(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0026249
(43) 공개일자 2025년02월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 34/35 (2016.01) *A61B 17/00* (2025.01)
A61B 34/00 (2016.01) *A61B 34/37* (2016.01)
A61B 90/00 (2025.01)
(52) CPC특허분류
A61B 34/35 (2016.02)
A61B 34/25 (2016.02)
(21) 출원번호 10-2025-7000238
(22) 출원일자(국제) 2023년05월30일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2025년01월03일
(86) 국제출원번호 PCT/IB2023/055511
(87) 국제공개번호 WO 2023/233279
국제공개일자 2023년12월07일
(30) 우선권주장
102022000011789 2022년06월03일 이탈리아(IT)

(71) 출원인
메디컬 마이크로인스트러먼츠, 아이엔씨.
미국, 델라웨어, 윌링턴, 더 코퍼레이션 트러스트 컴퍼니, 오렌지 스트리트 1209
(72) 발명자
시미, 마시밀리아노
이탈리아 피아이 피사 56121 비아 에. 지아네시 52/54/56 씨/오 메디컬 마이크로인스트러먼츠, 아이엔씨.
디 과르도, 안토니오
이탈리아 피아이 피사 56121 비아 에. 지아네시 52/54/56 씨/오 메디컬 마이크로인스트러먼츠, 아이엔씨.
루팔디, 에마누엘레
이탈리아 피아이 피사 56121 비아 에. 지아네시 52/54/56 씨/오 메디컬 마이크로인스트러먼츠, 아이엔씨.
(74) 대리인
이대호, 박건홍

전체 청구항 수 : 총 19 항

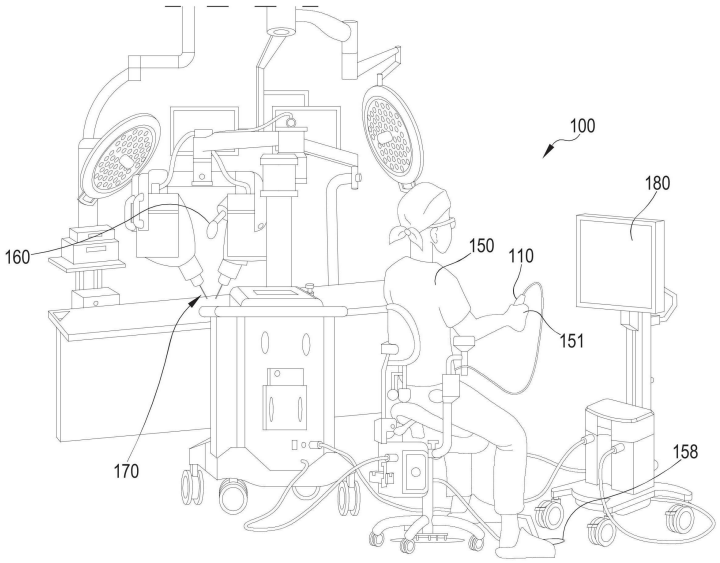
(54) 발명의 명칭 **의료용 또는 수술용의 원격 작업을 위한 로봇 시스템의 제어 방법 및 관련 로봇 시스템**

(57) 요 약

의료용 또는 수술용의 원격 작업을 위한 임의의 로봇 시스템에서 사용 가능한 제어 방법으로서, 상기 로봇 시스템은, 적어도 하나의 마스터 장치, 구동기에 의해 동작되고 마스터 장치에 의해 제어되도록 구성된 적어도 하나의 슬레이브 장치; 슬레이브 장치를 제어하도록 구성된 중앙 마이크로 처리부; 및 슬레이브 장치가 작업하는 수

(뒷면에 계속)

대 표 도



술 부위를 중앙 부분에서 가시화하도록 구성되는 디스플레이를 포함하고, 상기 제어 방법은, 중앙부로 마스터 장치 및 슬레이브 장치의 공간 지향들을 결정하는 단계; 중앙부가 정렬 지원 요청 신호를 수신할 경우, 슬레이브 장치에 대한 마스터 장치의 상대적인 공간적 지향을 시각적으로 나타내는 적어도 하나의 정렬 지원 그래픽 요소를 포함하는 그래픽 사용자 인터페이스를 디스플레이 상에서 생성하는 단계; 및 슬레이브 장치에 대한 마스터 장치의 상대적인 공간적 지향에 대응하는 방식으로 정렬 지원 그래픽 요소의 적어도 하나의 그래픽 양태를 수정하는 단계를 포함한다.

(52) CPC특허분류

A61B 34/37 (2025.01)

A61B 34/74 (2016.02)

A61B 90/37 (2016.02)

A61B 2017/00207 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

의료용 또는 수술용(surgical)의 원격 작업을 위한 로봇 시스템의 제어 방법으로서, 상기 로봇 시스템은,

적어도 하나의 마스터 장치(master device) - 상기 마스터 장치는 조종될(handled) 수 있고 그리고 작업자(operator)에 의해 이동되도록 조정됨 -,

적어도 하나의 슬레이브 장치(slave device) - 상기 슬레이브 장치는 구동기(actuator)에 의해 이동되도록 구성되고 그리고 상기 마스터 장치에 의해 제어되도록 구성됨 -,

상기 슬레이브 장치를 제어하도록 구성된 중앙 마이크로 처리부(central microprocessor unit) 및,

디스플레이를 포함하고, 그리고

상기 방법은,

상기 중앙 마이크로 처리부로 상기 마스터 장치의 제1 공간 지향(spatial orientation) 및 상기 슬레이브 장치의 제2 공간 지향을 결정하는 단계,

상기 중앙 마이크로 처리부가 정렬 지원 요청 신호(help-alignment request signal)를 수신하는 경우, 상기 중앙 마이크로 처리부로 상기 디스플레이 상에 그래픽 사용자 인터페이스(graphic user interface)를 여는 단계 - 상기 그래픽 사용자 인터페이스는 적어도 하나의 정렬 지원 그래픽 요소(help-alignment graphic element)를 포함하며, 그리고 상기 적어도 하나의 정렬 지원 그래픽 요소는, 상기 디스플레이의 일부분에 디스플레이되어, 상기 슬레이브 장치에 대하여 업데이트된 상기 마스터 장치의 상대적 공간 지향에 대한 정보 및 상기 작업자가 상기 마스터 장치와 상기 슬레이브 장치 사이의 정렬 조건에 도달하도록 허용하는 명령들 중 적어도 하나를 시각적으로 표현함-,

상기 디스플레이 상에 보여진 상기 정렬 지원 그래픽 요소를 상기 슬레이브 장치에 대한 상기 마스터 장치의 상대적 공간 지향에 대응하는 방식으로 업데이트하는 단계, 및

상기 상대적 공간 지향이 사전 결정된 간격 이내일 경우;

의료용 또는 수술용 원격 작업을 위한 허용 신호가 생성되었을 경우; 및

상기 정렬 지원 요청 신호가 생성된 뒤, 상기 그래픽 사용자 인터페이스가 열려 있는 상태로 최대 시간이 경과했을 경우;

중 적어도 하나의 조건이 충족되었을 때, 상기 중앙 마이크로 처리부로, 상기 그래픽 사용자 인터페이스를 닫는 단계

의 작업을 수행하는 것을 포함하는,

방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 마스터 장치는 비구동형(unactuated type) 및 비구속형(unconstrained type) 중 적어도 하나에 속하는,

방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 디스플레이는 상기 슬레이브 장치가 작업하는 수술 부위를 적어도 상기 디스플레이의 중앙 부분에 디스플레이하도록 구성되고, 그리고

상기 방법은,

상기 수술 부위 및 상기 슬레이브 장치를 상기 디스플레이의 상기 중앙 부분에 디스플레이하는 단계; 및

상기 정렬 지원 그래픽 요소를 상기 디스플레이의 상기 중앙 부분에 겹쳐지지 않는 주연 부분에 디스플레이하는 단계;

를 더 포함하는,

방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

수술 부위를 조망하지(viewing) 않으면서, 상기 디스플레이 상에 적어도 하나의 정렬 지원 그래픽 요소를 디스플레이하는 단계의 작업을 더 포함하며, 그리고

상기 로봇 시스템이 적어도 제1 디스플레이 및 제2 디스플레이를 포함하는 경우, 상기 방법은, 상기 수술 부위를 상기 제1 디스플레이 상에 조망하는 단계 및 상기 적어도 하나의 정렬 지원 그래픽 요소를 상기 제2 디스플레이에 디스플레이하는 단계 중 적어도 하나의 작업을 더 포함하는,

방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 원격 작업 이외에, 원격 작업 단계를 준비하기 위한 정렬 단계에서, 상기 중앙 마이크로 처리부로 상기 정렬 지원 요청 신호를 생성하는 단계의 작업을 더 포함하는,

방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 마스터 장치의 닫힘 또는 열림 명령이 활성화되는 경우, 또는 2 개의 마스터 장치들의 닫힘 또는 열림 명령이 동시에 또는 첫번째 닫힘 또는 열림 명령으로부터 일정 시간대(time window) 이내에 활성화되는 경우;

상기 마스터 장치의 열림 또는 닫힘 명령이 반복적으로 활성화되었을 경우;

상기 마스터 장치가 손 제스처(hand gesture)에 의해 정의된 시간 간격 내에 뒤집어졌을(overturned) 경우, 또는, 2개의 마스터 장치가 동시에 뒤집어졌을 경우;

상기 로봇 시스템에 설치된 시선 탐지 장치가 작업자가 상기 디스플레이 방향을 포함하는 사전 결정된 방향을 보고 있음을 탐지하는 경우; 및

상기 마스터 장치가 사전 정의된 시간 간격 내에서, 사전 결정된 손 제스처를 수용하였을 경우;

중 하나의 조건 또는 이들의 조합에서, 상기 중앙 마이크로 처리부를 이용하여 상기 정렬 지원 요청 신호를 생성하는 작업을 더 포함하는,

방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 중앙 마이크로 처리부가 상기 마스터 장치가 사전 결정된 작업 공간(workspace) - 상기 사전 결정된 작업 공간은 상기 중앙 마이크로 처리부에 의해 계산될 수 있는 상기 마스터 장치의 작업 공간의 하위(sub) 공간을 포함함 - 에 있음을 탐지하는 경우;

상기 중앙 마이크로 처리부가 상기 마스터 장치로 사전 결정된 동작이 수행되었음을 탐지하는 경우;

상기 마스터 장치가 사전 정의된 공간적 위치에 있음을 상기 중앙 마이크로 처리부가 탐지하는 경우;

상기 중앙 마이크로 처리부가 상기 로봇 시스템의 수동 활성화 스위치-상기 수동 활성화 스위치는 상기 마스터

장치의 손잡이에 설치되고 그리고 상기 중앙 마이크로 처리부에 연결됨-가 눌렸음을 탐지하는 경우; 및

상기 중앙 마이크로 처리부가 상기 로봇 시스템의 풋(foot) 스위치 - 상기 풋 스위치는 상기 중앙 마이크로 처리부에 연결됨- 가 눌렸음을 탐지하는 경우;

중 하나의 조건 또는 이들의 조합에서, 상기 중앙 마이크로 처리부를 이용하여 상기 정렬 지원 요청 신호를 생성하는 작업을 더 포함하는,

방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 마스터 장치와 상기 슬레이브 장치 사이의 상대적 공간 지향을 시각적으로 표현하기 위하여,

정렬 지원 그래픽 요소를 생성하는 작업을 더 포함하는,

방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 마스터 장치의 제1 공간 지향 및 상기 슬레이브 장치의 제2 공간 지향을 시각적으로 표현하기 위하여,

정렬 지원 그래픽 요소를 생성하는 작업을 더 포함하는,

방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 슬레이브 장치의 제2 공간 지향과의 정렬을 달성하기 위하여 상기 마스터 장치를 이동시키는 정보 - 상기 정보는 그래픽 표시자(graphic indicator)를 포함함 - 를 시각적으로 표현하기 위하여,

정렬 지원 그래픽 요소를 생성하는 작업을 더 포함하는,

방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 상대적 공간 지향이 사전 결정된 간격 내에 있을 때, 의료용 또는 수술용 원격 작업을 위한 허용 신호(enabling signal)가 생성되는,

방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 상대적 공간 지향이 사전 결정된 범위 내에 있을 때, 상기 마스터 장치의 지향과 정렬시키기 위하여 슬레이브 장치 움직임 허용 신호(slave device motion enable signal)가 생성되고, 그리고

상기 상대적 공간 지향이 상기 사전 결정된 범위 내의 더 좁은 범위에 있을 때, 의료용 또는 수술용 원격 작업을 위한 허용 신호가 생성되는,

방법.

청구항 13

제1항에 있어서, 의료용 또는 수술용 원격 작업을 위한 상기 허용 신호는, 제어 페달 또는 제어 인터페이스를 활성화하는, 상기 작업자로부터의 요청에 의해 생성되는,

방법.

청구항 14

제1항에 있어서, 의료용 또는 수술용 원격 작업을 허용하기 위한 상기 신호는 상기 상대적 공간 지향이 사전 결정된 범위 내에 있을 때 자동적으로 생성되는,

방법.

청구항 15

마이크로 처리부의 내부 메모리에 설치 가능한 컴퓨터 프로그램으로서,

실행 시, 상기 마이크로 처리부가 제1항 내지 제14항 중 어느 한 항의 방법에 따른 작업을 수행하도록 하는 소프트웨어 코드를 포함하는,

마이크로 처리부의 내부 메모리에 설치 가능한 컴퓨터 프로그램.

청구항 16

의료용 또는 수술용 원격 작업을 위한 로봇 시스템으로서,

작업자에 의해 조종될 수 있는 마스터 장치;

구동기에 의해 이동되도록 구성되고 그리고 상기 마스터 장치에 의해 제어되도록 구성되는 적어도 하나의 수술용 기구를 포함하는 슬레이브 장치;

상기 슬레이브 장치를 제어하도록 구성된 중앙 마이크로 처리부; 및

디스플레이;

를 적어도 포함하고, 그리고

제15항에 따른 상기 컴퓨터 프로그램이 상기 중앙 마이크로 처리부에 설치되는,

로봇 시스템.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 중앙 마이크로 처리부에 기능적으로 연결된 풋 스위치 - 상기 풋 스위치는 눌렸을 때 상기 정렬 지원 요청 신호를 생성하도록 구성됨 - 를 더 포함하는,

로봇 시스템.

청구항 18

제16항에 있어서, 상기 마스터 장치는 비구동형에 속하거나, 또는 기계적으로 콘솔(console)에 구속되지 않는 비구동형에 속하는,

로봇 시스템.

청구항 19

제16항에 있어서, 상기 디스플레이는 2개의 디스플레이들을 포함하며,

그 중 1개의 디스플레이는 정렬 지원 그래픽 요소를 디스플레이하도록 구성되고, 그리고

나머지 1개의 디스플레이는 수술 부위를 조망하도록(view) 구성된,

로봇 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 의료용 또는 수술용의 원격 작업을 위한 로봇 시스템의 제어 방법에 관한 것이다.

[0002] 특히, 본 발명은 의료용 또는 수술용의 원격 작업을 시작하기 위한 제어 방법에 관한 것이다.

[0003] 또한, 본 발명은 의료용 또는 수술용의 원격 작업을 위한 로봇 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0004] 마스터 장치 및 슬레이브 장치 모두가 회전 자유도를 갖는 마스터-슬레이브 원격 작업에서, 작업자는 일반적으로, 풋 페달(foot pedal)을 누르고/누르거나 마스터 장치 본체 상에서 이용 가능한 버튼을 누르는 것과 같은, 원격 작업을 가능하게 하는 명령을 제공한다. 공지된 바와 같이, 마스터-슬레이브 원격 작업 중에 마스터 장치 위치는 슬레이브 작업 공간 내에서 목표 위치로서 맵핑된다.

[0005] 원격 작업의 준비에서, 다양한 마스터-슬레이브 해결책들에 대한 공통의 문제점은 각각의 지향 정렬(alignment of the orientation)인데, 이는 의료용 또는 수술용의 원격 작업의 단계(phase) 중에 마스터 및 슬레이브가 정렬되는 것이 바람직하기 때문이고, 다시 말해 예를 들어 수술 제스처(gesture)를 수행하는 작업자에 의해 마스터 및 슬레이브가 정렬된 것으로 인식되는 것이 바람직하기 때문이다.

[0006] 이러한 문제점은, 예를 들어 마스터 장치가 마스터 작업 콘솔에 기계적으로 연결되지 않은 경우와 같은 일방향 원격 작업을 위하여 비-작동형(non-actuated) 마스터 장치 또는 "플라잉(flying)" 마스터 장치가 사용될 경우, 즉 힘의 피드백이 없을 경우 특히 두드러진다.

[0007] 사실상, 이상적인 경우에, 마스터 장치를 제어하는 사용자의 움직임 방향 및 지향과 슬레이브 장치의 움직임 방향 및 지향 사이의 일관성을 보전하고 보장하기 위해, 원격 작업은 마스터 및 슬레이브가 완벽하게 지향되어 정렬되었을 때에만 또는 이들이 매우 작은 각도만큼 오정렬되었을 때에만 시작되어야 한다.

[0008] 반대로, 마스터 및 슬레이브가 특정 오정렬 문턱값(예를 들어, 15도의 입체각(solid angle))을 초과하는 원격 작업은 일반적으로 바람직하지 못한 것으로 간주되는데, 이는 이로 인해 슬레이브 장치의 직관적이지 않은 동작(movement)과 그에 따른 잠재적 위험이 발생할 수 있기 때문이다.

[0009] 이러한 이유로, 완전 슬레이브형 원격 작업 단계에 대한 준비로서 정렬 단계가 일반적으로 제공되고, 이는 원격 작업에 들어가기 전에 마스터 장치와 슬레이브 장치 사이의 오정렬을 최소화하는 목적을 갖는다.

[0010] 원격 작업의 준비를 위한 정렬 단계 중에, 추가적인 사용 가능성 요건(usability requirement)이 발생하는데, 이를 통해 마스터-슬레이브 오정렬이 남아 있는 임의의 경우에도 원격 작업에 진입할 수 있는 것이 바람직하다.

[0011] 본 출원인 명의의 문헌 PCT/IB2022/051226에 제안된 해결책은, 원격 작업의 준비를 위한 정렬 단계에서, 동작이 이루어지는 정렬 하위-단계를 제공하고, 이러한 정렬-하위 단계에서, 오정렬이 특정의 사전 결정 가능한 문턱값보다 작을 때 그리고 하나 이상의 추가적인 체크들이 충족되는 경우, 슬레이브 장치는 마스터 장치와 스스로 정렬되도록 작동될 수 있다. 이러한 경우, 정렬 단계 중에, 마스터 장치에 대한 정렬을 위한 슬레이브 장치의 동작을 방지하거나 적어도 최소로 줄일 필요가 또한 있다. 이러한 문헌은 또한 정렬 단계를 개시하고, 이러한 정렬 단계에서 슬레이브 장치는, 병진 운동(translation)을 방지하면서, 지향에서만 마스터 장치를 따른다.

[0012] 마스터-슬레이브 오정렬이 존재할 때에도 원격 작업이 허용되는 해결책들이 또한 제안되어 있으며, 이러한 오정렬은 원격 작업 중에 점진적으로 회복된다.

[0013] 건설적인 관점에서 볼 때, "마스터 제어기" 장치로 작용하는 기계적으로 구속되고 전동화된 부속물을 갖는 마스터 콘솔들이 의료용 또는 수술용의 원격 작업을 위한 마스터-슬레이브 로봇 시스템들에서 공지되어 있다. 이러한 로봇 시스템들에서, 전형적으로, "마스터 제어기" 부속물의 모터들은 슬레이브 작업 공간 내의 슬레이브 장치의 현재 지향에 대한 정렬 조건을 마스터 장치에 부여하여, 마스터 장치의 지향의 동작을 제한하고, 다시 말해, 이러한 시스템들은 콘솔에 연결된 마스터 장치를 차단함으로써 오정렬을 방지한다.

[0014] 유니버셜 지지부(universal support) 및 자이로스코프(gyroscope)("짐벌(gimbal)")을 구비하는 안정화 시스템에 의해 콘솔에 기계적으로 연결된 의료용 또는 수술용의 원격 작업을 위한 마스터 장치들이 또한 공지되어 있다.

[0015] 예를 들어 WO-2016-030767에 예시된 바와 같이, 하나 이상의 슬레이브 로봇 아암들(slave robotic arms)을 동작시키기 위하여 하나 이상의 슬레이브 로봇 아암들(robotic arms)에 기계적으로 직접 연결된 의료용 또는 수술용의 원격 작업을 위한 마스터 장치들이 또한 제안되어 있다.

[0016] 로봇 시스템의 콘솔에 기계적으로 연결되지 않은 의료용 또는 수술용의 원격 작업을 위한 마스터 장치들, 즉 언바운드(unbound), 또는 "언그라운드(ungrounded)" 또는 "그라운드리스(groundless)" 마스터 장치들, 즉 예를 들어 본원의 출원인과 동일한 출원인 명의의 문헌 WO-2019-220407, WO-2019-220408, WO-2019-220409, WO-2021-161158, WO-2021-161185 및 WO-2021-161177에 예시된 유형뿐만 아니라, 예를 들어 문헌 US-8521331, US-2020-0360097 및 WO-2016-137527에 예시된 유형의 마스터 장치들을 사용하는 해결책들이 최근에 등장했다,

[0017] 마스터 장치들의 다른 카테고리는 비-작동형 또는 "플라잉" 유형의 마스터 장치들의 카테고리, 즉 조작성을 물리적으로 제한할 수 있는 슬레이브 장치로부터의 피드백 시스템이 없는 마스터 장치들의 카테고리이다. 이러한 카테고리는 전술한 기계적으로 구속되지 않는 유형의 마스터 장치들, 및 예를 들어 지지 및 안정화("짐벌")를 위한 짐벌이 제공되는, 작업 콘솔에 구속되는 유형의 마스터 장치들 모두를 포함할 수 있다.

[0018] 공지된 로봇 시스템들은 일반적으로 작업자에 의해 동작되도록 구성되는, 그립될(gripped) 수 있는, 적어도 하나의 마스터 장치, 구동기(actuator)에 의해 동작되고 마스터 장치에 의해 제어되도록 구성된 적어도 하나의 슬레이브 장치, 상기 슬레이브 장치를 제어하도록 구성된 중앙 마이크로 처리부, 및 디스플레이를 포함한다.

[0019] 공지된 로봇 시스템들에서, 기계적으로 구속되지 않은 마스터 장치는 자기장 내에서 및/또는 광학적 추적 시스템에 의해 추적된다.

[0020] 로봇 시스템 디스플레이는 슬레이브 장치가 작업하는 수술 부위를 보여주도록 구성될 수 있다.

[0021] 정렬 조건에 도달하면, 로봇 시스템은, 통상적으로 제어 페달의 압력에 따라, 마스터-슬레이브 원격 작업에 진입할 수 있다.

[0022] 비-작동형 또는 플라잉 마스터 장치들을 갖는 로봇 시스템들 및 비-연결형 마스터 장치들을 갖지만, 또한 일부 경우에 작업 콘솔에 연결된 마스터 장치들을 갖는 로봇 시스템들 모두를 포함하는 이러한 모든 로봇 시스템들에서, 마스터-슬레이브 원격 작업의 시작 전에, 마스터 장치와 슬레이브 장치 사이에서 정렬을 획득하여, 대응하는 것으로 인식되는 방식으로 슬레이브 수술 기구로 작업자의 수술 제스처가 수행되도록, 정확하고 일관된 관련 마스터-슬레이브 기준들을 갖는 것이 중요하다.

[0023] 예를 들어, 종래 문헌 EP-3305236에는 내시경 수술을 위한 로봇 시스템 해결책이 예시되어 있으며, 여기에서 슬레이브 수술 기구의 관절형 엔드 이펙터(articulated end effector)의 부분들의 지향에 관한 정보가 마스터 제어 장치에 대한 지지 부가물(support addendum)의 회전 조인트들의 지향에 관한 정보와 함께 디스플레이 상에서 표시된다.

[0024] 예를 들어, 문헌 US-2016-0235489에는 슬레이브 장치 로봇 수술 기구를 제어하기 위하여 외과 의사의 손의 지향을 추적하기 위한 해결책이 예시되어 있다.

[0025] 예를 들어, 이전의 문헌 WO-2016-137527에는 구속되지 않는 유형의 그리고 공간(UID) 내에서 자유롭게 동작할 수 있는 마스터 장치를 포함하는 로봇 시스템의 마스터-슬레이브 오정렬 디스플레이의 예가 개시되어 있다.

[0026] 예를 들어, 종래 문헌 WO-2019-103954에는 마스터 슬레이브 수술 원격 작업 시스템이 예시되어 있으며, 여기에서 기준에 대한 마스터 제어 장치의 지향은 이미지 획득 장치에 대한 슬레이브 수술 기구의 지향에 대응한다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0027] 본 개시 내용의 목적은, 원격 작업 전의 마스터-슬레이브 정렬 단계에서의 공지된 방법의 한계를 극복하는 제어 방법을 제공한다.

[0028] 본 개시 내용의 추가적인 목적은, 마스터-슬레이브 원격 작업 단계의 시작 전에, 정렬 단계를 더 단순화할 수 있으며 더 직관적이 되게 할 수 있는 해결책을 제안하는 것이다.

[0029] 제안된 해결책들을 통해, 필요한 이용 가능성들을 조합하고 동시에 위험을 최소한으로 줄이는 방식으로 원격 작업 단계를 시작할 수 있도록 정렬 단계에서 외과 의사를 안내할 수 있는 시각적 정렬-보조 요소를 제공할 수 있다.

[0030] 특히, 제안된 해결책을 통해, 정렬 단계에서 필요로 하는 시간을 줄일 수 있으며 그에 따라 완전히 슬레이브화된(slaved) 원격 작업 단계를 준비하는 데 필요한 시간을 줄일 수 있다.

[0031] 제안된 해결책을 통해, 그리고 특히 슬레이브 장치가 마스터 장치의 지향과 정렬되게 스스로 동작될 수 있는, 동작이 이루어지는(with movement) 정렬 하위-단계를 포함하는 정렬 단계가 제공되는 로봇 시스템들에서, 이러한 방식으로 마스터-슬레이브 오정렬을 감소 또는 리셋하는 것은 정렬 단계 중에 슬레이브 장치를 동작시킬 필요성을 최소화하고 - 심지어 방지하고 - 결과적으로 동작이 이루어지는 상기 정렬 단계 동안 마스터 장치에 대한 슬레이브 장치의 정렬 중에 슬레이브 장치의 경로를 최소화하고 심지어 방지한다.

[0032] 다른 목적은, 본 발명을 의료용 또는 수술용의 원격 작업을 위한 임의의 로봇 시스템에서 사용하는 것이며, 이러한 로봇 시스템은 적어도 하나의 마스터 장치, 구동기에 의해 동작되고 마스터 장치에 의해 제어되도록 구성된 적어도 하나의 슬레이브 장치, 슬레이브 장치를 제어하도록 구성된 중앙 마이크로 처리부, 및 이러한 "헬퍼(HELPER)"를 표시하도록 구성된 디스플레이를 갖는다.

[0033] 디스플레이는 또한 슬레이브 장치가 작업하는 수술 부위를, 예를 들어 동시에, 가시화할 수 있도록 구성될 수 있다.

[0034] 이러한 그리고 다른 목적들은, 적어도 부분적으로, 청구항 1에 정의된 방법으로 달성된다.

[0035] 이러한 개시 내용의 방법에 따라, 중앙부가 정렬 지원 요청 신호(help-alignment request signal)를 수신하는 경우, 디스플레이의 일부에서 디스플레이되는 적어도 하나의 정렬 지원 그래픽 요소를 포함하는 그래픽 사용자 인터페이스가 디스플레이 상에 생성된다.

[0036] 일 양태에서, 적어도 하나의 정렬 지원 그래픽 요소는 슬레이브 장치에 대한 마스터 장치의 상대적인 공간적 지향에 관한 정보를 시각적으로 나타낸다.

[0037] 일 양태에 따라, 정렬 지원 그래픽 요소는 상기 작업자가 마스터 장치와 슬레이브 장치 사이의 정렬 조건에 도달할 수 있게 허용하는 명령들을 나타낸다.

[0038] 일 실시형태에 따라, 마스터 장치는 비-구동형(non-actuated type)이다.

[0039] 일 실시형태에 따라, 마스터 장치는 콘솔에 기계적으로 연결되지 않는 유형이며, 다시 말해 마스터 작업 공간 내에서 "플라잉(flying)" 유형이다.

[0040] 일 실시형태에 따라, 마스터 장치는 축을 따라 N-차 대칭성(N-fold symmetry)을 가지며, 다시 말해 마스터 장치는 N개의 원형 각도 중 하나의 부분과 동일한 회전에서 자체적으로 동일하다.

[0041] 실시형태에 따라, 디스플레이에서 적어도 하나의 정렬 지원 그래픽 요소를 포함하는 그래픽 사용자 인터페이스를 생성하는 단계는 원격 작업 준비 단계 중에 활성화된다.

[0042] 일 실시형태에 따라, 방법은 원격 작업을 준비하기 위한 정렬 단계 중에 수행된다.

[0043] 실시형태에 따라, 디스플레이에서 적어도 하나의 정렬 지원 그래픽 요소를 포함하는 그래픽 사용자 인터페이스를 생성하는 단계는 마스터 장치가 사전 정의된 체적 내부 및/또는 외부에서 탐지(detect)될 경우 활성화된다.

[0044] 실시형태에 따라, 디스플레이에서 적어도 하나의 정렬 지원 그래픽 요소를 포함하는 그래픽 사용자 인터페이스를 생성하는 단계는 사전 정의된 시간 간격 내에 사전 결정된 손 제스처가 마스터 장치에 가해질 경우 활성화된다. 손 제스처는 바람직하게는 (예를 들어, 광학적 추적 및/또는 전자기 추적에 의한) 마스터 장치의 탐지에 의해 탐지된다.

[0045] 실시형태에 따라, 디스플레이에서 적어도 하나의 정렬 지원 그래픽 요소를 포함하는 그래픽 사용자 인터페이스를 생성하는 단계는, 마스터 장치가 사전 정의된 체적 내에서 탐지되고 동시에 마스터 장치의 그리고 동시에 바람직하게는 2개의 마스터 장치들(우측 및 좌측)의 열림/닫힘 명령이 활성화되었을 경우, 활성화된다. 예를 들어, 열림 및 닫힘 명령은 반복적으로("더블-탭(double-tap)") 활성화되었을 수 있다.

[0046] 일 실시형태에 따라, 디스플레이에서 적어도 하나의 정렬 지원 그래픽 요소를 포함하는 그래픽 사용자 인터페이스를 생성하는 단계는, 마스터 장치가 사전 정의된 체적 내에서 탐지되고 맥락과 관련하여(contextually) 전환되었을(turned over) 경우(외과 의사의 제스처가 자발적으로 정렬 단계의 시작을 목표로 한다는 것을 나타내는 "탑-다운(top-down)") 그리고 바람직하게는 2개의 마스터 장치들(우측 및 좌측)이 동시에 뒤집어질(turned upside down) 경우, 활성화된다.

[0047] 일부 실시형태에 따라, 슬레이브 장치의 지향은 로봇 시스템의 센서 또는 구동기의 내부 측정으로부터 계산된다.

[0048] 일 실시형태에 따라, 슬레이브 장치의 지향은, 비전 시스템(vision system)에 의해 획득된 슬레이브의 이미지를 분석하는 알고리즘으로부터 시작하여 계산된다.

[0049] 일부 실시형태에 따라, 슬레이브 장치의 지향은 로봇 시스템의 센서 또는 구동기의 내부 정보와 비전 시스템의 정보의 조합에 기초하여 계산된다.

[0050] 중앙 마이크로 처리부에 로딩된 적절한 컴퓨터 프로그램을 통해 전술한 방법을 구현하도록 구성된 로봇 시스템이 또한 기술된다.

[0051] 추가적인 실시형태가 첨부된 청구범위에 정의되어 있다.

도면의 간단한 설명

[0052] 도 1은 의료용 및/또는 수술용의 원격 작업을 위한 로봇 시스템의 실시형태를 개략적으로 도시한다.

도 2a는 마스터 장치와 슬레이브 장치 사이의 상호 작용의 예를 도시하고, 여기에서 슬레이브 장치는 마스터 장치와의 정렬을 위하여 동작될 수 있도록 구성된다.

도 2b는, 정렬 단계 중에 슬레이브 작업 공간 내의 순수 회전 동작 만을 수행할 수 있는 제어 지점이 정의된, 관절형 단자(articulated terminal)를 갖는 슬레이브 장치를 개략적으로 도시한다.

도 3은 대응하는 마스터 장치에 대한 각각의 슬레이브 장치의 상대적인 지향을 나타내기 위한, 본 개시 내용에 따른 2개의 정렬 지원 그래픽 요소들을 어떻게 디스플레이하는지에 관한 예시적인 도면이다.

도 4는 마스터 장치와 대응하는 슬레이브 장치 사이의 상대적인 지향에 기초하여, 본 개시 내용에 따른 정렬 지원 그래픽 요소의 양상(appearance)을 업데이트하기 위한 절차에 관한 도면이다.

도 5는 원환체(annulus) 형태의 본 개시 내용에 따른 2개의 정렬 지원 그랙픽 요소들을 어떻게 디스플레이하는지를 도시한다.

도 6a 내지 도 6f는 대응하는 마스터 장치에 대한 슬레이브 장치의 상대적인 지향을 나타내기 위한 원형 왕관 형상의 정렬 지원 그래픽 요소들의 예들을 도시한다.

도 7은 3차원 원뿔 형상의, 각각 우측 및 좌측의, 2개의 그래픽 정렬 지원 요소들의 예를 도시한다.

도 8은 도 7에 도시된 정렬 지원 그래픽 요소의 상세 부분의 예를 도시하고, 여기에서 2개의 3차원 원뿔들 각각은 마스터 장치의 지향 및 슬레이브 장치의 상대적인 지향을 나타낸다.

도 9는 3차원 원뿔의 형상 및 2개의 컬러의 채색으로, 각각 우측 및 좌측의, 2개의 정렬 지원 그래픽 요소들의 예를 도시한다.

도 10은 도 9에 도시된 정렬 지원 그래픽 요소의 상세 부분의 예를 도시하고, 여기에서 2개의 3차원 원뿔들 각각은 마스터 장치의 지향 및 슬레이브 장치의 상대적인 지향을 나타낸다.

도 11은 복합 이미지에서 중첩된(superimposed) 마스터 장치 및 각각의 슬레이브 장치들의 지향을 도시하는 본 개시 내용에 따른 2개의 정렬 지원 그래픽 요소들의 예를 도시한다.

도 12는 도 11에 도시된 정렬 지원 그래픽 요소의 상세 부분의 예를 도시하며, 여기에서 슬레이브 장치의 지향은 각각의 마스터 장치의 이미지에 부분적으로 중첩된 합성 이미지로 도시되어 있다.

도 13a, 도 13b, 및 도 13c는 대응하는 마스터 장치에 대한 슬레이브 장치의 상대적인 지향을 나타내기 위한 본 개시 내용에 따른 정렬 지원 그래픽 요소의 다른 예를 도시한다.

도 14a, 도 14b 및 도 14c는 마스터 장치와 슬레이브 장치 사이의 정렬을 달성하기 위한 지시를 작업자에게 제공하기 위한 본 개시 내용에 따른 정렬 지원 그래픽 요소의 다른 예를 도시한다.

도 15 내지 도 18은 본 발명의 방법에 따른 로봇 시스템의 디스플레이 상에서 그래픽 사용자 인터페이스를 연후에 원격 작업을 시작하기 위한 다양한 방식들을 예시하는 상태도들을 도시한다.

도 19는 가능한 작업 방법에 따른, 시간 경과에 따른 마스터-슬레이브 오정렬의 추세를 도시하는 그래프이다.

도 20은 가능한 작업 방법에 따른, 시간 경과에 따른 마스터-슬레이브 오정렬의 추세를 도시하는 그래프이다.

도 21 내지 도 24는 일부 가능한 작업 모드들에 따른, 정렬 지원 요청 신호를 생성하는 단계를 개략적으로 도시

한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0053] 이하의 설명에서, 도 1 내지 도 24를 참조하여 의료용 또는 수술용의 원격 작업을 위한 로봇 시스템(100)의 제어 방법에 대해 설명할 것이다. 일반적으로, 본 개시 내용의 제어 방법이 구현될 수 있는 로봇 시스템(100)은 도 1에 개략적으로 예시된 유형이며, 적어도 이하를 포함한다:

[0054] - 작업자(150)에 의해 조정되도록 구성된, 작업자가 파지할 수 있는, 마스터 장치(110);

[0055] - 적어도 하나의 수술 기구(170)를 포함하고 마스터 장치(110)에 의해 제어되고 구동기에 의해 작동되어 마스터 장치의 작동을 추적하도록 구성되는, 슬레이브 장치(170); 및

[0056] - 슬레이브 장치를 제어하고 하나 이상의 전용 구동기를 통해 슬레이브 장치를 작동시키도록 구성된 중앙 마이크로 처리부, 및 디스플레이(180).

[0057] 이러한 디스플레이(180)는 슬레이브 장치(170)가 작업하는 수술 부위를 디스플레이하도록 구성될 수 있다.

[0058] 로봇 시스템(100)은 2개의 슬레이브 장치들(즉, 2개의 슬레이브 수술 기구들), 및 슬레이브 장치들을 제어하기 위한 2개의 마스터 장치들을 포함할 수 있다.

[0059] 실시형태에 따라, 상기 디스플레이(180)는, 수술 부위를 디스플레이하지 않고, 적어도 하나의 정렬 지원 그래픽 요소(190)를 디스플레이하도록 구성된다.

[0060] 일 실시형태에 따라, 적어도 2개의 디스플레이들이 제공되고, 여기에서 하나의 디스플레이는 수술 부위를 디스플레이하도록 구성되고, 다른 디스플레이는 적어도 하나의 정렬 지원 그래픽 요소(190)를 디스플레이하도록 구성된다. 예를 들어, 적어도 하나의 정렬 지원 그래픽 요소(190)를 디스플레이하는 디스플레이는 외과 의사에 근접하여 배치될 수 있으며, 예를 들어 장갑, 마스크, 안경, 팔찌(bracelet), 밴드, 벨트 및/또는 유사물로서 예를 들어 외과 의사에 의해 착용될 수 있다.

[0061] 도 1에 도시된 예에서는, 외과 의사가 파지하고 있는 마스터 장치가 콘솔에 기계적으로 구속되지 않는 특별한 관심 사항의 경우를 참조한다. 이러한 유형의 마스터 장치들은 일반적으로 구동되지 않으며, 다시 말해 이 장치들은 예를 들어 특정 문턱값을 초과하는 마스터-슬레이브 오정렬이 탐지되는 경우 조작성을 물리적으로 제한할 수 있는 슬레이브 장치로부터의 피드백 시스템들(조인트들(joints))을 갖지 않는다. 이러한 개시 내용의 방법은, 전형적으로 원격 의료(telemedicine) 분야에서, 특히 관심 대상인 이러한 상황을 참조하여 설명할 것이지만, 마스터 장치가 콘솔에 기계적으로 연결되거나 연결되지 않든 간에 비-구동형인 경우, 마스터 장치가 콘솔에 기계적으로 연결되는 경우, 그리고 마스터 장치가 슬레이브 로봇 아암과 같은 슬레이브 장치에 기계적으로 연결되는 경우에도 적용될 것이라는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0062] 특히, 구속되지 않는 또는 "플라잉" 마스터 장치(110)의 경우, 작업자는 사용자가 파지하고 있는 마스터 장치가 로봇 시스템의 디스플레이(180)에 표시되어 작업자가 보는 슬레이브 장치와 정렬되었는지 여부를 체크할 필요성을 느끼는데, 이는, 사용자의 조망(view)에 대한 마스터 장치(110)의 지향이 기록을 하는 비전 시스템(예를 들어, 비디오 카메라(160))의 조망(view)과 관련된 슬레이브 장치의 수술 기구(170)의 지향에 대응하지 않을 수 있기 때문이다. 마스터-슬레이브 원격 작업에 진입할 경우, 작업자에 의해 제어되는 마스터 장치(110)와 디스플레이(180)에서 보여지는 슬레이브 장치(170) 사이의 오정렬이 최소화되거나 존재하지 않도록, 이러한 필요성이 의료용 또는 수술용의 원격 작업의 준비 단계에서 특히 요구된다.

[0063] 마스터 장치 및 슬레이브 장치의 예가, 기준(MFO, SFO)에 대한 공간 내의 각각의 지향을 나타내는 좌표 시스템들(MF, SF)과 함께, 도 2a에 도시되어 있다. 도 2a의 예에서, 마스터 장치(110)의 본체는, 마스터 장치가 작업자(150)에 의해 조작되는 동안 공통 축을 중심으로 회전하도록 그리퍼(gripper)와 같은 회전 조인트(136) 내에 구속된 각각의 센서들 또는 마커들(미도시)과 일체인 2개의 강성 부품들(rigid parts)(134, 135)을 포함한다.

[0064] 도 2a에 도시된 예에서, 원격 작업의 준비를 위한 가능한 정렬 단계가 개략적으로 도시되어 있으며, 여기에서 슬레이브 장치(170)는 슬레이브 작업 공간(도면에서 참조(SFO)로 표시된) 내에서 동작되어 스스로 마스터 장치(110)와 정렬될 수 있다(예시된 예에서, 슬레이브 수술 기구(170)의 시작 포즈(starting pose)가 음영(shading)을 갖고 실선으로 도시되어 있으며, 마스터 장치(110)의 포즈와 정렬된 슬레이브 수술 기구(170)의 목표 포즈가 음영 없이 쇄선으로 도시되어 있다).

[0065] 도 2b에 예시된 예에서, 가능한 정렬 단계가 도시되어 있으며, 여기에서 슬레이브 장치(170)는 지향에서만 마스

터 장치(110)를 따른다. 다시 말해, 슬레이브 수술 기구(170)의 제어 지점(600)은, 제어 지점(600)의 위치 결정 운동학적 체인(positioning kinematic chain)과 독립적으로, 마스터 장치(110)의 포즈와 스스로 정렬하기 위하여 순수 회전 동작만을 수행할 수 있다.

[0066] 마스터 장치 및 슬레이브 장치의 위치뿐만 아니라 그 상호 오정렬을 확인하기 위해, 슬레이브 장치의 위치를 결정하는(locate) 제어 지점(600)이 편리하게 식별될 수 있다. 도 2a의 예에서, 지점(600)은, 슬레이브 수술 기구에 속할 수 있는 제어 지점 및/또는 슬레이브 수술 기구와 엄격하게 연결된(rigidly associated) 가상의 지점으로서 식별될 수 있다. 슬레이브 장치(170)의 수술 기구는 복수의 회전 조인트들(P, Y, G), 예를 들어 피치 조인트들(P) 및 요 조인트들(yaw joints)(Y)뿐만 아니라 열림/닫힘 조인트들(G)을 포함할 수 있고/있거나, 슬레이브 장치의 수술 기구는 복수의 적층된 추골(stacked vertebrae)("스네이크(snake)")을 포함할 수 있는 반면, 마스터 장치(110)는 바람직하게는 대응하는 수의 회전 조인트들을 포함하지 않으며, 그에 따라 슬레이브 장치의 적어도 6의 자유도(3개의 병진 운동 및 3개의 회전, 그리고 필요한 경우 열림/닫힘 자유도(G))를 식별할 수 있는 제어 지점(600)을 제공함으로써, 마스터 장치의 포즈와 슬레이브 장치의 포즈 사이의 상관 관계를 설정할 수 있다.

[0067] 마스터 장치(110)와 슬레이브 장치(170) 사이의 상대적인 지향(오정렬)은 일반적으로 회전 공간(SO(3)) 내의 상대적인 회전으로 이해된다. 이러한 상대적인 회전은 다양한 방식으로, 예를 들어 오일러 각도들(Euler angles), 축 각도, 트위스트 스윙(twist-swing)으로 수학적으로 표현될 수 있으며, 이러한 표현 모드들은 작업자의 정렬을 돕기 위하여 다양한 시각적 해결책들과 연결될 수 있다. 오일러 각도들을 이용한 표현은 직교 축들에 대한 3개의 회전들에 따른 상대적인 회전을 나타내고, 각도 축 표현은 회전 방향 및 측지선(geodesic)을 따른 전체 각도를 나타낸다. 트위스팅-스윙 표현은 슬레이브 및 마스터의 2개의 주 방향들을 조사함으로써 구성된다: 스윙 각도는 하나의 주 방향을 다른 방향으로 이동시키는 각도인 반면, 트위스트 각도는 상기 주 방향을 따른 상대적인 회전 각도이다.

[0068] 로봇 시스템(100)에서, 비전 시스템(160)이 제공될 수 있으며, 이러한 비전 시스템은 물리적인 실제 슬레이브 장치(170)를 실시간으로 촬영하고(shoots), 획득된 이미지는 상기 디스플레이(182)에서 디스플레이된다. 이러한 방식으로, (예를 들어 롤-피치-요(roll-pitch-yaw) 및/또는 트위스트-스윙 좌표들)로 표현된) 슬레이브 장치(170)의 지향에 관한 디스플레이(180) 상의 표현(헬퍼 그래픽 요소 정렬(helper graphic element alignment)(190)이 획득 이미지로부터 도출될 수 있다. 대안적 또는 부가적으로, 디스플레이(180) 상의 표현(헬퍼 그래픽 요소 정렬(190))은 해당 이미지들에서 컴퓨터 비전 및 기계 학습 알고리즘들을 구현함으로써 도출될 수 있다. 이러한 경우, 비전 시스템(160)은 바람직하게는 획득 이미지들을 확대할 수 있는 현미경을 포함한다.

[0069] 예를 들어, 마스터 장치가 공통 축을 중심으로 핀서-힌지 결합된(pincer-hinged) 2개의 강성 부품들을 포함하는 경우, "정렬"은 바람직하게는 2개의 강성 부품들(134, 135) 사이에서 그리고 마스터 장치(110)의 회전 구속부(constraint rotational)(136)를 통해 연장되는 종방향 축(예를 들어, 도 2a의 "x" 축)과 슬레이브 장치(170)를 식별하는 제어 지점(600) 사이의 정렬을 의미한다.

[0070] 일 양태에 따라, 이러한 개시 내용의 방법은, 중앙부가 헬퍼 정렬 지원 요청 신호를 수신할 경우, 중앙부를 이용하여 디스플레이(180) 상에 그래픽 사용자 인터페이스를 생성하는 단계를 제공한다. 이러한 그래픽 인터페이스는 예를 들어 도 3에 도시된 바와 같은 것일 수 있고 정렬 지원 그래픽 요소(190)를 포함하며, 이러한 정렬 지원 그래픽 요소는 도 3에서 헬퍼(HELPER)로서 표시되어 있고 도 5 내지 도 14에 도시된 것과 같이 보일 수 있다. 도 3에 도시된 것과 같은 인터페이스 그래픽들을 통해, 외과 의사(150)는 하나 이상의 그래픽 요소들을 디스플레이할 수 있고, 이는 대응하는 슬레이브 장치(170)에 대한 마스터 장치(110)의 지향이 어떠한지를 명확하게 나타내며, 이는 디스플레이(180)에서 표시되어 외과 의사가 볼 수 있다.

[0071] 바람직한 양태에 따라, 슬레이브 장치(170)는 디스플레이(180)의 실질적으로 중앙 부분(182) 내에서 디스플레이되는 반면, 정렬 지원 그래픽 요소(190)는 디스플레이의 중앙 부분(182) 상에 중첩되지 않는 디스플레이(180)의 부분 내에서, 예를 들어 디스플레이의 모서리(183) 내에 또는 다른 주변 부분(184) 내에 디스플레이되며, 그에 따라 로봇 시스템(100)의 슬레이브 장치들(170)을 보는 외과 의사(150)의 조망을 막지 않는다. 바람직하게는, 로봇 시스템(100)은 바람직하게는 적어도 2개의 마스터 장치들(110)의 각각에 의해 제어되는 적어도 2개의 슬레이브 장치들(170)을 포함한다.

[0072] 슬레이브 장치(170)가 디스플레이(180)의 실질적으로 중앙 부분(182)에 디스플레이될 필요는 없으며, 일 실시형태에서, 정렬 지원 그래픽 요소(190)는, 슬레이브 장치(170)가 표시되는 동일한 디스플레이(180)의 부분과 중첩되지 않는 디스플레이(180)의 부분에 디스플레이될 수 있다.

[0073] 일 실시형태에 따라, 슬레이브 장치(170)는 디스플레이(180) 상에 표시되지 않으며, 적어도 하나의 정렬 지원 그래픽 요소(190)가 디스플레이(180)에 표시된다. 예를 들어, 제2의 추가적인 디스플레이(미도시)가 제공될 수 있으며, 여기에서 슬레이브 장치(170)는 상기 제2의 추가적인 디스플레이에서 디스플레이되고, 적어도 하나의 정렬 지원 그래픽 요소(190)는 제1 디스플레이(180)에 디스플레이된다.

[0074] 도 4에서 개략적으로 도시된 개시 내용의 방법의 일 양태에 따라, 마스터 장치 또는 장치들의 제1 공간적 지향 및 대응 슬레이브 장치 또는 슬레이브 장치들의 제2 공간적 지향이 중앙부("제어 유닛")를 이용하여 결정된다. 이어서, 마스터와 슬레이브 사이의 가능한 오정렬(즉, 상대적인 지향)(Δ)이 결정되고, 중앙부는, 슬레이브 장치에 대한 마스터 장치의 상대적인 공간적 지향에 대응하는 방식으로 정렬 지원 그래픽 요소(190)의 그래픽 양태를 수정하고, 그에 따라 마스터가 슬레이브에 대해 어떻게 지향되었는지를 명확하게 하고 외과 의사가 마스터 장치와 슬레이브 장치 사이의 정렬 조건을 달성할 수 있게 하는 시각적 정보를 외과 의사에게 제공한다. 예를 들어, 마스터의 상태 또는 포즈 및/또는 다른 입력들은 정렬 지원 요청 신호("트리거")를 생성하고, 마스터는 슬레이브 좌표들에 대해 맵핑되고, 추가적인 3개의 입력들이 프로세스되어 피쳐 정렬 지원 그래프(the feature help-alignment graph) 특히, 맵핑된 마스터의 회전("마스터 회전 매개변수(Master rotation param)"), 슬레이브의 회전("슬레이브 회전 매개변수(Slave rotation param)"), 그리고 SO(3)에서의 그 상대적인 회전의 시각적 표현을 생성한다.

[0075] 도 15 내지 도 18은 예를 들어 도 1에 도시된 로봇 시스템과 같은 로봇 시스템(100)의 디스플레이(180) 상에 본 발명의 방법에 따라 그래픽 사용자 인터페이스가 열린 후에 원격 작업을 어떻게 시작하는지를 예시하는 상태도를 도시한다. 이러한 그래픽 사용자 인터페이스가 디스플레이에서 보이면, 이하와 같이 도면들에 예시된, 다양한 상황들이 발생할 수 있다:

[0076] - 도 15: 그래픽 사용자 인터페이스가 열린 후에, 마스터 장치와 슬레이브 장치 사이의 상대적인 공간적 지향이 사전 설정된 범위 내에 있는 경우, 그래픽 인터페이스가 닫히고 원격 작업이 작동으로 시작된다;

[0077] - 도 16: 그래픽 사용자 인터페이스가 열린 후에, 마스터 장치와 슬레이브 장치 사이의 상대적인 공간적 지향이 사전 설정된 범위 내에 있는 경우, 그래픽 인터페이스는 자동으로 닫히지 않고 그래픽 인터페이스는 원격 작업이 사용될 준비가 되었다는 것을 작업자에게 알린다. 그에 따라, 로봇 시스템은 의료용 또는 수술용의 원격 작업의 허용 신호(enabling signal)("트리거")의 생성을 대기한다;

[0078] - 도 17; 그래픽 인터페이스가 열린 후에, 마스터 장치와 슬레이브 장치 사이의 상대적인 공간 지향이 용인 가능한 공차 범위를 벗어나지만, (용인 가능한 공차 범위를 포함하는) 제2 최대 범위("펀넬(funnel)") 내에 포함되는 경우, 허용 신호("트리거")가 생성될 때(예를 들어, 정렬 허용 신호 및/또는 의료용 또는 수술용의 원격 작업 허용 신호), 정렬 단계가 예를 들어 마스터 장치를 정지 상태로 파지하고 있는 작업자에 의해 시작되고, 로봇 시스템은, 마스터 장치와 슬레이브 장치 사이의 상대적인 공간적 지향이 용인 가능한 공차 범위 이내가 될 때까지, 슬레이브 장치를 자동적으로 및/또는 자율적으로 이동시킨다. 이러한 지점에서, 그래픽 인터페이스가 닫히고 원격 작업이 시작된다;

[0079] - 도 18: 그래픽 인터페이스가 열린 후에, 마스터 장치와 슬레이브 장치 사이의 상대적인 공간적 지향이 제2 최대 범위("펀넬")를 벗어나는 경우, 의료용 또는 수술용의 원격 작업에 진입하기 위한 허용 신호("트리거")가 생성될 때, 예를 들어 슬레이브 장치를 정지적으로 파지하고 있고 마스터 장치와 슬레이브 장치 사이의 상대적인 공간적 지향이 제2 최대 범위에 포함되지 않을 때까지 마스터 장치를 이동시키도록 그래픽 인터페이스를 통해 작업자에게 요청함으로써 정렬 단계를 시작한다. 이러한 상황에서, 그래픽 인터페이스는, 마스터 장치와 슬레이브 장치 사이의 상대적인 공간적 지향이 용인 가능한 공차 범위 이내가 될 때까지, 슬레이브 장치가 자동 및/또는 자율적으로 이동하는 동안 마스터 장치를 정지적으로 파지하고 있도록 작업자에게 알린다. 이러한 것이 발생하면, GUI가 닫히고 원격 작업이 시작된다.

[0080] 일 양태에 따라, 정렬 지원 요청 신호가 생성된 후 그래픽 사용자 인터페이스가 열리고/거나 예를 들어 원격 작업에 진입하지 않고 시간의 최대 양이 경과되었을 때, 임의의 경우 그래픽 사용자 인터페이스가 닫힌다.

[0081] 바람직한 실시형태에 따라, 로봇 시스템은 원격 작업 외부에서, 바람직하게는 원격 작업 준비 단계에서 상기 중앙부로 상기 정렬 지원 요청 신호를 생성한다.

[0082] 실시형태에 따라, 로봇 시스템은 중단된 원격 작업 단계에서, 예를 들어 2개의 인접한 완전히 슬레이브화된 원격 작업 단계들 사이에서 예상되는 원격 작업의 중지에서 상기 중앙부로 상기 정렬 지원 요청 신호를 생성한다.

[0083] 실시형태에 따라, 로봇 시스템은, 슬레이브 장치 자유도의 하위 세트가 마스터 장치에 대해 여전히 슬레이브화되는 반면, 자유도의 제2 하위 세트가 차단되는, 제한된 원격 작업 단계에서 상기 중앙부로 상기 정렬 지원 요청 신호를 생성한다.

[0084] 물론, 정렬 지원 요청 신호의 생성에 대해 이하에서 설명되는 양태들이 그 임의의 조합으로 제공될 수 있다. 사실상, 하나의 요건은, 간단하고 안전한 방식으로 마스터 장치(들)과 슬레이브 장치(들) 사이의 정렬 절차를 활성화할 수 있어야 한다는 것이다.

[0085] 일 양태에 따라, 정렬 지원 요청 신호의 생성에 대한 요건은 사전 결정 가능한 작업 공간 내의 마스터 장치의 또는 2개의 마스터 장치들의 탐지일 수 있다. 정렬 지원 요청 신호의 생성을 위하여 마스터 장치(110)가 반드시 위치되어야 하는 상기 사전 결정 가능한 작업 공간은 마스터 장치의 (예를 들어, "추적" 필드의 한계들에 의해 정의되는) 전체 작업 공간(115)와 일치될 수 있거나, 중앙부에 의해 정의되는 하위 공간(116)일 수 있다. 이러한 방식으로, 정렬 지원 요청 신호를 생성하기 위하여 마스터 장치가 반드시 내부에 위치되어야 하는 사전 결정 가능한 작업 공간(116)은, 예를 들어 도 24에 도시된 바와 같이, 마스터 작업 공간(115)의 하위 세트이다. 예를 들어, 상기 사전 결정 가능한 작업 공간은, 수용부(receptacle) 등과 같이, 사용되지 않는 마스터 장치를 보관하기 위한 영역들을 제외할 수 있다. 예를 들어, 사전 결정 가능한 작업 공간은, 예를 들어 각각의 마스터 장치에 대한 하나의 구체(sphere)와 같은, 구체 및/또는 2개의 구체들, 및/또는 박스의 형상을 가질 수 있다. 외부 영역이 제공될 수 있고, 내부 영역이 작업 공간의 외부 영역 내에 포함될 수 있으며, 정렬 지원 요청 신호를 생성하기 위하여 마스터 장치가 반드시 내부에 위치되어야 하는 상기 사전 결정 가능한 작업 공간은 외부 영역 또는 외측 영역일 수 있다.

[0086] 일 양태에 따라, 정렬 지원 요청 신호는 마스터 장치(110)의 열림/닫힘 명령이 활성화될 경우 중앙부에 의해 생성된다. 예를 들어 도 21에 도시된 바와 같이, 마스터 장치의 열림/닫힘 명령(그립, G)에 대한 약간의 압력이 정렬 지원 요청 신호를 생성한다. 예를 들어 외과 의사의 오른쪽 손을 위해서 의도된 우측 마스터 장치 및 외과 의사의 왼쪽 손을 위해서 의도된 좌측 마스터 장치와 같은 2개의 마스터 장치들이 제공될 경우, 정렬 지원 요청 신호는, 양 마스터 장치들의 열림/닫힘 명령이 동시에 또는 제1 열림/닫힘으로부터의 소정 시간 윈도우(time window) 내에 활성화될 때, 중앙부에 의해 생성될 수 있다. 일 실시형태에 따라, 정렬 지원 요청 신호는, 예를 들어 "더블-탭"과 같이, 마스터 장치의 열림/닫힘 명령이 반복적으로 활성화되었을 경우 중앙부에 의해 생성된다.

[0087] 일 양태에 따라, 정렬 지원 요청 신호는, 예를 들어 도 22에 도시된 바와 같이, 마스터 장치가 뒤집힌 것, 즉 "탑-다운"이 탐지될 경우 중앙부에 의해 생성된다. 이러한 경우, 마스터 장치(110)가 뒤집히고 정지적인 것, 즉 자유 낙하되지 않은 것이 탐지될 경우 예를 들어 정렬 지원 요청 신호와 같은 추가적인 조건들이 생성되는 것을 제공할 수 있다. 예를 들어, 정렬 지원 요청 신호는 반전된 마스터 조건들 및 활성화된 열림/닫힘 명령에서 생성될 수 있다. 또한, 외과 의사의 제스처가 정렬 단계를 시작하려는 의지를 나타내는 것을 목적으로 하는지를 확인하기 위한 추가적인 체크가, 예를 들어, 도 22에 개략적으로 도시된 바와 같이, 아암들을 동시에 상승시킴으로써 외과 의사가 마스터 장치를 뒤집었는 지를 탐지하기 위하여 마스터 장치의 수직 위치를 체크하는 것일 수 있다.

[0088] 일 양태에 따라, 정렬 지원 요청 신호는, 작업자가 스크린(180)을 향하거나 또는 스크린(180)의 특정 영역 또는 부분 내와 같은 사전 결정된 방향을 보는 것을 상기 로봇 시스템에 설치된 시선 인식 장치(gaze recognition device)(187)가 탐지할 경우, 중앙부에 의해 생성된다.

[0089] 일 양태에 따라, 정렬 지원 요청 신호는, 마스터 장치(110)가 사전 정의된 지향에 따라 스크린(180) 또는 디스플레이(180)를 향해서 지향될 경우, 중앙부에 의해 생성된다.

[0090] 일 양태에 따라, 정렬 지원 요청 신호는, 예를 들어 도 23에 도시된 바와 같이, 마스터 장치(110)를 파지하고 있는 외과 의사(150)의 손(151), 외과 의사의 적어도 하나의 눈(152), 및 스크린(180)의 적어도 하나의 부분 사이에서 정렬이 탐지될 경우, 중앙부에 의해 생성된다. 예를 들어, 카메라가 이러한 정렬을 탐지할 수 있다. 예를 들어, 시선 감지 장치(187)가 이러한 지향을 탐지한다.

[0091] 일 양태에 따라, 방법은, 사전 결정된 작동이 마스터 장치로 수행되었다는 것을 중앙부가 탐지할 경우, 중앙부로 정렬 지원 요청 신호를 생성하는 단계를 포함한다. 실제로, 중앙부는 마스터 장치(들)의 위치를 결정하고, 중앙부 자체가 마스터 장치(들)를 파지하고 있는 외과 의사에 의해 이루어진 사전-설정된 작동을 인식할 경우, 중앙부는 그래픽 사용자 인터페이스를 활성화시킨다.

[0092] 일 양태에서, 중앙부는 마스터 장치(들)의 위치를 결정하고, 마스터 장치가 사전 정의된 공간적 포즈에 또는 사전 정의된 마스터 작업 공간 내에 있다는 것을 중앙부 스스로 탐지할 경우, 중앙부는 그래픽 사용자 인터페이스를 활성화시킨다. 이렇게 함으로써, 외과 의사는, 마스터 장치(또는 장치들)를 계속 파지하고 있고 눈을 (슬레이브 장치(또는 장치들)가 작업하는 수술 부위를 보여주는) 디스플레이로부터 떼지 않음으로써 그래픽 사용자 인터페이스를 활성화시킬 수 있다.

[0093] 중앙 마이크로 처리부가 그래픽 사용자 인터페이스를 활성화시키게 하는 정렬 지원 요청 신호는 다른 방식으로도 생성될 수 있다.

[0094] 일 양태에 따라, 로봇 시스템은 로봇 시스템을 사용하는 사용자의 시선 탐지 장치(187)를 구비하여, 사용자가 사전 결정된 방향을 볼 경우 정렬 지원 요청 신호를 생성할 수 있다(그리고 그에 따라 그래픽 사용자 인터페이스를 열 수 있음).

[0095] 다른 양태에 따라, 로봇 시스템의 적어도 하나 또는 각각의 마스터 장치(110)는 활성화될 경우, 정렬 지원 요청 신호를 생성하기 위한 특정 스위치(158), 예를 들어 버튼을 구비할 수 있다.

[0096] 일 양태에 따라, 각각의 마스터 장치는 용량형(capacitive) 센서 또는 다른 센서를 구비할 수 있으며, 이러한 센서는, 마스터 장치를 파지하고 있는 외과 의사에 의해 터치될 경우, 중앙 마이크로 처리부를 위한 정렬 지원 요청 신호를 생성한 다음, 중앙 마이크로 처리부는 그래픽 사용자 인터페이스를 디스플레이 상에서 연다. 버튼 또는 용량형 센서를 그립을 변경하지 않고 손가락의 단순한 작동으로 도달할 수 있는 위치에서 마스터 장치에 설치함으로써, 작업자는 눈을 디스플레이로부터 떼지 않고도 정렬 지원 요청 신호를 생성할 수 있다.

[0097] 일 양태에 따라, 로봇 시스템이 중앙부에 기능적으로 연결된 풋 스위치(158)를 포함하는 경우, 이러한 풋 스위치가 눌릴 때, 정렬 지원 요청 신호가 생성될 수 있으며 이어서 그래픽 사용자 인터페이스를 디스플레이 상에 디스플레이할 수 있다.

[0098] 일 양태에서, 그래픽 사용자 인터페이스는, 마스터 장치와 슬레이브 장치 사이에서 정렬이 달성되었는지 여부와 관계 없이, 페달이 해제될 경우 닫힐 수 있다.

[0099] 일 양태에 따라, 정렬 지원 요청 신호는, 마스터 장치(110)의 명령이 슬레이브 장치(170)의 열림/폐쇄 자유도(G)를 제어하기에 적합할 경우, 중앙부에 의해 생성될 수 있다.

[0100] 마스터 장치(110)가 예를 들어 도 2a에 도시된 바와 같이 공통 축 주위에서 핀서(pincer)와 같이 서로 힌지 결합된 2개의 강성 부품들(134, 135)을 포함하고, 2개의 강성 부품들(134, 135)은 휴지 시에(at rest) 스프링(137)으로부터 각도적으로 이격되어 유지되고 단순히 스프링으로부터의 탄성적인 척력을 극복함으로써 서로 더 가까워질 수 있는 경우, 정렬 지원 요청 신호는, 스프링의 탄성적 영향 작용을 고려한 사전 결정된 각도 문턱값보다 작은 2개의 강성 부품들 사이의 각도가 정의될 때까지 2개의 강성 부품들이 서로 가까워질 경우, 중앙부에 의해 생성될 수 있다.

[0101] 또 다른 양태에 따라, 2개의 강성 그리퍼-힌지 연결된 부품들(134, 135)을 갖는 로봇 시스템의 마스터 장치(110)에서, 정렬 지원 요청 신호는 강성 그리퍼형 부품들을 2차례 연속적으로("더블-탭") 빠르게 닫음으로써 생성될 수 있다. 마스터 장치(110)는 열림/닫힘 명령이 제공되는 세장형 본체를 포함할 수 있으며, 이러한 정렬 지원 요청 신호는 열림/닫힘 명령("더블-탭")을 2차례 연속적으로 빠르게 활성화시킴으로써 생성될 수 있다.

[0102] 일 양태에서, 정렬 지원 요청 신호는 중앙부(central unit)에 의해 자동적으로 생성된다. 구현 옵션에 따라, 정렬 지원 요청 신호는 사전 결정된 조건이 마스터-슬레이브 원격 작업 중에 탐지될 경우 중앙부에 의해 자동으로 생성된다. 원격 작업 상태 중에 탐지될 수 있는 사전 결정 가능한 조건은, 슬레이브 장치가 슬레이브 작업 공간의 물리적 한계들(조인트들의, 예를 들어 수술 기구(170)의 관절형 단자의 피치(P) 및/또는 요(Y) 및/또는 롤(R) 조인트들의 한계) 부근에 있는 것, 및/또는 슬레이브 장치에 명령된 포즈가 슬레이브 장치의 작업 공간의 외부(예를 들어, 피치(P) 및/또는 요(Y) 및/또는 롤(R) 조인트들의 작업 공간의 외부)에 있는 것을 포함할 수 있다. 원격 작업 상태 중에 탐지 가능한 사전 결정 가능 조건은, 예를 들어 지향에서만 및/또는 병진 운동에서만 및/또는 지향 및/또는 병진 운동을 포함하는 자유도의 하위 그룹에서 슬레이브 장치가 마스터 장치를 따르는, 제한된 원격 작업으로부터의 또는 제한된 원격 작업으로의 상태 전환을 포함할 수 있다.

[0103] 도 3에서 개략적으로 도시된 방식으로 디스플레이에서 가시화될 수 있는 그래픽 인터페이스들의 여러 예들이, 로봇 시스템이 외과 의사가 파지하도록 의도된 2개의 마스터 장치들, 및 수술 부위에서 작업하는 2개의 대응하는 슬레이브 장치들을 포함하는 경우를 참조하여 도 5 내지 도 14에 도시되어 있으나, 이는 또한 단지 하나의

마스터 장치 및 하나의 슬레이브 장치가 있고 그래픽 사용자 인터페이스가 그에 따라 단지 하나의 그래픽 요소를 포함하는 경우에도 적용될 수 있을 것이다. 2개의 마스터 장치들 및 2개의 슬레이브 장치들이 있는 예시된 경우에서, 디스플레이되는 그래픽 사용자 인터페이스는 제1 마스터-슬레이브 쌍을 위한 제1 그래픽 정렬 지원 요소, 및 제2 마스터-슬레이브 쌍을 위한 제2 그래픽 정렬 지원 요소를 포함할 것이다. 중앙 마이크로 처리부는 마스터 장치 및 슬레이브 장치의 위치를 결정하고 2개의 그래픽 요소의 양상을 수정하여, 대응하는 슬레이브 장치로부터의 각각의 마스터 장치의 현재의 상대적인 지향을 시각적으로 나타낸다.

[0104] 마스터 장치와 슬레이브 장치 사이의 오정렬 또는 실시간으로 업데이트된 마스터 및 슬레이브의 각각의 지향을 시각적으로 나타내는 그래픽 요소는 다양한 방식으로 표현될 수 있다.

[0105] 예를 들어, 도 5에 도시된 바와 같이, 2개의 정렬 지원 그래픽 요소들(190)은 스크린(180)의 대향되는 모서리들에 위치할 수 있으며, 그 각각은 다양한 컬러들(C1, C2, C3)의 원형 섹터들(sectors)을 갖고 적어도 하나의 표시자(indicator)(F, F1, F2)(예를 들어, 화살표, 커서, 및 기타)를 갖는 동심적인 원들로서 묘사될 수 있다. 도 5의 정렬 지원 그래픽 요소(190)는 도 6a에서 더 구체적으로 도시되어 있고, 여기에서 내부 원은 트위스트 각도를 나타내고 그 외부의 원형 섹터는 스윙 각도를 나타내며, 화살표(F)는 마스터 장치의 지향을 나타내고, 컬러(C1)는 예를 들어 원격 작업을 가능하게 하기 위한 용인성 문턱값(acceptability threshold)(예를 들어, 5 내지 8도(degrees)) 미만의 오정렬의 영역을 나타내며, 컬러(C2)는 예를 들어 마스터 장치와의 정렬을 위한 슬레이브 장치의 동작을 가능하게 하는 "펀넬" 문턱값(예를 들어, 40 내지 60도)보다 작은 오정렬이 영역을 나타내고, 컬러(C3)는 슬레이브 작업 공간 외부에 있는 영역을 나타낸다. 이러한 예에서, 마스터 장치(110)의 롤(x) 축 주위의 2차 회전 대칭성으로 인해, 2가지 가능한 용인성 문턱값(컬러(C1))이 트위스트 각도에 대해 도시되어 있다("마스터 플립(Master Flip)" 모드)는 것에 유의하여야 한다.

[0106] 예를 들어, 도 6b에서, 트위스트 각도 및 스윙 각도는 2개의 구분되고 분리된 기하학적 형상들로 표현되며, 여기에서 원은 스윙 각도를 나타내고 막대는 트위스트 각도를 나타내며; 이러한 도면에서 용인성 문턱값에 대응하는 컬러(C1)는 "12시(o'clock)" 구성으로 배치되었고, 화살표들(F1, F2)은 마스터 장치(110)를 나타내며; 이러한 표현에서, 컬러들(C1, C2, C3)은 도 6a를 참조하여 설명한 것과 유사한 개념을 나타낸다.

[0107] 예를 들어, 도 6c에서, 트위스트 각도 및 스윙 각도는, 도 6a를 참조하여 설명하였던 것과 유사한, 동심적인 원환체들로 표현되어 있다.

[0108] 예를 들어, 도 6d에서, 스윙 각도는 원환체로 표현된 반면, 트위스트 각도는, 도 6b를 참조하여 설명하였던 것과 유사한 막대로 표현되어 있다.

[0109] 예를 들어, 도 6e에서, 스윙 각도는 원환체(각도 표현)에 의해 표현되어 있고 트위스트 각도는 동일한 원환체의 반경 방향 연장선으로 표현되어 있으며; 그에 따라, 이러한 예에서, F 표시자는 원환체 내에서 각도적 및 반경 방향 모두로 이동할 수 있고, 다시 말해 원환체는 트위스트 각도에 따라 더 두꺼워지거나 더 얇아진다.

[0110] 예를 들어, 도 6f에서, 트위스트 각도 및 스윙 각도는 2개의 직교 축들로서의 데카르트 평면 상에 표현되어 있고, F 표시자는 십자선으로 표현되어 있다.

[0111] 당연히, 당업자라면, 이러한 예시적인 도 6a 내지 도 6f를 참조하여 설명한 것과 관련하여, 트위스트 각도 및 스윙 각도의 그래픽 표시를 변경하기 위한 선택을 할 수 있을 것이다.

[0112] 일 양태에 따라, 각 그래픽 요소는 도 7 및 도 8에 도시된 바와 같이 2개의 원뿔들로 표현될 수 있으며, 그 중 하나는 마스터 장치를 나타내고 다른 하나는 슬레이브 장치를 나타내며, 이는 구형 기준 시스템의 각도 좌표들과 관련하여 마스터 장치와 슬레이브 장치 사이의 오정렬에 관한 정보를 시각적으로 제공하고, 오정렬에 관한 정보는 마스터 장치 및 슬레이브 장치의 표현에 의해 표시된다. 더 구체적으로, 도 8은, 실시간으로 업데이트되는 마스터의 지향 및 슬레이브의 상대적인 지향을 나타내는 2개의 3차원 원뿔들로 이루어진 정렬 지원 그래픽 요소의 상세 부분을 도시하고, 일 실시형태에서 이들은 다양한 컬러를 갖는다.

[0113] 일 양태에서, 각 그래픽 요소는 도 9 및 도 10에 도시된 바와 같이 2개의 길다란 원뿔들로 도시되어 있다. 예를 들어, 원뿔의 착색은 롤 축 또는 트위스트 축을 따라, 즉 마스터 장치 및/또는 슬레이브 장치의 길이 방향 치수(dimension)를 따라 오정렬에 관한 정보를 디스플레이하는 것을 포함할 수 있다. 더 구체적으로, 도 9는 본 개시 내용에 따른 정렬 보조를 위한 두 개의 우측 및 좌측 그래픽 요소들을 각각 롤의 2-컬러 극성 식별(two-color polar identification)을 갖는 3차원 원뿔들의 형상으로 디스플레이에 시각화하는 방법을 도시한다.

[0114] 바람직한 양태에 따라, 각 그래픽 요소는 도 11 및 도 12에 도시된 유형이고 가상, 즉 합성 슬레이브 장치를 도

시하며, 이는 외과 의사가 디스플레이의 중앙 부분에서 (대응하는 마스터 장치를 도시하는 다른 그래픽 요소와 부분적으로 중첩된) 실제 슬레이브 장치를 보는 것과 같이 나타난다. 마스터 장치가 작업자(150)에 의해 조작되는 동안 공통 축을 중심으로 회전되도록 그리퍼와 같은 회전 조인트 내에 구속되는 각각의 센서들 또는 마커들(134, 135)과 일체인 2개의 강성 부품들에 의해 슬레이브 장치들이 실질적으로 구성되는 예시된 경우에, 마스터 장치를 나타내는 그래픽 요소 및 슬레이브 장치를 나타내는 그래픽 요소가 회전 조인트에서 중첩될 수 있으며, 그에 따라 작업자가 파지하고 있는 마스터 장치의 그리고 수술 부위에서 작업하는 슬레이브 장치의 강성 핀서-힌지 결합 부품들 사이의 오정렬이 표시될 수 있다.

[0115] 예를 들어, 도 13a에서, 그래픽 요소는 마스터 장치와 슬레이브 장치 사이의 오정렬을 나타내는 화살표(F)로 그리고 마스터 장치와 슬레이브 장치 사이의 최대 용인 가능한 오정렬을 시각적으로 나타내는 적어도 하나의 원뿔로 표현되어 있다. 예를 들어, 화살표(F)의 크기는 오정렬의 크기에 따라 증가될 수 있다. 예를 들어, 상기 컬러들(C1, C2)로 착색된 2개 이상의 동심적인 원뿔들을 제공하여 용인성 문턱값 및 "펀넬" 문턱값(예를 들어, 각각 5 내지 8도 및 40 내지 60도)을 나타낼 수 있다. 마찬가지로, 도 13b에서, 절두형(truncated) 원뿔들이 원뿔들 대신 도시되어 있다. 예를 들어, 도 13c에서, 각각 마스터 장치 및 슬레이브 장치를 예시하는 2개의 화살표들이 도시되어 있으며, 여기에서 화살표의 기저부(foot)는 트위스트 또는 롤 각도를 나타낸다.

[0116] 도 14a 내지 도 14c에 도시된 양태에 따라, 그래픽 요소는 정렬 조건에 도달하기 위한 지시를 나타낼 수 있으며, 그에 따라 마스터 장치(110)를 슬레이브 장치의 지향과 정렬시키기 위하여 마스터 장치(110)를 작동(회전)시키는 방법을 작업자에게 표시할 수 있다. 예를 들어 도 14a는 2개의 화살표들을 도시하고; 도 14b는 트위스트 또는 롤 회전 지시를 나타내기 위하여 외과 의사(150)의 손(151)의 표현과 중첩되는 화살표를 도시하며; 도 14c는 트위스트 또는 롤 지시를 나타내기 위하여 마스터 장치(110)의 표현에 중첩되는 화살표를 도시한다.

[0117] 일 양태에서, 실시간 마스터-슬레이브 오정렬이 요약되고 단순화된 이미지의 형태로 도시되어 외과 의사의 직관성을 높인다. 일 실시형태에 따라, 오정렬은, 예를 들어 도 6b 또는 도 6c에 도시된 바와 같이, 오정렬을 나타내는 컬러-코딩된 채색을 나타낼 수 있는 라인 또는 막대를 따라 연장되는 커서로서 실시간으로 도시된다. 예를 들어, 오정렬이 특정 용인성 문턱값보다 작을 경우, 커서는 라인 또는 막대의 녹색으로 채색된 섹션에 따라 위치하는 반면, 오정렬이 이러한 특정 용인성 문턱값보다 클 경우, 커서는 라인 또는 막대의 황색, 오렌지색 및/또는 적색으로 채색된 섹션에 따라 위치한다.

[0118] 일 실시형태에 따라, 오정렬은 원, 예를 들어 원환체의 일부를 따라 회전하는 손(hand)으로서 실시간으로 도시된다. 마스터와 슬레이브 사이의 상대적인 지향(오정렬)의 단순화된 요약 표현의 제공을 통해, 중복 정보의 표현을 방지함으로써 슬레이브 장치에 대해 마스터 장치를 정렬시키는 프로세스가 직관적이 되게 할 수 있다.

[0119] 바람직한 실시형태에 따라, 정렬 지원 그래픽 요소는 비전 시스템(160)에 의해 획득된 "실제" 슬레이브 장치(170)의 이미지 상의 오버레이(overlay)가 아니다(기술적 용어로서: "고스팅(ghosting)"). 다시 말해, 정렬 지원 그래픽 요소를 "고스팅" 오버레이로 만드는 것을 방지한다. 이러한 선택을 통해, 슬레이브 장치의 현재 포즈와 독립적이고 그에 따라 슬레이브 장치의 모든 운동학적 구성에서 보다 잘 이해될 수 있는 더 효과적인 표현을 획득할 수 있다. 사실상, 일반적으로 "고스팅"은 증강 현실 기술을 기반으로 하고: 시스템은 "컴퓨터 비전" 기술을 이용하여 슬레이브들을 이미지 내에서 식별하고 3차원 투명 모델("고스트")을 이러한 이미지 상에서 중첩시키며, 이는 대응하는 마스터 포즈에 의해 맵핑되는 기구 포즈를 보여준다. 이러한 표현은 대상이 스스로를 가려(self-occlusion) 이해하기 어렵게 만드는 단점, 연부들에 잠재적으로 근접한 스크린(180) 상의 가변적인 위치들에 배치되는 단점, 2개의 근접한 기구들 사이에서 서로 가리는 단점을 갖는다. 도 12는 대응하는 마스터 장치에 대한 슬레이브 장치의 상대적인 지향을 나타내기 위하여 각각의 마스터 장치의 이미지 상에 부분적으로 중첩되는 슬레이브 장치의 합성 이미지에서 지향을 나타내는 본 개시 내용에 따른 정렬 지원 그래픽 요소를 도시하며, 일 실시형태에서 합성 이미지는 슬레이브 또는 마스터 장치의 시뮬레이트된 재생성(reproduction) 또는 CAD 재생성일 수 있지만, 비전 시스템에 의해 잠재적으로 표현되는 것과 연관되지 않는다. 증강 현실에서 고스팅의 단점들 중 하나는 실제 수술 기구의 롤 축, 즉 기구의 종방향 축이 일반적으로 우세하고(prevalent), 이는 특히 수술 기구의 관절형 단부 부분(피치, 요, 그립)이 소형화되는 경우 적절한 예시에 유리하지 않다는 것이다.

[0120] 특정 실시형태에서 서로 별도로 또는 결합되어 제공되는 전술한 특징들로 인해, 전술한 장점을 획득하기 위한 전술한 필요성을 충족시킬 수 있으며, 특히:

[0121] - 마스터 장치의 지향에 도달하도록 슬레이브가 동작될 수 있는, 슬레이브 장치가 동작되는 정렬 단계를 포함하는 원격 작업 준비 단계가 구상되는 경우, 전술한 바와 같이, 상기 적어도 하나의 정렬 보조 그래픽 요소의 제

공을 통해 동작을 이용한 정렬의 단계 중에 슬레이브 장치의 동작 전체를 최소화할 있고(도 20);

[0122] - 정렬 지원 그래픽 요소는 사용자에 의한 정확한 명령에 응답하여 생성될 수 있고;

[0123] - 정렬 지원 그래픽 요소는, 로봇 시스템의 상태에 따라, 자동으로 생성될 수 있고;

[0124] - 그래픽 요소는, 예를 들어, 마스터 장치의 명령이, 슬레이브 장치가 슬레이브 장치의 관절형 수술 기구의 회전 조인트의 작업 공간의 물리적 한계에 도달할 것을 필요로 하는 원격 작업 단계 중에, 나타날 수 있고;

[0125] - 슬레이브 장치의 원치 않는 동작이 방지되거나 적어도 최소로 감소되며;

[0126] - 슬레이브 장치의 임의의 포즈, 즉 슬레이브 장치의 수술 기구의 조인트들의 공간적 구성에 대한 명확하고 직관적인 표현을 가능하게 하는 단순하고 견고한 해결책이 제공되고;

[0127] - 특히, 적어도 하나의 정렬 지원 그래픽 요소가 비전 시스템에 의해 획득된 실제 슬레이브 상에서 "고스팅" 형태로 생성되는 것을 방지함으로써, 슬레이브 장치의 조인트들의 운동학적 구성이 바람직하지 않을 경우에도, 즉 예를 들어 제어 지점(600)이 수술 기구의 본체 자체에 의해 또는 추가적인 제2 수술 기구의 본체에 의해 은폐될 경우에도, 명확하고 직관적이며 그에 따라 효과적인 가시화가 이루어질 수 있다.

[0128] 이러한 개시 내용의 로봇 시스템 제어 방법의 여러 실시형태들은, 로봇 시스템의 중앙 마이크로 처리부의 내부 메모리에 로딩되고 론칭될(launched) 경우, 중앙 마이크로 처리부가 전술한 제어 방법의 단계들을 실행하게 하는 컴퓨터 프로그램에 의해 구현될 수 있다.

부호의 설명

[0129] 100 의료용 또는 수술용의 원격 작업을 위한 로봇 시스템

110 마스터 장치

115 마스터 작업 공간

116 마스터 작업 공간의 사전 결정 가능한 하위 공간

134 마스터 장치의 제1 강성 부품

135 마스터 장치의 제2 강성 부품

136 마스터 장치의 관절부

137 열림/닫힘 명령을 위한 마스터 장치의 탄성 요소

142 슬레이브 장치의 제1 플래그십 링크(flagship link)

143 슬레이브 장치의 제2 플래그십 링크

150 작업자 또는 외과 의사

151 외과 의사의 손

152 외과 의사의 눈

158 스위치

160 비전 시스템, 예를 들어 카메라

170 슬레이브 장치 또는 슬레이브 장치 수술 기구

180 디스플레이 또는 스크린

182 스크린의 중앙 부분

184 스크린의 주변 부분

187 눈 추적 장치

190 정렬 지원 그래픽 요소

600 체크포인트

MF 마스터 로컬 기준 시스템(Master local reference system)

SF 슬레이브 로컬 기준 시스템

MFO 마스터 작업 공간 기준 시스템

SFO 슬레이브 작업 공간 기준 시스템

R 롤의 자유도

P 피치 자유도

Y 요의 자유도

G 열림/닫힘의 자유도, 또는 그립 또는 파지(seize)

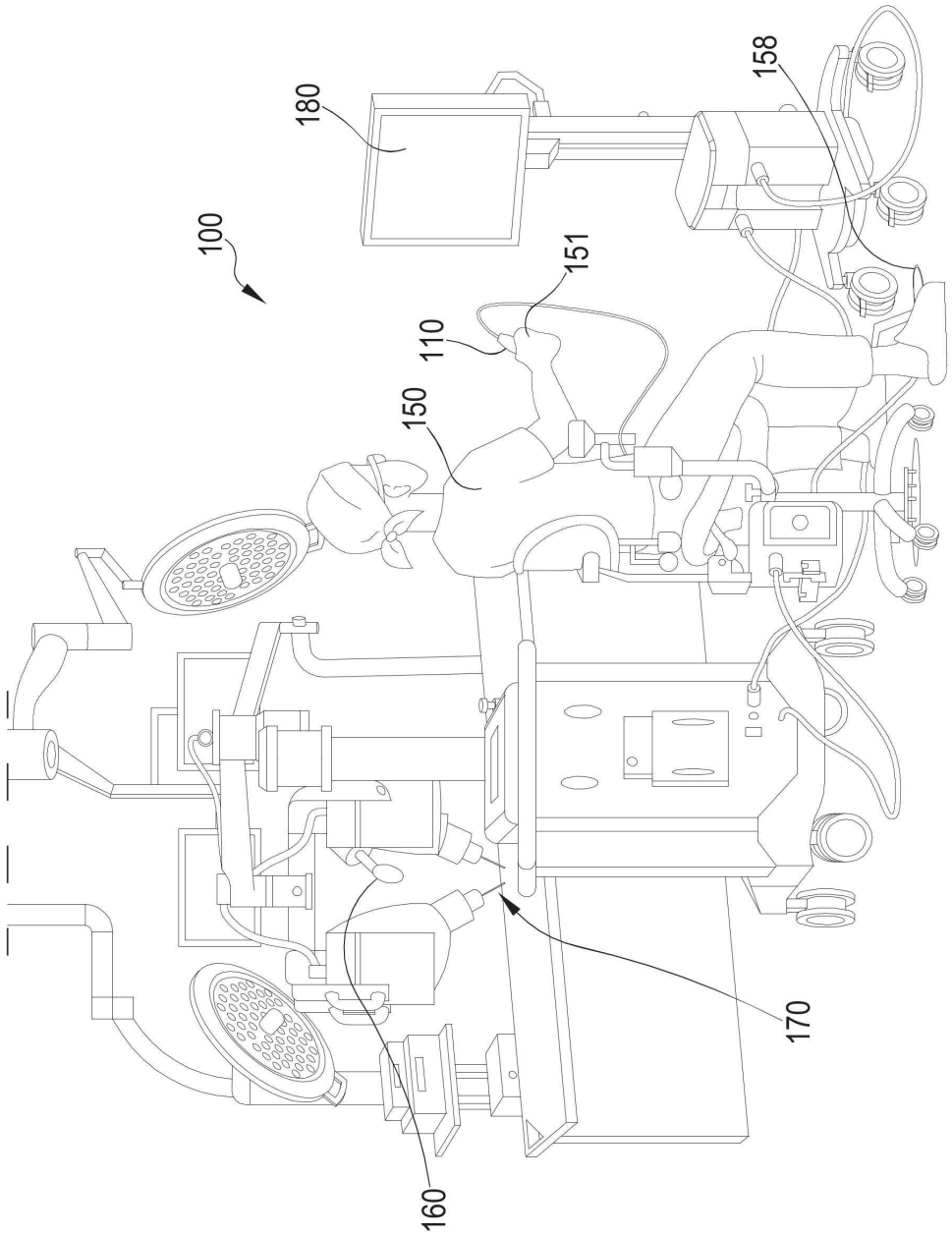
X-X 마스터 장치의 종방향 축

C1, C2, C3 컬러들

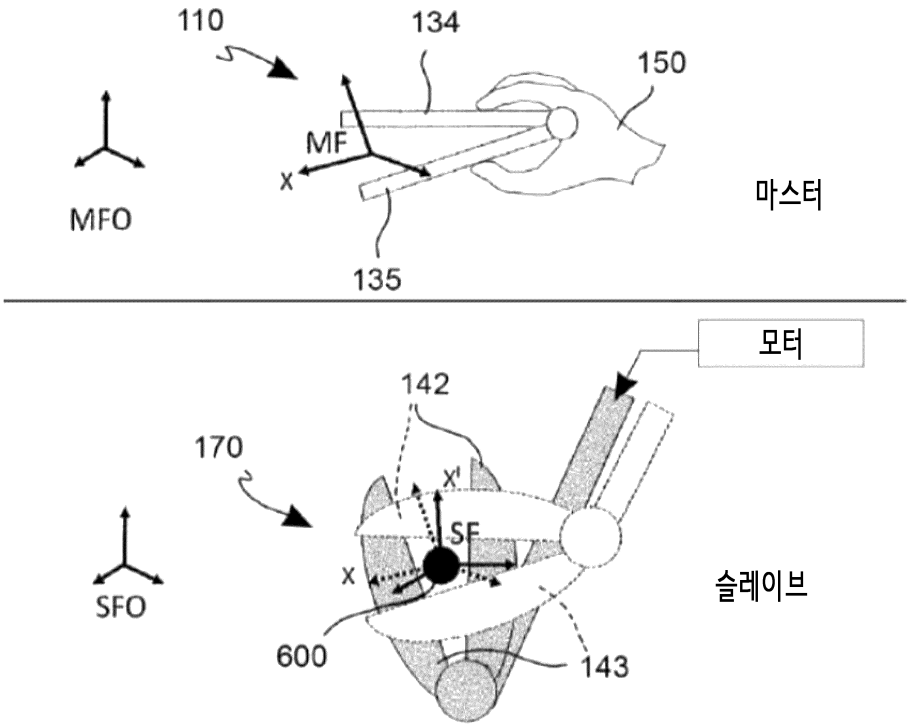
F 표시자

도면

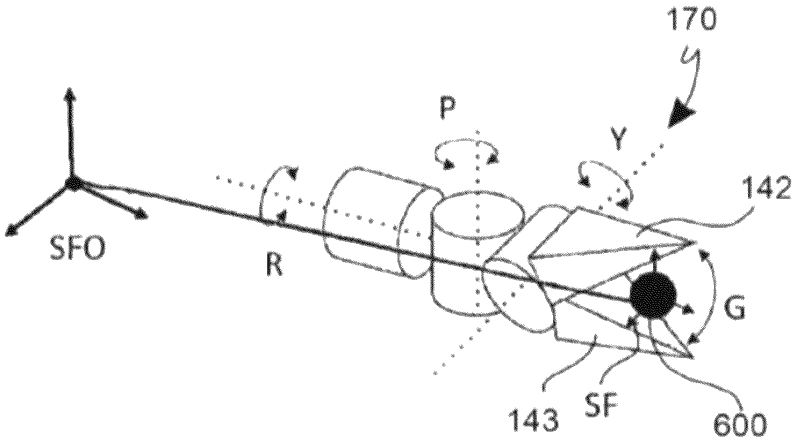
도면1



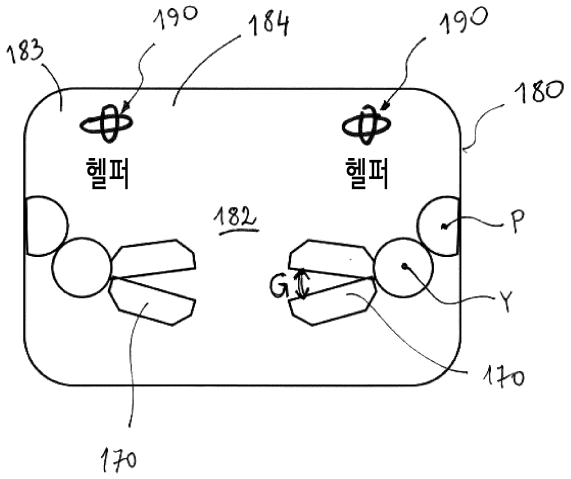
도면2a


110
134
150
MF
X
MFO
135
마스터
모터
142
170
X'
SF
X
SFO
600
143
슬레이브

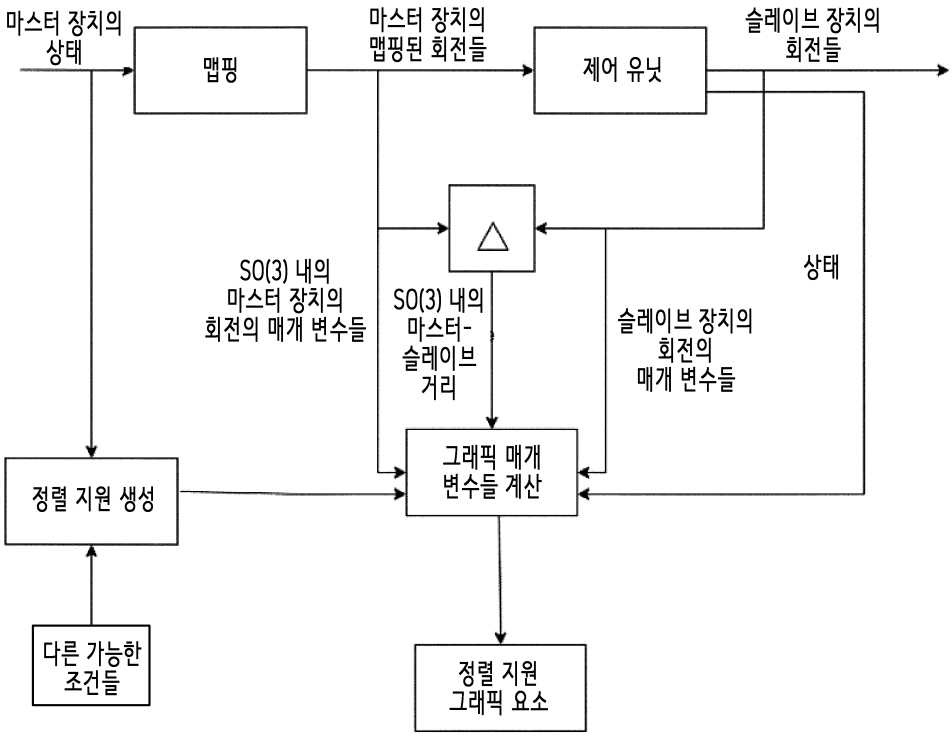
도면2b


170
P
Y
142
SFO
R
G
143
SF
600

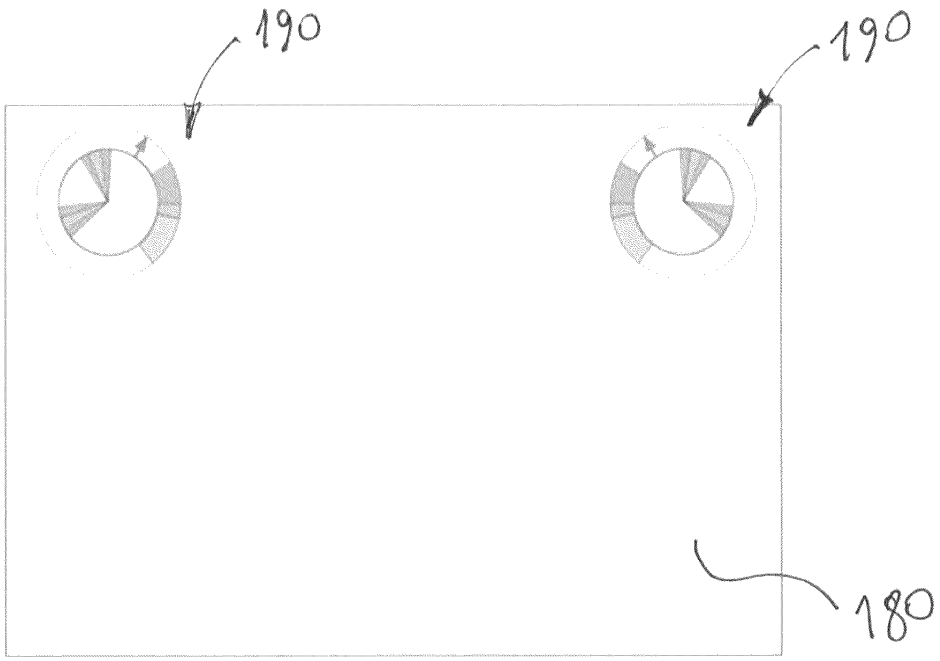
도면3


190
184
190
183
180
헬퍼
헬퍼
182
P
G
Y
170
170

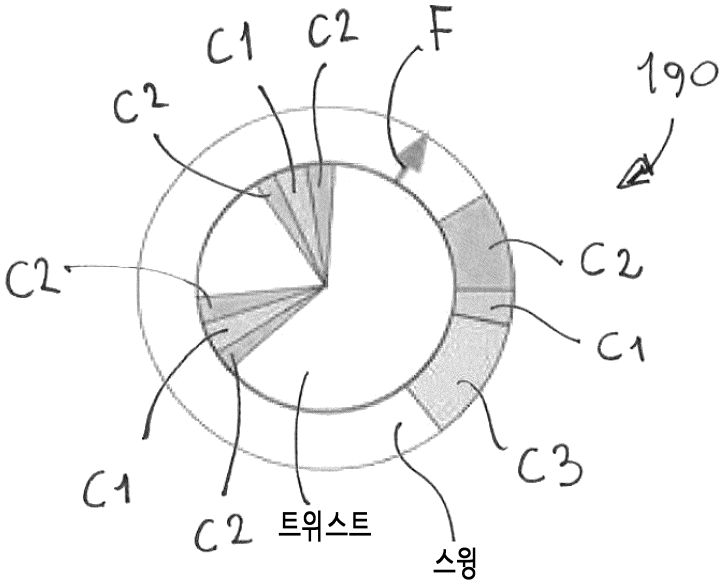
도면4


마스터 장치의 상태
맵핑
마스터 장치의 맵핑된 회전들
제어 유닛
슬레이브 장치의 회전들
△
SO(3) 내의 마스터 장치의 회전의 매개 변수들
SO(3) 내의 마스터-슬레이브 거리
상태
슬레이브 장치의 회전의 매개 변수들
그래픽 매개 변수들 계산
정렬 지원 생성
다른 가능한 조건들
정렬 지원 그래픽 요소

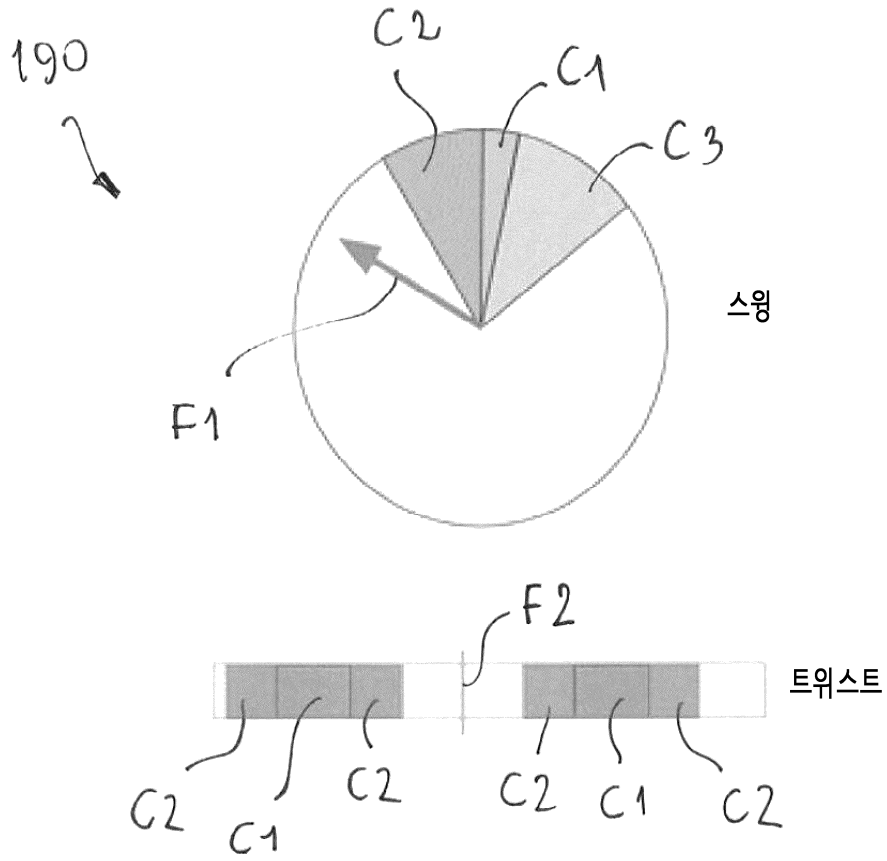
도면5



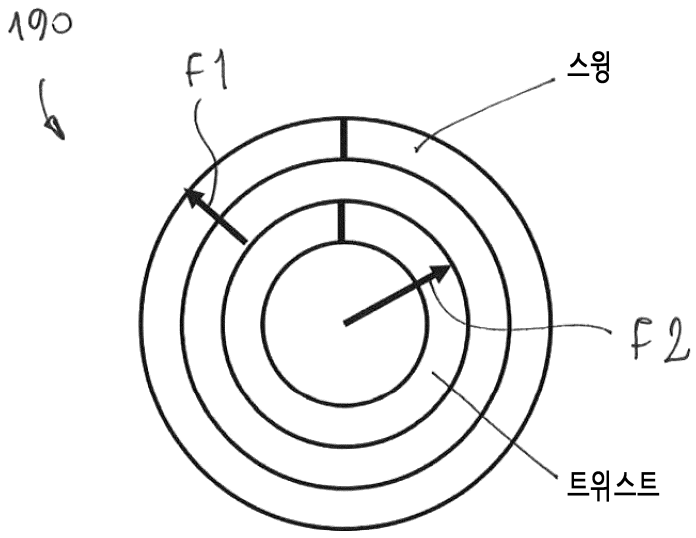
도면6a



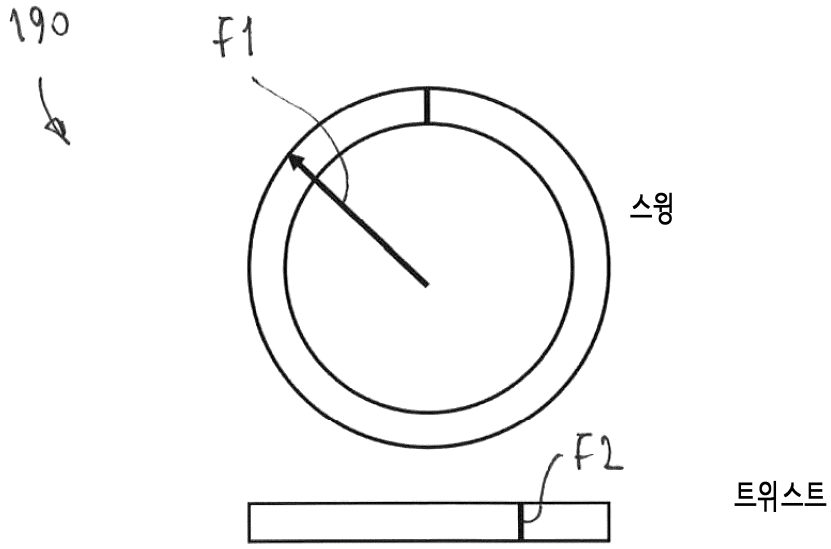
도면6b



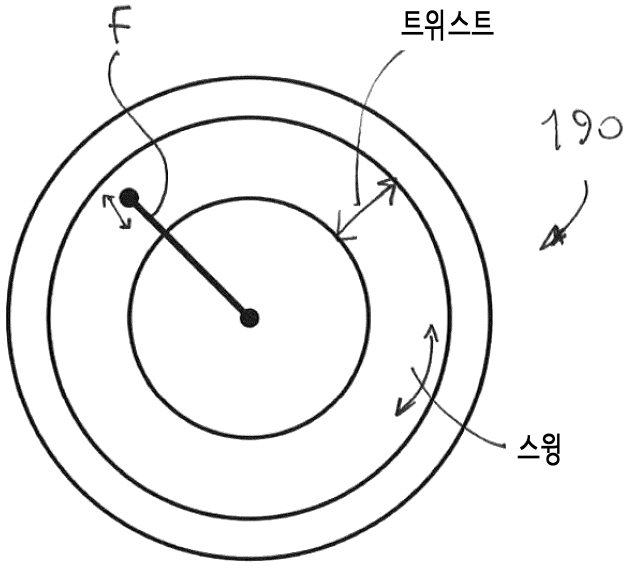
도면6c



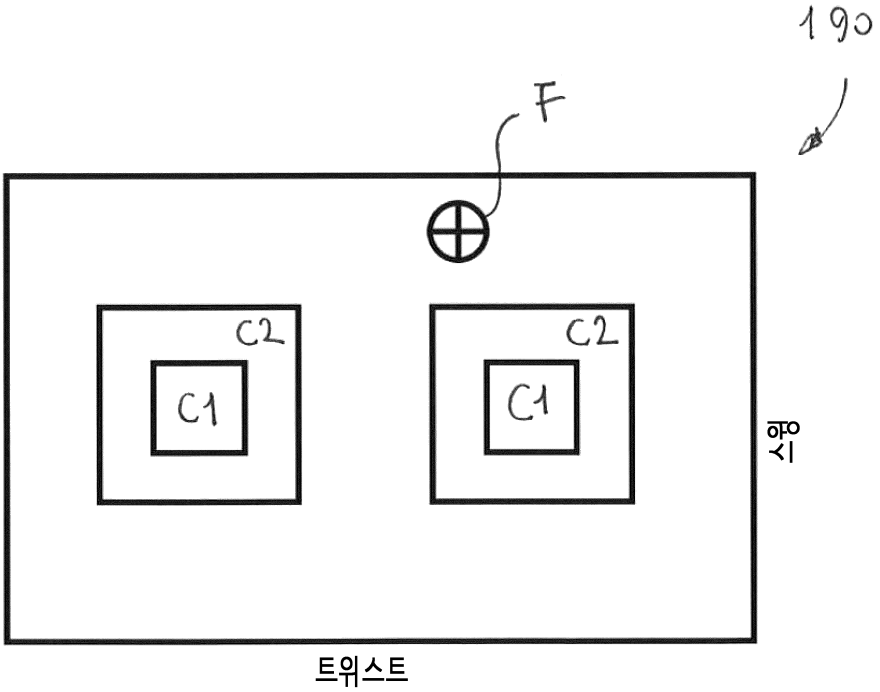
도면6d



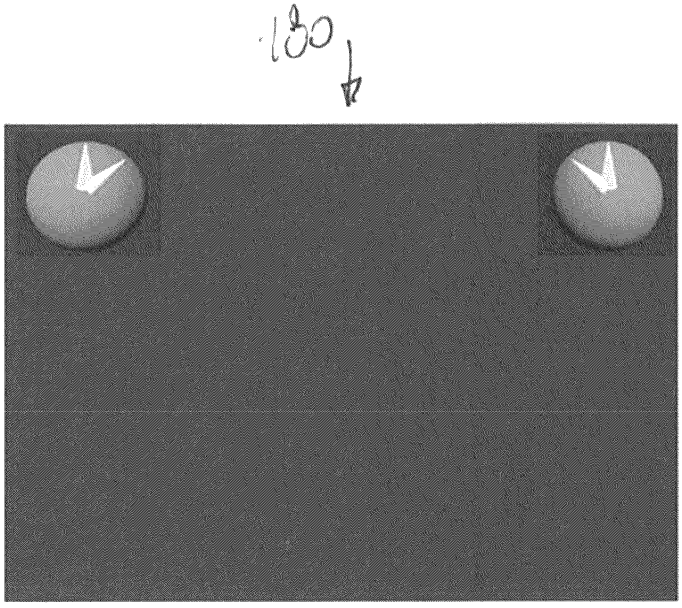
도면6e



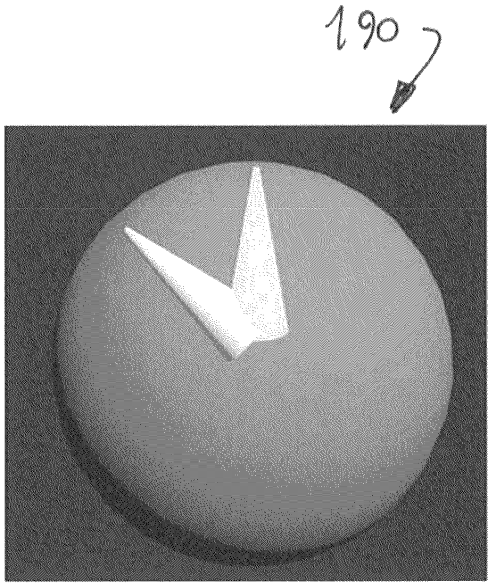
도면6f



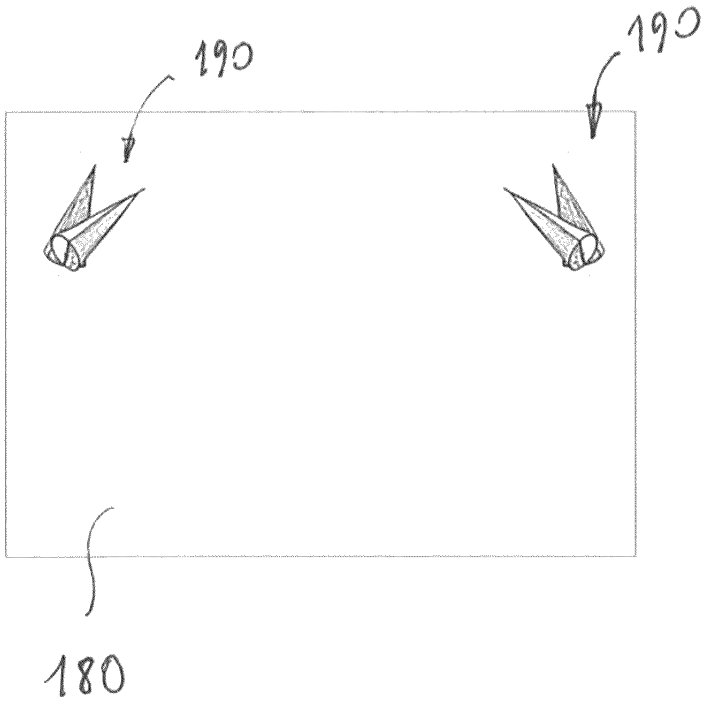
도면7



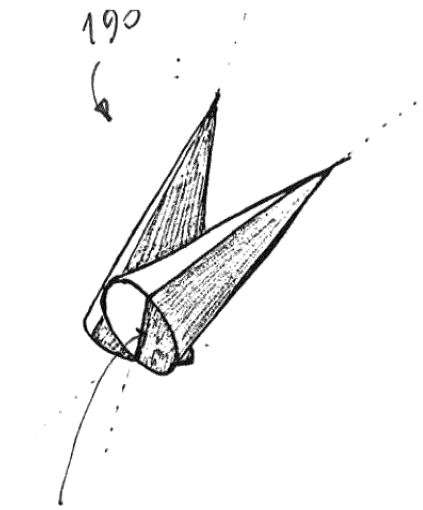
도면8



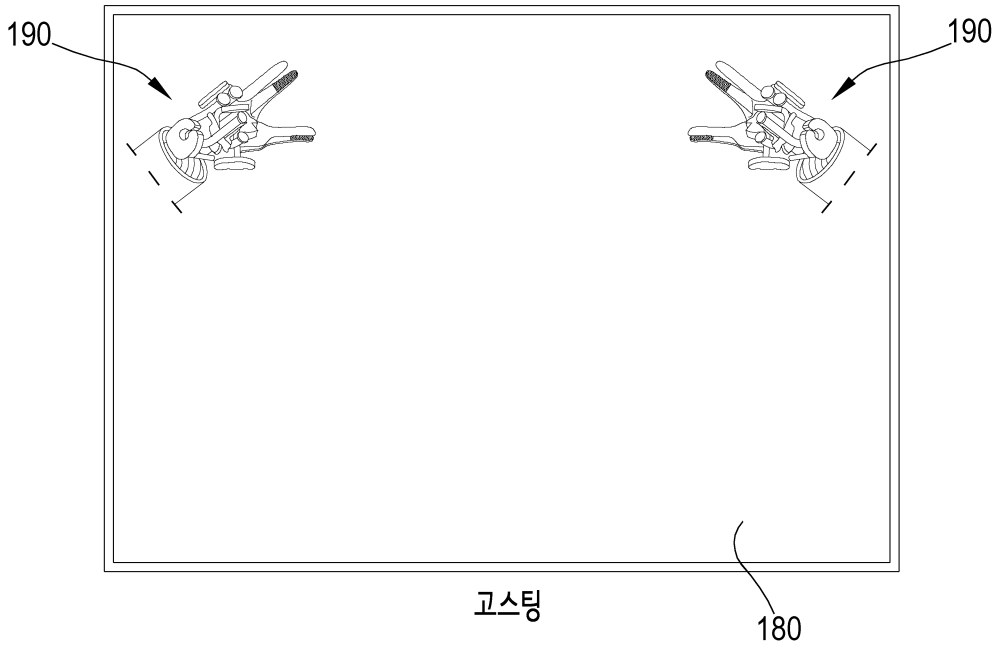
도면9



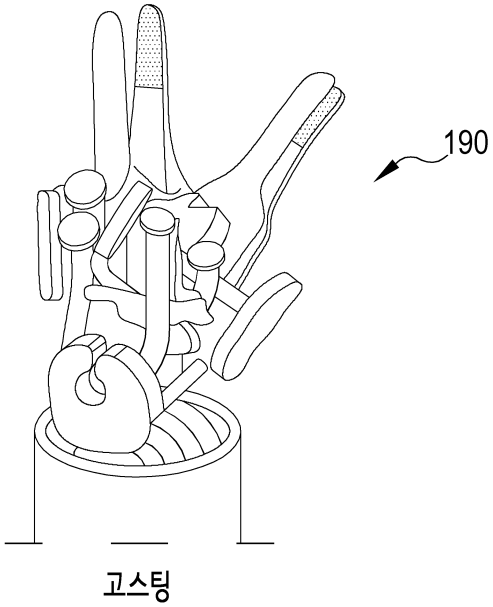
도면10



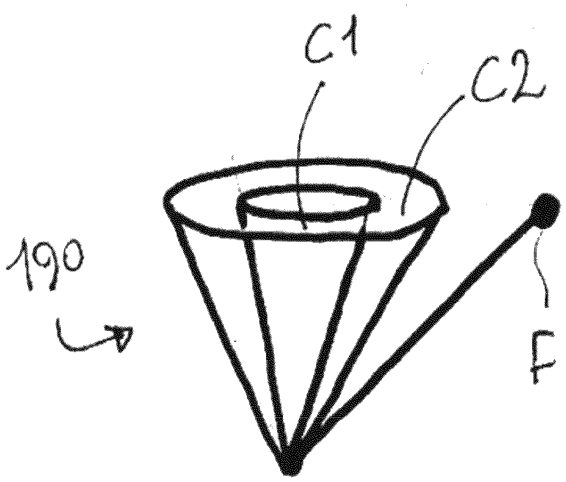
도면11



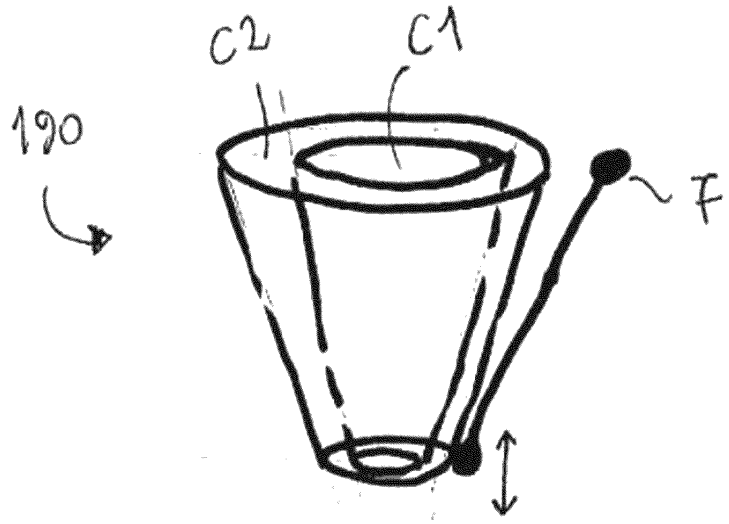
도면12



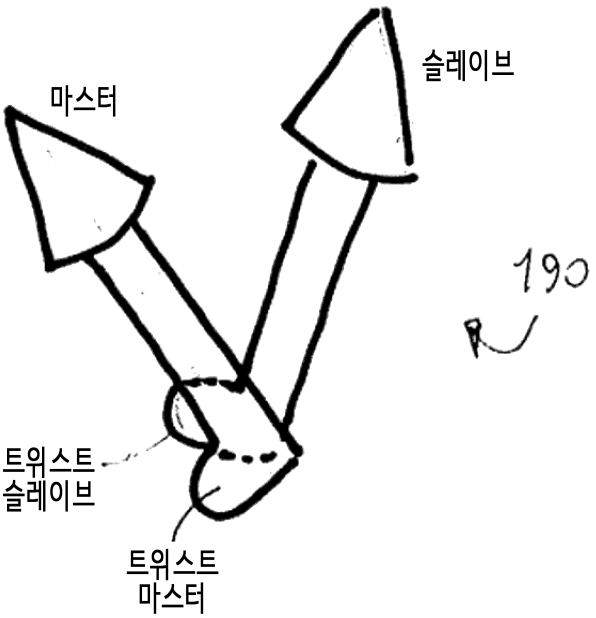
도면13a



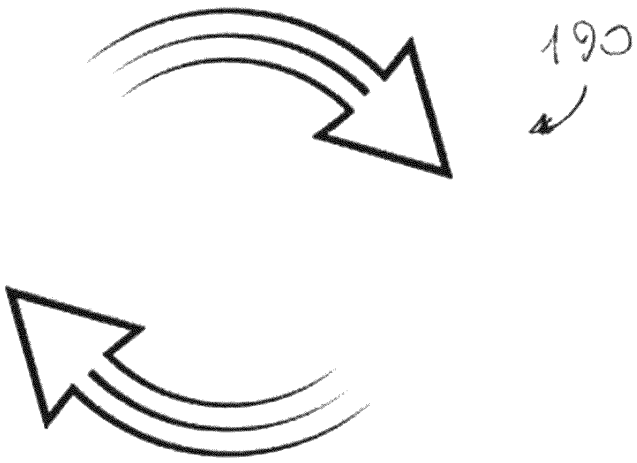
도면13b



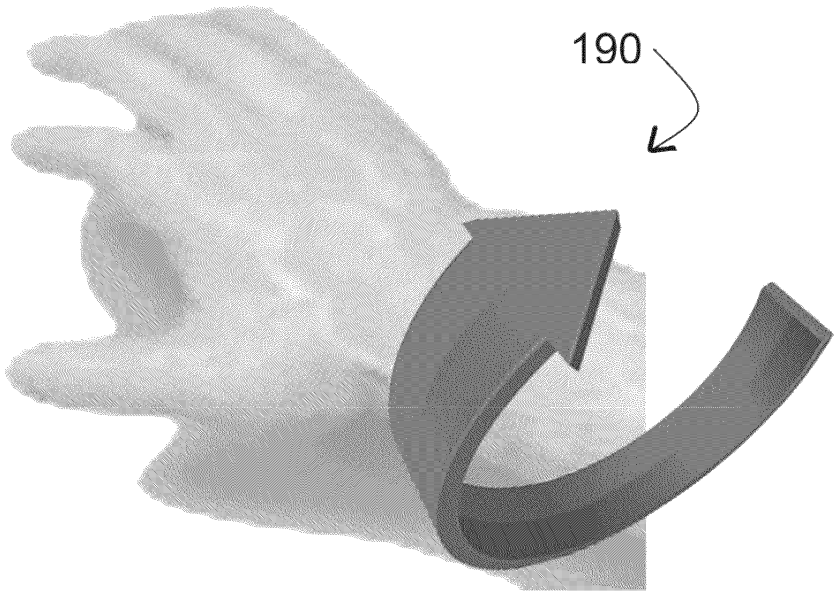
도면13c



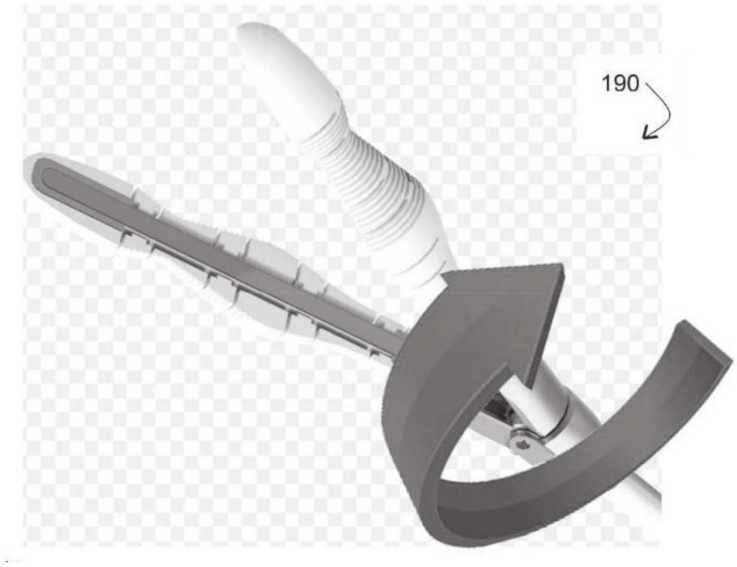
도면14a



도면14b



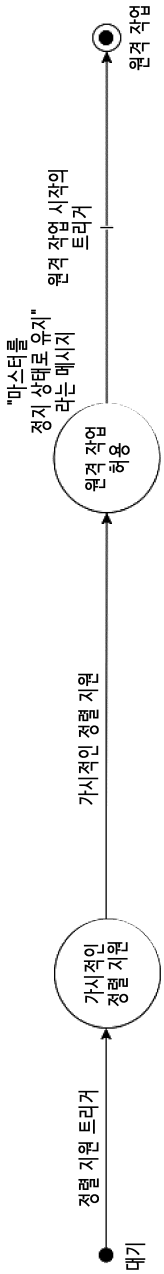
도면14c



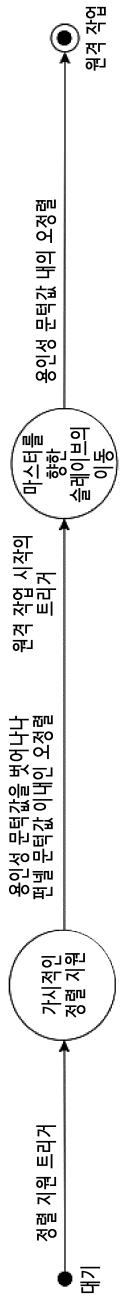
도면15



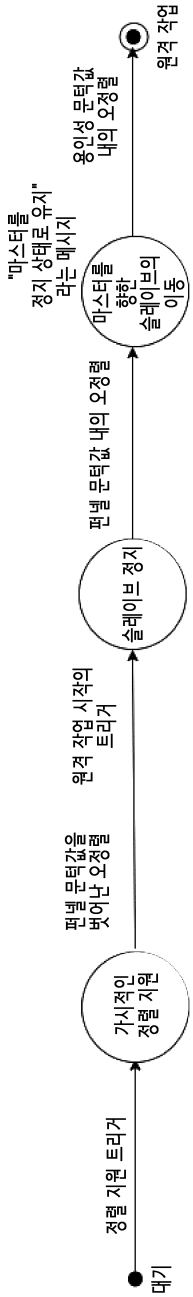
도면16


대기
정렬 지원 트리거
가시적인 정렬 지원
가시적인 정렬 지원
가시적인 정렬 지원
원격 작업 허용
"마스터를 정지 상태로 유지" 라는 메시지
원격 작업 시작의 트리거
원격 작업

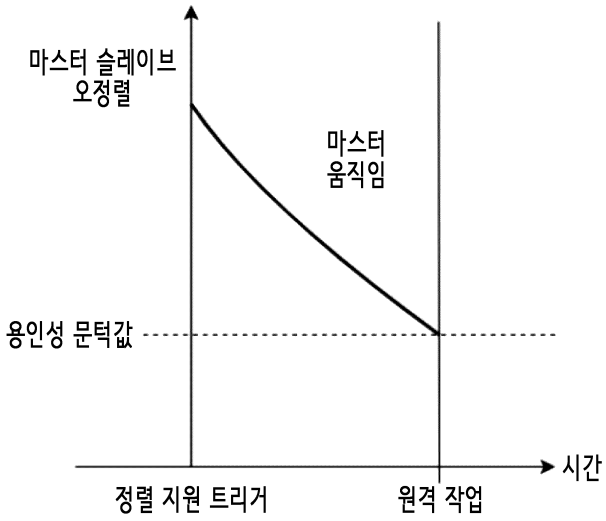
도면17


대기
정렬 지원 트리거
가시적인 정렬 지원
용인성 문턱값을 벗어나나 퍼넬 문턱값 이내인 오정렬
원격 작업 시작의 트리거
마스터를 향한 슬레이브의 이동
용인성 문턱값 내의 오정렬
원격 작업

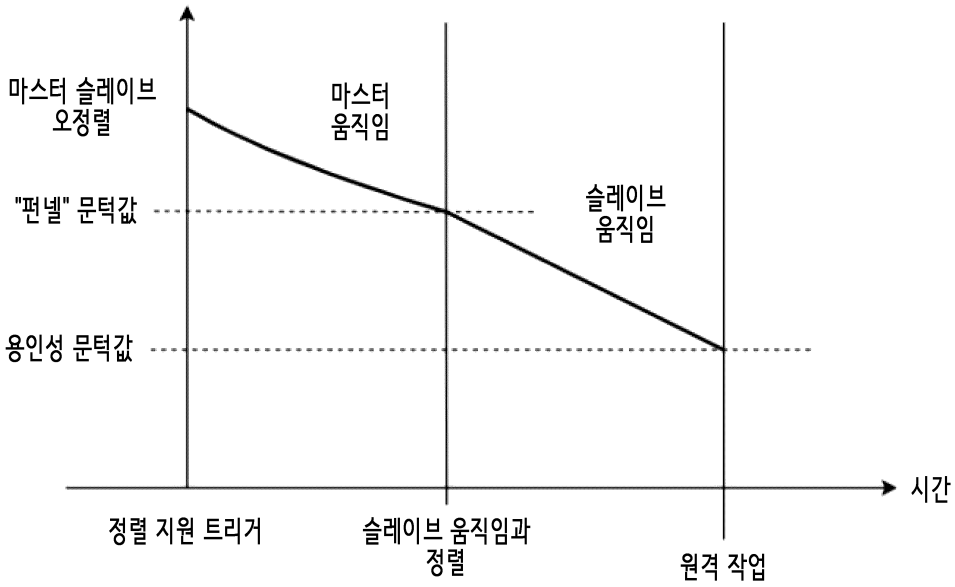
도면18


대기
정렬 지원 트리거
가시적인 정렬 지원
펀넬 문턱값을 벗어난 오정렬
원격 작업 시작의 트리거
슬레이브 정지
펀넬 문턱값 내의 오정렬
마스터를 향한 슬레이브의 이동
"마스터를 정지 상태로 유지"라는 메시지
용인성 문턱값 내의 오정렬
원격 작업

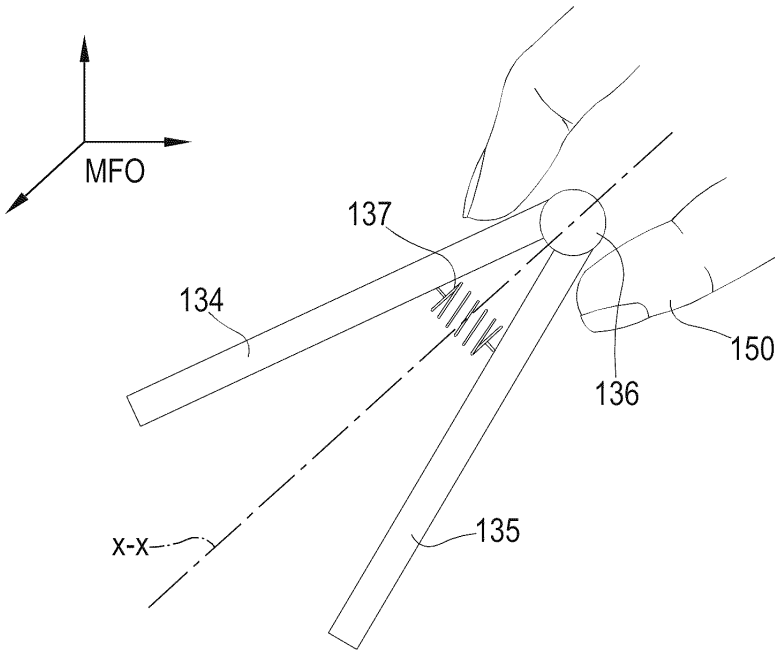
도면19


마스터 슬레이브
오정렬
마스터
움직임
용인성 문턱값
시간
정렬 지원 트리거
원격 작업

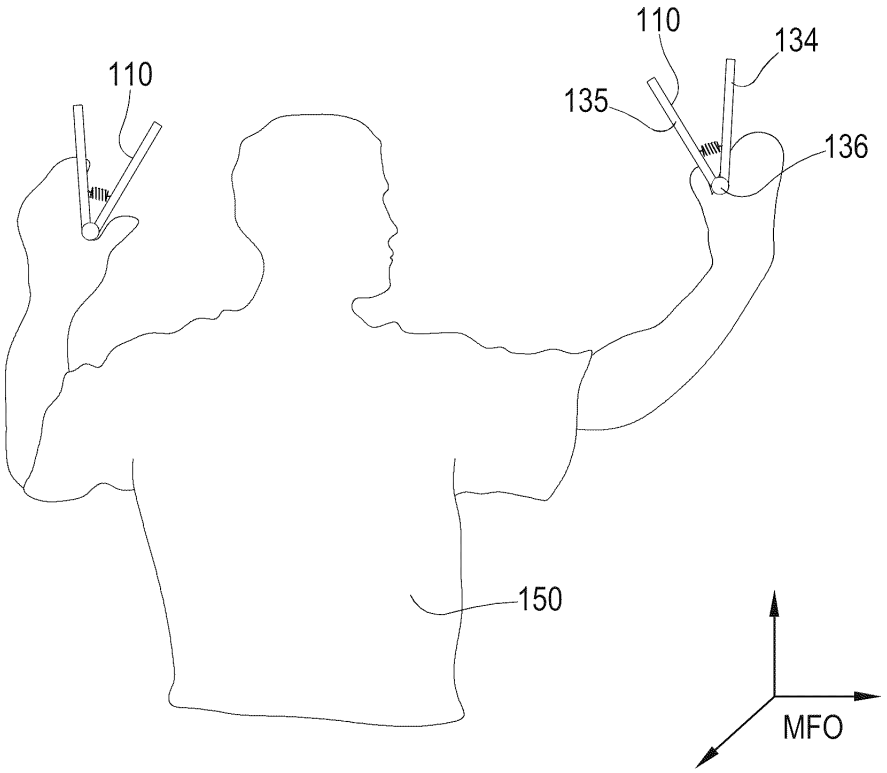
도면20


마스터 슬레이브
오정렬
마스터
움직임
"펀넬" 문턱값
슬레이브
움직임
용인성 문턱값
시간
정렬 지원 트리거
슬레이브 움직임과
정렬
원격 작업

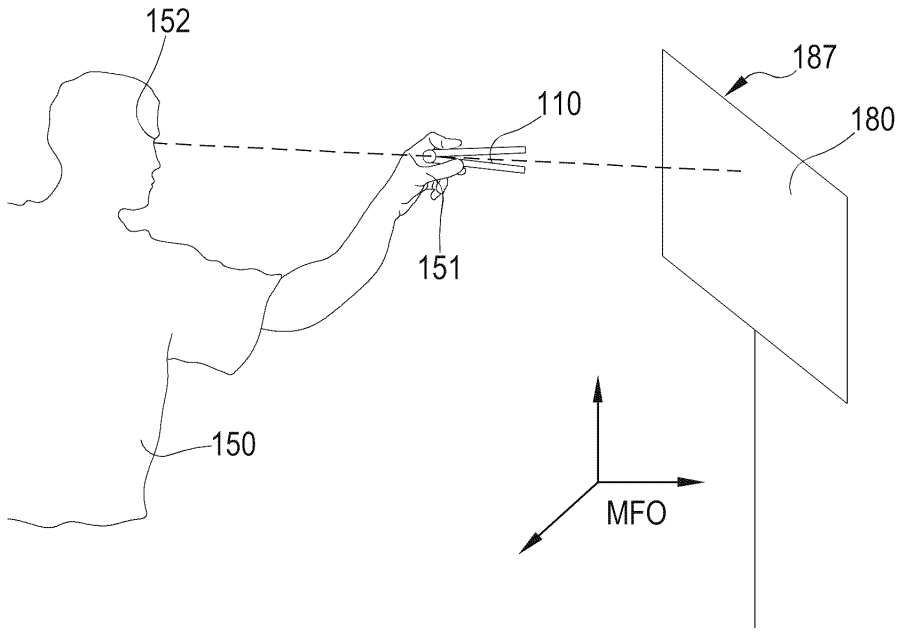
도면21



도면22



도면23



도면24

