
상측
좌측
후방
전방
우측
하측

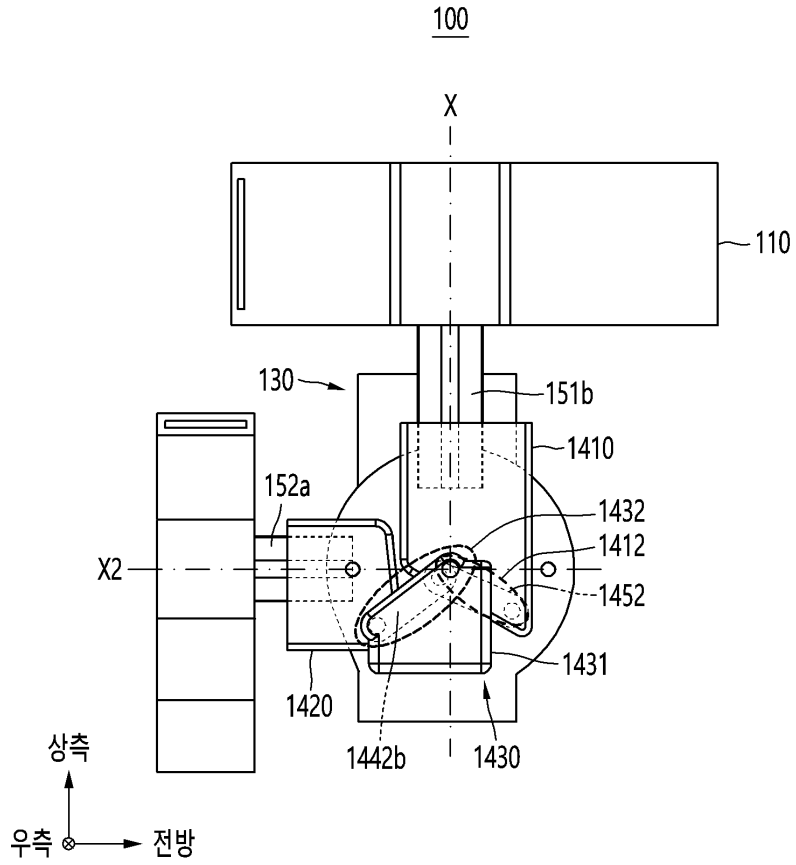
도면8a


100
X
110
130
151b
1410
1430
1412
1413
1452
1442b
1432
1420
152a
120
상측
우측
전방

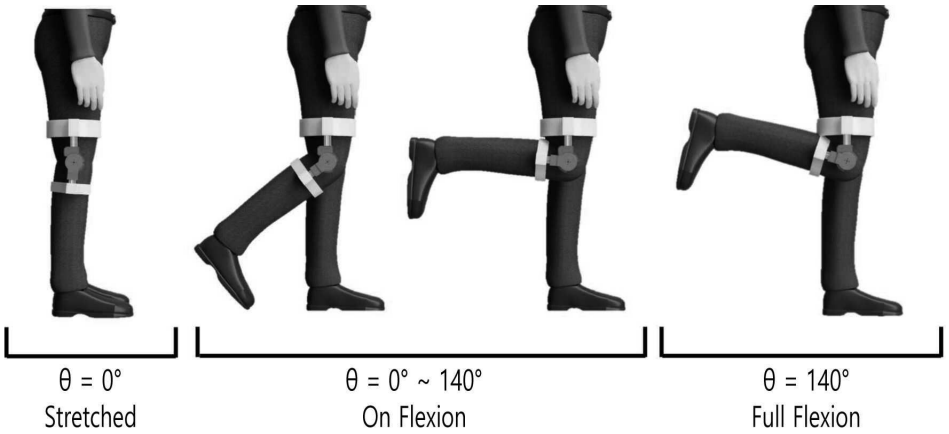
도면8b


100
X
110
130
151b
1410
1442b
1412
1420
1431
152a
1430
1452
1432
X1
120
상측
우측
전방

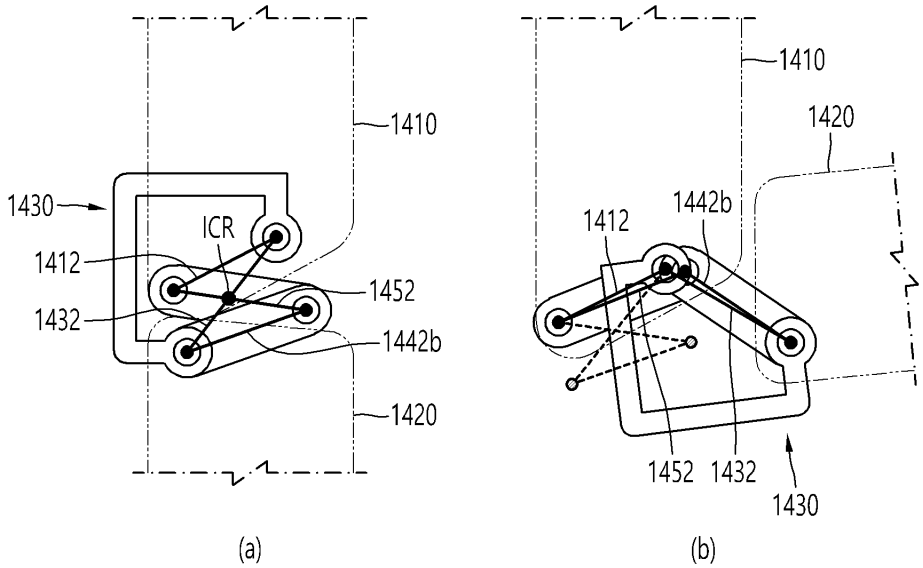
도면8c


100
X
110
130
151b
1410
152a
1432
1412
X2
1452
1431
1420
1442b
1430
상측
우측
전방

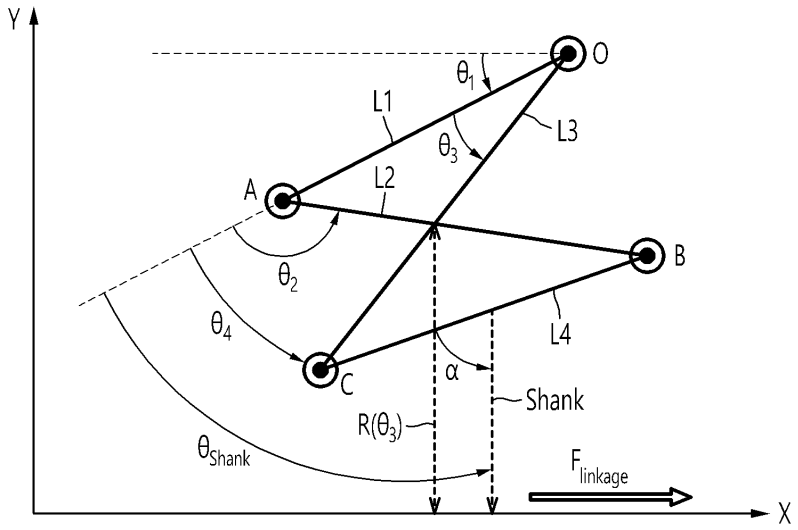
도면9


θ = 0°
Stretched
θ = 0° ~ 140°
On Flexion
θ = 140°
Full Flexion

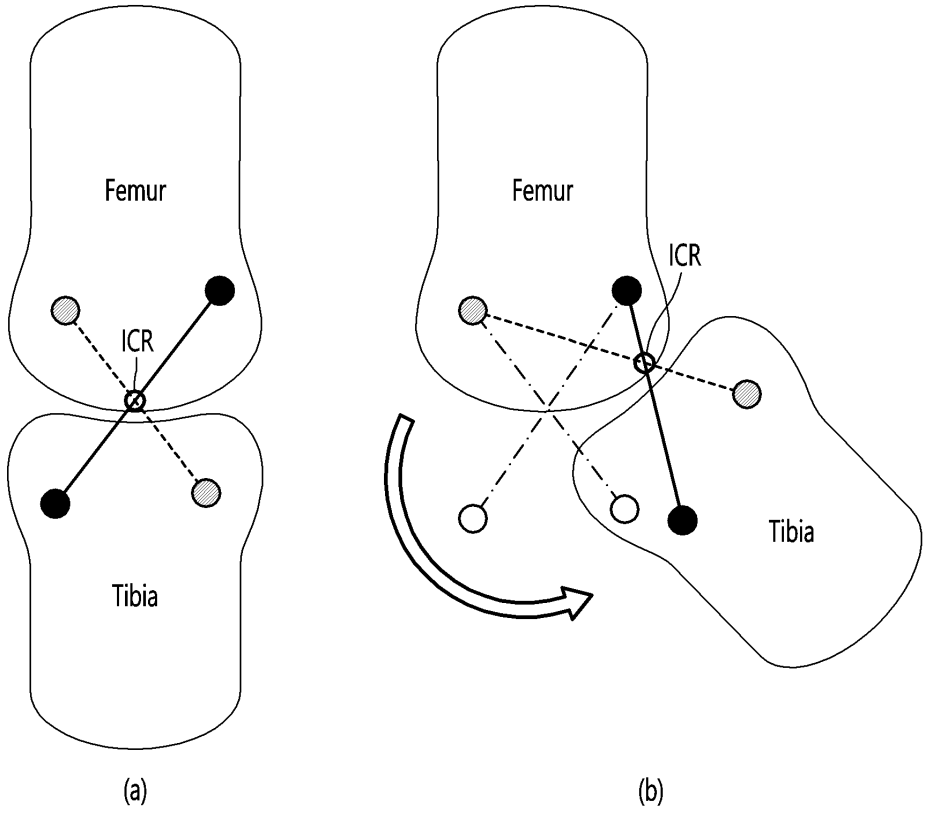
도면10


1410
1430
ICR
1412
1452
1432
1442b
1420
(a)
1410
1420
1412
1442b
1452
1432
1430
(b)

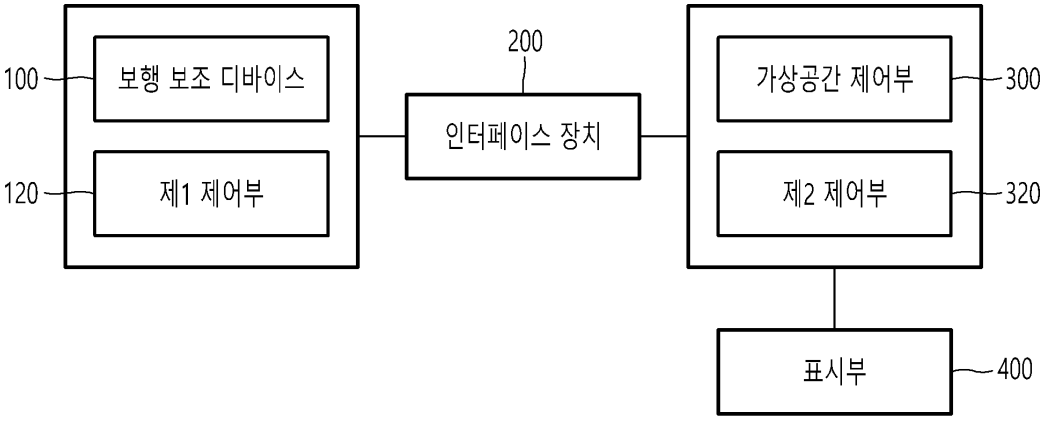
도면11


Y
O
θ1
L1
L3
θ3
A
L2
B
θ2
θ4
L4
α
C
Shank
R(θ3)
θShank
Flinkage
X

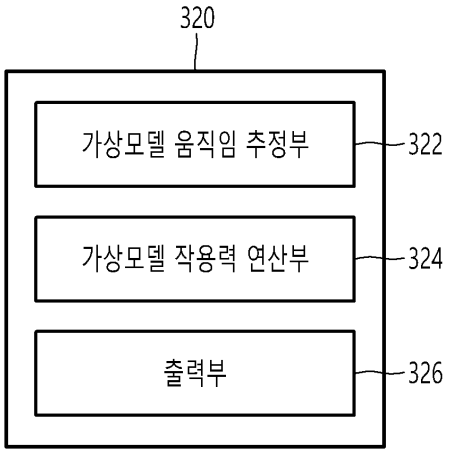
도면12


Femur
ICR
Tibia
(a)
Femur
ICR
Tibia
(b)

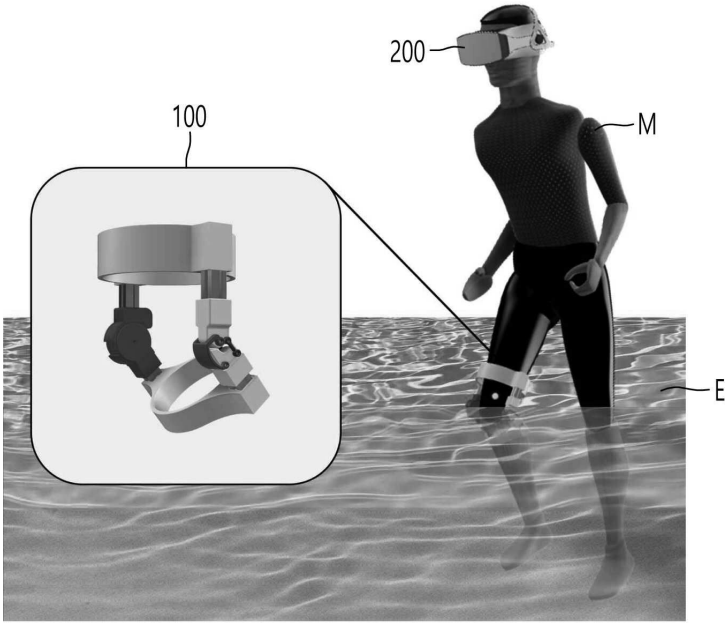
도면13


100
보행 보조 디바이스
120
제1 제어부
200
인터페이스 장치
가상공간 제어부
300
제2 제어부
320
표시부
400

도면14



도면15



도면16

