(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0059603
(43) 공개일자 2010년06월04일

(51) Int. Cl.
A63B 24/00 (2006.01) *A63B 23/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0118443
(22) 출원일자 2008년11월26일
심사청구일자 2008년11월26일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내
(72) 발명자
홍대희
경기도 안양시 동안구 귀인동 꿈마을라이프아파트 108동 303호
박재우
경기도 안양시 동안구 관양2동 인덕원삼성아파트 108-902
김경남
서울특별시 성동구 금호동4가 457-1
(74) 대리인
권혁성

전체 청구항 수 : 총 4 항

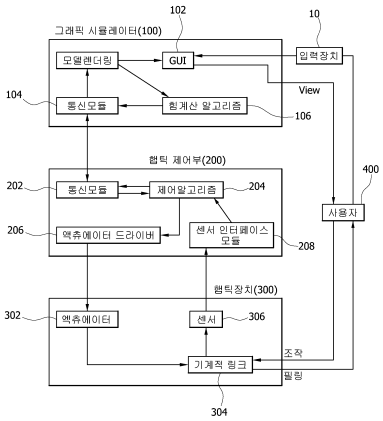
(54) 햅틱을 이용한 저항운동기구

(57) 요 약

본 발명은 사용자의 운동경로를 도시하고, 사용자가 저항운동을 할 수 있는 힘의 크기를 계산하는 그래픽 시뮬레이터; 사용자가 저항운동을 할 수 있도록 부하를 가하는 햅틱(haptic)장치; 및 상기 그래픽 시뮬레이터와 상기 햅틱장치의 사이에 연결되어 상기 햅틱장치로부터 입력된 신호에 따라 상기 그래픽시뮬레이터의 영상출력을 제어하고 상기 그래픽 시뮬레이터로부터 입력된 신호에 따라 상기 햅틱장치에 가해지는 힘을 제어하는 햅틱제어부;를 포함하는 햅틱을 이용한 저항운동기구를 제공한다.

따라서, 본 발명에 의하면 사용자가 햅틱을 이용한 저항운동기구를 이용해서 저항운동을 수행할 수 있다.

대 표 도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

사용자의 운동경로를 도시하고, 사용자가 저항운동을 할 수 있는 힘의 크기를 계산하는 그래픽 시뮬레이터;

사용자가 저항운동을 할 수 있도록 부하를 가하는 햅틱(haptic)장치; 및

상기 그래픽 시뮬레이터와 상기 햅틱장치의 사이에 연결되어 상기 햅틱장치로부터 입력된 신호에 따라 상기 그래픽시뮬레이터의 영상출력을 제어하고 상기 그래픽 시뮬레이터로부터 입력된 신호에 따라 상기 햅틱장치에 가해지는 힘을 제어하는 햅틱제어부;를 포함하는 햅틱을 이용한 저항운동기구.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 그래픽 시뮬레이터는 상기 햅틱장치에 의해서 사용자에게 제공되는 힘의 크기를 일정하게 하고,

힘의 크기가 사용자가 입력한 값에 따라 다르게 설정될 수 있는 것을 특징으로 하는 햅틱을 이용한 저항운동기구.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 그래픽 시뮬레이터는 상기 햅틱장치에 의해서 사용자에게 제공되는 힘의 크기를 운동경로에 따라 다르게 설정하는 것을 특징으로 하는 햅틱을 이용한 저항운동기구.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 그래픽 시뮬레이터는 저항운동에 바람직한 특정 운동경로를 제공하고,

사용자의 운동경로가 상기 특정 운동경로를 벗어난다고 판단하면, 사용자의 운동경로가 상기 특정 운동경로로 돌아올 수 있는 힘을 계산하여, 그 힘을 제공하는 것을 특징으로 하는 햅틱을 이용한 저항운동기구.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 햅틱을 이용한 저항운동기구에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 사용자가 저항운동을 할 수 있는 햅틱을 이용한 저항운동기구에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 저항운동은 사용자가 운동할 수 있는 자유도에 따라 프리 웨이트(free weight)를 이용하는 방법과 웨이트 리프팅 머신(weight lifting machine)을 이용하는 방법이 있다. 프리웨이트 운동을 할 수 있는 대표적인 기구는 덤벨, 바벨 등이 있고 운동의 예는 도 1에 도시되어 있고, 웨이트 리프팅 머신을 사용한 저항운동의 대표적인 기구는 스미스 머신 등이 있으며 운동의 예는 도 2에 도시되어 있다.

[0003] 프리웨이트에 의한 저항운동에 대해 이하 설명한다.

[0004] 공간상에 있는 강체는 6자유도를 가지므로 프리 웨이트인 덤벨(dumbbell)과 바벨(barbell)도 공간상에서 6자유도를 가진다. 사용자가 프리 웨이트로 6자유도에 대하여 운동을 하기 위해서는 안정화(stability)를 위한 다양한 근육이 참여하게 된다. 인간은 공간상에서 6자유도 이상의 운동을 할 수 있고 프리 웨이트는 공간상에서 6자유도를 가지므로 웨이트 리프팅 머신을 이용하여 저항운동을 하는 것보다 실제 인간의 움직임과 흡사하게 저항운동을 할 수 있다. 그러므로 프리 웨이트 운동을 통해 더 많은 운동수행능력을 향상시킬 수 있다.

[0005] 프리 웨이트의 경우 개인에 맞는 운동을 계획할 수는 있으나 보조자가 없을 경우 부상의 위험이 따른다. 저항

운동을 할 때 직접적인 감독(direct supervision)하에 정확한 자세에서 운동을 할 경우 혼자 운동할 경우보다 운동 수행능력이 크게 향상 되므로 누군가의 자세 지도가 필요하다는 단점이 있다. 프리 웨이트를 이용한 어떠한 저항운동의 경우 부상을 줄이기 위해서 중심을 잡을 때나 처음 시작 할 때에 프리 웨이트를 받쳐줄 수 있는 보조자(spotter)가 필요하다. 또 정확한 자세를 익히기 위해서 웨이트 리프팅 머신을 이용한 저항운동에 비하여 많은 시간과 노력이 필요한 단점이 있다.

[0006] 웨이트 리프팅 머신에 의한 저항운동에 대해 이하 설명한다.

[0007] 웨이트 리프팅 머신을 이용하여 저항운동을 할 경우에는 레일에 의하여 지정된 경로를 운동하기 때문에 대부분 3자유도 이하의 운동이다. 프리 웨이트에 비하여 안정화를 위한 근육의 참여가 상대적으로 적기 때문에 더 많은 하중(load)를 가할 수 있다. 또 한 부위를 고립(isokinetic)하여 운동을 할 수 있기 때문에 특정 근육에만 하중을 주어 특정 근육을 발달 시키는 데에 유리하다.

[0008] 하지만 일반적인 웨이트 리프팅 머신은 적은 자유도에 의한 제약과 표준체형을 기준으로 제작되었기 때문에 개인에 알맞은 운동을 계획하기가 힘들다. 즉, 웨이트 리프팅 머신의 경우 수동적인 운동만이 가능하고 표준체형을 바탕으로 제작되었기 때문에 개인별 맞춤형 운동을 수행하기에는 여전히 어렵고, 표준체형에 벗어나는 사용자의 경우 바른 자세에서 개인에 알맞은 운동을 하기 힘들다.

[0009] 따라서, 종래의 프리웨이트 운동과 웨이트 리프팅 머신 운동의 장점을 잘 접목시켜 저항운동을 할 수 있는 장치의 개발에 대한 필요성이 대두된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0010] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명은 사용자의 안정성 보장과 개인 맞춤형 저항운동이 가능한 햅틱을 이용한 저항운동기구를 제공한다.

과제 해결수단

[0011] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 사용자의 운동경로를 도시하고, 사용자가 저항운동을 할 수 있는 힘의 크기를 계산하는 그래픽 시뮬레이터; 사용자가 저항운동을 할 수 있도록 부하를 가하는 햅틱(haptic)장치; 및 상기 그래픽 시뮬레이터와 상기 햅틱장치의 사이에 연결되어 상기 햅틱장치로부터 입력된 신호에 따라 상기 그래픽시뮬레이터의 영상출력을 제어하고 상기 그래픽 시뮬레이터로부터 입력된 신호에 따라 상기 햅틱장치에 가해지는 힘을 제어하는 햅틱제어부;를 포함하는 햅틱을 이용한 저항운동기구를 제공한다.

[0012] 또한, 상기 그래픽 시뮬레이터는 상기 햅틱장치에 의해서 사용자에게 제공되는 힘의 크기를 일정하게 하고, 힘의 크기가 사용자가 입력한 값에 따라 다르게 설정될 수 있다.

[0013] 나아가, 상기 그래픽 시뮬레이터는 상기 햅틱장치에 의해서 사용자에게 제공되는 힘의 크기를 운동경로에 따라 다르게 설정하는 것도 가능하다.

[0014] 한편, 상기 그래픽 시뮬레이터는 저항운동에 바람직한 특정 운동경로를 제공하고, 사용자의 운동경로가 상기 특정 운동경로를 벗어난다고 판단하면, 사용자의 운동경로가 상기 특정 운동경로로 돌아올 수 있는 힘을 계산하여, 그 힘을 제공할 수 있다.

효 과

[0015] 본 발명에 따르면 사용자에 따라 원하는 힘의 크기를 다르게 변화시켜, 사용자의 수준에 맞게 저항운동을 수행할 수 있다.

[0016] 본 발명에서 사용자는 6자유도로 저항운동하므로, 프리 웨이트를 이용한 운동과 같은 자유도를 갖게 되어 운동수행능력을 향상시킬 수 있다.

[0017] 본 발명은 사용자가 저항운동을 하는 동안 실시간으로 변하는 몸의 각도와 그 각도에서의 근육의 활성도에 따라 다른 부하로 저항운동을 수행할 수 있다. 따라서 오로지 중력 방향으로 일정한 무게로만 힘을 전달하는 프리 웨이트를 이용한 저항운동보다 개인의 목적과 특성에 맞는 맞춤형 운동에 적합하다.

[0018] 나아가, 본 발명은 가상 환경(virtual environment)을 통해 바람직한 특정 운동경로, 즉 가상경로(virtual

path) 구현하여 보조자나 개인트레이너의 자세 지도 없이도 안전하고 바른 자세로 저항운동을 할 수 있다. 또한 사용자의 자세를 실시간으로 측정하여 사용자가 자신의 자세를 전면의 화면을 통해 볼 수 있어 자세의 문제를 인지할 수 있어, 바른 자세로 운동할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0019] 이하 상기의 목적을 구체적으로 실현할 수 있는 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 설명한다.

[0020] 도 3은 본 발명에 따른 햅틱을 이용한 저항운동기구의 블럭도이고, 도 4는 본 발명에 따른 햅틱 장치의 개략도이다. 이하, 도 3 및 4를 참조해서 설명한다.

[0021] 본 발명은 사용자의 운동경로를 영상으로 도시하는 그래픽 시뮬레이터(Graphic Simulator)(100)와 사용자가 직접 접촉하여 저항운동을 할 수 있는 햅틱장치(haptic device)(300) 및 상기햅틱장치(300)의 작동을 제어하는 햅틱 제어부(200)를 포함한다.

[0022] 본 발명에 따른 상기 햅틱장치(300)는 상기 햅틱제어부(200)로부터 입력되는 제어입력값에 따라 구동하는 액츄에이터(302)와, 상기 액츄에이터(302)에 의하거나 사용자에 의해서 6자유도로 조작되는 기계적 링크(304)들과, 상기 기계적 링크(304)들의 변위나 상기 기계적 링크(304)에 가해지는 힘의 크기를 인식하고 인식된 변위나 힘에 비례하는 전압의 전기적 신호를 상기 햅틱제어부(200)에 전달하는 측정 센서(306)들을 포함한다.

[0023] 상기 그래픽 시뮬레이터(100)는 상기 입력장치(10)로부터 입력되는 명령어에 따라 사용자에게 바람직한 운동경로에 관련되는 영상을 출력하는 GUI(Graphical User Interface)(102)와, 상기 햅틱제어부(200)로부터 햅틱장치(300)의 운동정보를 입력받기 위한 통신모듈(104)과, 상기 사용자가 저항운동을 하고자 할때 필요로 하는 힘을 계산하는 힘 계산 알고리즘(106)을 포함하며, 상기 통신모듈(104)을 통해 상기 힘 계산 알고리즘(106)에서 출력된 힘의 정보를 상기 햅틱제어부(200)에 입력한다.

[0024] 상기 햅틱제어부(200)는 상기 그래픽 시뮬레이터(100)로부터 힘의 크기를 입력받는 통신모듈(202)과, 상기 햅틱장치(300)에 가해지는 힘에 따른 상기 햅틱장치(300)의 액츄에이터(302)의 제어입력값을 계산하는 제어 알고리즘(204)과, 제어입력값에 따라 햅틱장치(300)를 구동하는 액츄에이터 드라이버(206)와, 상기 햅틱장치(300)와 연결되어 상기 햅틱장치(300)의 운동정보를 입력받아 이를 상기 제어 알고리즘(204)으로 입력하는 센서 인터페이스 모듈(208)을 포함한다.

[0025] 상기 그래픽 시뮬레이터(100)는 사용자(400)가 수행하는 저항운동의 운동 모습의 영상을 GUI(Graphical User Interface)(102)를 통해 모니터 화면에 나타낸다. GUI(102)는 사용자(400)가 컴퓨터의 입력장치(10)인 키보드 또는 마우스를 통해 영상의 줌, 회전 및 이동 명령을 자유롭게 결정할 수 있다.

[0026] 이때, 사용자(400)는 상기 입력장치(10)에 값을 입력해서, 상기 그래픽 시뮬레이터(100)가 상기 햅틱장치(300)에 의해 사용자에게 제공하는 힘의 크기가 일정하도록 설정할 수 있다. 이 경우에는 사용자는 상기 햅틱장치(300)에 의해서 일정한 힘의 저항을 얻게 되어 운동 경로내내 일정한 크기의 저항운동을 수행할 수 있다. 즉, 사용자는 바벨을 들어올리면서 하는 저항운동과 동일한 운동을 수행할 수 있다.

[0027] 물론, 사용자(400)가 여러 명인 경우에 각각의 사용자는 자기가 원하고자 하는 저항운동의 힘의 크기를 상기 입력장치(10)에 입력하는 것이 가능하다. 다시 말해서, 하나의 햅틱을 이용한 저항운동기구를 이용해서 복수 명의 사용자가 자신의 체형과 수준에 맞는 힘의 크기를 설정해서 다양한 부하를 제공하는 저항운동을 수행할 수 있다.

[0028] 반면에, 사용자(400)는 상기 입력장치(10)에 값을 입력해서, 상기 그래픽 시뮬레이터(100)가 상기 햅틱장치(300)에 의해 사용자에게 제공하는 힘의 크기가 운동경로에 따라 다르게 설정되도록 할 수 있다. 예를 들어, 바벨을 이용해서 저항운동을 하는 경우 바벨의 무게만큼 일정하게 중력방향에 대항하도록 저항운동을 하게 된다. 그러나, 본 발명에 따르면 사용자의 팔의 각도가 수평으로부터 90도의 각도 범위에서 접는 행위를 하면서 운동한다고 보면, 0도에서 45도까지는 적은 부하가 걸리고, 45도에서 90도까지는 큰 부하가 걸리도록 설정하는 것이 가능하다. 즉, 사용자는 하나의 저항운동을 수행하는 동안에 힘의 변화를 둘 수 있어 사용자의 취향이나 체력에 맞는 저항운동을 수행할 수 있다.

[0029] 상기 그래픽 시뮬레이터(100)는 통신모듈(104)을 이용하여 햅틱장치(300)의 운동정보를 입력받는다. 상기 그래픽 시뮬레이터(100)는 힘 계산 알고리즘(106)을 통하여 햅틱장치(300)에 가해져야 하는 각 축의 힘 정보를 통신

모듈(104)을 통해 햅틱 제어부(200)에 전달한다. 그래픽 시뮬레이터(100)의 통신모듈(104)과 햅틱 제어부(200)의 통신모듈(202)은 인터넷 기반의 TCP/IP통신을 이용하여 구현된다. 그래픽 시뮬레이터(100)가 데이터를 요구하면 햅틱 제어부(200)로부터 사용자의 운동 정보를 받고, 힘 정보를 햅틱 제어부(200)로 전달하게 된다.

[0030] 햅틱 제어부(200)는 그래픽 시뮬레이터(100)에서 계산된 힘의 크기에 맞게 햅틱장치(300)를 제어하며, 햅틱장치(300)의 운동정보를 그래픽 시뮬레이터(100)에 전달하는 역할을 수행한다.

[0031] 제어 알고리즘(204)은 햅틱장치(300)를 통해 사용자가 적절한 부하를 느끼도록 햅틱장치(300)의 각 조인트를 구동하는 액츄에이터(302)의 제어입력을 계산한다. 액츄에이터 드라이버(206)는 제어 입력에 맞게 전류를 액츄에이터(302)에 공급하여 햅틱장치(300)에 적절한 힘이 발생되어 사용자가 저항운동을 수행할 수 있도록 한다.

[0032] 그리고 햅틱장치(300)는 액츄에이터(302), 센서(306), 기계적 링크(304)를 구비하며, 햅틱장치(300)의 센서(306)는 각 조인트의 움직임에 따라 전기적인 신호를 발생한다. 이러한 센서(306)의 전기적인 신호는 햅틱 제어부(200)의 센서 인터페이스 모듈(208)에 전달되어 햅틱장치(300)의 기계적 링크(304)의 각도 또는 직선이동 거리(210)를 알아내는 데 사용된다. 또한, 사용자의 움직임은 기계적 링크(304)를 통해 센서(302)에 전달된다.

[0033] 한편, 도 4에 도시된 바와 같이, 상기 햅틱장치(300)는 6자유도의 입력과 반력을 구현하면서 충분히 큰 힘과 넓은 운동범위를 가진다. 본 발명에서 적용되는 햅틱장치(300)는 인간의 모든 운동에 대하여 저항을 가할 수 있도록 6자유도 이상으로 움직일 수 있어야 하며, 이를 위하여 6개의 Actuator를 사용하는 것이 바람직하다.

[0034] 도 4에 명확히 도시되지는 않으나 사용자에 의한 힘을 측정하기 위해서 사용자와 접촉하는 부분들에 센서(306)를 설치하여 힘을 측정한다. 또한 마찰보상 및 임피던스제어를 통하여 X, Y, Z 방향으로 적절한 운동을 능동적으로 할 수 있게 한다. 이를 통하여 매 순간 실시간으로 변하는 사용자의 몸의 각도에 따른 적절한 각도와 크기로 힘을 전달하여 사용자가 효율적으로 저항운동을 수행할 수 있다.

[0035] 사용자가 햅틱장치(300)를 이동시키면서 저항운동을 수행하면, 운동방향에 반대방향으로 적절한 반력을 사용자에게 전달(force feedback)하여 사용자가 근육운동을 수행한다. 햅틱장치(300)는 사용자에게 다양한 방향과 크기로 힘을 전달 할 수 있고, 사용자에게 10N-2000N 범위의 힘을 전달 할 수 있는 것이 바람직하다.

[0036] 한편, 덤벨에 의한 저항운동을 구현하기 위해서 도 4에 도시된 햅틱장치(300)를 양쪽에 두 개 구비하는 것이 가능하다. 이를 위하여 임피던스 컨트롤 기법을 적용하는 것이 바람직한데, 이에 대해서는 도 7을 참조해서 설명한다.

[0037] 도 5는 본 발명에 따라 수행가능한 저항운동을 예시한 도면이고, 도 6은 도 5에서 그래픽 시뮬레이터에서 제공되는 운동경로를 도시한 도면이다. 도 5에서 예시한 저항운동은 프리 웨이트인 덤벨을 이용한 덤벨 숄더 프레스(dumbbell shoulder press)로 운동 중 삼각근의 참여가 가장 높은 운동이다. 도 6은 그래픽 시뮬레이터에서 제공하는 바람직한 특정 운동경로(6)가 도시된다. 이하, 도 5 및 6을 참조해서 설명한다.

[0038] 도 5에 도시된 바와 같이 사용자가 운동경로를 따라 운동하는 동안 덤벨에 작용하는 중력이 Z 방향으로 작용하고 그에 따른 모멘트가 발생하여 덤벨이 사용자에게 힘과 모멘트를 전달하여 운동에 저항을 가하게 된다. 사용자도 작용 반작용으로 덤벨에 같은 크기의 힘과 모멘트를 전달하게 된다.

[0039] 이러한 저항운동을 본 발명에서 적용한 예를 보면, 바람직한 특정 운동경로(6)(점선으로 표시)를 가상환경에서 렌더링(rendering)한다. 또한, 운동경로(6)에서 소정 간격을 두고 가상벽(4)을 설정하고, 사용자의 운동경로를 커서('X'자로 표현됨)에 따라 도시한다. 바람직하게는 사용자의 전면에 영상 디스플레이를 장착하여 매 순간 자세와 상기 가상벽(4)과 커서를 확인한다.

[0040] 상기 가상벽(4)과 사용자가 실제로 이동하는 운동경로(커서) 사이에는 공간이 있으므로 가상 경로 사이에서 운동을 할 때에 사용자는 6자유도 운동을 할 수 있다.

[0041] 그러나 사용자가 자세안정화를 위한 적절한 모멘트를 전달하지 못하여 자세가 불안정해질 경우 커서가 상기 가상벽(4)에 닿게 되고 결국 가상 경로의 벽을 통과 하게 된다. 사용자의 운동경로가 상기 가상벽(4)에 도달하는 경우, 즉 사용자의 운동경로가 상기 특정 운동경로(6)를 벗어난다고 판단되면, 상기 그래픽 시뮬레이터(100)는 사용자의 운동경로가 상기 특정 운동경로(6)로 돌아올 수 있는 힘을 계산한다. 이어서, 그 힘을 상기 햅틱장치(300)에 부가하여 사용자가 상기 가상벽(4)의 외부로 벗어나지 않고 바람직한 특정 운동경(6) 내에서 저항운동을 수행할 수 있도록 조절한다.

[0042] 다시 말해서, 상기 그래픽 시뮬레이터(100)는 사용자의 운동자세가 불안정해 졌을 때 본래의 바람직한 특정 운

동경로(6)로 운동을 하도록 도움을 줄 뿐이며 웨이트 리프팅 머신처럼 저항운동의 자유도를 완전히 구속하지는 않는다. 따라서, 사용자는 6자유도의 상태에서 운동을 할 수 있어 프리 웨이트 운동의 장점을 누릴 수 있다.

[0043] 도 7은 본 발명에 따른 임피던스 컨트롤을 위한 블록도이다. 이하, 도 7을 참조해서 설명한다.

[0044] 사용자가 가하는 힘을 센서를 이용하여 실시간으로 감지한 후, 이 값을 사용하여 힘 계산 알고리즘에서 포지션 명령을 생성하여 햅틱장치에 전달하여 준다. 이를 통하여 원하는 저항운동에 필요한 힘을 사용자에게 가해 줄 수 있다.

[0045] 이때, 사용자의 운동의 속도에 따라서 원하는 임피던스를 적절히 바꾸어 준다면 기기의 안정성과 응답성을 동시에 높일 수 있는 장점이 있기 때문에 여기서는 변화하는 임피던스 컨트롤 기법을 적용한다.

[0046] 본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 않으며, 첨부된 청구범위에서 알 수 있는 바와 같이 본 발명이 속한 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 변형이 가능하고 이러한 변형은 본 발명의 범위에 속한다.

도면의 간단한 설명

[0047] 도 1은 바벨을 이용한 저항운동의 예를 도시한 도면.

[0048] 도 2는 웨이트 리프팅 머신을 이용한 저항운동의 예를 도시한 도면.

[0049] 도 3은 본 발명에 따른 햅틱을 이용한 저항운동기구의 블럭도.

[0050] 도 4는 본 발명에 따른 햅틱 장치의 개략도.

[0051] 도 5는 본 발명에 따라 수행가능한 저항운동을 예시한 도면.

[0052] 도 6은 도 5에서 그래픽 시뮬레이터에서 제공되는 운동경로를 도시한 도면.

[0053] 도 7은 본 발명에 따른 임피던스 컨트롤을 위한 블록도.

[0054] < 도면의 주요 부분에 대한 부호 설명>

[0055] 10: 입력장치 100: 그래픽 시뮬레이터

[0056] 200: 햅틱 제어부 300: 햅틱장치

[0057] 400: 사용자

도면

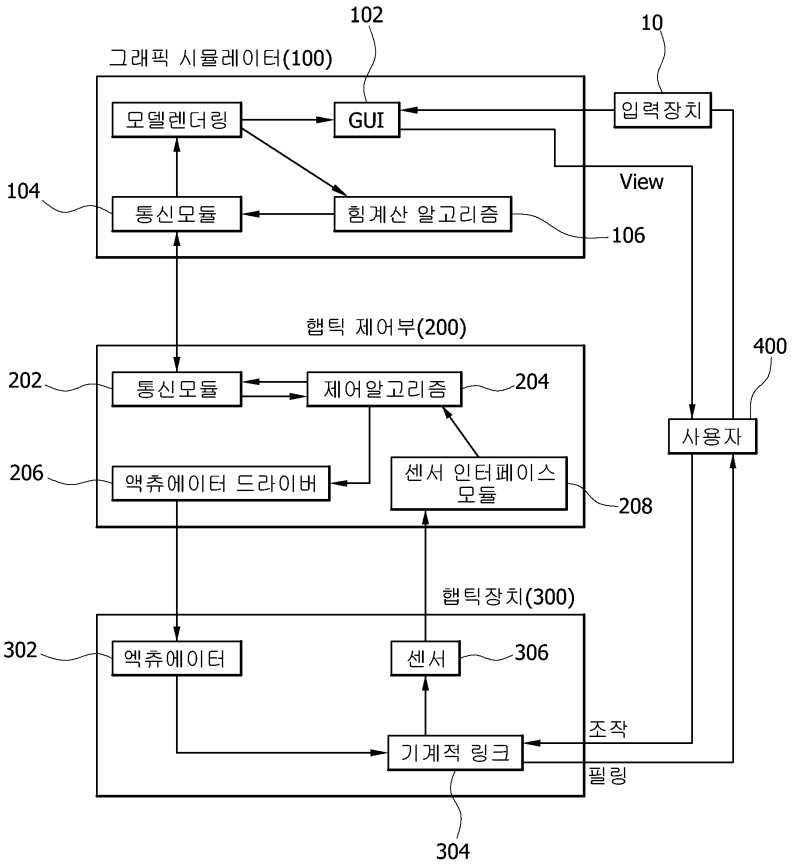
도면1



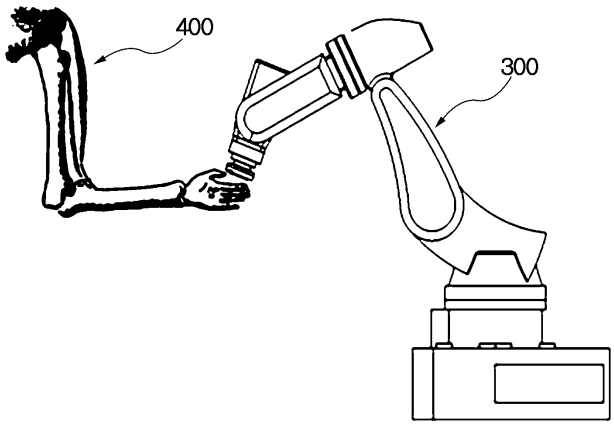
도면2



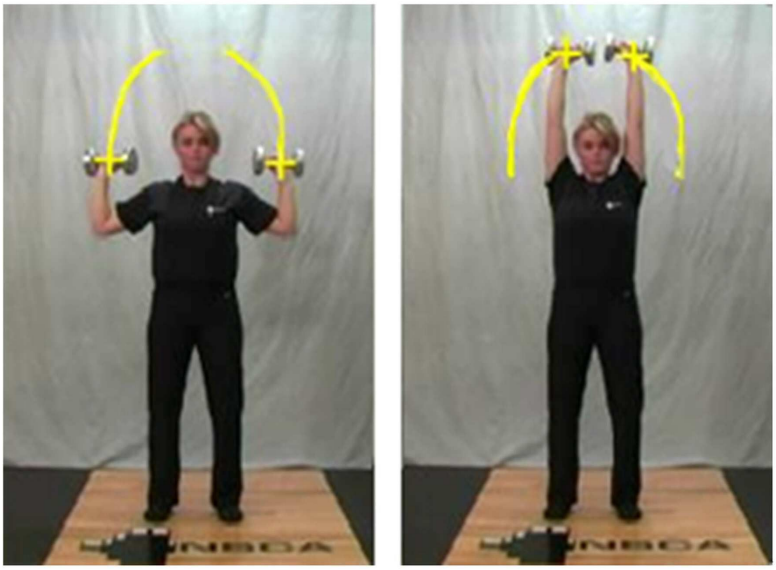
도면3


102
10
그래픽 시뮬레이터(100)
모델렌더링
GUI
입력장치
View
104
통신모듈
힘계산 알고리즘
106
햅틱 제어부(200)
400
202
통신모듈
제어알고리즘
204
사용자
206
액츄에이터 드라이버
센서 인터페이스 모듈
208
햅틱장치(300)
302
엑츄에이터
센서
306
조작
기계적 링크
필링
304

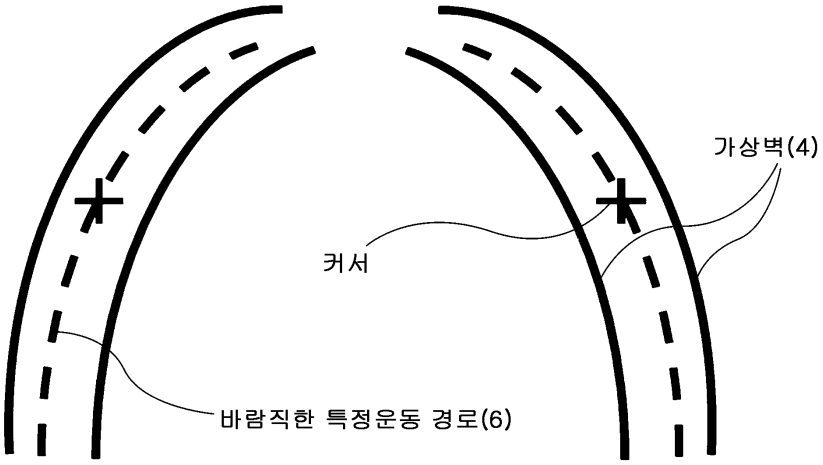
도면4



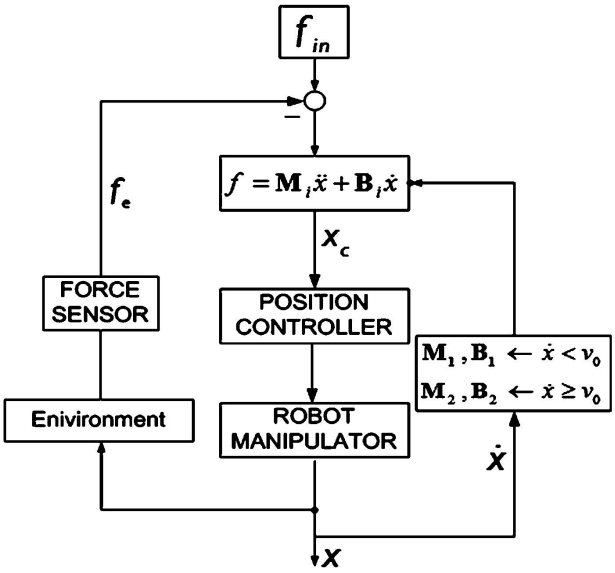
도면5



도면6


가상벽(4)
커서
바람직한 특정운동 경로(6)

도면7


f_{in}
−
$f = \mathbf{M}_i\ddot{x} + \mathbf{B}_i\dot{x}$
f_e
x_c
FORCE SENSOR
POSITION CONTROLLER
$\mathbf{M}_1, \mathbf{B}_1 \leftarrow \dot{x} < v_0$
$\mathbf{M}_2, \mathbf{B}_2 \leftarrow \dot{x} \geq v_0$
Enivironment
ROBOT MANIPULATOR
$\dot{x}$
x