



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년06월07일

(11) 등록번호 10-2540134

(24) 등록일자 2023년05월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 34/00 (2016.01) A61B 1/313 (2006.01)

A61B 34/30 (2016.01) A61B 34/37 (2016.01)

G16H 40/67 (2018.01)

(52) CPC특허분류

A61B 34/70 (2016.02)

A61B 1/313 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-7024284(분할)

(22) 출원일자(국제) 2014년03월18일

심사청구일자 2022년08월01일

(85) 번역문제출일자 2022년07월14일

(65) 공개번호 10-2022-0104836

(43) 공개일자 2022년07월26일

(62) 원출원 특허 10-2021-7023449

원출원일자(국제) 2014년03월18일

심사청구일자 2021년08월10일

(86) 국제출원번호 PCT/US2014/031044

(87) 국제공개번호 WO 2014/146090

국제공개일자 2014년09월18일

(30) 우선권주장

61/793,227 2013년03월15일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

EP02138105 A2*

US20100228264 A1*

KR101653185 B1

KR101038417 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

인튜어티브 서지컬 오퍼레이션즈 인코포레이티드

미국 캘리포니아 94086 서니베일 키퍼 로드 1020

(72) 발명자

스마비 니엘스

미국 캘리포니아 94306 팔로앨토 루셀마 애버뉴 4230

다크스 그레고리 2세

미국 캘리포니아 94403 샌마테오 알마덴 웨이 312

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

양영준, 김윤기

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 차건숙

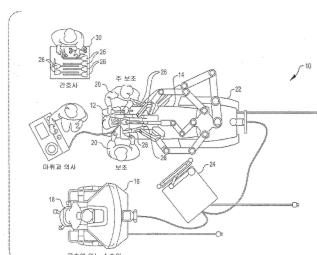
(54) 발명의 명칭 로봇 수술 시스템에서의 수술 중 도구의 교환

(57) 요약

원격수술 시스템을 제어하는 방법, 장치, 및 시스템이 개시된다. 한 방법에 따라, 시스템의 제1 조종기에 연결된 제1 도구 및 시스템의 제2 조종기에 연결된 제2 도구가 제어된다. 그 다음, 제1 도구가 제2 조종기에 연결되고 제2 도구가 제1 조종기에 연결되도록 하는 도구의 교환이 탐지된다. 그 다음, 제2 조종기에 연결된 제1 도구

(뒷면에 계속)

대표도



및 제1 조종기에 연결된 제2 도구가 제어된다.

(52) CPC특허분류

A61B 34/25 (2016.02)

A61B 34/37 (2016.02)

G16H 40/67 (2021.08)

A61B 2034/301 (2016.02)

(72) 발명자

디올라이트 니콜라

미국 캘리포니아 94025 멘로 파크 이스트 크리크
드라이브147

항웨 푸쉬카르

미국 캘리포니아 94024 로스앨토스 베리 애버뉴
990

닉슨 토마스 알.

미국 캘리포니아 95125 세너제이 페어뷰 애버뉴
1074

스케나 브루스 엠.

미국 캘리포니아 94025 멘로 파크 포프 스트리트
414

스와루프 니티쉬

미국 캘리포니아 94087 서니베일 에이피티 6315 더
블유 엘카미노 리얼 250

명세서

청구범위

청구항 1

시스템으로서,

제1 조종기, 제2 조종기, 및 제3 조종기를 포함하는 복수의 조종기; 및

컨트롤러를 포함하고,

컨트롤러는

상기 제1 조종기에 대한 제1 이미징 장치의 장착을 탐지하고 -상기 제1 이미징 장치는 제1 기준 프레임 을 가짐-,

상기 제1 조종기에 대한 제1 이미징 장치의 장착을 탐지하는 것에 응답하여, 상기 제2 조종기가 상기 제1 기준 프레임에 대해 도구를 제어하게 하고 -상기 도구는 상기 제2 조종기에 장착됨-,

상기 제3 조종기에 대한 제2 이미징 장치의 장착을 탐지하고 -상기 제2 이미징 장치는 제2 기준 프레임 을 가짐-,

상기 제3 조종기에 대한 제2 이미징 장치의 장착을 탐지하는 것에 응답하여, 상기 제2 조종기가 상기 제2 기준 프레임에 대해 상기 도구를 제어하도록 구성되고,

상기 제1 기준 프레임에 대해 도구를 제어하는 상기 제2 조종기는 상기 제2 조종기가 사용자 디스플레이에 대한 입력 컨트롤의 위치 또는 방향에 기초하여 상기 제1 기준 프레임에 대한 도구의 위치 또는 방향을 제어하게 하고,

상기 제2 기준 프레임에 대해 도구를 제어하는 상기 제2 조종기는 상기 제2 조종기가 상기 사용자 디스플레이에 대한 입력 컨트롤의 위치 또는 방향에 기초하여 상기 제2 기준 프레임에 대한 도구의 위치 또는 방향을 제어하게 하는, 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제3 조종기와 상기 제1 조종기는 동일한 조종기인, 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제3 조종기와 상기 제1 조종기는 상이한 조종기인, 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제1 이미징 장치의 제1 타입은 상기 제2 이미징 장치의 제2 타입과 상이한, 시스템.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 기준 프레임은 상기 제1 조종기의 키네매틱스에 기초하는, 시스템.

청구항 6

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제2 이미징 장치의 장착을 탐지하는 것에 응답하여, 상기 컨트롤러는 상기 제1 조종기를 이용하여 상기 제2 기준 프레임에 대해 상기 제1 이미징 장치를 제어하도록 추가로 구성되는, 시스템.

청구항 7

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 기준 프레임에 대해 도구를 제어하기 위해, 상기 컨트롤러

는 상기 입력 컨트롤로부터 수신된 커맨드에 기초하여 상기 도구를 원격 조작하도록 구성되는, 시스템.

청구항 8

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 기준 프레임을 결정하는 것에 응답하여, 상기 컨트롤러는 상기 사용자 디스플레이에 대한 입력 컨트롤의 위치 및 방향이 상기 제1 이미징 장치에 대한 도구의 위치 및 방향에 대응하도록 상기 입력 컨트롤을 이동시키도록 구성되는, 시스템.

청구항 9

시스템과 연관된 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때 하나 이상의 프로세서가 시스템 제어 방법을 수행하게 하도록 구성되어 있는 복수의 명령어를 포함하는 비 일시적 컴퓨터 판독가능한 매체로서,

시스템의 제1 조종기에 대한 제1 이미징 장치의 장착을 탐지하는 단계 -상기 제1 이미징 장치는 제1 기준 프레임을 가짐-;

상기 제1 조종기에 대한 제1 이미징 장치의 장착을 탐지하는 것에 응답하여, 시스템의 제2 조종기가 상기 제1 기준 프레임에 대해 도구를 제어하게 하는 단계 -상기 도구는 상기 제2 조종기에 장착됨-;

시스템의 제3 조종기에 대한 제2 이미징 장치의 장착을 탐지하는 단계 -상기 제2 이미징 장치는 제2 기준 프레임을 가짐-; 및

상기 제3 조종기에 대한 제2 이미징 장치의 장착을 탐지하는 것에 응답하여, 상기 제2 조종기가 상기 제2 기준 프레임에 대해 도구를 제어하게 하는 단계;

상기 제1 기준 프레임에 대해 도구를 제어하는 상기 제2 조종기는 상기 제2 조종기가 사용자 디스플레이에 대한 입력 컨트롤의 위치 또는 방향에 기초하여 상기 제1 기준 프레임에 대한 도구의 위치 또는 방향을 제어하게 하고,

상기 제2 기준 프레임에 대해 도구를 제어하는 상기 제2 조종기는 상기 제2 조종기가 상기 사용자 디스플레이에 대한 입력 컨트롤의 위치 또는 방향에 기초하여 상기 제2 기준 프레임에 대한 도구의 위치 또는 방향을 제어하게 하는, 비 일시적 컴퓨터 판독가능한 매체.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 제3 조종기와 상기 제1 조종기는 동일한 조종기인, 비 일시적 컴퓨터 판독가능한 매체.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 제3 조종기와 상기 제1 조종기는 상이한 조종기인, 비 일시적 컴퓨터 판독가능한 매체.

청구항 12

제9항에 있어서, 상기 제1 기준 프레임은 상기 제1 조종기의 키네매틱스에 기초하는, 비 일시적 컴퓨터 판독가능한 매체.

청구항 13

제9항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제2 이미징 장치의 장착을 탐지하는 것에 응답하여, 상기 제1 조종기를 이용하여 상기 제2 기준 프레임에 대해 상기 제1 이미징 장치를 제어하는 단계를 추가로 포함하는, 비 일시적 컴퓨터 판독가능한 매체.

청구항 14

제9항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 기준 프레임에 대해 도구를 제어하는 단계는 상기 입력 컨트롤로부터 수신된 커맨드에 기초하여 상기 도구를 원격 조작하는 단계를 추가로 포함하는, 비 일시적 컴퓨터 판독가능한 매체.

청구항 15

제9항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 기준 프레임을 결정하는 것에 응답하여, 상기 사용자 디스플레이에 대한 상기 입력 컨트롤의 위치 및 방향이 상기 제1 기준 프레임에서의 상기 제1 이미징 장치에 대한 도구의 위치 및 방향에 대응하도록 상기 입력 컨트롤을 이동시키는 단계를 추가로 포함하는, 비 일시적 컴퓨터 판독가능한 매체.

발명의 설명

기술 분야

배경 기술

- [0001] 본 발명은 일반적으로 향상된 수술 및/또는 로봇 장치, 시스템 및 방법을 제공한다.
- [0002] 미소 절개 수술 기술은 진단 또는 수술 과정 동안 관련 없는 조직이 손상되는 양을 줄여, 환자 회복 시간, 불편 및 유해한 부작용을 줄이는 것을 목적으로 한다. 미국에서 매 년 수 백만의 수술이 행해진다. 이러한 수술 중 다수는 잠재적으로 미소 절개 방식으로 수술될 수 있다. 그러나, 미소 절개 수술 기기 및 기술의 제한 및 이들을 마스터하기 위해 요구되는 추가적인 수술 트레이닝으로 인해, 비교적 소수의 수술만이 현재 이러한 기술을 이용하고 있을 뿐이다.
- [0003] 수술에 사용하기 위한 미소 절개 원격 수술 시스템은 수술의 숙련도(dexterity)를 증가시킬 뿐만 아니라, 수술의 원격 위치에서 환자를 수술하는 것을 허용하기 위해 개발되고 있다. 원격 수술은 수술의 원격 위치에서 손으로 직접 잡고 이동시키는 것이 아니라, 수술 기구를 조작하고 이동시키기 위해 몇몇 형태의 원격 컨트롤, 예컨대, 서보메커니즘 등을 이용하는 수술 시스템에 대한 일반적인 용어이다. 이러한 원격 수술 시스템에서, 수술의 원격 위치에서 수술 부위의 이미지를 제공 받는다. 적절한 뷰어 또는 디스플레이 상으로 수술 부위의 전형적으로 3차원인 이미지를 보는 동안, 수술의 로봇 기기의 모션을 제어하는 마스터 제어 입력 장치를 조종함으로써 환자에 대한 수술 과정을 수행한다. 로봇 수술 기기는 전형적인 개방 수술과 연관된 외상을 야기하는 애퍼처와 같은, 환자 몸속의 수술 부위에 있는 조직을 다루기 위한 작은 미소 절개 수술 애퍼처를 통해 삽입될 수 있다. 이러한 로봇 시스템은 종종 미소 절개 애퍼처에서 기구의 축을 피벗(pivot)시키고, 애퍼처를 통해 축방향으로 축을 미끄러지게 하고, 및/또는 애퍼처 내에서 축을 회전시킴으로써, 매우 복잡한 수술 작업을 수행하기 위해 충분한 숙련도로 수술 기구의 작업단을 이동시킬 수 있다.
- [0004] 원격 수술을 위해 사용되는 서보 메커니즘은 종종 2개의 마스터 컨트롤러(각각 수술의 손에 하나씩)로부터의 입력을 받아들이는 것이고, 2이상의 로봇 암 또는 조종기를 포함할 수 있다. 이미지 캡처 장치에 의해 디스플레이 되는 로봇 기구의 이미지와 손의 움직임을 맵핑시키는 것은 수술의에게 각각의 손과 연관된 기구에 대한 정밀한 컨트롤을 제공하는 것을 도울 수 있다. 다수의 수술 로봇 시스템에, 내시경 또는 다른 이미지 캡처 장치, 또는 추가적인 수술 기구 등을 이동시키기 위한 하나 이상의 추가 로봇 조종 암이 포함된다.
- [0005] 로봇 수술 동안 수술 부위에서 수술 기구를 지지하기 위한 다양한 구조적 배열이 사용될 수 있다. 구동식 링크지(driven linkage) 또는 "슬레이브"는 종종 로봇 수술 조종기라 불리며, 미소 절개 로봇 수술 동안 로봇 수술 조종기로 사용하기 위한 예시적인 링크지 배열은 2012년 6월 1일에 출원된 "Commanded Reconfiguration of a Surgical Manipulator Using the Null Space"란 제목의 미국 가출원 제61/654,764호 및 미국 특허번호 제6,758,843호, 제6,246,200호, 및 제5,800,423호에 서술되어 있으며, 이들은 모두 그 전체가 참조로서 본 명세서에 포함되었다. 이러한 링크지는 종종 축을 가진 기구를 잡기 위해 평행사변형 배열(parallelogram, arrangement)을 활용한다. 이러한 조종기 구조는 기구 축이 강성 축의 길이를 따른 공간 내에 위치하는 구 회전의 원격 중심을 중심으로 피벗하도록 기구의 움직임을 제한시킬 수 있다. 이러한 회전 중심을 내부 수술 부위로의 절개 지점과(예컨대, 복강경 수술 중 복벽에 있는 투관침(trocar) 또는 캐놀라(cannula)와) 나란하게 함으로써, 조종기 링크지를 이용하여 축의 근단부를 이동시킴으로써, 복벽에 위험한 힘을 가하지 않으면서 수술 기구의 말단 작용기가 위치 조절될 수 있다. 예컨대, 대안의 조종기 구조는 미국 특허번호 제7,594,912, 6,702,805; 6,676,669; 5,855,583; 5,808,665; 5,445,166; 및 5,184,601호에 서술되어 있으며, 이들은 모두 그 전체가 참조로서 본 명세서에 통합되어 있다.
- [0006] 새로운 로봇 수술 시스템 및 장치가 고효율이고 장점이 있음이 증명되었으나, 여전히 더 개선될 필요가 있다. 몇몇 경우에, 조종기 어셈블리의 일부 또는 전부를 변경하는 것이 바람직할 수 있다. 이때, 조종기 어셈블리는 조종기(예컨대, 로봇 팔)에 연결된 도구(예컨대, 수술 도구)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 로봇 암을 원격 중

심에 대한 움직임을 구조적으로 제한시키는 평행사변형 배열에서부터 원격 중심에 대한 움직임을 제한하도록 하는, 예컨대, 소프트웨어 컨트롤을 사용하는 대안의 조종기 구조로 변경하는 것이 바람직할 수 있다. 다른 예로서, 조종기에 연결된 도구를, 예컨대, 클램핑 턱(jaw)을 가진 것에서 내시경을 가진 것으로 변경하는 것이 바람직할 수 있다.

[0007] 임의의 경우에, 상이한 조종기 어셈블리는 종종 상이한 개수의 자유도, 상이한 타입의 자유도 등과 같은 상이한 특성을 가질 것이다. 따라서, 상이한 조종기 어셈블리를 제어하기 위해 동일한 컨트롤러가 사용될 수 없고, 그 보다는 각각 특수한 도구 및/또는 조종기에 맞춤 제작된(customized), 예컨대, 조인트 공간 내의 계산을 수행하는 상이한 컨트롤러가 사용되어야 한다. 상이한 컨트롤러의 사용은 추가적인 복잡도 계층을 야기하여, 시스템이 더 오류 발생하기 쉽게 만들고, 기존의 시스템을 통해 새로운 조종기 및/또는 도구를 사용하는 것을 사실상 제한할 수 있다. 그 전체가 참조로서 본 명세서에 통합되어 있는 "Tool Memory-Based Software Upgrades for Robotic Surgery"란 제목의 2008년 5월 2일에 출원된 미국 출원번호 제12/114,082호에 개시된 것과 같은, 새로운 도구와의 시스템 호환성을 제공하기 위한 몇몇 기술이 개시되어 있으나, 여전히 추가적인 개선이 요구된다.

[0008] 이러한 및 다른 이유로, 수술, 로봇 수술 및 다른 로봇 응용을 위한 향상된 장치, 시스템 및 방법을 제공하는 것이 유리할 것이다. 이러한 향상된 기술이 시스템 복잡도 및 비용을 낮게 유지함과 동시에 오류 없는 방식으로 상이한 타입의 조종기 및/또는 도구 간에 편리하게 전환할 수 있는 능력을 제공한다면, 특히 유리할 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명은 일반적으로 향상된 로봇 및/또는 수술 장치, 시스템 및 방법을 제공한다. 하나의 실시예에서, 원격 수술 시스템을 제어하는 방법이 개시된다. 이 방법은 시스템의 제1 조종기에 연결된 제1 도구 및 시스템의 제2 조종기에 연결된 제2 도구를 제어하는 단계를 포함한 다양한 오퍼레이션을 포함한다. 이 방법은 제1 도구가 제2 조종기에 연결되고, 제2 도구가 제1 조종기에 연결되도록 도구의 교환(swap)을 탐지하는 단계를 더 포함한다. 이 방법은 또한 제2 조종기에 연결된 제1 도구 및 제1 조종기에 연결된 제2 도구를 제어하는 단계를 포함한다.

[0010] 다른 실시예에 따라, 원격 수술 시스템을 제어하는 다른 방법이 개시된다. 이 방법은 도구가 시스템의 조종기에 연결되어 있는지 여부를 판정하는 단계, 도구가 조종기에 연결되어 있다고 판정된 때 그 도구에 대한 맵핑을 획득하는 단계, 획득된 맵핑을 이용하여 도구를 제어하는 단계, 상기 도구가 조종기로부터 제거되고 새로운 도구가 조종기에 연결되어 있는지 판정하는 단계, 상기 도구가 조종기로부터 제거되고 새로운 도구가 조종기에 연결되어 있다고 판정된 때 새로운 도구에 대한 새로운 맵핑을 획득하는 단계, 및 획득된 새로운 맵핑을 이용하여 새로운 도구를 제어하는 단계를 포함한, 다양한 오퍼레이션을 포함한다.

[0011] 또 다른 실시예에 따라, 환자의 애퍼처를 통해 미소 절개 수술을 수행하는 원격 시스템이 개시된다. 이 시스템은 이미징 장치 및 수술 기구 및 컨트롤러를 포함하는 복수의 도구 중 하나를 수용하도록 각각 동작 가능한 복수의 로봇 조종기를 포함한다. 컨트롤러는 다양한 기능을 수행하도록 동작 가능할 수 있다. 예를 들어, 컨트롤러는 로봇 조종기의 제1 조종기에 연결된 이미징 장치, 및 로봇 조종기의 제2 조종기에 연결된 수술 기구를 제어할 수 있고, 이미징 장치가 제2 조종기에 연결되고 수술 기구가 제1 조종기에 연결되도록 하는 이미징 장치와 수술 기구의 교환을 탐지하고, 제2 조종기에 연결된 이미징 장치 및 제1 조종기에 연결된 수술 기구를 제어할 수 있다.

[0012] 본 발명의 특징 및 장점을 더 잘 이해하기 위해, 아래의 상세한 설명 및 첨부된 도면을 참조해야 한다. 본 발명의 다른 특징, 목적 및 장점은 아래의 상세한 설명 및 도면으로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1a는 본 발명의 실시예에 따른 로봇 수술 시스템의 위에서 본 도면이다.

도 1b는 도 1a의 로봇 수술 시스템을 도식적으로 도시한다.

도 2는 도 1a의 수술의 콘솔의 투시도이다.

도 3은 도 1a의 전자 카트의 투시도이다.

도 4는 수술 기구를 각각 지지하는 복수의 조종기 암을 가진 환자측 카트의 투시도이다.

도 5는 하나의 실시예에 따른 조종기의 투시도이다.

도 6a는 하나의 실시예에 따른 마주보는 클램핑 조를 가진 말단 작용기를 포함하는 로봇 수술 도구의 투시도이다.

도 6b는 하나의 실시예에 따른 관절형(wristed) 내시경을 도시한다

도 6c는 하나의 실시예에 따른 흡입 포트를 갖춘 오버튜브의 말단부의 투시도이다.

도 6d는 하나의 실시예에 따른 무관절 내시경을 도시한다.

도 7a는 하나의 실시예에 따른 마스터 제어 입력 장치의 투시도이다.

도 7b는 도 7a의 입력 장치의 짐발(gimbal) 또는 관절의 투시도이다.

도 7c는 도 7a의 입력 장치의 관절형 암의 투시도이다.

도 8a는 제1 실시예에 따른 조종기 어셈블리 및 지지 구조를 포함하는 로봇 시스템의 일부분이다.

도 8b는 제2 실시예에 따른 조종기 어셈블리 및 지지 구조를 포함하는 로봇 시스템의 일부분이다.

도 8c는 제3 실시예에 따른 조종기 어셈블리 및 지지 구조를 포함하는 로봇 시스템의 일부분이다.

도 9a는 제1 실시예에 따른 커넥터 입력/출력 엘리먼트 및 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트 간의 맵핑을 도시한다.

도 9b는 제2 실시예에 따른 커넥터 입력/출력 엘리먼트 및 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트 간의 맵핑을 도시한다.

도 9c는 제3 실시예에 따른 커넥터 입력/출력 엘리먼트 및 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트 간의 맵핑을 도시한다.

도 10은 하나의 실시예에 따른 커넥터 입력/출력 엘리먼트, 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트, 및 작업 공간 인터페이스 엘리먼트 간의 맵핑을 도시한다.

도 11a는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트에 의해 제어되고 있는 제1 조종기 어셈블리의 자유도의 제1 그룹핑 세트를 도시한다.

도 11b는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트에 의해 제어되고 있는 제2 조종기 어셈블리의 자유도의 제2 그룹핑 세트를 도시한다.

도 12a는 하나의 실시예에 따른 커넥터/조인트 공간 맵을 도시한다.

도 12b는 하나의 실시예에 따른 조인트 공간/작업 공간 맵을 도시한다.

도 13a는 제1 조종기 암에 연결된 이미징 장치 및 제2 조종기 암에 연결된 수술 도구를 포함하는 환자측 카트를 도시한다.

도 13b는 제2 조종기 암에 연결된 이미징 장치 및 제1 조종기 암에 연결된 수술 도구를 포함하는 환자측 카트를 도시한다.

도 14는 동일한 조종기 암에 연결된 다수의 가능한 도구 중 하나를 제어하기 위해 사용될 수 있는 일련의 오퍼레이션을 도시한다.

도 14a는 이미징 장치가 제1 조종기 암으로부터 제거되고 제2 조종기 암으로 연결될 때, 시스템 사용자에게 디스플레이 되는 이미지 캡처 장치에 의해 이미지화 되는 수술 도구의 움직임과 시스템 사용자에게 의해 조종되고 있는 입력 장치 간의 일치감(correspondence)을 유지하기 위해 사용될 수 있는 일련의 오퍼레이션을 도시한다.

도 14b 및 14c는 각각 도구 교환 이전 및 이후의 도구 팁을 도시하고, 수술 기구를 제어하기 위한 카메라 기준 좌표 시스템과 연관된 변화를 개략적으로 보여준다.

도 15는 하나의 실시예에 따른 도구에 대한 맵핑을 획득하기 위한 일련의 오퍼레이션을 도시한다.

도 16a는 하나의 실시예에 따른 획득된 맵핑을 이용하여 도구를 제어하기 위해 사용될 수 있는 일련의 오퍼레이션을 도시한다.

도 16b는 다른 실시예에 따른 획득된 맵핑을 이용하여 도구를 제어하기 위해 사용될 수 있는 일련의 오퍼레이션을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 본 발명의 실시예들은 일반적으로 다수의 상이한 조종기 어셈블리를 제어하기 위한 향상된 기술을 제공한다. 몇몇 실시예들은 수술 프로시저 동안 복수의 수술 도구 또는 기구들이 연결된 복수의 로봇 조종기 상에 장착되어 그 로봇 조종기에 의해 움직여지는 수술용 로봇 시스템과 함께 사용하는데 특히 유리하다. 로봇 시스템은 종종 마스터-슬레이브 컨트롤러로 구성된 프로세서를 포함하는 원격로봇, 원격수술, 및/또는 원격 현장감 (telepresence) 시스템을 포함할 것이다. 상이한 로봇 암 및/또는 수술 도구와 같은 다수의 상이한 조종기 어셈블리를 제어하도록 적절하게 구성된 프로세서를 채용한 로봇 시스템을 제공함으로써, 수술 프로시저를 수행함에 있어서 로봇 시스템의 유연성이 크게 향상될 수 있다.
- [0015] 본 명세서에 서술되는 로봇 조종기 어셈블리는 종종 로봇 조종기 및 그 위에 장착된 도구를 포함할(이 도구는 종종 수술용 버전에서 수술 기구를 포함한다) 것이지만, 용어 "로봇 어셈블리"는 또한 그 위에 장착된 도구가 없는 조종기 또한 포함할 것이다. 용어 "도구"는 일반용 또는 산업용 로봇 도구 및 특수 로봇 수술 기구를 모두 포함하고, 후자의 구조는 종종 조직의 조작(manipulation), 조직의 처리 또는 조직의 이미징 등에 적합한 말단 작용기(end effector)를 포함한다. 도구/조종기 인터페이스는 종종 신속 분리형(quick disconnect) 도구 홀더 또는 커플링일 것이고, 이는 도구와 교체될 도구의 신속한 해체 및 교체를 가능하게 한다. 조종기 어셈블리는 로봇 프로시저의 적어도 일부분 동안 공간적으로 고정된 베이스를 가질 것이고, 조종기 어셈블리는 이러한 베이스와 도구의 말단 작용기 사이에 다수의 자유도를 포함할 수 있다. 예를 들어, 조종기 어셈블리는 조종기의 운동학적 자유도를 포함할 수 있고, 뿐만 아니라 조종기에 연결된 도구의 운동학적 자유도를 포함할 수 있다. 이들의 조합은 여기서 "조종기 자유도"라 불릴 수 있고, 전형적으로 조인트 공간 내에 형성된다. (그립 장치의 턱의 개방 및 폐쇄, 전기외가 패들(paddle)의 활성화 또는 진공을 위한 공기압 작동 등)과 같은) 말단 작용기의 액추에이션은 이러한 조종기 어셈블리 자유도와 종종 분리될 수도 있고, 합쳐질 수도 있을 것이다. 본 명세서에서 이는 "액추에이션 자유도"라 불려질 수 있다.
- [0016] 말단 작용기(또는 더 일반적으로, 아래에 서술된 바와 같은 제어 프레임)는 전형적으로 2 내지 6의 자유도를 가지고 작업 공간 내에서 움직일 것이지만, 2보다 작거나 6보다 큰 자유도를 가지고 작업 공간 내에서 움직일 수도 있다. 말단 작용기의 자유도(또는 더 일반적으로, 제어 프레임의 자유도)는 본 명세서에서 "말단 작용기 자유도"라 불릴 수 있고, 전형적으로 (아래에 서술된) 데카르트 작업 공간 내에 형성된다. 본 명세서에 사용된, 용어 "포지션"은 위치(예컨대, x , y , z 좌표) 및 방향(예컨대, 피치, 요, 롤)을 포함한다. 그러므로, (예컨대) 말단 작용기의 포지션 변화는 말단 작용기의 제1 위치에서 제2 위치로의 변위, 말단 작용기의 제1 방향에서 제2 방향으로의 롤, 또는 이 둘의 조합을 포함할 수 있다. 미소 절개 로봇 수술을 위해 사용될 때, 조종기 어셈블리의 움직임은 도구 또는 기구의 축 또는 중간 부분이 미소 절개 수술 액세스 위치 또는 다른 애퍼처를 통해 안전한 모션으로 제한되도록 시스템의 하나 이상의 프로세서에 의해 제어될 수 있다. 이러한 모션은, 예컨대, 애퍼처 사이트를 통한 축의 수술 작업 공간으로의 축방향 삽입, 그 축을 중심으로 한 축의 회전, 및 애퍼처 위치에서 피벗 포인트를 중심으로 한 축의 피벗 모션을 포함할 수 있다.
- [0017] 하나의 특수한 실시예에서, 조종기 어셈블리의 운동학적 자유도는 시스템의 모터를 이용하는 컨트롤러를 통해 하나 이상의 조인트를 구동함으로써 제어될 수 있는데, 이러한 조인트는 컨트롤러의 프로세서에 의해 계산된 협조(coordinated) 조인트 무브먼트에 따라 구동된다. 수학적으로, 컨트롤러는 벡터 및/또는 매트릭스를 이용하는 조인트 커맨드의 계산 중 적어도 일부를 수행할 수 있는데, 이러한 벡터 및/또는 매트릭스의 일부는 조인트의 구성 또는 속도에 대응하는 항을 가질 수 있다. 프로세서에 사용 가능한 교체형 조인트 구성의 범위는 조인트 공간으로 개념화될 수 있다. 조인트 공간은, 예컨대, 조종기 어셈블리가 자유도를 가진 만큼 많은 차원을 가질 수 있고, 몇몇 예시적인 실시예에서, 조종기 어셈블리에 연결된 말단 작용기의 포지션을 완전하게 정의하기 위해 필요한 적어도 하나의 자유도가 부족할 수 있기 때문에, 조인트 공간은 조종기 어셈블리가 가진 자유도보다 많은 차원을 가질 수 있다. 또한, 조종기 어셈블리의 특별한 구성은 조인트 공간 내의 특정 포인트를 나타낼 수 있는데, 각각의 좌표는 조종기의 연관된 조인트가 존재하는 위치인 조종기 어셈블리의 연관된 조인트의

조인트 상태에 대응한다.

[0018] 예시의 실시예에서, 이러한 시스템은 여기서 그것의 데카르트 공간으로 지정된 작업 공간 내의 피처의 명령 받은 포지션 및 속도가 입력되는 컨트롤러를 포함한다. 피처는 컨트롤 입력을 사용하여 관절형이 될 수 있는 컨트롤 프레임으로서 사용될 수 있는, 조종기 어셈블리 상의 또는 조종기 어셈블리로부터 떨어져 있는 임의의 피처일 수 있다. 본 명세서에 서술된 다수의 예에 사용되는 조종기 어셈블리 상의 피처의 한 예는 도구-팁일 수 있다. 조종기 어셈블리 상의 피처의 다른 예는 도구 팁은 아니지만, 핀 또는 칠해진(painted) 패턴과 같은 조종기 어셈블리의 일부분인 물리적 피처일 수 있다. 조종기 어셈블리의 피처의 예는 도구 팁으로부터 특정 거리 및 각도만큼 정확하게 떨어져 있는 빈 공간 내의 기준 포인트일 수 있다. 조종기 어셈블리에서 떨어져 있는 피처의 다른 예는 조종기 어셈블리에 상대적인 포지션이 정해질 수 있는 타겟 조직일 수 있다. 이러한 모든 케이스에서, 말단 작용기는 컨트롤 입력을 이용하여 관절화될 수 있는 가상의(imaginary) 제어 프레임과 연관된다. 그러나, 아래에서, "말단 작용기" 및 "도구 팁"은 동의어처럼 사용된다. 일반적으로 바람직한 데카르트 공간 말단 작용기 포지션을 동등한 조인트 공간 포지션과 맵핑시키는 클로즈드 폼(closed form) 관계는 존재하지 않지만, 일반적으로 데카르트 공간 말단 작용기와 조인트 공간 속도 사이에는 클로즈드 폼 관계가 존재한다. 운동학적 함수행렬식(kinematic jacobian)은 조인트 공간 포지션 항에 대한 말단 작용기의 데카르트 공간 포지션 항의 편미분의 행렬이다. 이러한 방식으로, 운동학적 함수행렬식은 조종기 어셈블리의 조인트와 말단 작용기 사이의 운동학적 관계를 포착한다. 즉, 운동학적 함수행렬식은 말단 작용기 상의 조인트 모션의 효과를 포착한다.

[0019] 여기 서술된 (전부는 아니지만) 다수의 조종기 어셈블리는 전형적으로 작업 공간 내의 말단 작용기의 위치 조절을 위한 풀 컨트롤과 연관된 것보다, 사용 가능한 자유도를 더 적게 가진다(여기서 말단 작용기의 풀 컨트롤은 3개의 독립된 변위 및 3개의 독립된 방향을 포함하는 말단 작용기 자유도를 필요로 한다). 즉, 조종기 어셈블리는 6 말단 작용기 자유도를 독립적으로 제어하기에는 충분하지 못한 개수 또는 타입의 자유도를 가질 수 있다. 예를 들어, 분절된 관절이 없는 리지드(rigid) 내시경 팁은 그 관절에서 2개의 자유도가 없을 수 있다. 따라서, 내시경은 말단 작용기를 위치 조절하기 위한 6개가 아닌 4개의 자유도만 가질 수 있고, 그러므로 잠재적으로 내시경의 모션을 제한할 수 있다.

[0020] 그러나, 여기 서술된 몇몇 조종기 어셈블리는 말단 작용기의 위치 조절을 풀 컨트롤 하기 위해 요구되는 것보다 많은 개수의 자유도를 가지지만(여기서 말단 작용기의 풀 컨트롤은 3개의 독립된 변위 및 3개의 독립된 방향을 포함하는 말단 작용기 자유도를 필요로 한다), 조종기 어셈블리의 조인트의 타입 또는 배열로 인해, 조종기 어셈블리는 여전히 말단 작용기의 위치 조절을 풀 컨트롤 할 수 없다. 예를 들어, 조종기 어셈블리는 7 조종기 자유도를 가질 수 있으나, 그 중 3개는 리던던트이다. 그 결과, 말단 작용기는 유효하게 5 자유도를 가진다. 몇몇 실시예에서, 조종기 어셈블리는 말단 작용기의 위치 조절을 풀 컨트롤하기에 충분한 자유도를 가질 수도 있다.

[0021] 말단 작용기의 포지션을 제어하는데 사용 가능한 자유도의 개수와 무관하게, 여기 서술된 조종기 어셈블리는 또한 풀(fool)을 작동시키기 위한 추가적인 자유도(즉, 작동 자유도)를 가능하게 할 수 있다. 예를 들어, 조종기 어셈블리는 작동 시, 예컨대, 선택된 조직을 가열시키도록 동작 가능한 전기소작(electrocautery) 프로브를 가진 도구를 장착하도록 구성될 수 있는데, 여기서 열의 활성/비활성이 한 자유도이다. 다른 예로서, 조종기 어셈블리는 작동 시 선택된 조직 주변에 흡입력을 가하도록 동작 가능한 진공을 가진 도구를 장착하도록 구성될 수 있는데, 여기서 흡입력을 작동시키는 것이 한 자유도이다. 또 다른 예로서, 조종기 어셈블리는 그립(grip)을 가진 도구를 장착하도록 구성될 수 있는데, 여기서 그립의 작동이 한 자유도이다. 또 다른 예로서, 조종기 어셈블리는 그립 및 절단기를 가진 도구를 장착하도록 구성될 수 있는데, 여기서 그립의 작동이 한 자유도이고, 절단기의 작동이 한 자유도이다. 이러한 경우에, 이러한 추가적인 자유도는 말단 작용기의 포지션(즉, 위치 및 방향)에 영향을 주지 않기 때문에 운동학적 자유도가 아니다. 따라서, 이러한 추가적인 자유도는 "비운동학적" 또는 "작동" 자유도라 불릴 수 있다. 이는 운동학적 자유도가 말단 작용기의 포지션에 영향을 준다는 점에서 운동학적 자유도(예컨대, 여기 서술된 조종기 자유도)와 대조적이다.

[0022] 용어 조인트의 "상태" 등은 종종 본 명세서에서 그 조인트와 연관된 제어 변수를 의미할 것이다. 예를 들어, 각 조인트의 상태는 그 모션의 범위 내에서 조인트에 의해 형성된 각도 및/또는 그 조인트의 각 속도를 의미할 수 있다. 이와 유사하게, 축형 또는 각주형(prismatic) 조인트의 상태는 그 조인트의 축의 포지션, 및/또는 그 축의 속도를 의미할 수 있다. 여기 서술된 다수의 컨트롤러는 속도 컨트롤러를 포함하지만, 또한 이들은 종종 몇몇 포지션 제어 형태를 가진다. 대안의 실시예는 주로 또는 완전히 포지션 컨트롤러 또는 가속도 컨트롤러 등에 의존할 수 있다. 이러한 장치에 사용될 수 있는 다양한 형태의 제어 시스템은 그 전체 내용이 참조로서

본 명세서에 포함된 미국 특허 번호 제6,699,177호에 더 자세하게 서술되어 있다. 그러므로, 서술된 움직임이 연관된 계산을 기초로 하는 한, 여기 서술된 조인트의 움직임 및 말단 작용기의 움직임의 계산은 포지션 제어 알고리즘, 속도 제어 알고리즘 및/또는 이 둘의 조합을 이용하여 수행될 수 있다.

[0023] 다수의 실시예에서, 예시적인 조종기 암의 도구는 미소 절개 애퍼처 주변의 피벗 포인트를 중심으로 피벗하고, 몇몇 실시예에서 이 시스템은 그 전체 내용이 참조로서 본 명세서에 포함된 미국 특허 제6,786,896호에 서술된 원격 센터 키네매틱스와 같은 하드웨어 원격 센터를 이용할 수 있다. 이러한 시스템은 조종기에 의해 지지되는 기구의 축이 원격 중심점을 중심으로 피벗하도록 링크지의 움직임을 제한하는 이중 평행사변형(double parallelogram) 링크지를 이용할 수 있다. 대안의 기계적으로 제한된 원격 센터 링크지 시스템은 공지된 것일 수도 있고, 및/또는 미래에 개발된 것일 수도 있다. 다른 실시예에서, 이 시스템은 그 전체 내용이 참조로서 본 명세서에 통합된, 미국 특허 번호 제8,004,229호에 서술된 바와 같은 원격 센터를 달성하기 위해 소프트웨어를 사용할 수 있다. 소프트웨어 원격 센터를 갖춘 시스템에서, 프로세서는 기계적 제약에 반대되는, 희망의 피벗 포인트를 중심으로 기구 축의 중간 부분을 피벗시키기 위해 조인트의 움직임을 계산한다. 소프트웨어 피벗 포인트를 계산하는 능력을 가지게 함으로써, 시스템의 컴플라이언스(compliance) 또는 강도(stiffness)에 의해 특징지어지는 상이한 모드들이 선택적으로 구현될 수 있다. 더욱 상세하게는, 일정 범위의 피벗 포인트/중심(예컨대, 이동 가능한 피벗 포인트(이에 의해 소프트웨어 정의된 피벗 포인트가 한 위치에서 다른 위치로 이동될 수 있다); 패시브 피벗 포인트(이에 의해 환자 신체 벽은 '중심'을 통과하여 지나가게 하는 제약을 강제하는 것을 필요로 한다); 고정식/리지드 피벗 포인트; 소프트 피벗 포인트 등)에 걸친 상이한 시스템 모드들은 원하는 대로 구현될 수 있다.

[0024] 다수의 구현에서, 로봇 수술 시스템은 원격 제어식 로봇 조종기 암 및/또는 도구가 가지는 자유도의 개수와 동등한 또는 그보다 많은, 또는 그보다 적은 개수의 자유도를 가진 마스터 컨트롤러를(들을) 포함할 수 있다. 이러한 경우에, 로봇 조종기 암 및/또는 도구를 제어하기 위해 사용되는 야코비안 기반의 또는 다른 컨트롤러는 전형적으로 완전한 수학적 솔루션 및 만족스러운 컨트롤을 제공한다. 예를 들어, 리지드 몸체의 포지션(즉, 위치 및 방향)을 완전히 제어하는 것은 병진 이동을 위한 3개의 자유도 및 회전을 위한 3개의 자유도를 포함하는, 6개의 독립적으로 제어 가능한 리지드 몸체의 자유도를 채용할 수 있다. 이는 그 자체를 훌륭하게 $6 \times N$ 야코비안 행렬이 사용되는 야코비안 기반의 제어 알고리즘으로 이끈다.

[0025] 말단 작용기의 포지션을 완벽히 제어하기 위한 6 자유도와 동등한, 더 적은, 또는 더 많은 자유도를 가진 어셈블리를 포함하여, 다양한 자유도를 가진 조종기 어셈블리가 여기 개시되어 있으나, 이러한 어셈블리의 다수의 실시예는 말단 작용기의 포지션을 완전히 제어하기 위한 자유도보다 적어도 하나의 자유도가 부족하다. 조종기 어셈블리가 하나의 자유도가 부족할 수 있으나, 조종기 어셈블리를 제어하는 입력 장치(예컨대, 마스터 제어 입력 장치)는 부족한 자유도를 포함할 수 있다. 본 발명의 실시예에 따라, 조종기 어셈블리에 없는 자유도(들)를 제어하는 입력에 응답하여, 조종기 어셈블리에서 사용 가능한 다른 자유도는 누락된 자유도(들)의 제어를 시뮬레이션하기 위한 모션을 제공할 수 있다. 이는 누락된 조종기 자유도에 대한 계산을 포함 및 수행하는 조종기 어셈블리의 운동학적 모델을 사용함으로써 수행될 수 있다. 이러한 계산을 수행함으로써, 조종기 어셈블리의 나머지 자유도들은 더 효과적으로 제어되어, 말단 작용기가 요구되는 자유도(들)에 따라 이동하는 것으로 나타내게 할 수 있다. 더욱이, 이러한 운동학적 모델의 사용은 상이한 개수의 자유도를 가지는 도구의 위치 조절 및/또는 작동을 용이하게 하는 복잡도를 줄인다는 이점을 가질 수 있다.

[0026] 적어도 하나의 실시예에서, 상이한 조종기 어셈블리들은 로봇 수술 시스템의 동일한 베이스 또는 지지 구조에 연결되도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 상이한 로봇 암은 동일한 지지 구조에 연결되도록 구성될 수 있고, 및/또는 상이한 수술 도구들은 동일한 로봇 암에 연결되도록 구성될 수 있다. 몇몇 경우에, 상이한 로봇 암 상의 동일한 커넥터 엘리먼트는 그 로봇 암의 상이한 양상(aspect)을 제어할 수 있다. 예를 들어, 하나의 로봇 암 상의 최상부의 커넥터 엘리먼트는 로봇 암의 요(yaw)를 제어할 수 있고, 다른 로봇 암 상의 최상부 커넥터 엘리먼트는 로봇 암의 롤(roll)을 제어할 수 있다.

[0027] 로봇 암으로부터 지지 구조 내의 컨트롤러에 의해 수신되고 있는 신호의 적절한 해석을 용이하게 하기 위해, 조인트 공간 컨트롤러와 같은 컨트롤러의 특정 입력에 로봇 암으로부터 수신된 신호를 맵핑시키기 위한 맵핑 유닛이 제공될 수 있다. 예를 들어, 다수의 상이한 조종기 어셈블리에 대하여 사용될 수 있는 공통의 조인트 공간 컨트롤러는 고정된 세트의 입력 엘리먼트를 가질 수 있다. 그 다음, 특정 로봇 암을 위한 맵핑 유닛은 로봇 암으로부터 수신된 신호를 조인트 공간 컨트롤러의 적절한 입력 엘리먼트에 맵핑시킬 수 있다. 예를 들어, 맵핑 유닛은 로봇 암의 '롤' 컨트롤 엘리먼트로부터 수신된 신호를 조인트 공간 컨트롤러의 제네릭(generic) 입력 엘리먼트에 맵핑할 수 있다. 상이한 로봇 암에 대하여, 맵핑 유닛은 로봇 암의 '롤' 커넥터 엘리먼트(제1 로봇

암에 대한 것과는 상이한 커넥터 엘리먼트일 수 있음)로부터 수신된 신호를 조인트 공간 컨트롤러의 동일한 제네릭 입력 엘리먼트에 맵핑할 수 있다. 이러한 방식으로, 다수의 상이한 조종기 어셈블리에 대한 조인트 공간 계산을 수행하기 위해 동일한 공간 컨트롤러가 사용될 수 있다.

[0028] 이와 유사하게, 조종기 어셈블리 특정 맵핑은 상이한 타입의 공간 내에서 계산을 수행하는 컨트롤러 간에 신호들을 맵핑하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 지지 구조는, 조인트 공간 컨트롤러와 더불어, 예컨대, 3차원 작업 공간 내에서 계산을 수행하도록 동작 가능한 카트 공간 컨트롤러와 같은 작업 공간 컨트롤러를 포함할 수 있다. 그러므로, 조인트 공간 컨트롤러로부터 출력된 신호들을 작업 공간 컨트롤러의 입력 엘리먼트에 맵핑시키기 위해 맵핑 유닛이 제공될 수 있다.

[0029] 아래의 설명에서, 본 발명의 다양한 실시예들이 서술될 것이다. 설명의 목적으로, 실시예들의 완전한 이해를 제공하기 위해 특정한 구성 및 세부사항들이 나열된다. 그러나, 본 발명이 그러한 특정한 세부사항 없이도 실시될 수 있음을 당업자들은 이해할 것이다. 더욱이, 공지된 특징들은 서술되고 있는 실시예를 모호하게 하지 않기 위해 생략되거나 간략화될 수 있다.

[0030] 이제 도면을 참조하면, 유사한 부재번호는 수개의 도면에 걸쳐 유사한 부분을 나타내며, 도 1a는 수술대(14)에 누워 있는 환자(12)에 대한 미소 절개 진단 또는 수술 프로시저를 수행하는데 사용하기 위한, 다수의 실시예에 따른, 미소 절개 로봇 수술(MIRS) 시스템(10)의 위에서 내려다 본 도면이다. 이 시스템은 프로시저 동안 수술의(18)에 의해 사용하기 위한 수술의 콘솔(16)을 포함할 수 있다. 하나 이상의 보조(20) 또한 이 프로시저에 참여할 수 있다. MIRS 시스템(10)은 환자측 카트(22)(수술 로봇) 및 전자기기 카트(24)를 더 포함할 수 있다. 환자측 카트(22)는 수술의(18)가 콘솔(16)을 통해 수술 부위를 보면서 환자(12)의 몸속으로의 미소 절개 삽입을 통해 적어도 하나의 제거 가능하게 연결된 도구 어셈블리(26)(이하 간단하게 "도구"라 함)를 각각 조종할 수 있는 다수의 로봇 암을 포함할 수 있다. 수술 부위의 이미지는 이미징 장치(28)를 방향 조절하기 위해 환자측 카트(22)에 의해 조종될 수 있는 스테레오스코픽 내시경과 같은 이미징 장치(28)에 의해 획득될 수 있다. 전자기기 카트(24)는 수술의 콘솔(16)을 통해 수술 부위의 이미지를 처리하여 후속적으로 수술의(18)에게 디스플레이하기 위해 사용될 수 있다. 한번에 사용되는 수술 도구(26)의 개수는 일반적으로 다른 요인들 중에서 진단 또는 수술 프로시저 및 수술실 내의 공간적 제약에 의존할 것이다. 프로시저 동안 사용되는 하나 이상의 도구(26)를 교환하는 것이 필요하다면, 보조(20)는 환자측 카트(22)로부터 도구(26)를 제어하고 그것을 수술실 내의 트레이(30)로부터 다른 도구(26)와 교체할 수 있다. 더욱이, 환자측 카트(22)에 부착된 특정한 로봇 암은 진단 또는 수술 프로시저 등에 의존할 수 있고, 도구(26)는 프로시저 전, 동안, 또는 후에 변경될 수 있다.

[0031] 어느 실시예의 MIRS 시스템(10)은 수술의 콘솔(16), 전자기기 카트(24) 및 환자측 카트(22)와 같은 다양한 컴포넌트들을 포함하는, 환자에 대한 미소 절개 진단 또는 수술 프로시저를 수행하는 시스템이다. 그러나, 이 시스템은 도 1a에 도시된 것보다 적거나 많은 개수의 컴포넌트들을 가지고도 동등하게 동작할 수 있음을 당업자들은 이해할 것이다. 더욱이, MIRS 시스템(10)의 하나의 특정 엘리먼트에 의해 수행되는 여기 개시된 전산 오퍼레이션 또는 기능들은 MIRS 시스템(10)의 다른 엘리먼트에 의해 수행될 수도 있고, 또는 몇몇 실시예에서는 MIRS 시스템(10)의 2 이상의 엘리먼트에 분산되어 수행될 수도 있다. 예를 들어, 전자기기 카트(24)에 의해 수행되는 여기 개시된 기능들은, 몇몇 실시예에서, 콘솔(16) 및/또는 환자측 카트(22)에 의해 수행될 수 있다. 또한, 동일하거나 유사한 기능을 제공하는 복수의 엘리먼트들이 MIRS 시스템(10) 내에 구현될 수도 있음을 이해해야 한다. 예를 들어, MIRS 시스템(10)은 1, 2, 또는 그 이상의 환자측 카트(22)와 독립적으로 또는 합동으로 제어/상호작용하는 2 이상의 콘솔(16)을 포함할 수도 있다. 이와 유사하게, 하나 이상의 전자기기 카트(24)가 제공될 수도 있고(예컨대, 각각의 콘솔(16)당 하나씩), 또는 몇몇 실시예에서는 카트(24)가 제공되지 않을 수도 있는데, 이때 카트(24)와 관련되어 여기 서술된 기능들은 하나 이상의 콘솔(16), 카트(22) 및/또는 MIRS 시스템(10)의 다른 엘리먼트에 분산될 수 있다. 그러므로, 도 1a의 시스템(10)의 설명이 사실상 설명을 위한 것이며 본 발명의 범위를 제한하지 않음을 이해해야 한다.

[0032] 도 1b는 (도 1a의 MIRS 시스템(10)과 같은) 로봇 수술 시스템(50)을 도식적으로 도시한다. 상술한 바와 같이, (도 1a의 수술의 콘솔(16)과 같은) 수술의 콘솔(52)은 미소 절개 프로시저 동안 (도 1a의 환자측 카트(22)와 같은) 환자측 카트(수술 로봇)(54)을 제어하기 위해 수술의에 의해 사용될 수 있다. 환자측 카트(54)는 프로시저 위치의 이미지들을 캡처하고, (도 1a의 전자기기 카트(24)와 같은) 전자기기 카트(56)로 캡처된 이미지들을 출력하기 위해, 스테레오스코픽 내시경과 같은, 이미징 장치를 사용할 수 있다. 상술한 바와 같이, 전자기기 카트(56)는 임의의 후속 디스플레이 이전에 다양한 방식으로 캡처된 이미지들을 처리할 수 있다. 예를 들어, 전자기기 카트(56)는 수술의 콘솔(52)을 통해 수술의에게 캡처된 이미지들을 디스플레이하기 전에 가상 제어 인터페이스를 통해 캡처된 이미지를 오버레이(overlay)할 놓을 수 있다. 환자측 카트(54)는 전자기기 카트(56)와

부에서의 프로세싱을 위해 캡처된 이미지를 출력할 수 있다. 예를 들어, 환자측 카트(54)는 캡처된 이미지를, 캡처된 이미지를 프로세싱하기 위해 사용될 수 있는 프로세서(58)로 출력할 수 있다. 이러한 이미지들은 또한 캡처된 이미지들을 공동으로, 순차적으로, 및/또는 이를 조합하여 프로세싱하기 위해 서로 연결될 수 있는 전자 기기 카트(56)와 프로세서(58)의 조합에 의해 프로세싱될 수도 있다. 프로시저 위치의 이미지 또는 다른 관련 이미지와 같은 이미지의 로컬 및/또는 원격 디스플레이를 위해, 하나 이상의 별도의 디스플레이(60)가 프로세서(58) 및/또는 전자기기 카트(56)에 연결될 수 있다.

[0033] 어느 실시예에서의 MIRS 시스템(50)은 수술의 콘솔(52), 전자기기 카트(56), 및 환자측 카트(54)와 같은 다양한 컴포넌트들을 포함하는, 환자에 대한 미소 절개 진단 또는 수술 프로시저를 수행하기 위한 시스템이다. 그러나, 이 시스템이 도 1b에 도시된 것보다 적거나 많은 개수의 컴포넌트들을 가지고도 동등하게 동작할 수 있음을 당업자들은 이해할 것이다. 그러므로, 도 1b에 도시된 시스템(50)의 설명은 사실상 설명을 위한 것이며, 본 발명의 범위를 제한하지 않음을 이해해야 한다.

[0034] 도 2는 수술의 콘솔(16)의 투시도이다. 수술의 콘솔(16)은 수술의(18)에게 수술 부위의 조율된(coordinated) 스테레오 화면을 제공하여 깊이감(depth perception)을 활성화하는 좌안 디스플레이(32) 및 우안 디스플레이(34)를 포함한다. 이러한 수술의 콘솔(16)은 (도 1a에 도시된) 환자측 카트(22)가 하나 이상의 도구를 조종하게 하는 하나 이상의 입력 제어 장치(36)를 더 포함한다. 입력 제어 장치(36)는 수술의에게 원격 현장감(telepresence) 또는 입력 제어 장치(36)가 도구(26)와 일체라는 인식을 제공하여, 수술의가 도구(26)를 직접 제어한다는 강한 느낌을 받도록 하기 위해, 그것에 연결된 도구(26)와 동일한 자유도 또는 더 많은 자유도를 제공할 수 있다. 이 때문에, 도구(26)로부터의 위치, 힘, 및 촉각적 느낌을 입력 제어 장치(36)를 통해 수술의의 손으로 전달하기 위해 위치, 힘, 및 촉각 피드백 센서(도시되지 않음)가 채용될 수 있다.

[0035] 수술의 콘솔(16)은 통상적으로 환자와 동일한 방안에 위치하여, 수술의가 직접 그 프로시저를 모니터할 수 있고, 필요하다면 물리적으로 출석하고, 전화 또는 다른 통신 매체를 통해서가 아니라 직접 보조에게 말할 수 있다. 그러나, 수술의가 다른 방, 완전히 다른 건물, 또는 원격 수술 프로시저를 가능하게 하는 환자로부터의 다른 원격 위치에 위치할 수 있다.

[0036] 어느 실시예에서 수술의 콘솔(16)은 수술 위치에 관한 정보를 수술의에게 제공하고 수술의로부터 입력 정보를 수신하는 장치이고, 아이 디스플레이 및 입력 제어 장치와 같은 다양한 컴포넌트를 포함한다. 그러나, 수술의 콘솔은 도 2에 도시된 컴포넌트의 개수보다 많거나 적은 개수의 컴포넌트를 가지고도 동등하게 동작할 수 있음을 당업자들은 이해될 것이다. 그러므로, 도 2의 수술의 콘솔(16)의 설명은 사실상 설명을 위한 것이며 본 발명의 범위를 제한하지 않는 것으로 해석되어야 한다.

[0037] 도 3은 전자기기 카트(24)의 투시도이다. 전자기기 카트(24)는 이미징 장치(28)와 연결될 수 있고, 예컨대, 수술의 콘솔 또는 로컬 및/또는 원격으로 위치하는 다른 적절한 디스플레이 상의 수술의에게 연속적인 디스플레이를 위해 캡처된 이미지를 프로세싱하기 위한 프로세서를 포함할 수 있다. 예를 들어, 스테레오스코픽 내시경이 사용되는 경우에, 전자기기 카트(24)는 수술 부위의 조율된 스테레오 이미지를 수술의에게 제공하기 위해 캡처된 이미지를 프로세싱할 수 있다. 이러한 조율은 반대 이미지 간의 정렬을 포함할 수 있고, 스테레오스코픽 내시경의 스테레오 작동 거리를 조절하는 것을 포함할 수 있다. 다른 예로서, 이미지 프로세싱은 광 수차와 같은, 이미지 캡처 장치의 이미징 오차를 보상하기 위한 사전 결정된 카메라 교정 파라미터의 사용을 포함할 수 있다.

[0038] 어느 실시예의 전자기기 카트(24)는 수술 팀에게 수술에 관한 정보를 제공하기 위한 장치이고, 다양한 컴포넌트 디스플레이, 프로세서, 저장 엘리먼트 등을 포함할 수 있다. 그러나, 당업자들은 전자기기 카트가 도 3에 도시된 것보다 많거나 적은 개수의 컴포넌트들을 가지고도 동등하게 동작할 수 있음을 이해할 것이다. 그러므로, 도 3의 전자기기 카트(24)의 설명은 사실상 설명을 위한 것이고 본 개시물의 범위를 제한하지 않는 것으로 해석되어야 한다.

[0039] 도 4는 지지 구조(110)에 장착된 복수의 조종기 암(100)을 가진 환자측 카트(22)를 도시하는데, 각각의 암은 조종기 암의 말단부에서 수술 기구 또는 도구(26)를 지지한다. 도시된 환자측 카트(22)는 수술 부위의 이미지 캡처를 위해 사용되는 스테레오스코픽 내시경과 같은 이미징 장치(28) 또는 수술 도구(26) 중 하나를 지지하기 위해 사용될 수 있는 4개의 조종기 암(100)을 포함한다. 지지 구조(110)는 휠, 베이스, 레그(leg), 뼈대(spine) 등과 같은 조종기 암(100)을 지지하는데 적절한 하나 이상의 엘리먼트를 포함할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 지지 구조(110)는 프로세서, 저장 엘리먼트 등과 같은 전자 컴포넌트를 포함할 수 있고, 적어도 하나의 실시예에서, 조종기 암(100)을 지지 구조(110)에 기계적으로 연결하고, 조종기 암(100)의 컴포넌트(예컨대, 모터 또는

다른 액추에이터)를 지지 구조(110)의 컴포넌트(예컨대, 프로세서, 저장 엘리먼트 등)에 전기적으로 연결하기 위한 커넥터를 포함한다.

[0040] 도구(26)의 조종은 다수의 로봇 조인트를 가진 로봇 조종기 암(100)에 의해 제공되는데, 각각의 조인트가 조종기 자유도를 제공한다. 각각의 조인트의 각도는 모터 또는 모터 어셈블리와 같은 액추에이터에 의해 제어될 수 있고, 몇몇 실시예에서, 각각의 조인트의 각도는 각각의 조인트 상에 또는 그 부근에 배치된 하나 이상의 센서(예컨대, 인코더, 또는 전위차계 등)를 이용하여 측정될 수 있다. 이미징 장치(28) 및 수술 도구(26)는 삽입부의 크기를 최소화하기 위해 그 삽입부에서 운동학상의 원격 중심이 유지되도록 환자 몸의 삽입부를 통해 위치 조절 및 조종될 수 있다. 수술 위치의 이미지는 그들이 이미징 장치(28)의 시야 내에 위치할 때 수술 기구 또는 도구(26)의 말단부의 이미지를 포함할 수 있다.

[0041] 수술 도구(26)에 관하여, 상이한 타입의 다양한 대안의 로봇 수술 도구 또는 기구 및 다양한 말단 작용기가 사용될 수 있는데, 적어도 일부의 조종기의 기구는 수술 프로시저 동안 제거 및 교체된다. 드베이키 포셉(DeBakey Forcep), 마이크로 포셉, 포츠 시저스(Potts scissors) 및 클립 어 플라이어(clip a plier)를 포함하는 몇몇 말단 작용기는 한 쌍의 말단 작용기 턱을 형성하도록 서로에 대하여 피벗하는 제1 및 제2 말단 작용기 엘리먼트를 포함한다. 스칼펠(scalpel) 및 전기소작 프로브(electrocautery probe)를 포함하는 다른 말단 작용기는 단일 말단 작용기 엘리먼트를 가진다. 말단 작용기 턱을 가진 기구에 대하여, 이러한 턱은 종종 핸들의 그립 부재를 움켜잡으로써 작동될 것이다. 단일 말단 작용기 기구는 또한, 예컨대, 전기소작 프로브에 전력을 공급하기 위해, 그립 부재를 움켜잡으로써 작동될 수 있다.

[0042] 기구(26)의 기다란 축은 말단 작용기 및 그 축의 말단부가, 예컨대, 미소 절개 애퍼처를 통해 또는 종종 복벽(abdominal wall)을 통해 수술 작업부위로 말단으로 삽입되는 것을 가능하게 한다. 수술 작업부위로 공기가 불어 넣어질 수 있고(insufflate), 환자 몸속의 말단 작용기의 움직임은 종종, 적어도 부분적으로 미소 절개 애퍼처를 통해 축이 통과한 위치를 중심으로 하는 기구(26)의 피벗에 의해, 영향을 받을 것이다. 즉, 조종기(100)는 축이 말단 작용기의 원하는 움직임을 제공하는 것을 돕기 위해 미소 절개 애퍼처 위치를 통해 뺄도록 환자 몸밖의 기구의 근단측 하우징을 이동시킬 것이다. 그러므로, 조종기(100)는 종종 수술 프로시저 동안 환자(52) 몸밖에서 상당한 움직임을 겪을 것이다.

[0043] 어느 실시예의 환자측 카트(22)는 환자에 대한 수술 프로시저를 돕기 위한 수술 도구를 제공하는 장치이고, 지지 구조(110), 조종기 암(500), 및 도구(26)와 같은 다양한 컴포넌트를 포함할 수 있다. 그러나, 당업자들은 환자측 카트가 도 4에 도시된 것보다 많거나 적은 컴포넌트를 가지고도 동등하게 동작할 수 있음이 이해될 것이다. 그러므로, 도 4의 환자측 카트(22)의 설명은 사실상 설명을 위한 것이며 본 발명의 범위를 제한하지 않음을 이해해야 한다.

[0044] 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 예시적인 조종기 암은 도 5를 참조하여 설명될 수 있다. 상술한 바와 같이, 조종기 암은 일반적으로 말단 기구 또는 수술 도구를 지지하고, 베이스에 대한 기구의 움직임에 영향을 준다. 상이한 말단 작용기를 가진 다수의 상이한 기구들이 수술 프로시저 동안 (전형적으로 수술 보조의 도움으로) 순차적으로 각각의 조종기 상에 장착될 수 있기 때문에, 말단 기구 홀더는 장착된 기구 또는 도구의 신속한 제거 및 교체를 허용하는 것이 바람직하다. 도 4를 참조하여 이해한 바와 같이, 조종기는 환자측 카트의 베이스에 기부 proximally) 장착된다. 전형적으로, 조종기 암은 복수의 링크지 및 베이스와 말단 기구 홀더 사이로 뻗은 연결 조인트를 포함한다. 하나의 형태에서, 예시적인 조종기는 리턴던트 또는 논-리턴던트 자유도를 가지지만 말단 작용기의 포지션(즉, 위치 및 방향)을 완전히 규정하기 위해 필요한 자유도보다 적어도 하나의 자유도가 부족한 복수의 조인트를 포함한다.

[0045] 도 5에 도시된 바와 같은 다수의 실시예에서, 예시적인 조종기 암은 제1 조인트 축을 중심으로 하여 조인트의 말단의 조종기 암을 회전시키기 위해 제1 조인트 축을 중심으로 회전하는 근단 회전 조인트(J1)를 포함한다. 몇몇 실시예에서는, 근단 회전 조인트(J1)는 베이스에 직접 장착되지만, 다른 실시예에서는, 근단 회전 조인트(J1)는 하나 이상의 이동 가능한 링크지 또는 조인트에 장착될 수도 있다. 조종기 암의 이러한 조인트들은 조인트에 연결된 도구의 포지션 및/또는 방향을 제어하기 위해 조종될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 조종기의 조인트가 결합하여(in combination) 리턴던트 자유도를 가질 수 있어, 조종기 암의 조인트들은 주어진 말단 작용기 포지션에 대하여 일정 범위의 상이한 구성들로 구동될 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 추가적인 리턴던트 자유도가 도 5의 조종기 암에 추가된다면, 결과적인 조종기 암은 기구 홀더(510) 내에 지지된 말단 기구 또는 도구(511)가 말단 작용기의 정해진 포지션 또는 속도를 포함할 수 있는 특정 상태로 유지되는 동안 상이한 구성들로 조종될 수 있다. 조종기 암이 리턴던트 자유도를 가지는지 여부와는 무관하게, 몇몇 실시예에서, 조종기의

조인트들은 도구(511)의 포지션을 완벽하게 정의하는 6개의 말단 작용기 자유도 중 적어도 하나를 독립적으로 제어하도록 동작 할 수 없다. 예를 들어, 조종기는 도구(511)가 독립적으로, 롤(roll), 피치(pitch), 요우(yaw), 및/또는 하나 이상의 방향으로 이동하게 하도록 동작 불가능할 수 있다.

[0046] 도 5에 도시된 링크들을 연결하는 조인트들의 회전축과 함께 도 5의 조종기 암(500)의 개별 링크를 설명하면, 제1 링크(504)는 자신을 중심으로 피벗하는 피벗 조인트(J2)로부터 말단으로 뻗어 있고, 자신을 중심으로 회전하는 회전 조인트(J1)에 연결되어 있다. 다양한 나머지 조인트들은 도 5에 도시된 바와 같이, 그들의 연관된 회전축에 의해 식별될 수 있다. 예를 들어, 제1 링크(504)의 말단부는 자신을 중심으로 피벗하는 피벗 조인트(J3)에서 제2 링크(506)의 근단부에 연결되어 있고, 제3 링크(508)의 근단부는 도시된 바와 같이 자신을 중심으로 피벗하는 피벗 조인트(J4)에서 제2 링크(506)의 말단부에 연결되어 있다. 제3 링크(508)의 말단부는 피벗 조인트(J5)에서 기구 홀더(510)에 연결되어 있다. 전형적으로, 각각의 조인트(J2, J3, J4 및 J5)의 피벗 축은 실질적으로 평행하고, 그 링크지가 서로 옆에 위치한 때 "쌓여진" 것으로 나타나므로, 감소된 폭의 조종기 암을 제공하고, 조종기 어셈블리의 조종 동안 환자 클리어런스(patient clearance)를 향상시킨다. 다수의 실시예에서, 기구 홀더(510)는 또한 미소 절개 애퍼처를 통한 기구(511)의 축방향 이동을 용이하게 하고, 기구(511)가 미끄러지게 삽입되는 캐놀라에 기구 홀더(510)의 부착을 용이하게 하는 각기둥(prismatic) 조인트(J6)와 같은 추가 조인트를 포함한다. 몇몇 실시예에서, 기구 홀더(510)의 자유도를 조종기 암(500)의 나머지 자유도와 결합한 때에도, 결과적인 자유도는 여전히 도구(511)의 포지션을 완전히 정의하기 위해 필요한 6 자유도 중 적어도 하나를 제공하기에 충분하지 않다.

[0047] 기구(51)는 기구 홀더(510)의 말단의 추가적인 자유도를 포함할 수 있다. 기구의 자유도의 액추에이션은 종종 조종기의 모터에 의해 구동될 것이고, 대안의 실시예는 신속하게 탈착 가능한 기구 홀더/기구 인터페이스에서 조종기 지지 구조로부터 기구를 분리시킬 수 있어, 도구 상에 있는 것으로 여기 도시된 하나 이상의 조인트들이 그 대신 인터페이스 상에 있을 수도 있고, 그 역도 가능하다. 몇몇 실시예에서, 기구(511)는 대체로 미소 절개 애퍼처의 위치에 배치되는 피벗 포인트(PP) 또는 도구 팁의 삽입 포인트 부근 또는 근처에 (도시되지 않은) 회전 조인트(17)를 포함한다. 이러한 기구의 말단 관절은 기구 관절에서 하나 이상의 조인트의 기구 조인트 축을 중심으로 하는 수술 도구(511)의 말단 작용기의 피벗 모션을 허용한다. 말단 작용기 톱 엘리먼트들 간의 각도는 말단 작용기 위치 및 방향에 독립적으로 제어될 수 있다. 조종기 자유도의 일부분으로 간주될 수도 있는, 수술 도구(511)에 의해 제공되는 이러한 추가적인 키네매틱 자유도에도 불구하고, 몇몇 실시예에서, 수술 도구(511)의 키네매틱 자유도와 (예컨대, 기구 홀더(510)의 키네매틱 자유도를 포함하여) 조종기 암(500)의 키네매틱 자유도를 결합한 때에도, 최종적인 키네매틱 자유도는 도구(511)의 팁의 포지션을 완벽하게 제어하기에는 여전히 충분하지 못하다.

[0048] 다수의 실시예에서, 조종기 암(500)은 지지 구조 및 도구에 기계적 및 몇몇 실시예에서 전기적인 연결을 위한 커넥터를 포함할 수 있다. 하나의 실시예에서, 조종기 암(500)은 지지 구조상의 대응하는 커넥터와 맞물리는 형상의 지지 구조 커넥터(512)를 포함할 수 있다. 지지 구조 커넥터(512)는 지지 구조의 엘리먼트(예컨대, 하나 이상의 프로세서)와 조종기 암(500)의 엘리먼트(예컨대, 모터 및/또는 센서) 간의 정보 교류를 위한 하나 이상의 엘리먼트를 포함할 수 있다. 예를 들어, 지지 구조 커넥터(512)는 모터, 센서, 및/또는 조종기 암(500)의 다른 엘리먼트에 연결된 전기 및/또는 광 컴포넌트를 포함할 수 있다.

[0049] 다른 실시예에서, 조종기 암(500)은 도구 상의 대응하는 커넥터와 맞물리는 형상의 도구 커넥터(514)를 포함할 수 있다. 도구 커넥터(514)는 도구의 엘리먼트(예컨대, 모터 또는 다른 액추에이터, 센서 등)와 조종기 암(500)의 엘리먼트(예컨대, 링크 내 전기 및/또는 광 커넥터, 지지 구조 커넥터(512)의 전기 및/또는 광 컴포넌트 등) 간의 정보 교류를 위한 하나 이상의 엘리먼트를 포함할 수 있다. 예를 들어, 조종기 암(500)은 지지 구조 커넥터(512) 및 도구 커넥터(514)의 하나 이상의 컴포넌트에 연결된 그리고 그 사이에 배치된 커넥터(예컨대, 와이어 또는 광섬유)를 포함할 수 있다. 도구 커넥터(514)는 또한 부착된 도구와 정보를 교류하기 위한 전기 및/또는 광 컴포넌트를 포함할 수 있고, 이로 인해 지지 구조와 연결된 도구 사이의 정보 교류가 가능하게 된다. 몇몇 실시예에서, 도구 커넥터(514)는 도구의 대응하는 입력 커플러와 기계적으로 맞물릴 수 있는 하나 이상의 출력 커플러(도시되지 않음)를 포함할 수 있는데, 여기서 출력 커플러의 움직임(예컨대, 롤, 병진운동(translation) 등)은 기계적 맞물림을 통해 입력 커플러의 대응하는 움직임을 일으킨다.

[0050] 어느 실시예의 조종기 암(500)은 도구를 잡고 제어하기 위한 기계적 몸체이고, 다수의 링크 및 조인트를 포함할 수 있다. 그러나, 조종기 암이 도 5에 도시된 것보다 많거나 적은 개수의 컴포넌트를 가지고도 동등하게 동작할 수 있음을 당업자들은 이해될 것이다. 그러므로, 도 5의 조종기 암(500)의 설명은 사실상 설명을 위한 것이

고 본 발명의 범위를 제한하지 않음을 이해해야 한다.

- [0051] 도 6a는 근단 새시(chassis)(602), 기구 축(604), 및 환자 조직을 잡기 위해 관절화될 수 있는 틱(608)을 갖춘 말단의 말단 작용기(606)를 포함하는 수술 도구(600)를 도시한다. 근단 새시(602)는 프레임(612) 및 몇몇 실시예에서 조종기 암의 말단부와 맞물리는 형상의(예컨대, 도 5를 참조하여 서술한 도구 커넥터(514)에 연결하기 위한 형상의) 스프링 어셈블리(610)를 포함한다. 근단 새시(602)는 또한 조종기 암의 출력 커플러와 인터페이스하고 출력 커플러에 의해 구동되도록 구성되어 있는 입력 커플러를 포함할 수 있다. 입력 커플러는 스프링 어셈블리(610)의 입력 링크와 구동적으로 연결되어 있다. 스프링 어셈블리(610)는 근단 새시(602)의 프레임(612)에 장착되어 있고, 기구 축(604) 내에 배치된 구동 축과 구동적으로 연결되어 있는 출력 링크를 포함한다. 구동 축은 틱(608)과 구동적으로 연결되어 있다. 몇몇 실시예에서, 근단 새시(602)는 또한 조종기 암의 대응하는 엘리먼트(예컨대, 도구 커넥터(514)의 대응 엘리먼트)에 대한 전기적 및/또는 광학적 커플링을 위한 전기 및/또는 광 엘리먼트를 포함할 수 있다. 이러한 방식으로, 수술 도구(600)의 엘리먼트(예컨대, 모터, 액추에이터, 센서 등)와 조종기 암의 엘리먼트들 간에 정보가 교류될 수 있다.
- [0052] 도 6a에 도시된 바와 같은 몇몇 실시예에 따라, 수술 도구(600)는 말단 작용기(606)의 포지션을 변경하기 위한 임의의 자유도를 포함하지 않을 수 있다. 다른 실시예에서, 수술 도구(600)는 말단 작용기(606)의 포지션을 변경하기 위한 자유도를 추가하기 위한 하나 이상의 조인트를 포함할 수 있다. 예를 들어, 기구 축(604)은 말단 작용기(606)의 피치 및/또는 요우를 변경하기 위한 조인트를 포함할 수 있다. 더 나아가, 도 6a에 도시된 바와 같은 몇몇 실시예에서, 수술 도구(600)는 말단 작용기(606)를 작동시키기 위한 하나 이상의 자유도를 포함할 수 있다. 예를 들어, 스프링 어셈블리(610)는 틱(608)을 작동시키도록 동작 가능할 수 있다. 수술 도구(600)는 물론 다른 수술 도구들의 추가적인 특징은 그 전체가 참조로서 본 명세서에 통합되어 있는 "Method for Passively Decoupling Torque Applied By a Remote Actuator Into an Independently Rotating Member"란 제목의 2011년 11월 15일에 출원된 공동 소유된 미국 출원 번호 제13/297,158호에 서술되어 있다.
- [0053] 도 6b는 몇몇 실시예에서 로봇 미소 절개 수술에 사용될 수 있는 관절형 내시경(620)을 도시한다. 내시경(620)은 기다란 축(622) 및 축(622)의 작동 단부에 위치하는 플렉시블 관절(624)을 포함한다. 하우징(626)은 수술 기구(620)를 축(622)의 반대 단부에 위치하는 조종기에 탈착 가능하게 연결되는 것을 허용한다. 내시경 카메라 렌즈는 플렉시블 관절(624)의 말단부에 구현되어 있다. 도시되지 않은 루멘(lumen)은 플렉시블 관절(624)의 말단부를 하우징(626)까지 연결하는 축(622)의 길이를 따라 뻗어 있다. "파이버 스코프(fiber scope)" 실시예에서, 전하 결합 소자(CCD)와 같은 내시경(620)의 이미지 센서(들)은 하우징(626) 내에 장착될 수 있고, 연결된 광섬유는 축(622)의 길이를 따라 루멘 내부로 뻗어 있고, 플렉시블 관절(624)의 실질적으로 말단부에서 끝난다. 대안의 "칩온어스틱(chip-on-a-stick)" 실시예에서, 내시경(620)의 이미징 센서(들)은 플렉시블 관절(624)의 말단부에 장착될 수 있다. 이미징 센서(들)은 2차원 또는 3차원적일 수 있다.
- [0054] 몇몇 실시예에서, 플렉시블 관절(624)은 내시경(620)이 희망의 목적지(예컨대, 심외막(epicardial) 또는 심근(myocardial) 조직)에 도달하기 위해 몸속 조직, 장기 주변에서 용이하게 관절이 꺾이고 조종될 수 있게 하는 적어도 하나의 자유도를 가질 수 있다. 하우징(626)은 플렉시블 관절(624)의 말단부의 관절을 꺾이게 하기 위한 구동 메커니즘을 수용할 수 있다. 이러한 구동 메커니즘은 케이블 드라이브, 기어 드라이브, 벨트 드라이브, 또는 관절의 자유도(들)에 따라 플렉시블 관절(624)을 구동시키는데 적절한 다른 타입의 구동 메커니즘일 수 있다. 예를 들어, 몇몇 실시예에서, 플렉시블 관절(624)은 2개의 병진운동 자유도를 가질 수 있고, 축(622)은 축(622)의 길이를 따르는 축을 중심으로 회전하도록 동작 가능할 수 있다. 몇몇 의료 프로시저에서, 관절형 내시경(620)은 보기 힘들고 및/또는 접근하기 힘든 위치의 시각적 이미지를 획득하기 위해 내부 장기, 조직 등 주변에서 조종되고 관절이 구부러질 수 있다. 내시경(620)은 물론 다른 수술 도구들의 추가적인 특징은 그 전체가 참조로서 본 명세서에 통합된 "Articulate and Swapable Endoscope for a Surgical Robot"이란 제목의 2005년 12월 27일에 출원된 공동 소유의 미국출원번호 제11/319,011호에 서술되어 있다.
- [0055] 적어도 하나의 실시예에서, 하우징(626)은 조종기 암의 말단부와 맞물리는 형상(예컨대, 도 5를 참조하면 도구 커넥터(514)에 연결하기 위한 형상)일 수 있다. 더욱이, 하우징(626)은 조종기 암의 대응 엘리먼트에 전기적 및/또는 광학적으로 연결하기 위한 전기 및/또는 광 엘리먼트를 포함할 수 있다. 이러한 방식으로 도구(620)의 엘리먼트(예컨대, 모터, 액추에이터, 센서 등)와 조종기 암의 엘리먼트 간에 정보가 교류될 수 있다. 도 6c는 흡입 포트를 가진 오버튜브의 말단부의 투시도이다. 오버튜브(630)는 기구의 통과를 허용하기 위해 오버튜브(630)를 통해 뻗어 있는 기구 루멘(632)을 형성한다. 오버튜브(630)는 또한 진공 소스에 연결되어 있는 하나 이상의 흡입 통로(634)를 포함한다. 오버튜브(630)는, 다양한 실시예에서, 수술용으로 적합한 임의의 다양한 재료로 형성될 수 있고, 임의의 다양한 강성(stiffness)을 가질 수 있다. 예를 들어, 오버튜브(630)는 실질적

으로 단단한 재료를 포함할 수도 있고, 유연한 재료를 포함할 수도 있고, 또는 하나 이상의 실질적으로 단단한 부분과 하나 이상의 유연한 부분의 조합을 포함하여 굽힘 가능한 구조를 제공할 수도 있다. 또한, 오버튜브(630)의 단면 형상은 다양할 수 있다. 도시된 실시예에서, 오버튜브(630)는 실질적으로 원형 단면 형상을 가지고, 폴리우레탄으로 만들어져 있다. 다른 실시예에서, 그 응용에 따라, 예컨대, 타원형, 직방형, 삼각형 등과 같은 다른 단면 형상이 사용될 수 있다.

[0056] 도시된 실시예에서, 흡입 통로(634)는 오버튜브(630)의 벽 내에 복수의 진공 루멘을 포함하는데, 각각의 진공 루멘은 (도시되지 않은) 진공 소스에 연결되어 있다. 진공 소스는 각각의 흡입 통로(634) 내에 진공 압력을 생성하여 이로 인해 흡입 통로(634)와 접촉하고 있는 조직 표면에 흡입력을 생성하도록 동작될 수 있다. 이러한 흡입력의 결과로서, 오버튜브(630)는 조직 표면에 부착될 것이다. 진공 압력이 중단되면, 조직 표면은 해방될 것이고, 오버튜브(630)는 더 이상 조직에 부착되지 않을 것이다. 따라서, 흡입 통로(634)를 통해 흡입력을 제어 가능하게 제공함으로써, 오버튜브(630)는 환자의 조직 표면에 탈착 가능하게 부착될 수 있다. 그 다음, 관수(irrigation) 도구, 절단 도구 등과 같은 수술 도구들이 기구 루멘(632) 내에 배치된 조직을 치료하기 위해 기구 루멘(200)을 통해 삽입될 수 있다.

[0057] 몇몇 실시예에서, 오버튜브(630)는 실질적으로 단단한 재료로 만들어질 수 있고, 오버튜브(630)의 포지션을 변경하기 위한 임의의 자유도를 포함하지 않을 수 있다. 다른 실시예에서, 오버튜브(630)는 오버튜브(630)의 말단부의 포지션을 변경하기 위한 자유도를 추가하기 위해 하나 이상의 조인트를 포함할 수 있다. 예를 들어, 오버튜브(630)는 오버튜브(630)의 말단부의 피치 및/또는 요우를 변경하기 위한 조인트를 포함할 수 있다. 더불어, 몇몇 실시예에서, 오버튜브(630)는 오버튜브(630)의 기능을 작동시키기 위한 하나 이상의 자유도를 포함할 수 있다. 예를 들어, 진공 소스(도시되지 않음)는 하나 이상의 흡입 통로(634) 내에 진공 압력을 생성 또는 제거하도록 동작 가능할 수 있다. 오버튜브(630)는 물론 다른 수술 도구들의 추가적인 특징은 그 전체가 참조로서 본 명세서에 통합된 "Vacuum Stabilized Overtube for Endoscopic Surgery"란 제목의 2006년 12월 29일에 출원된 공동 소유의 미국출원번호 제11/618,374호에 서술되어 있다.

[0058] 또한, 적어도 하나의 실시예에서, 오버튜브(630)는 조종기 암의 말단부와 맞물리기 위한 형상(도 5를 참조하면 도구 커넥터(514)에 연결하기 위한 형상)일 수 있는 (도시되지 않은) 하우징 내에 제공되거나 하우징에 연결될 수 있다. 더욱이, 이러한 하우징은 조종기 암의 대응 엘리먼트에 전기적 및/또는 광학적 연결을 위한 전기 및/또는 광 엘리먼트를 포함할 수 있다. 이러한 방식으로, 오버튜브(630)의 엘리먼트(예컨대, 모터, 액추에이터, 센서 등)와 조종기 암의 엘리먼트 간에 정보가 교류될 수 있다.

[0059] 도 6d는 몇몇 실시예에서 로봇 미소 절개 수술에 사용될 수 있는 무관절 내시경(640)을 도시한다. 무관절 내시경(640)은 도 6b를 참조하여 도시되고 서술된 관절형 내시경(620)과 유사하고, 그러므로 하우징(646) 및 축(622)을 유사하게 포함한다. 차이점은 무관절 내시경(640)이 플렉시블 관절을 포함하지 않는다는 것이다. 무관절 내시경은 관절형 내시경에 비해 감소된 개수의 자유도를 가지고, 이러한 특수한 예에서, 무관절 내시경(640)은 관절 피치 또는 관절 요우를 가지지 않는다.

[0060] 수술 도구(600), 내시경(620), 및 오버튜브(630)는 다양한 컴포넌트를 포함하는 다양한 도구들이다. 그러나, 당업자들은 이러한 도구들이 도 6a 내지 6c에 도시된 것보다 많거나 적은 개수의 컴포넌트를 가지고도 동등하게 동작할 수 있음이 이해될 것이다. 더 나아가, 그립핑 장치, 전기외과 패들, 진공장치, 관수장치, 스테플러, 가위, 칼 등과 같은 다른 도구들이 부가적으로 또는 대안으로서 사용될 수 있음이 이해될 것이다. 그러므로, 도 6a 내지 6c의 수술 도구의 설명은 사실상 설명을 위한 것이고 본 발명의 범위를 제한하지 않음을 이해해야 한다.

[0061] 도 7a는 하나의 실시예에 따른 수술의 콘솔(16)(도 1a)의 일부분일 수 있는 마스터 제어 입력 장치(700)의 투시도이다. 마스터 제어 입력 장치(700)는 관절형 암(740)에 동작적으로 연결된 짐발 또는 관절(720)을 포함한다.

[0062] 마스터 제어 입력 장치(700)는 다수의 자유도를 가지고, 조종기 어셈블리(예컨대, 도 5의 조종기 암(500))을 제어하도록 동작 가능하다. 마스터 제어 입력 장치(700)의 자유도는 조종기 암(500)의 키네매틱스를 제어하기 위해 사용되는, 마스터 제어 입력 장치(700)의 조인트에 의해 형성된 키네매틱 자유도를 포함하고, 또한 조종기 암(500)에 연결된 도구(예컨대, 기구(511))를 작동시키기 위해 사용되는 액추에이션 자유도를 포함할 수 있다. 조종기 암(500)의 도구와 마찬가지로, 마스터 제어 입력 장치(700)는 또한 그 자체가 다수의 키네매틱 자유도를 가지는, 연결된 말단 작용기(또는 더 일반적으로 제어 프레임)를 가지는 것이 고려될 수 있다.

[0063] 몇몇 실시예에서, 마스터 제어 입력 장치(700)는 말단 작용기의 포지션을 완벽하게 제어하기 위한 충분한 개수

의 자유도를 가질 수 있다. 예를 들어, 마스터 제어 입력 장치(700)는 기구(511)의 말단 작용기의 3 병진운동 및 3 방향조절 자유도를 독립적으로 제어할 수 있는 6개의 자유도를 가질 수 있다. 몇몇 경우에, 마스터 제어 입력 장치(700)가 충분한 개수의 자유도를 가진다 하더라도, 조종기 어셈블리(예컨대, 조종기 암(500))는 말단 작용기의 3 병진 운동 및 3 방향조절을 독립적으로 제어하기에는 충분하지 못한 자유도 개수를 가진다. 예를 들어, 조종기 암(500)은 오직 5 자유도만 가질 수 있다.

[0064] 몇몇 실시예에서, 마스터 제어 입력 장치(700)는 말단 작용기의 포지션을 제어하도록 동작 가능한 자유도(리던던트 자유도)일 수 있고, 및/또는 기구(26)를 작동시키도록 동작 가능한 자유도(예컨대, 흡입 또는 관수를 켜거나 끄는 것, 클램프를 작동시키는 것, 스테이플을 조직과 맞물리게 하는 것 등)일 수 있는 추가적인 자유도를 가질 수 있다. 추가적인 자유도를 가진 입력 장치는 그 전체가 참조로서 본 명세서에 포함된 "Master Having Redundant Degrees of Freedom"란 제목의 2002년 4월 11일에 출원된 공동 소유의 미국 출원 번호 제 10/121,283호에 서술되어 있다. 또한, 적어도 하나의 실시예에서, 기구(511)는, 조종기 암(500)과 결합하여 단독으로, 조종기 암(500)의 자유도에 추가되는 추가적인 키네매틱 자유도를 가질 수 있다. 예를 들어, 기구(511)은 말단 작용기의 포지션을 제어하기 위한 조인트를 가질 수 있다. 몇몇 경우에, 조종기 암(500)의 키네매틱 자유도와 기구의 키네매틱 자유도를 결합시킨 때에도, 말단 작용기의 포지션은 완벽하게 제어되지 않을 수 있다. 이는, 예컨대, 기구(511)의 조인트가 조종기 암(500)에 의해 이미 제공되고 있는 자유도에 대한 리던던트인 키네매틱 자유도를 주로 추가한다는 것에 기인한다. 몇몇 실시예에서, 기구(511)는 기구(511)를 작동시키기 위한 추가적인 액추에이션 자유도(예컨대, 흡입 또는 관수를 켜거나 끄는 것, 클램프를 작동시키는 것, 스테이플을 조직과 맞물리게 하는 것 등)를 가질 수 있다.

[0065] 기구(511)의 제어를 용이하게 하기 위해, 마스터 제어 입력 장치(700)는 하나 이상의 액추에이터 또는 모터, 및 몇몇 실시예에서 마스터 제어 입력 장치(700)의 복수의 조인트 각각에 대한 센서를 포함할 수 있다. 마스터 제어 입력 장치(700)의 모터 및 센서는 조종기 암(예컨대, 도 5의 조종기 암(500))에 연결된 모터 및 센서 및, 예컨대, 수술의 콘솔(16), 전자기기 카트(24), 및/또는 환자측 카트(22), 및/또는 MIRS 시스템(10)(도 1)의 임의의 다른 엘리먼트 내에 배치된 제어 시스템을 통해, 그 위에 장착된 수술 기구(예컨대, 도 5의 기구(511))에 동작적으로 링크될 수 있다. 제어 시스템은 마스터 제어 장치 입력 및 그에 응답하는 로봇 암 및 수술 기구 출력 간의 제어를 유효화하기 위해, 그리고, 예컨대, 포스 피드백의 경우에 로봇 암 및 수술 기구 입력과 그에 응답하는 마스터 제어 출력 간의 제어를 유효화하기 위해 하나 이상의 프로세서를 포함할 수 있다.

[0066] 도 7b는 하나의 실시예에 따른 짐발 또는 관절(720)의 투시도이다. 본 실시예에 따라, 짐발 또는 관절(720)은 3개의 축(축(1), 축(2) 및 축(3))을 중심으로 작동 가능한 핸들(722)의 회전을 허용한다. 더욱 상세하게는, 핸들(722)은 제1 피벗 조인트(726)에 의해 제1 엘보형 링크(724)에 연결되어 있다. 제1 엘보형 링크(724)는 제2 피벗 조인트(730)에 의해 제2 엘보형 링크(728)에 연결되어 있다. 제2 엘보형 링크(728)는 제3 피벗 조인트(734)에 의해 제3 엘보형 링크(732)에 피벗 가능하게 연결되어 있다. 짐발 또는 관절(720)은 짐발 또는 관절(720)이 축(4)을 중심으로 각도가 변경될 수 있도록 축(4)에 있는 (관절형 암(740)(도 7a에 도시되어 있음)에 장착된다. 이러한 링크 및 조인트에 의해, 짐발 또는 관절(720)은 마스터 제어 입력 장치(700)에 대한 다수의 키네매틱 자유도를 제공할 수 있고, 하나 이상의 말단 작용기 자유도를 제어하도록 동작 가능하다.

[0067] 몇몇 실시예에서, 핸들(722)은 도구 또는 말단 작용기를 작동시키기 위한 한 쌍의 그립 부재(723)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 그립 부재(723)를 열거나 닫음으로써, 말단 작용기(606)(도 6)의 턱(608)이 유사하게 개방 또는 폐쇄될 수 있다. 다른 실시예에서, 핸들(722)의 하나 이상의 입력 엘리먼트 및/또는 수술의 콘솔(16)의 다른 엘리먼트는 기구(26)의 포지션을 제어하기 위한 자유도 이외의 기구(511)의 하나 이상의 자유도를 작동시키도록 동작 가능할 수 있다. 예를 들어, 수술의 콘솔(16)은 진공 압력을 활성화 및 비활성화시키기 위해 제어 시스템에 연결된 풋 페달을 포함할 수 있다.

[0068] 몇몇 실시예에서, 짐발 또는 관절(720)의 조인트는, 예컨대, 포스 피드백, 및/또는 중력 보상 등을 제공하기 위해 액추에이터, 예컨대, 전기 모터 등에 동작적으로 연결될 수 있다. 뿐만 아니라, 인코더 및 전위계 등과 같은 센서들이 짐발 또는 관절(720)의 각각의 조인트 상에 또는 그 부근에 설치되어, 제어 시스템에 의해 짐발 또는 관절(720)의 조인트 포지션이 판정되는 것이 가능해진다.

[0069] 도 7c는 하나의 실시예에 따른 관절형 암(740)의 투시도이다. 본 실시예에 따라, 관절형 암(740)은 3개의 축(축(A), 축(B), 및 축(C))을 중심으로 하는 짐발 또는 관절(720)(도 7b)의 회전을 허용한다. 더욱 상세하게는, 짐발 또는 관절(720)은 도 7b를 참조하여 앞서 서술한 축(4)에서 관절형 암(740)에 장착될 수 있다. 짐발 또는 관절(720)은 제1 피벗 조인트(746)에 의해 제2 링크(744)에 피벗 가능하게 연결되어 있는 제1 링크(742)에 연결

되어 있다. 제2 링크(744)는 제2 피벗 조인트(750)에 의해 제3 링크(748)에 피벗 가능하게 연결되어 있다. 제3 링크(748)는 제3 피벗 조인트(752)에 의해 수술의 콘솔(16)(도 1)에 피벗 가능하게 연결될 수 있다. 이러한 링크 및 조인트에 의해, 관절형 암(740)은 마스터 제어 입력 장치(700)에 대한 다수의 키네매틱 자유도를 제공할 수 있고, 조종기 어셈블리의 하나 이상의 키네매틱 자유도를 제어하여, 기구(예컨대, 도 5의 기구(511))의 위치를 제어하도록 동작 가능하다.

[0070] 몇몇 실시예에서, 관절형 암(740)의 조인트는 포스 피드백 및/또는 중력 보상 등을 제공하기 위해 액추에이터, 예컨대, 전기 모터 등에 동작적으로 연결될 수 있다. 뿐만 아니라, 인코더 및 전위차계 등과 같은 센서들이 관절형 암(740)의 각각의 조인트 상에 또는 그 부근에 설치되어, 관절형 암(740)의 조인트 위치가 제어 시스템에 의해 판정되는 것이 가능해질 수 있다.

[0071] 어느 실시예의 마스터 제어 입력 장치(700)는 수술의 또는 다른 오퍼레이터로부터 입력을 수신하기 위한 장치이고, 집발 또는 관절(720) 및 관절형 암(740)과 같은 다양한 컴포넌트를 포함한다. 그러나, 당업자들은 마스터 제어 입력 장치가 도 7a 내지 도 7c에 도시된 것보다 많거나 적은 개수의 컴포넌트를 가지고도 동등하게 동작할 수 있음이 이해될 것이다. 그러므로, 도 7a 내지 7c의 마스터 제어 입력 장치(700)의 설명은 사실상 설명을 위한 것이고 본 발명의 범위를 제한하지 않음을 이해해야 한다.

[0072] 도 8a는 제1 실시예에 따른 조종기 어셈블리(810) 및 지지 구조(850)를 포함하는 로봇 시스템의 일부분이다. 조종기 어셈블리(810)는 조종기(820) 및 도구(840)를 포함하는데, 조종기(820)는 지지 구조(850)와 도구(840) 사이에 배치되고, 그 각각에 연결될 수 있다.

[0073] 조종기(820)는 조인트(824)에 의해 함께 연결된 복수의 링크(822)를 포함한다. 조종기(820)는 또한 모터와 같은 다수의 액추에이터(826) 및 전위차계와 같은 다수의 센서(828)를 포함할 수 있고, 이 때 각각의 조인트는 액추에이터 및/또는 센서에 연결될 수 있다. 액추에이터는, 예컨대, 하나 이상의 조인트를 회전, 병진운동 등을 하도록 제어함으로써, 조종기의 자유도를 제어하도록 동작할 수 있다. 더불어, 센서는 각각의 대응 조인트의 위치 또는 상태를 측정하도록 동작 가능할 수 있다.

[0074] 조종기(820)는 또한 지지 구조(850)의 대응 커넥터와 맞물리기 위한 형상의 커넥터(830)를 근단 단부에 포함하고, 이 커넥터(830)는 지지 구조에 조종기 암(820)을 기계적으로 연결하도록 동작 가능한 기계적 인터페이스를 형성한다. 커넥터(830)는 또한 지지 구조(850)의 대응 컨택트와 맞물리기 위한 위치, 크기, 및 형상의 전기 및/또는 광 컨택트(832)를 포함할 수 있고, 이러한 전기 및/또는 광 컨택트(832)는 조종기 어셈블리(810)의 엘리먼트와 지지 구조(850)의 엘리먼트 간에 정보를 교류하도록 동작 가능한 전기 인터페이스를 형성할 수 있다. 컨택트(832)는 액추에이터(826) 및/또는 센서(828)와 같은 조종기(820)의 엘리먼트에 직접적으로 또는 간접적으로(예컨대, 전기적으로, 광학적으로 등) 연결될 수 있다. 하나의 실시예에서, 각각의 컨택트(832)는 하나의 액추에이터(826) 또는 센서(828)에 연결된다. 따라서, 조종기(820)의 엘리먼트(예컨대, 액추에이터 및 센서(828))와 지지 구조(850)의 엘리먼트 사이에 정보가 교류될 수 있다. 예를 들어, 모터가 조종기 암(820)의 대응하는 자유도를 제어하게 만들기 위한 명령어가 지지 구조로부터 전송될 수 있고, 위치/상태 정보가 센서(828)로부터 지지 구조(850)의 엘리먼트로 전송될 수 있다.

[0075] 몇몇 실시예에서, 조종기(820)는 또한 도구(840)의 대응 커넥터와 맞물리는 형상의 커넥터(834)를 말단부에 포함할 수 있고, 이 커넥터(834)는 조종기 암(820)을 도구(840)에 기계적으로 연결하도록 동작 가능한 기계적 인터페이스를 형성한다. 커넥터(834)는 또한 도구(840) 내에 포함된 대응하는 기계 엘리먼트(842)와 맞물리는 크기 및 형상일 수 있는 하나 이상의 기계 엘리먼트(836)를 포함할 수 있다. 기계 엘리먼트(836)는 도구(840)를 조종기(820)와 맞물리게 한 때, 기계 엘리먼트(836)의 작동이 도구(840) 내의 대응 기계 엘리먼트(842)의 작동을 일으킬 수 있도록, 액추에이터(826)에 의해 작동 또는 제어될 수 있다. 도구(840) 내의 대응 기계 엘리먼트(842)는 도구(840)의 자유도를 조종하도록(예컨대, 도구(840)의 말단 작동기(844)를 작동시키도록) 동작 가능할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 조종기(820)에 포함된 또는 조종기(820) 상에 배치된 하나 이상의 센서(828)는 도구(840)의 위치 및/또는 상태를 감지하도록 동작 가능할 수 있다.

[0076] 지지 구조(850)는 조종기(820)의 대응 커넥터(예컨대, 커넥터(830)와 맞물리는 형상의 커넥터(852)를 포함한다. 커넥터(852)는 또한 조종기(820)의 대응 컨택트(예컨대, 컨택트(832))와 맞물리기 위한 위치, 크기 및 형상의 전기 및/또는 광 컨택트(854)를 포함할 수 있고, 이러한 전기 및/또는 광 컨택트(854)는 조종기 암(820)의 엘리먼트와 도구(840)의 엘리먼트 간에 정보를 교류하도록 동작 가능한 전기 인터페이스를 형성할 수 있다. 전기 및/또는 광 컨택트(854)는 하드웨어 맵핑 유닛(856), 조인트 공간 컨트롤러(858), 조인트 공간 작업 공간 맵핑 유닛(860), 및/또는 작업 공간 컨트롤러(862)와 같은, 지지 구조(850)의 엘리먼트에 직접적으로 또는 간접적으로

로(예컨대, 전기적으로, 광학적으로 등) 연결될 수 있다.

- [0077] 하나의 실시예에서, 하드웨어 맵핑 유닛(856)은 조종기 어셈블리(810)와 조인트 공간 컨트롤러(858) 간에 신호(예컨대, 전기/광 컨택트(854)를 통해 조종기 어셈블리의 액추에이터, 센서 등으로/으로부터의 신호)들을 맵핑시키도록 동작 가능하다. 하드웨어 맵핑 유닛(856)은 상이한 조종기 암(820) 및/또는 상이한 도구(840)와 같은, 복수의 상이한 조종기 어셈블리 각각에 대한 특정 맵을 포함할 수 있다(및/또는 획득할 수 있다). 몇몇 실시예에서, 하드웨어 맵핑 유닛(856)은 입력 맵 및 출력 맵을 포함할 수 있다. 하나의 실시예에서, 입력 맵 및 출력 맵은 서로 상이할 수 있다. 예를 들어, 액추에이터(826) 및 센서(828)는 각각 단일 컨택트(854)를 통해 지지 구조(850)와 통신할 수 있다. 따라서, 입력 맵은 센서(828)에 대응하는 컨택트(854)로부터의 신호를 조인트 공간 컨트롤러(858)로 맵핑할 수 있고, 출력 맵은 조인트 공간 컨트롤러(858)로부터의 신호를 액추에이터(826)에 대응하는 컨택트(854)로 맵핑할 수 있다. 다른 실시예에서, 입력 맵 및 출력 맵은 서로 동일한 것일 수 있다. 예를 들어, 액추에이터(826) 및 센서(828)는 모두 단일 컨택트(854)를 통해 지지 구조(850)와 통신할 수 있다. 따라서, 입력 맵 및 출력 맵은 조인트 공간 컨트롤러(858)의 입력 및 출력 인터페이스를 동일한 컨택트(854)에 맵핑시킬 수 있는 동일한 것일 수 있다.
- [0078] 조인트 공간 컨트롤러(858)는 조인트 공간 내에서 계산을 수행하고 다수의 알고리즘을 실행하도록 동작 가능한 프로세서일 수 있다. 예를 들어, 조인트 공간 컨트롤러(858)는 조인트 모션 알고리즘, 각각의 조인트 상의 리던던트 센서의 비교, 모터 헬스 알고리즘 등을 실행하도록 동작 가능할 수 있다.
- [0079] 조인트 공간 컨트롤러(858)는 다수의 상이한 소스로부터 입력 정보를 수신할 수 있다. 예를 들어, 조인트 공간 컨트롤러(858)는 조인트 공간 작업 공간 맵핑 유닛(860)을 통해 작업 공간 컨트롤러(862)로부터의 출력을 수신할 수 있다. 다른 예로서, 조인트 공간 컨트롤러(858)는 하드웨어 맵핑 유닛(856)을 통해 조종기(820)로부터의 입력(예컨대, 센서(828)로부터의 센서 신호)을 수신할 수 있다. 또 다른 예로서, 조인트 공간 컨트롤러(858)는 마스터 제어 입력 장치(도 7a 내지 7c)와 같은 입력 장치로부터의 입력을 수신할 수도 있다. 더불어, 조인트 공간 컨트롤러(858)는 다수의 상이한 목적지에 출력 정보를 제공할 수 있다. 예를 들어, 조인트 공간 컨트롤러(858)는 하드웨어 맵핑 유닛(856)을 통해 조종기(820)에(예컨대, 액추에이터(826)에) 정보(예컨대, 제어 정보)를 출력할 수 있다. 다른 예로서, 조인트 공간 컨트롤러(858)는 추가적인 프로세싱을 위해 조인트 공간 작업 공간 맵핑 유닛(860)을 통해 작업 공간 컨트롤러(862)에 출력을 제공할 수 있다. 또 다른 예로서, 조인트 공간 컨트롤러(858)는 마스터 제어 입력 장치(도 7a 내지 7c)와 같은 입력 장치에 출력을 제공할 수도 있다.
- [0080] 조인트 공간 작업 공간 맵핑 유닛(860)은 조인트 공간 컨트롤러(858)와 작업 공간 컨트롤러(862) 사이에 신호(예컨대, 조종기 어셈블리(810)의 희망 위치 또는 실제 위치, 또는 자유도 상태를 나타내는 신호)들을 맵핑시키도록 동작 가능하다. 조인트 공간 작업 공간 맵핑 유닛(860)은 상이한 조종기 암(820) 및/또는 상이한 도구(840)와 같은, 복수의 상이한 조종기 어셈블리 각각에 대한 특정 맵을 포함할 수 있다. 따라서, 조인트 공간 작업 공간 맵핑 유닛(860)은 지지 구조(850)에 연결된 특정 조종기 어셈블리(810)를 기초로 작업 공간 컨트롤러(862)의 입/출력 인터페이스 엘리먼트에 조인트 공간 컨트롤러(858)의 입/출력 인터페이스 엘리먼트를 맵핑시키도록 동작 가능할 수 있다.
- [0081] 작업 공간 컨트롤러(862)는 다차원(예컨대, 3차원) 작업 공간 내에서 계산을 수행하고, 다수의 알고리즘을 실행하도록 동작 가능한 프로세서일 수 있다. 이것은, 예컨대, 극 좌표, 데카르트 좌표, 또는 다른 타입의 좌표 시스템을 기초로 하는 작업 공간일 수 있다. 작업 공간 컨트롤러(862)는 다양한 알고리즘을 실행하도록 동작 가능할 수 있다. 예를 들어, 작업 공간 컨트롤러(862)는 포워드 키네매틱스, 인버스 키네매틱스를 실행하고, 희망 포지션/방향 등과 실제 포지션/방향 등 간의 작업 공간 오차를 판정하도록 동작 가능할 수 있다.
- [0082] 작업 공간 컨트롤러(862)는 다수의 상이한 소스로부터의 입력 정보를 수신할 수 있다. 예를 들어, 작업 공간 컨트롤러(862)는 조인트 공간 작업 공간 맵핑 유닛(860)으로부터의 출력을 수신할 수 있다. 다른 예로서, 작업 공간 컨트롤러(862)는 마스터 제어 입력 장치(도 7a 내지 7c)와 같은 입력 장치로부터의 입력을 수신할 수 있다. 더불어, 작업 공간 컨트롤러(862)는 다수의 상이한 목적지로 출력 정보를 제공할 수 있다. 예를 들어, 작업 공간 컨트롤러(862)는 정보(예컨대, 제어 정보)를 조인트 공간 컨트롤러(858)로 조인트 공간 작업 공간 맵핑 유닛(860)을 통해 출력할 수 있다. 또 다른 예로서, 작업 공간 컨트롤러(862)는 출력을 마스터 제어 입력 장치(도 7a 내지 7c)와 같은 입력 장치에 제공할 수 있다.
- [0083] 적어도 하나의 실시예에서, 동일하거나 상이한 개수의 자유도를 가진 복수의 상이한 도구들이 제공될 수 있다. 이러한 도구들은 모두 그들이 모두 동일한 조종기 암에 부착될 수 있도록, 그리고 몇몇 경우에, 수술 프로시저 동안 교체될 수 있도록 동일한 기계적 인터페이스를 가질 수 있다. 또한, 동일한 또는 상이한 자유도를 가지는

복수의 상이한 조종기 암이 제공될 수 있다. 또한, 이러한 조종기 암은 그들이 모두 동일한 지지 구조 및 동일한 도구에 부착될 수 있도록, 그리고 몇몇 경우에 수술 프로시저 동안 또는 사이에 교체될 수 있도록 동일한 기계적 인터페이스를 가질 수 있다.

[0084] 하나의 실시예에서, 여기 서술된 컨트롤러 및/또는 맵핑 유닛들은 별도의 또는 공통의 정보 저장 엘리먼트에 연결된 별도의 프로세서일 수 있다. 다른 실시예에서, 여기 서술된 컨트롤러 및/또는 맵핑 유닛들은 유형의 비일시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체 상의 소프트웨어 코드로서 구현될 수도 있다. 이러한 엘리먼트들이 지지 구조(850)의 일부분인 것으로 서술되었으나, 몇몇 실시예에서, 이러한 엘리먼트 중 일부 또는 모두는, 예컨대, 조종기(820), 수술의 콘솔(16), 전자기기 카트(24), 및/또는 환자측 카트(22) 내에 배치된 제어 시스템 및/또는 MIRS 시스템(10)(도 1)의 임의의 다른 엘리먼트와 같은, 로봇 시스템의 다른 부분에 포함될 수도 있다.

[0085] 도 8b는 제2 실시예에 따른 조종기 어셈블리(810) 및 지지 구조(850)를 포함하는 로봇 시스템의 일부분이다. 본 실시예의 조종기 어셈블리(810) 및 지지 구조(850)는 도 8a를 참조하여 서술된 것과 유사하므로, 도 8a를 참조하여 서술된 구조 및 기능이 본 실시예에 동등하게 적용 가능하다.

[0086] 그러나, 본 실시예에 따른 도구(840)는 도구(840)의 내부 엘리먼트(848)에 연결되어 그것과 정보를 교환하도록 동작 가능한 전기/광 컨택트(846)를 포함한다. 내부 엘리먼트(848)는, 예컨대, 액추에이터(826)와 같은 액추에이터 및/또는 센서(828)와 같은 센서일 수 있다. 액추에이터는 도구(840)의 자유도를 제어하도록 동작 가능할 수 있고, 센서(828)는 자유도의 포지션 및/또는 상태를 감지하도록 동작 가능할 수 있다. 예를 들어, 액추에이터는 도구(840)의 조인트를 제어하도록 동작 가능할 수 있고, 센서는 조인트의 포지션을 감지하도록 동작 가능할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 도구는 도구(840)의 다수의 자유도를 제어하기 위해 다수의 액추에이터 및/또는 센서를 포함할 수 있다. 적어도 하나의 실시예에서, 각각의 도구(840)의 동일한 전기/광 컨택트(846), 즉, 컨택트(837)에 연결된 컨택트는 상이한 도구 내의 상이한 자유도를 제어하도록 동작 가능할 수 있다. 예를 들어, 하나의 실시예에서, 컨택트(837 및 846)는 제1 도구의 롤(roll)을 제어하도록 동작 가능하고, 컨택트(837 및 846)는 제2 도구의 피치를 제어하도록 동작 가능할 수 있다.

[0087] 뿐만 아니라, 조종기 암(820)의 커넥터(834)는 또한 도구(840)와 조종기 암(820) 사이의 통신을 용이하게 하기 위해 도구(840)의 컨택트(846)를 전기적으로/광학적으로 체결시키기 위한 전기/광 컨택트(837)를 포함할 수 있다. 조종기 암(820)의 액추에이터(826) 및 센서(828)와 유사하게, 컨택트(837)는 도구(840)와 지지 구조(850) 사이에서 정보가 교환될 수 있도록 조종기 암(820)의 근단 단부에서 커넥터(830)의 하나 이상의 컨택트(832)에 연결될 수 있다.

[0088] 도 8c는 제3 실시예에 따른 조종기 어셈블리(810) 및 지지 구조(850)를 포함하는 로봇 시스템의 일부분이다. 본 실시예의 조종기 어셈블리(810) 및 지지 구조(850)는 도 8a를 참조하여 서술한 것과 유사하므로, 도 8a를 참조하여 서술한 구조 및 기능은 본 실시예에 동등하게 적용 가능하다.

[0089] 본 실시예의 도구(840)는 도구 식별 유닛(845)을 포함한다. 도구 식별 유닛(845)은 그 도구의 하나 이상의 특징을 식별하는 도구 식별자를 저장할 수 있다. 예를 들어, 도구 식별자는 도구의 타입(예컨대, 내시경, 퍽, 진공장치, 전기외과 껍데 등), 도구의 자유도 개수(예컨대, 3자유도, 4자유도, 5자유도 등), 자유도의 타입(예컨대, 회전, 병진운동 등과 같은 이동 자유도, 진공 또는 전극을 활성화시키는 것과 같은 액추에이션 자유도 등) 등을 식별할 수 있다. 도구 식별 유닛(845)은 이러한 도구 식별자를 지지 구조의 엘리먼트와 같은 로봇 시스템의 다른 엘리먼트로 전송하도록 동작 가능할 수 있다. 그 다음, 도구 식별자는 하드웨어 맵핑 유닛(856) 및/또는 조인트 공간 작업 공간 맵핑 유닛(860)을 설정하는 것과 같은, 다양한 목적으로 사용될 수 있다.

[0090] 도구 식별 유닛(845)은 하나 이상의 다양한 기술을 이용하여 구현될 수 있다. 예를 들어, 도구 식별 유닛(845)은 도구(840)의 컨택트(예컨대, 컨택트(846))에 연결될 수 있고, 그러므로 하나 이상의 와이어를 통해 도구 식별자를 전송하도록 동작 가능할 수 있다. 다른 예로서, 도구 식별 유닛(845)은 도구 식별자를 무선으로 전송하도록 동작 가능할 수 있다. 예를 들어, 도구 식별 유닛(845)은 도구(840)의 하나 이상의 특징과 연관된 식별자를 가진 무선 주파수 식별(RFID) 칩일 수 있다. 따라서, 조종기 암(820)은 도구(840)가 조종기 암(820)의 범위 내에 있을 때 도구 식별자를 판독하는 RFID 리더(839)를 포함할 수 있다. RFID 리더(839)는 RFID 리더(839)가 도구 식별자를 지지 구조(850)의 엘리먼트와 같은 로봇 시스템의 다른 엘리먼트로 전송하도록 동작 가능하도록 커넥터(830)의 하나 이상의 컨택트(832)에 연결될 수 있다.

[0091] 다른 실시예에서, 도구(840)로부터의 도구 식별자를 로봇 시스템의 다른 엘리먼트로 전송하기 위해 다른 무선 기술이 사용될 수 있다. 예를 들어, 도구(840) 및 로봇 시스템의 다른 엘리먼트(예컨대, 조종기(820), 지지 구

조(850) 또는 다른 엘리먼트들)는 블루투스™ 회로, IEEE 802.11 표준, IrDA 표준, 또는 다른 무선 통신 표준을 따른 통신을 위한 무선 통신 회로를 포함할 수 있다.

[0092] 더불어, 몇몇 실시예에서, 조종기 압(820)은 부가적으로 또는 대안으로서 조종기 및/또는 연결된 도구의 하나 이상의 특징을 식별하는 조종기 식별자를 저장할 수 있는 조종기 식별자 유닛(도시되지 않음)을 포함할 수 있다. 예컨대, 조종기 식별자는 조종기의 타입(예컨대, 평행사변형), 조종기 및/또는 연결된 도구의 자유도 개수(예컨대, 3자유도, 4자유도, 5자유도 등), 조종기 및/또는 연결된 도구의 자유도의 타입(예컨대, 회전, 병진 이동 등과 같은 이동 자유도, 진공 또는 전극을 활성화시키는 것과 같은 액추에이션 자유도 등) 등을 식별할 수 있다. 조종기 식별 유닛은 이러한 조종기 식별자를 지지 구조의 엘리먼트와 같은, 로봇 시스템의 다른 엘리먼트로 전송하도록 동작 가능할 수 있다. 조종기 식별자는 하드웨어 맵핑 유닛(856) 및/또는 조인트 공간 작업 공간 맵핑 유닛(860)을 설정하는 것과 같은 다양한 목적으로 사용될 수 있다. 도구 식별 유닛(845)과 유사하게, 조종기 식별 유닛은 조종기 식별자를 로봇 시스템의 다른 엘리먼트로 유선 수단(예컨대, 컨택트(832)), 또는 무선 수단(예컨대, 조종기 압(820)에 연결된 RFID 태그 및 지지 구조(850)에 연결된 RFID 리더)을 통해 전송하도록 동작 가능할 수 있다.

[0093] 어느 실시예의 조종기 어셈블리(810) 및 지지 구조(850)는 액추에이터, 센서, 조인트, 도구, 커넥터, 맵핑 유닛, 및 컨트롤러와 같은 다양한 컴포넌트들을 포함한다. 그러나, 입력 장치가 도 8a 내지 8c에 도시된 것보다 많거나 적은 개수의 컴포넌트를 가지고도 동등하게 동작할 수 있음이 당업자들은 이해될 것이다. 또한, 도 8a 내지 8c를 참조하여 서술된 엘리먼트가 동시에 사용되거나 서로 개별적으로 사용될 수도 있음이 당업자들은 이해될 것이다. 예를 들어, 도 8c를 참조하여 서술된 식별 시스템은 도 8b를 참조하여 서술된 시스템과 함께 사용될 수 있다. 그러므로, 도 8a 내지 도 8c의 조종기 어셈블리(810) 및 지지 구조(850)의 설명은 사실상 설명을 위한 것이며 본 발명의 범위를 제한하지 않음을 이해해야 한다.

[0094] 도 9a는 제1 실시예에 따른 컨트롤러 입력/출력 엘리먼트와 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트 간의 맵핑을 도시한다. 도시된 맵핑은 커넥터 입력 엘리먼트(910), 커넥터 출력 엘리먼트(920), 및 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930) 간의 제1 맵핑이 도시되어 있다.

[0095] 커넥터 입력 엘리먼트(910)는, 몇몇 실시예에서, 조종기 어셈블리의 센서 신호들을 수신하는 엘리먼트와 같은 한 레이어의 하드웨어 장치의 일부분이다. 예를 들어, 커넥터 입력 엘리먼트(910)는 조종기 어셈블리 내에 위치하는 센서 장치(예컨대, 센서(828))와 같은 장치로부터 정보를 수신하도록 지정된 전기 및/또는 광 컨택트(예컨대, 컨택트(854))에 대응할 수 있다. 따라서, 각각의 컨택트는 조종기 어셈블리의 엘리먼트로부터 정보를 수신하도록 동작 가능할 수 있다.

[0096] 하나의 실시예에서, 하나 이상의 커넥터 입력 엘리먼트(910)는 센서 신호(912)를 수신한다. 센서 신호(912)는 연결된 조종기 어셈블리의 조인트 상태를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 센서 신호(912)는 조종기 어셈블리(810)의 자유도의 포지션 또는 상태를 측정하는 센서(828)로부터 수신된 정보일 수 있다. 이 자유도는 조종기 압(820)의 자유도, 또는 몇몇 실시예에서 연결된 도구의 자유도에 대응할 수 있다.

[0097] 도 9a에 도시된 예에서, 센서 신호(912)는 조종기 압의 외부 요(A1)의 상태 또는 포지션을 나타낸다. 센서 신호(914)와 같은 다른 센서 신호는 연결된 조종기 어셈블리의 다른 조인트의 포지션 또는 상태를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 본 예에서 센서 신호(914)는 조종기 압의 외부 피치(A2)의 상태 또는 포지션을 나타낸다. 또 다른 센서 신호는 외부 롤(A3), 삽입 조인트(A4) 및 기구 롤(A5)과 같은, 연결된 조종기 어셈블리의 더 많은 조인트의 상태 또는 포지션을 나타낼 수도 있다. 커넥터 입력 엘리먼트(910)에서 수신된 센서 신호에 의해 지시되는 특정 조인트가 다수의 실시예에서 조종기 어셈블리(810)에 의해 판정됨을 이해해야 한다. 즉, 커넥터 입력 엘리먼트(910)에서 수신된 센서 신호는 부착된 조종기 어셈블리 상의 대응하는 컨택트(예컨대, 전기 및/또는 광 컨택트(832)에 제공된 센서 신호와 대응할 수 있다. 여기서, 조종기 어셈블리의 컨택트에 제공된 센서 신호는 상이한 조인트 또는 상이한 조종기 압 및/또는 도구에 대한 자유도를 나타낼 수 있다. 몇몇 실시예에서, 조종기 어셈블리의 자유도 또는 상이한 조인트는 조종기 어셈블리의 도구를 변경한 것에 기인할 수 있다.

[0098] 그 다음, 커넥터 입력 엘리먼트(910)에 제공된 센서 신호들은 제1 맵핑(940)을 통해 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)로 전송된다. 제1 맵핑(940)은, 예컨대, 하드웨어 맵핑 유닛(856)에 의해 생성될 수 있고, 수신된 센서 신호들을 특정한 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)에 맵핑하도록 동작할 수 있다.

[0099] 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)는 고정된 또는 미리 정해진 특성을 가지는 하나 이상의 엘리먼트를 포함

할 수 있다. 예를 들어, 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)는 하나 이상의 조종기 어셈블리(즉, 조종기 암 및/또는 도구)의 특정 자유도에 각각 대응하도록 정해질 수 있다. 도 9a에 도시된 예에서, 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)는, 예컨대, 보조 외부 요(J1), 외부 요(J2), 외부 피치(J3), 외부 롤(J4), 삽입 조인트(J5), 기구 롤(J6), 및 추가 조인트(J7 내지 J10)에 대응하도록 미리 정해져 있다.

[0100] 몇몇 실시예에서, 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)는 프로세서 또는, 몇몇 실시예에서, 조인트 공간 컨트롤러(858)와 같은 컨트롤러에 의해 실행되고 있는 알고리즘의 입력/출력 엘리먼트로서 동작할 수 있다. 따라서, 조인트 공간 컨트롤러(858)는, 예컨대, 각각의 조인트 상으로 루핑(loop)하는 하나 이상의 알고리즘을 실행함으로써, 조인트 공간 내의 센서 신호를 프로세싱하도록 동작 가능할 수 있다.

[0101] 그 다음, 조인트 공간 컨트롤러(858)는 동일한 또는 상이한 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)를 통해 결과를 출력하도록 동작할 수 있다. 도 9a에 도시된 예에서, 조인트 공간 컨트롤러(858)는 동일한 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)를 이용하여 결과를 출력한다. 출력 신호는, 예컨대, 액추에이터(826)와 같은 조종기 어셈블리의 하나 이상의 엘리먼트를 제어하기 위한 제어 신호일 수 있다. 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)는 제2 맵핑(950)을 통해 하나 이상의 커넥터 출력 엘리먼트(920)에 맵핑될 수 있다. 제2 맵핑(950)은, 예컨대, 하드웨어 맵핑 유닛(856)에 의해 생성될 수 있고, 커넥터 출력 엘리먼트(920)에 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)의 출력을 맵핑시키도록 동작할 수 있다.

[0102] 커넥터 출력 엘리먼트(920)는, 몇몇 실시예에서, 조종기 어셈블리로 제어 신호를 전송하기 위한 엘리먼트와 같은, 하나의 레이어의 하드웨어 장치의 일부분이다. 예를 들어, 커넥터 출력 엘리먼트(920)는 조종기 어셈블리 내에 위치하는 액추에이터(예컨대, 액추에이터(826))와 같은 장치로 정보를 전송하도록 지정된 전기 및/또는 광 컨택트(예컨대, 컨택트(854))에 대응할 수 있다. 따라서, 각각의 컨택트는 조종기 어셈블리의 엘리먼트로 정보를 전송하도록 동작 가능할 수 있다. 도 9a에 도시된 예에서, 제어 신호(922)는 조종기 어셈블리(810)의 외부 요를 제어하기 위한 조종기 어셈블리(810)의 액추에이터로 출력되고, 제어 신호(924)는 조종기 어셈블리(810)의 외부 피치를 제어하기 위한 조종기 어셈블리(810)의 액추에이터로 출력된다.

[0103] 몇몇 실시예에서, 커넥터 입력 엘리먼트(910) 및 커넥터 출력 엘리먼트(920)는 서로 분리되어 있지만, 한편 다른 실시예에서 커넥터 입력 엘리먼트(910) 및 커넥터 출력 엘리먼트(920)는 서로 동일한 것일 수 있다. 도 9a에 도시된 예에서, 커넥터 출력 엘리먼트(920)는 커넥터 입력 엘리먼트(910)와 상이한데, 이는 몇몇 컨택트(832)가 센서(828)로부터의 센서 신호를 수신하는데 사용될 수 있는 한편 다른 커넥터(832)는 액추에이터(826)로 제어 신호를 전송하는데 사용될 수 있음을 의미한다. 그러나, 다른 실시예에서, 커넥터 출력 엘리먼트(920)는 커넥터 입력 엘리먼트(910)와 동일한 것일 수 있고, 이는 몇몇 컨택트(832)가 센서(828)로부터 센서 신호를 수신하고 액추에이터(826)로 제어 신호를 전송하는데 모두 사용될 수 있음을 의미한다.

[0104] 제1 맵핑(940) 및 제2 맵핑(950)으로 되돌아가, 이러한 맵핑이 적절한 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트를 향하는 및 그로부터의 커넥터 입력/출력 엘리먼트에 수신된/전송된 신호들을 맵핑하도록 동작함을 이해해야 한다. 다수의 실시예에서, 이러한 맵핑은 상이한 조종기 어셈블리에 대하여 상이하다. 예를 들어, 도 9a에 도시된 실시예에서, 제1 커넥터 입력 엘리먼트(910a)는 조종기 어셈블리로부터 임의의 입력 신호를 수신하지 않는 한편, 제2 커넥터 입력 엘리먼트(910b)는 조종기 어셈블리의 외부 요의 포지션 또는 상태를 나타내는 센서 신호를 수신할 수 있다. 그 다음 제1 맵핑(940)은 특정 조종기 어셈블리에 커스터마이징 되고, 제2 커넥터 입력 엘리먼트(910b)를 제2 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930b)(예컨대, 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930))에 맵핑하도록 동작하는데, 이는 조인트 공간 컨트롤러(858)가 외부 요 자유도라고 가정하고 처리한다. 조종기 어셈블리가 제2 외부 요 조인트에 대응하는 임의의 자유도를 가지지 않기 때문에, 제1 맵핑(940)은 임의의 신호를 제1 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930a)에 맵핑하지 않는다.

[0105] 간단히 도 9b를 다시 참조하면, 도 9b는 제2 실시예에 따른 커넥터 입력/출력 엘리먼트와 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트 간의 맵핑을 도시한다. 이 실시예는 본 경우에 지지 구조(850)가 센서 신호(912)가 제2 커넥터 입력 엘리먼트(910b)에서 수신되지 않고, 제3 커넥터 입력 엘리먼트(910c)에서 수신되도록, 상이한 조종기 어셈블리(820)(이 조종기 어셈블리는 어셈블리의 도구를 교체한 결과 상이할 수 있다)에 연결되어 있는 점을 제외하면, 도 9a를 참조하여 설명했던 것과 유사하다. 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)가 상이한 조종기 어셈블리와 변경되지 않았기 때문에, 제1 맵핑(940)은 커넥터 입력 엘리먼트(910)에서 수신되는 센서 신호가 적절한 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)에 맵핑되도록 변경되어야 한다. 도 9b의 예에서, 새로운 조종기 어셈블리에 대응하는 제1 맵핑(941)은 제3 커넥터 입력 엘리먼트(910c)를, 도 9a의 예처럼 제3 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930c)에 맵핑하는 것이 아니라, 제2 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930b)에 맵핑시킨다.

이와 유사하게, 도 9b의 예는 도 9a의 예에서 사용된 것과 상이한 제2 맵핑(951)을 사용할 수 있다. 상이한 조종기 어셈블리에 대하여 상이한 맵핑을 사용함으로써, 유리하게도 동일한 조인트 공간 컨트롤러(858)가 상이한 조종기 어셈블리용으로 사용될 수 있다.

[0106] 도 9c는 하나의 실시예에 따른 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트와 작업 공간 인터페이스 엘리먼트 간의 맵핑을 도시한다. 본 실시예의 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(960)는 조인트 공간 작업 공간 맵핑(980)을 통해 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970)에 맵핑된다. 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(960)는 도 9a 및 9b를 참조하여 서술한 것과 유사할 수 있으나, 본 실시예에서는 조인트 공간 컨트롤러(858)와 작업 공간 컨트롤러(862) 사이에 정보를 교환하도록 동작 가능할 수 있다.

[0107] 몇몇 실시예에서, 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970)는 프로세서 또는 몇몇 실시예에서, 작업 공간 컨트롤러(862)와 같은 컨트롤러에 의해 실행되는 알고리즘의 입력/출력 엘리먼트로서 동작할 수 있다. 따라서, 작업 공간 컨트롤러(862)는 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970)를 통해 이러한 신호들을 수신함으로써 작업 공간 내에 조인트 공간 컨트롤러(858)에 의해 출력된 신호들을 처리하도록 동작 가능할 수 있다. 적어도 하나의 실시예에서, 작업 공간 컨트롤러(862)는 한 레이어의 작업 공간 자유도 또는 기계적 링크지에 대응한다. 예를 들어, 각각의 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970)는 조종기 어셈블리의 특정 링크지에 대응할 수 있다. 작업 공간 컨트롤러(862)는 임의의 적절한 차원(예컨대, 1차원, 2차원, 3차원, 3차원 이상)으로 데카르트 좌표계, 극 좌표계 등과 같은 하나 이상의 좌표계 내에 조인트 공간 컨트롤러(858)로부터의 출력에 대한 계산을 수행하도록 동작 가능할 수 있다. 작업 공간 컨트롤러에 의해 수행되는 계산은, 예컨대, 포워드 키네매틱스, 인버스 키네매틱스, 및 다른 카트 공간 및 영 공간(null-space) 알고리즘을 포함할 수 있다.

[0108] 조인트 공간 작업 공간 맵핑(980)은 도 9a 및 9b를 참조하여 설명한 맵핑과 유사하게, 상이한 조종기 어셈블리에 대하여 상이할 수 있다. 조인트 공간 작업 공간 맵핑(980)은 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(960)를 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970)에 맵핑시키도록 동작한다. 예를 들어, 조인트 공간 작업 공간 맵핑(980)은 조인트 공간 컨트롤러(858)로부터의 출력 신호들은 적절한 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970)에 맵핑시킬 수 있고, 이와 유사하게, 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970)로부터의 출력 신호를 적절한 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(960)에 맵핑시킬 수 있다. 몇몇 실시예에서, 조인트 공간 작업 공간 맵핑(980)은, 예컨대, 조인트 공간 작업 공간 맵핑 유닛(860)에 의해 생성될 수 있다.

[0109] 몇몇 실시예에서, 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트는 작업 공간 인터페이스 엘리먼트에 전혀 맵핑되지 않을 수도 있는데, 이는 고정 프레임 변환을 야기한다. 예를 들어, 제1 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(960a)는 임의의 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970)에 맵핑되지 않고, 제1 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970a)는 임의의 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(960)에 맵핑되지 않는다. 이것은 부착된 조종기 어셈블리가 제1 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(960a)(예컨대, 보조 외부 요 조인트)의 자유도에 대응하는 자유도를 가지지 않은 경우일 수 있다.

[0110] 적어도 하나의 실시예에서, 단일 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트는 단일 작업 공간 인터페이스 엘리먼트에 맵핑될 수 있다. 예를 들어, 제2 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(960b)는 제2 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970b)에 맵핑될 수 있다. 이것은 부착된 조종기 어셈블리가 제2 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(960b)의 자유도에 대응하는 자유도(예컨대, 외부 요 자유도) 및 단일 링크의 움직임에 대응하는 자유도를 가진 경우일 수 있다.

[0111] 적어도 하나의 실시예에서, 단일 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트는 다수의 작업 공간 인터페이스 엘리먼트에 맵핑될 수 있다. 예를 들어, 제3 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(960c)는 제3 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970c), 제4 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970d), 및 제5 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970e)에 맵핑될 수 있다. 이것은 조종기의 일부가 병렬 메커니즘인 경우일 수 있다. 병렬 메커니즘에서는, 복수의 물리적 조인트가 하나의 독립적인 자유도를 기초로 동시에 이동한다. 물리적 조인트 중 하나는 독립적으로 제어될 수 있는 한편, 다른 물리적 조인트의 움직임은 독립적으로 제어되는 조인트의 움직임에 종속된다. 병렬 메커니즘의 예는 (한 축을 중심으로 피벗하는 대신 곡선 둘레로 도구 팁이 움직이는) 스네이크 툴, 평행사변형 축 등이다.

[0112] 도 10은 하나의 실시예에 따른 커넥터 입력/출력 엘리먼트, 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트, 및 작업 공간 인터페이스 엘리먼트 간의 맵핑을 도시한다. 다양한 장치, 인터페이스 엘리먼트, 신호, 및 맵핑은 도 9a 및 9c를 참조하여 서술한 것들과 유사하지만, 본 경우에는 조종기 어셈블리로 전송된 또는 그로부터 전송된 신호들을 작업 공간 컨트롤러에 의해 최종적으로 프로세싱된 신호에 맵핑하기 위한 단일 상호 연결된 시스템으로 도시되어 있다.

- [0113] 적어도 하나의 실시예에서, 조종기 어셈블리의 자유도를 제어하기 위해 수신되고 전송되는 실제 신호들을 처리하는 것과 더불어, 이 시스템은 또한 시뮬레이팅된 또는 팬텀(phantom) 자유도에 대한 프로세싱을 수행하도록 동작 가능할 수 있다. 예를 들어, 몇몇 실시예에서, 조종기 어셈블리는 하나 이상의 자유도가 없을 수 있다. 예컨대, 회전하도록 동작 할 수 없을 수 있다. 그러나, 조인트 공간 컨트롤러(858) 및/또는 작업 공간 컨트롤러(862)와 같은 컨트롤러에 의해 수행되는 계산들은 조종기 어셈블리 상에 실제로 그러한 자유도(들)가 존재한다고 가정하여 수행될 수 있다.
- [0114] 예를 들어, 조인트 공간 컨트롤러(858)가 특정 회전 및 조종기 어셈블리의 피치와 같은 자유도에 대응할 수 있는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930g 및 930h)에서 입력 신호를 수신하지 않았고, 조인트 공간 컨트롤러(858)가 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930g 및 930h)에 출력을 제공하지 않았더라도, 그럼에도 불구하고 조인트 공간 컨트롤러(858)는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930g 및 930h)에 대응하는 자유도가 컨트롤되고 있다고 가정하고 알고리즘을 수행할 수 있다.
- [0115] 따라서, 몇몇 실시예에서, 조인트 공간 작업 공간 맵핑(980)은 이러한 팬텀 자유도와 연관된 신호를 처리하기 위한 맵핑을 포함할 수 있다. 예를 들어, 조인트 공간 작업 공간 맵핑(980)은, 예컨대, 팬텀 피치에 대응하는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930g)를 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970i)에 맵핑할 수 있고, 예컨대, 팬텀 요에 대응하는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930h)를 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970j)에 맵핑할 수 있다. 작업 공간 컨트롤러(862)는 실제로는 그들이 제어되고 있지 않고, 연결된 조종기 어셈블리 상에 존재하지 않을 수 있음에도 불구하고, 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970i 및 970j)에 대응하는 링크가 존재하고 제어되고 있다고 가정하여, 조인트 공간 컨트롤러(858)와 유사하게 계산을 수행할 수 있다.
- [0116] 커넥터 입력 엘리먼트(910), 커넥터 출력 엘리먼트(920), 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930) 및 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970)의 개수는 복수의 조종기 어셈블리를 제어하기 위한 임의의 적절한 개수일 수 있다. 하나의 실시예에서, 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트는 커넥터(입력 및/또는 출력) 엘리먼트의 개수보다 많다. 이러한 배열은 다수의 상이한 조종기 어셈블리가 동일한 조인트 공간 컨트롤러에 의해 모두 제어될 수 있는 다수의 상이한 자유도를 가지는 것을 허용할 수 있어 유리하다. 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트가 커넥터 엘리먼트의 개수보다 많은 경우에, 커넥터 엘리먼트는 하나의 서브셋의 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트에 맵핑될 수 있다. 뿐만 아니라, 상이한 조종기 어셈블리가 동일한 개수의 자유도를 가지만 적어도 하나의 상이한 자유도를 가지는 경우(예컨대, 한 조종기는 외부 피치 자유도를 포함하고, 반면에 다른 조종기는 외부 피치 자유도를 포함하지 않지만 추가적인 도구 자유도를 포함하는 경우)에 각각의 조종기에 대한 커넥터 엘리먼트는 상이한 서브셋의 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트에 맵핑될 수 있다. 다른 실시예에서, 상이한 조종기 어셈블리에 의해 사용되는 커넥터 엘리먼트의 개수도 또한 상이할 수 있다.
- [0117] 몇몇 실시예에서, 작업 공간 인터페이스 엘리먼트의 개수는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트보다 많다. 이러한 배열은 하나의 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트가 하나 이상의 카트 공간 인터페이스 엘리먼트에 맵핑되는 것을 허용하여, 주어진 조종기 어셈블리 자유도에 대한 다양한 기계적 링크지의 제어를 가능하게 하므로 유리하다.
- [0118] 다시 도 11a 및 11b를 간단히 참조하면, 도 11a는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)에 의해 제어되고 있는 제1 조종기 어셈블리의 자유도의 제1 세트의 그룹핑(1100)을 도시하고, 도 11b는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)에 의해 제어되고 있는 제2 조종기 어셈블리의 자유도의 제2 세트의 그룹핑(1150)을 도시한다. 여기서, 제2 조종기 어셈블리는 제1 조종기 어셈블리와 상이하고, 그러므로 이러한 그룹핑 또한 상이할 수 있다.
- [0119] 몇몇 실시예에서, 예컨대, 조인트 공간 컨트롤러에 의해 실행되는 알고리즘은 오직 하나의 서브셋의 사용 가능한 입력에 대하여 동작할 수 있다. 예를 들어, 조인트 공간 컨트롤러(858)에 의해 실행되는 알고리즘은 오직 하나의 서브셋의 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)에 대하여 동작할 수 있다(그것으로부터 입력을 얻고 그것으로 출력을 전송한다). 상이한 알고리즘이, 상이한 세트의 입력을 수신하고 그에 대하여 동작하는 동안, 서로 동시에 실행될 수 있다. 상이한 조종기(및 몇몇 실시예에서 상이한 도구)가 지지 구조의 동일한 커넥터에 순차적으로 연결되는(즉, 하나의 조종기가 다른 조종기와 교체되는) 상황에서, 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)에 의해 제어되고 있는 조종기의 조인트는 변할 수 있다. 그 결과, 그에 대한 알고리즘이 동작하고 있는 특정한 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)도 유사하게 변할 수 있다.
- [0120] 이러한 변경을 고려하기 위해, 상이한 조인트 그룹핑이 사용될 수 있는데, 조인트 그룹 정의는 특정 조인트 그룹을 정의한다. 예를 들어, 도 11a 및 도 11b를 참조하면, 각각 특정 인터페이스 그룹핑을 도시하는데, 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)(930b 내지 930e)는 제1 조종기(도 11a)의 외부 조인트에 대응할 수 있고, 조인트

공간 인터페이스 엘리먼트(930a 내지 930e))는 제2 조종기(도 11b)의 외부 조인트에 대응할 수 있다. 하나 이상의 알고리즘이 조종기의 외부 조인트 상에서만 동작하도록 구조화되어 있다면, 제1 조종기(도 11a)가 알고리즘에 연결된 때, 알고리즘(들)은 그 조종기에 대한 조인트 그룹핑 정의를 판독하고, 외부 조인트가 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930b 내지 930e)를 이용하여 완전하게 형성되었는지 판정할 수 있다. 그러므로, 이 알고리즘(들)은 이러한 인터페이스 엘리먼트에 대해서만 동작할 수 있다. 예를 들어, 제1 알고리즘은 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930b 내지 930e)의 "외부" 그룹을 사용하여 동작할 수 있고, 제2 알고리즘은 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930f 내지 930i)의 "도구" 그룹을 이용하여 (동시에 또는 순차적으로) 동작할 수 있다. 이와 대조적으로, 제2 조종기(도 11b)가 연결된 때, 이 알고리즘은 그 조종기에 대한 조인트 그룹핑 정의를 판독할 수 있고, 외부 조인트들이 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930a 내지 930e)를 이용하여 완전히 형성되는지 판정할 수 있다. 그러므로, 이 알고리즘(들)은 이러한 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(즉, 인터페이스 엘리먼트(930a)를 포함)에 대하여 동작할 수 있다. 예를 들어, 제3 알고리즘은 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930a 내지 930e)의 "외부" 그룹을 이용하여 동작할 수 있고, 제4 알고리즘은 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930f 내지 930i)의 "도구" 그룹을 이용하여 동작할 수 있다. 제1, 제2, 제3, 및 제4 알고리즘 각각은 서로 상이할 수 있고, 특정 그룹의 인터페이스 엘리먼트에 대하여 실행하도록 최적화될 수 있다. 예를 들어, 한 알고리즘은 조종기 어셈블리의 외부 조인트에 연결된 하나의 그룹의 입력 엘리먼트에 대하여 실행하도록 최적화될 수 있고, 다른 알고리즘은 도구의 자유도와 연관된 하나의 그룹의 입력 엘리먼트 상에서 실행하도록 최적화될 수 있다.

[0121] 조인트 그룹핑 정의는 특정 조종기를 위한 컨트롤러 내의 알고리즘에 의해 사용되는 모든 조인트 그룹핑을 정의할 수 있다. 예를 들어, 도 11a를 참조하면, 조인트 그룹핑 정의는 도 11a에 도시된 제1 조종기를 위한 "조인트", "도구", "턱" 등에 대한 그룹핑을 정의할 수 있다. 도 11b를 참조하면, 상이한 조인트 그룹핑 정의는 도 11b에 도시된 제2 조종기를 위한 "조인트", "도구", "턱" 등에 대한 (몇몇 경우에 상이한) 그룹핑을 정의할 수 있다. 상이한 조종기에 대한 조인트 그룹핑 정의는 (예컨대, 지지 구조(850) 내의) 컨트롤러에 저장될 수 있고, 또는 조종기가 사용을 위해 연결된 때 또는 그 이전에 적절한 소스로부터(예컨대, 조종기로부터, 원격 저장 장치로부터 등등) 얻어질 수도 있다.

[0122] 도 11a 및 11b에 도시된 특정 실시예에서, 도 11a에 도시된 적어도 일부의 그룹핑은 도 11b에 도시된 것과 동일한데, 이는 도 11a의 인터페이스 엘리먼트에 의해 제어되고 있는 조종기 어셈블리가 도 11b의 인터페이스 엘리먼트에 의해 제어되고 있는 조종기 어셈블리의 자유도와 적어도 일부 동일한 자유도를 가지기 때문이다. 예를 들어, 양 그룹핑 세트는 모두 제8 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930h) 및 제9 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930i)를 도구의 턱을 제어하도록 동작하는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트를 나타내는 "턱" 그룹핑으로 그룹화한다. 뿐만 아니라, 양 그룹핑 세트는 제6 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930f), 제7 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930g) 및 제8 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930h)를 도구의 관절을 제어하도록 동작하는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트를 나타내는 "관절" 그룹핑으로 그룹화한다.

[0123] 또한, 도 11a에 도시된 적어도 일부의 그룹핑은 도 11b에 도시된 것과 상이한데, 이는 도 11a에 의해 제어되고 있는 조종기 어셈블리는 보조 외부 요 조인트를 포함하지 않는 한편, 도 11b에 의해 제어되고 있는 조종기 어셈블리는 보조 외부 요 조인트를 포함하기 때문이다. 따라서, 조종기 암을 제어하도록 동작하는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트를 식별하는 "외부"라고 정의된 그룹은 제1 세트의 그룹핑(1100)이 제2, 제3, 제4, 및 제5 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930b 내지 930e)를 포함하도록 정의되어 있다. 이와 대조적으로, 제2 세트의 그룹핑(1100)에 대하여 "외부"라고 정의된 그룹은 보조 외부 턱 조인트가 연결된 도구가 아니라 조종기 암의 자유도에 대응하므로, 제1 세트의 그룹핑(1100)이 제2, 제3, 제4, 및 제5 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930b 내지 930e)를 포함하도록 정의되어 있다.

[0124] 언급한 바와 같이, 조인트 공간 컨트롤러에 의해 실행되는 알고리즘들은 그 알고리즘(들)에 대하여 수신된 입력 데이터를 기초로 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)로부터 사용할 신호들을 선택할 수 있다. 예를 들어, 센서, 액추에이터, 및/또는 작업 공간 컨트롤러로부터의 입력 데이터는 그 알고리즘(들)에 대하여 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트가 도구 자유도에 대응하고, 그러므로 조인트 공간 컨트롤러가 적절한 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트로부터 수신된 신호를 사용할(및 처리된 신호를 그것으로 보낼) 것임을 지시할 수 있다. 다른 실시예에서, 이러한 신호는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트와 조종기 어셈블리의 자유도 간의 사전 결정된 대응 관계를 기초로 선택될 수 있다. 예를 들어, 특정 조종기 어셈블리를 연결한 후, 특정 조종기 어셈블리에 대응하는, 상이한 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트의 그룹핑을 지시하는 그룹핑 정보가 로딩(load)될 수 있다. 그러므로, 조인트 공간 컨트롤러는 특정 그룹핑에 의해 정의된 적절한 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트로부터 수

신된 신호를 사용할(및 처리된 신호를 그것으로 보낼) 수 있다.

- [0125] 이제 도 12a 및 도 12b를 다시 참조하면, 도 12a는 하나의 실시예에 따른 커넥터/조인트 공간 맵(1200)을 도시하고, 도 12b는 하나의 실시예에 따른 조인트 공간/작업 공간 맵(1250)을 도시한다. 이러한 맵들은 지지 구조(850) 내의 저장 엘리먼트와 같은, 로봇 시스템의 임의의 적절한 엘리먼트 내에 저장될 수 있다. 커넥터/조인트 공간 맵(1200)은 커넥터 엘리먼트(1210)(예컨대, 컨택트(854))를 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(1220)(예컨대, 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930))에 맵핑하는 맵(예컨대, 제1 맵핑(940) 및/또는 제2 맵핑(950))이다. 커넥터/조인트 공간 맵(1200)은 임의의 적절한 개수의 커넥터 엘리먼트(예컨대, A1 내지 Ai)(여기서, i는 임의의 정수) 및 임의의 적절한 개수의 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(예컨대, J1 내지 Jk)(여기서, k는 임의의 정수)를 포함할 수 있다. 맵핑 지시자(1230)는 특정 커넥터 엘리먼트와 특정 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트 간의 특정 맵핑을 지시할 수 있다. 예를 들어, 도 9a를 참조하면, 커넥터 엘리먼트(A2)는 제2 커넥터 입력 엘리먼트(950b)에 대응하고, 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(J2)는 제2 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(960b)에 대응할 수 있다. 따라서, 맵핑 지시자(1230)는 제2 커넥터 입력 엘리먼트(910b)와 제2 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(960b) 간의 신호를 맵핑하도록 동작 가능할 수 있다.
- [0126] 조인트 공간/작업 공간 맵(1250)은 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(1260)(예컨대, 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930))를 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(1220)(예컨대, 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970))에 맵핑시키는 맵(예컨대, 조인트 공간 작업 공간 맵핑(980))이다. 조인트 공간/작업 공간 맵(1250)은 임의의 적절한 개수의 조인트 공간 엘리먼트(예컨대, J1 내지 Jk)(여기서, k는 임의의 정수) 및 임의의 개수의 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(예컨대, W1 내지 Wm)(여기서, m은 임의의 정수)를 포함할 수 있다. 맵핑 지시자(1280)는 특정 조인트 공간 엘리먼트와 특정 작업 공간 인터페이스 엘리먼트 사이의 특정 맵핑을 지시할 수 있다. 예를 들어, 도 9c를 참조하면, 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(J2)는 제2 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(960b)에 대응하고, 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(W1)는 제2 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970b)에 대응할 수 있다. 따라서, 맵핑 지시자(1280)는 제2 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(960b)와 제2 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970b) 사이의 신호를 맵핑하도록 동작 가능할 수 있다.
- [0127] 또한, 이러한 맵들은 하나의 엘리먼트를 하나 이상의 엘리먼트에 맵핑하도록 동작 가능할 수 있다. 예를 들어, 다시 도 9c를 참조하면, 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(J3)는 제3 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(960c)에 대응하고, 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(W2, W3, 및 W4)는 각각 제2, 제3, 및 제4 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970c 내지 970e)에 대응할 수 있다. 그러므로, 제1, 제2, 제3, 맵핑 지시자(1282, 1284 및 1286)는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(960c)와 각각의 제2, 제3, 제4 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970c 내지 970e) 사이에 신호를 맵핑하도록 동작 가능할 수 있다.
- [0128] 어느 실시예 내의 지지 구조는 커넥터 엘리먼트, 인터페이스 엘리먼트, 맵핑, 조인트 공간 컨트롤러, 작업 공간 컨트롤러 등과 같은 다양한 인터페이스 엘리먼트 및 컨트롤러를 포함한다. 그러나, 당업자들은 이러한 입력 장치들이 도 9a 내지 12b에 도시된 것보다 많거나 적은 개수의 컴포넌트를 가지고도 동등하게 동작할 수 있음이 이해될 것이다. 도 9a 내지 12b 각각을 참조하여 서술된 엘리먼트들이 이들 실시예를 참조하여 도시되거나 서술된 특정 맵핑이나 특정 자유도를 반드시 필요로 하는 것은 아님이 이해될 것이다. 예를 들어, 몇몇 자유도는 연결된 조종기 암의 움직임에 대응할 수 있고, 다른 자유도들은 연결된 도구의 움직임에 대응할 수 있고, 또 다른 자유도들은 도구 또는 조종기 암의 액추에이션에 대응할 수 있다. 그러므로, 도 9a 내지 12b에 도시된 다양한 실시예의 설명은 사실상 설명을 위한 것이고, 본 발명의 범위를 제한하지 않음을 이해해야 한다.
- [0129] 도 13a는 도 4에 도시되어 있고 도 4를 참조하여 서술된 환자측 카트(22)와 유사한 환자측 카트(1300)를 도시한다. 그러나, 본 실시예에서, 조종기 암은 개별적으로 식별되고, 제1 조종기 암(100A), 제2 조종기 암(100B), 제3 조종기 암(100C) 및 제4 조종기 암(100D)을 포함한다. 제1 조종기 암(100A)은 이미징 장치(28)에 연결되어 있는 한편, 제2, 제3 및 제4 조종기 암(100B, 100C, 100D) 각각은 각각의 도구(26)에 연결되어 있다.
- [0130] 도 13b는 환자측 카트(1300)와 유사한 환자측 카트(1350)를 도시한다. 그러나, 본 실시예에서는, 제1 조종기 암(100A)이 수술 도구(26)에 연결되어 있고, 제2 조종기 암(100B)이 이미징 장치(28)에 연결되어 있다. 즉, 이미징 장치가 수술 도구 중 하나와 교환되어 있다.
- [0131] 다수의 실시예에서, 이미징 장치(28)는 환자측 카트(1350) 또는 MIRS 시스템(10)(도 1)의 다른 시스템 상에서 실행되는 소프트웨어를 끄거나 재부팅시키지 않고도 환자에 대한 수술 프로시저 동안에 포함된 임의의 적절한 시간에 수술 도구(26)와 교환될 수 있다. 이미징 장치(28)를 수술 도구(26)와 교환하는 것은 이미징 장치(28)의 시야 변경을 용이하게 하고, 교환되는 수술 도구에 대하여 사용 가능한 접근 가능한 작업 공간의 변경을 용

이하에 할 수 있다.

- [0132] 적어도 하나의 실시예에서, 이미징 장치(28)(예컨대, 카메라)를 하나의 조종기에서 다른 조종기로 이동시킨 결과로서 수술 도구 팁의 기준 프레임이 변경된다. 예를 들어, 수술을 수행할 때, 카메라 팁에 대한 수술 도구 팁의 기준 프레임이 수술의가 보고 있는 이미지 디스플레이를 기준으로 수술 도구를 제어하기 위해 수술의에 의해 사용되는 입력 장치의 기준 프레임과 일치하도록 일반적으로 공간 내의 사물들을 재정렬하는 것이 바람직하다. 수술 도구가 제1 조종기 암에 연결되어 있고, 이미징 장치가 제2 조종기 암에 연결되어 있을 때, 수술의가 (예컨대, 입력 장치를 통해) 제1 조종기를 통해 수술 도구를 운전한다. 그러므로, 이미징 장치 프레임에 대한 수술 도구 팁 프레임은 원격 작업(tele-operation) 용으로 사용된다. 그러나, 수술 도구 및 이미징 장치는 서로 교환되며, 수술의는 결국 이미징 장치를 운전할 수 있다. 그 결과, 이 시스템(예컨대, 조인트 공간 컨트롤러 및/또는 작업 공간 컨트롤러에 의해 실행되는 하나 이상의 알고리즘들)은 임의의 기준 프레임(즉, 월드 프레임)을 정의하여, 월드 프레임에 대한 이미징 장치가 원격 작업을 위해 사용될 수 있다.
- [0133] 당업자들은 이미지 장치와 수술 도구의 교환을 용이하게 하는 것을 돕기 위해 여기 개시된 다양한 기술들이 사용될 수 있음을 이해할 것이다. 예를 들어, 제1 조종기 암(100A) 및 제2 조종기 암(100B)은 각각 조종기(820)(도 8a 내지 8c)와 유사할 수 있고, 이미징 장치(28) 및 수술 도구(26) 각각은 도구(840)와 유사할 수 있다. 따라서, 제1 조종기 암(100A) 및 제2 조종기 암(100B) 각각은 이미징 장치(28) 및 수술 도구(26)의 대응하는 커넥터와 맞물리는 형상의 커넥터(예컨대, 커넥터(834))를 포함할 수 있다.
- [0134] 이제, 이미징 장치와 수술 도구의 핫 스와핑(hot-swapping)을 용이하게 하기 위해, 예컨대, 지지 구조(850)에 의해 수행될 수 있는 다양한 프로세싱들이 도 14 내지 16b를 참조하여 서술된다. 당업자들은 이러한 실시예들이 이미징 장치와 수술 도구를 교환하는 것으로 제한되지 않으며, 수술 도구와 다른 수술 도구를 교환한 것, 이미징 장치와 다른 타입의 이미징 장치를 교환하는 것 등을 포함함을 이해할 것이다.
- [0135] 도 14는 동일한 조종기 암에 연결된 다수의 가능한 도구 중 하나를 제어하기 위해 사용될 수 있는 하나의 시퀀스의 오퍼레이션을 도시한다. 또는, 더 일반적으로, 다수의 상이한 조종기 어셈블리를 제어하기 위해, 조종기 어셈블리가 조종기 암 및 도구를 모두 포함한다. 이 오퍼레이션들은 지지 구조(850)(도 8a 내지 8c)를 참조하여 여기 서술된 임의의 컨트롤러와 같은 임의의 적절한 컨트롤러에 의해 수행될 수 있다.
- [0136] 오퍼레이션(1410)에서, 도구가 조종기에 연결되어 있는지 판정된다. 예를 들어, 조인트 공간 컨트롤러(858)(또는 상이한 컨트롤러)는 도구(840)가 조종기 암(820)에 연결되어 있는지 판정할 수 있다. 조종기 암에 도구가 연결되어 있지 않다고 판정되면, 시스템은 도구의 연결 여부를 판정하기 위해 조종기를 계속 모니터할 수 있다. 그렇지 않다면, 프로세싱은 오퍼레이션(1420)으로 계속될 수 있다.
- [0137] 오퍼레이션(1420)에서, 연결된 도구에 대한 맵핑이 얻어진다. 이 맵핑은 도 8a 내지 12b에 서술된 것과 같은 하나 이상의 맵핑을 포함할 수 있다. 예를 들어, 맵핑들은 커넥터/조인트 공간 맵(1200)(도 12a), 조인트 공간/작업 공간 맵(1250)(도 12b) 또는 연결된 도구와 연관된 임의의 다른 적절한 맵을 포함할 수 있다. 이 맵핑은 다수의 기술 중 임의의 하나 이상의 기술을 이용하여 얻어질 수 있는데, 이 기술 중 일부는 도 15를 참조하여 서술되어 있다.
- [0138] 도구에 대한 맵핑이 얻어지면, 프로세싱은 오퍼레이션(1430)으로 계속된다. 오퍼레이션(1430)에서, 연결된 도구는 획득된 맵을 이용하여 제어된다. 예를 들어, 도구는 커넥터/조인트 공간 맵 및 조인트 공간/작업 공간 맵을 이용하여 조인트 공간 컨트롤러(858) 및 작업 공간 컨트롤러(862)를 이용하여 제어될 수 있다. 도구를 사용하기 위해 하나 이상의 맵을 사용하기 위한 다양한 기술들이 도 8a 내지 12b를 참조하여 설명되어 있다. 이러한 기술 중 임의의 하나 이상의 기술들이 연결된 도구를 제어하는데 적합할 수 있다. 연결된 도구를 제어하기 위한 추가적인 기술들이 도 16a 및 16b를 참조하여 서술되어 있다.
- [0139] 오퍼레이션(1440)에서, 도구가 조종기로부터 제거되어 있는지 판정된다. 예를 들어, 컨트롤러는 도구(840)가 조종기(820)로부터 제거되어 있는지 판정한다. 도구가 조종기 암으로부터 제거되지 않았다고 판정되면, 도구는 앞서 얻어진 맵을 이용하여 계속 제어될 수 있다. 그렇지 않다면, 프로세싱은 오퍼레이션(1450)으로 이어진다.
- [0140] 오퍼레이션(1450)에서, 새로운 도구가 조종기에 연결되어 있는지 판정된다. 이 오퍼레이션은 오퍼레이션(1410)과 유사하다. 새로운 도구가 연결되어 있다고 판정되면, 그 새로운 도구에 대한 맵핑이 오퍼레이션(1420)에서 획득되고, 그 다음 새로운 도구는 오퍼레이션(1430)에서 새로운 맵핑을 이용하여 제어될 수 있다. 그렇지 않다면, 이 시스템은 새로운 도구의 연결을 계속 모니터할 수 있다.
- [0141] 맵핑의 결과로서, 동일한 소프트웨어 커널이 동일한 조종기 암에 연결된 상이한 도구들을 제어하는 프로세서(예

컨대, 조인트 공간 컨트롤러(858) 및/또는 작업 공간 컨트롤러(862))에 의해 사용될 수 있다. 이러한 소프트웨어 커널은 이미징 장치로부터 이미지를 획득하는 것, 포셉을 작동시키는 것 등과 같은 조종기 암에 연결될 수 있는 모든 상이한 타입의 기능들을 포함할 수 있다. 그 다음, 소프트웨어 커널은 모든 도구의 임의의 기능을 작동시킬 능력을 가지는데, 도구 맵핑은 적절한 신호 라우팅(routing)을 제공하여, 상이한 자유도를 가진 상이한 도구들이 동일한 조종기 암에 연결된 때 효과적으로 제어될 수 있게 된다.

[0142] 이제 도 14a를 참조하면, 예컨대, 적절한 때 기준 프레임의 변경을 용이하게 하기 위해 환자측 카트의 조종기에 장착된 도구가 이미지 캡처 장치 또는 수술 기구일 때, 하나 이상의 도구에 대한 맵핑을 얻기 위한 하나의 시퀀스의 오퍼레이션(1421)의 한 예가 사용될 수 있다. 이러한 예시적인 시퀀스의 오퍼레이션은 맵핑을 획득할 때 도 14의 오퍼레이션(1420) 내에 포함될 수도 있고, (입력 장치의 핸들을 이동시키는 것과 같은) 시스템 사용자에게 의해 입력된 이동 커맨드와, (조종기에 새로 장착된 이미지 캡처 장치를 포함하는) 이미지 캡처 장치에 의해 이미지화된 수술 도구의 팁의 대응하는 움직임 간의 관계를 유지하는 것을 도울 수 있다. 입력과 움직임은 기구의 디스플레이 간의 상관관계에 대한 추가적인 세부사항은, 예컨대, 그 전체 내용이 본 명세서에 참조로서 통합된 "Camera Referenced Control in a Minimally Invasive Surgical Apparatus"란 제목의 미국특허번호 제 6,424,885호를 참조하면 이해될 수 있다.

[0143] 오퍼레이션(1423)에서, 카메라 또는 다른 이미지 캡처 장치가 조종기에 연결되어 있는지 판정된다. 조종기에 카메라의 장착여부는 카메라와 조종기 간에 전송되는 신호에 의해, 또는 시스템 사용자로부터의 입력에 의해 판정될 수 있다. 오퍼레이션(1425)에서, 조종기에 장착된 카메라 또는 다른 이미지 캡처 장치가 기준 카메라인지 판정된다. 오직 하나의 카메라가 조종기 암에 장착된 경우에 및/또는 장착된 카메라가 조종기 시스템에 장착될 제1 카메라인 경우에, 이 시스템은, 그에 응답하여, 장착된 카메라를 기준 카메라로 지정할 수 있다. 선택적으로, 기준 카메라의 지정은 시스템 사용자로부터의 입력 또는 카메라의 타입 등에 대한 응답일 수 있다. 장착된 카메라가 없거나 장착된 카메라가 기준 카메라가 아니라면, 이 시스템은 기준 카메라의 장착에 대하여 계속 모니터링할 수 있다.

[0144] 오퍼레이션(1427)에서, 기준 카메라가 조종기 시스템에 장착된 경우, 이 시스템은 카메라 맵핑의 맵핑을 획득한다. 예컨대, 도 14b를 참조하면, 카메라 교환 오퍼레이션 전에, 카메라(28)는 (도 13a에 도시된 제1 조종기 암(100A)을 포함함) 로봇 암의 각각의 조인트 및 카메라를 지지하는 셋업 조인트 또는 다른 구조에 연결된 전위차계 또는 다른 조인트 상태 센서로부터의 신호를, (조인트 상태 센서에 연결된 시스템의 키네매틱스와 같은) 로봇 암의 기지의 속성과 함께 사용하여 시스템 컨트롤러에 의해 식별될 수 있는 카메라 기준 좌표 레퍼런스 프레임(Rcam)을 가질 수 있다. Rcam에 대한 수술 기구(26a, 26b, 26c) 및 이들의 연관된 조종기(100B, 100C, 100D)의 카메라 시야 내에 있는 각각의 도구 팁의 유사한 맵핑은 이동 커맨드 벡터와 결과적인 도구 팁의 움직임 간의 상관관계를 유지하는 것을 돕기 위해 컨트롤러에 의해 사용될 수 있다. 도 14c를 참조하면, 도구 교환 오퍼레이션 후, 카메라(28)는 조종기(100B) 또는 다른 조종기에 장착될 수 있다. 오퍼레이션(1427)은 새로운 카메라 기준 프레임(Rcam)을 도출하기 위해 조종기(100B)의 조인트 상태 신호를 이용하여 새로 장착된 카메라(28)의 새로운 맵핑을 획득한다. 그 다음, 새로운 카메라 기준 프레임은 (이전에 카메라(28)를 지지했던) 조종기(100A)에 장착된 수술 기구(26d)를 포함하는, 다른 조종기에 장착된 모든 수술 기구의 이동을 위해, 및/또는 카메라의 이동을 위한 조인트 커맨드를 판정하기 위해 사용될 수 있다. 기구(26d)가 선택적으로 도구 교환 이전에 조종기(100B)로부터 제거되었던 동일한 기구(26b)일 수도 있고, 또는 상이한 기구일 수도 있음을 이해해야 한다. 이와 유사하게, 카메라(28)는 도구 교환 이전에 조종기(100A)에 의해 지지되었던 동일한 카메라일 수도 있고, 또는 상이한 카메라일 수도 있다.

[0145] 오퍼레이션(1429)에서, 입력 장치와 수술 기구 사이에 디폴트 마스터-슬레이브 연관성이 설정될 수 있다. 이러한 연관성은, 예컨대, 카메라 기준 프레임에 대한 수술 기구의 도구 팁 및 사용자 디스플레이에 대한 입력 장치의 상대적 위치들에 응답하여 결정될 수 있다. 그러므로, 좌우 입력 장치는 각각 작업공간의 좌우측에 있는 것으로 디스플레이 내에 나타나는 수술 기구들과 연관된다. 사용자는 원할 때 이러한 연관성을 수동으로 설정할 수 있고, (좌우 도구들이 다소 제멋대로인 도 13b의 배열처럼) 도구의 정렬이 자동 또는 디폴트 연관을 쉽게 받아들이지 않을 때), 이 시스템은 적절한 마스터-슬레이브 연관에 대하여 프롬프트(prompt)하고 및/또는 사용자 입력을 기다릴 수 있다. 복수의 동시 사용자를 가지는 더 복잡한 시스템은 그 내용이 본 명세서에 참조로서 포함된 "Cooperative Minimally Invasive Telesurgical System"이란 제목의 미국특허번호 제8,666,544호에 상세하게 서술된 바와 같이, 이러한 연관 상으로의 사용자 컨트롤을 허용할 수 있다.

[0146] 오퍼레이션(1431)에서, 마스터 입력 장치는 연관된 슬레이브 도구 팁을 매칭시키기 위해 (방향 및/또는 위치상) 이동될 수 있다. 마스터의 이동은, 예컨대, 그 전체 내용이 참조로서 본 명세서에 포함된 "Alignment of

Master and Slave in a Minimally Invasive Surgical Apparatus"란 제목의 미국 특허 번호 제6,364,888호에 서술된 바와 같이, 마스터의 모터를 작동시킴으로써 수행될 수 있다. 마스터가 이동한 후, 이 시스템은 후속한 텔레프리전스(telepresence)의 시작을 준비할 수 있고, 또는 후속하는 것에 대한 준비로서 다른 원하는 오퍼레이션을 할 수 있다.

- [0147] 이제 도 15를 참조하면, 도 15는 하나의 실시예에 따른 도구에 대한 맵핑을 획득하는 하나의 시퀀스의 오퍼레이션을 보여준다. 오퍼레이션(1422)에서, 도구가 그 안에 저장된 맵핑을 가지고 있는지 판정된다. 예를 들어, 맵핑은 도구의 저장 매체 내에 저장될 수 있다.
- [0148] 도구가 그 안에 저장된 맵핑을 가지지 않는다고 판정된 때, 프로세싱은 오퍼레이션(1428)으로 이어질 수 있다. 오퍼레이션(1428)에서, 맵핑은 도구 이외의 소스로부터 수신된다. 예를 들어, 하드웨어 맵핑 유닛(856) 및/또는 조인트 공간 작업 공간 맵핑 유닛(860)은 도구 외의 소스로부터 맵핑을 수신할 수 있다. 이러한 소스는 그 안에 저장된 맵을 가지고 있는, 도구 이외의 임의의 전자 장치일 수 있다. 예를 들어, 이러한 소스는 원격 서버, 로컬 하드 디스크 등일 수 있다. 그 다음, 이러한 소스로부터 수신된 맵핑은 도구를 제어하기 위해 사용될 수 있다.
- [0149] 도구가 그 안에 저장된 맵핑을 가진다고 판정된 때, 프로세싱은 오퍼레이션(1424)으로 이어질 수 있다. 오퍼레이션(1424)에서, 그 맵핑은 도구로부터 수신될 수 있다. 예를 들어, 하드웨어 맵핑 유닛(856) 및/또는 조인트 공간 작업 공간 맵핑 유닛(860)은 도구의 저장 엘리먼트로부터 맵핑을 수신할 수 있다. 이는 임의의 적절한 통신 프로토콜을 이용하는 유선 또는 무선 통신일 수 있다. 맵핑이 도구로부터 수신된 후, 프로세싱은 오퍼레이션(1426)으로 이어진다.
- [0150] 오퍼레이션(1426)에서, 도구에 의해 수신된 맵핑이 유효한 것인지 판정된다. 예를 들어, 하드웨어 맵핑 유닛(856), 작업 공간 컨트롤러(862), 또는 다른 적절한 컨트롤러와 같은 컨트롤러는 수신된 맵핑이 유효한지 판정할 수 있다. 이것은 맵핑이 유효기간이 지났는지, 오류를 가지는지, 잘못된 도구를 위한 것인지 등을 판정하는 것을 포함할 수 있다. 맵핑이 유효하지 않다고 판정되면, 프로세싱은 앞서 서술한 오퍼레이션(1428)으로 이어진다. 그렇지 않다면, 도구에 의해 수신된 맵핑은 추후에 도구를 제어하기 위해 사용될 수 있다.
- [0151] 도구에 대한 맵핑을 획득하는 기술이 도 15를 참조하여 서술된 것으로 제한되지 않음을 이해해야 한다. 그보다는 실시예들은 또한 맵핑을 획득하기 위한 다른 기술을 포함한다. 예를 들어, 컨트롤러는 도구에 의해 제공되는 또는 도구와 다른 소스에 의해 제공되는 맵핑을 단순히 다운로드하고 사용할 수 있다. 다른 예로서, 컨트롤러는 각각의 도구에 대하여 로컬에 저장된 맵핑을 가질 수 있다. 당업자들은 다양한 변형을 이해할 것이고, 이러한 변형들은 본 발명의 범위 내에 속하도록 의도된 것이다.
- [0152] 이제 도 16a 및 16b를 참조하면, 도 16a는 하나의 실시예에 따라 획득된 맵핑을 이용하여 도구를 제어하기 위해 사용될 수 있는 일련의 오퍼레이션(1430)을 보여준다. 오퍼레이션(1602)에서, 복수의 센서 신호들이 복수의 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트에서 수신된다. 예를 들어, 도 9a를 참조하면, 커넥터 입력 엘리먼트(950)로부터의 센서 신호(952, 914) 등은 제1 맵핑(940)을 통해 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)에서 수신될 수 있다.
- [0153] 오퍼레이션(1604)에서, 수신된 센서 신호들은 조인트 공간 컨트롤러에 의해 프로세싱될 수 있다. 예를 들어, 센서 신호는 조인트 공간 컨트롤러(858)에 의해 프로세싱될 수 있다. 하나의 실시예에서, 조인트 공간 컨트롤러는 조인트 공간 내에 수신된 신호에 대한 알고리즘을 실행할 수 있고, 그 다음 연결된 조종기 어셈블리를 제어하기 위한 출력 신호를 제공할 수 있다. 다른 실시예에서, 도 16b를 참조하여 서술한 것과 같이, 조인트 공간 컨트롤러는 조인트 공간 내에서 수신된 신호에 대한 알고리즘을 실행하고, 그다음 추후 프로세싱을 위해 작업 공간 컨트롤러(862)와 같은 다른 컨트롤러에 출력 신호를 제공할 수 있다.
- [0154] 몇몇 실시예에서, 적어도 하나의 추가 신호가 수신된 센서 신호와 더불어 프로세싱될 수 있다. 예를 들어, 도 10을 참조하여 서술한 바와 같이, 이 시스템은 시뮬레이팅된 또는 팬텀 자유도를 프로세싱하는 것을 수행하도록 동작 가능할 수 있다. 따라서, 조인트 공간 컨트롤러(858)는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930g 및/또는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930h)에서의 팬텀 입력과 같은 추가 신호를 프로세싱하도록 동작 가능할 수 있다.
- [0155] 오퍼레이션(1606)에서, 프로세싱된 신호는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트를 통해 액추에이터로 출력된다. 예를 들어, 프로세싱된 신호는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(930)로부터 출력되고, 제2 맵핑(950)을 통해 커넥터 출력 엘리먼트(920)로 전송될 수 있는데, 여기서 프로세싱된 신호들은 연결된 조종기 어셈블리의 하나

이상의 자유도를 제어하도록 동작한다.

- [0156] 조종기 어셈블리가 변경된(예컨대, 조종기 암의 교체 및/또는 도구의 교체) 실시예에서, 동일한 오퍼레이션이 그 뒤에 새로운 조종기 어셈블리에 대하여 수행될 수 있다. 예를 들어, 이미징 장치가 최초로 조종기 앞에 연결되어 있다면, 복수의 센서 신호가 이미징 장치에 고유한 획득된 맵핑을 통해 수신될 수 있다. 그 후, 이미징 장치가 수술 도구로 교체되면, 새로운 복수의 센서 신호들이 그 수술 도구에 고유한 획득된 맵핑을 통해 동일한 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트에서 수신된다. 이러한 방식으로, 상이한 조종기 어셈블리들이 단일 소프트웨어 커널을 이용하여 제어될 수 있다.
- [0157] 이제 도 16b를 참조하면, 도 16b는 다른 실시예에 따른 획득된 맵을 사용하여 도구를 제어하기 위해 사용될 수 있는 일련의 오퍼레이션(1430)을 보여준다. 하나의 실시예에서, 이 오퍼레이션은 도 14의 단계(1430)에서의 오퍼레이션처럼 수행될 수 있다. 다른 실시예에서, 이 오퍼레이션은 오퍼레이션(1604)(도 16a)의 일부분으로서 수행될 수 있다.
- [0158] 오퍼레이션(1652)에서, 조인트 레이어 출력 신호는 획득된 맵핑을 통해 복수의 작업 공간 인터페이스 엘리먼트에서 수신된다. 예를 들어, 도 9c를 참조하면, 조인트 공간 컨트롤러(858)로부터 출력된 신호는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(960)로부터 조인트 공간 작업 공간 맵핑(980)을 통해 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970)에서 수신될 수 있다. 이러한 조인트 레이어 출력 신호는 제1 조종기 어셈블리로부터 수신된 프로세싱된 신호에 대응할 수 있고, 그러므로 제1 조종기 어셈블리의 자유도에 대응할 수 있다.
- [0159] 하나의 실시예에서, 하나의 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(예컨대, 970)는 하나의 대응하는 조인트 레이어 인터페이스 엘리먼트(예컨대, 960b)로부터의 출력 신호를 수신할 수 있고, 다른 실시예에서, 다수의 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(예컨대, 970c, 970d 및 970e)는 하나의 조인트 레이어 인터페이스 엘리먼트(예컨대, 960c)로부터의 동일한 출력 신호를 수신할 수 있다. 게다가, 적어도 하나의 실시예에서, 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(예컨대, 970i)는 조종기 어셈블리의 시뮬레이팅된 자유도에 대응하는 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(예컨대, 930g)로부터 출력 신호를 수신할 수 있다.
- [0160] 오퍼레이션(1654)에서, 조인트 레이어 출력 신호는 작업 공간 컨트롤러에 의해 프로세싱된다. 예를 들어, 출력 신호는 작업 공간 컨트롤러(865)에 의해 프로세싱될 수 있다. 하나의 실시예에서, 작업 공간 컨트롤러는 작업 공간 내에서 수신된 신호에 대한 알고리즘을 실행하고, 연결된 조종기 어셈블리를 제어하기 위해 조인트 공간 컨트롤러에 다시 출력 신호를 제공할 수 있다. 다른 실시예에서, 작업 공간 컨트롤러는 마스터 입력 장치와 같은 제어 시스템의 다른 엘리먼트로 처리된 신호를 보낼 수 있다.
- [0161] 오퍼레이션(1656)에서, 프로세싱된 신호는 복수의 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트로 출력된다. 예를 들어, 프로세싱된 신호는 작업 공간 인터페이스 엘리먼트(970)로부터 조인트 공간 인터페이스 엘리먼트(960)로 조인트 공간 작업 공간 맵핑(980)을 통해 출력될 수 있는데, 이 신호들은 조인트 공간 컨트롤러(858)에 의해 더 처리될 수 있고, 몇몇 실시예에서 그 후 제1 조종기 어셈블리를 제어하기 위해 사용될 수 있다.
- [0162] 도 14 내지 16b에 도시된 특정 오퍼레이션이 본 발명의 어느 실시예에 따른 조종기 어셈블리를 제어하는 특정 방법을 제공함을 이해해야 한다. 다른 시퀀스의 오퍼레이션도 또한 대안의 실시예에 따라 수행될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 대안의 실시예에는 앞서 개략적으로 서술한 오퍼레이션들을 다른 순서로 수행할 수 있다. 또한, 도 14 내지 16b에 도시된 각각의 오퍼레이션들은 그 각각의 오퍼레이션에 적합한 다양한 시퀀스 내에서 수행될 수 있는 복수의 서브 오퍼레이션을 포함할 수도 있다. 뿐만 아니라, 특정 애플리케이션에 따라 추가적인 오퍼레이션이 추가되거나 기존의 오퍼레이션이 삭제될 수도 있다. 당업자들은 다양한 변형, 수정 및 대안을 인식하고 이해할 것이다.
- [0163] 또한, 용어, 도구, 기구, 수술 도구, 수술 기구, 등은, 몇몇 실시예에서 그들이 동일한 의미를 가지지 않을 수도 있으나, 종종 상호치환적으로 사용되었음을 이해해야 한다. 예를 들어, 수술 기구 및 수술 도구는 포셉, 클램프, 커터, 흡입 튜브, 바늘, 드릴 등과 같이, 환자를 능동적으로 처치하기 위해 사용되는 기구 또는 도구를 의미할 수 있다. 이와 달리, 비수술 기구 또는 도구는 이미징 장치와 같이 환자를 능동적으로 처치하기 위해 사용되지 않는 기구 또는 도구를 의미할 수 있다. 일반적 용어의 도구 또는 기구는 수술 기구 또는 도구 및 비수술 기구 또는 도구를 모두 넓게 커버할 수 있다.
- [0164] 본 명세서에서 서술된 오퍼레이션들은, 예컨대, 종래기술 또는 객체지향 기술을 이용하여 자바(Java), C++, 또는 펄(perl)과 같은 임의의 적절한 컴퓨터 언어를 이용하여 하나 이상의 프로세서에 의해 실행되는 소프트웨어 코드로 구현될 수 있다. 소프트웨어 코드는 일련의 명령어 또는 커맨드로서 랜덤 액세스 메모리(RAM), 판독 전

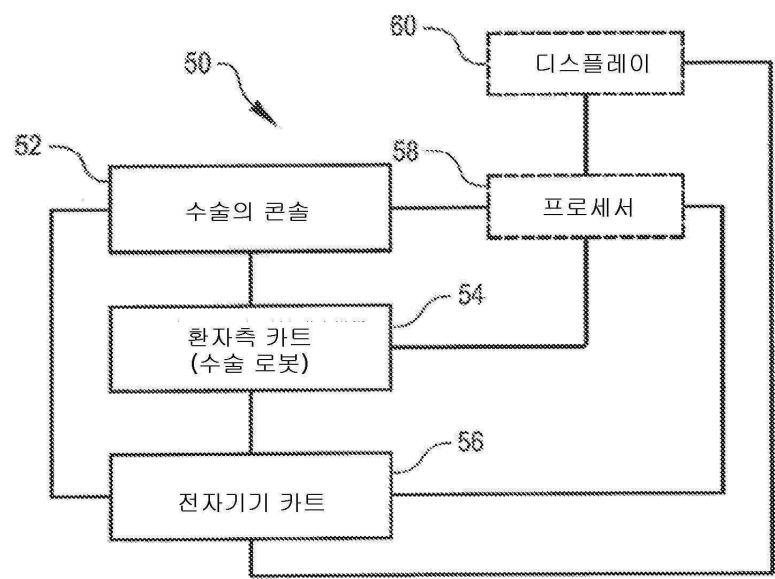
용 메모리(ROM), 하드 드라이브 또는 플로피 디스크와 같은 자성 매체, 또는 CD-ROM과 같은 광 매체 상에 저장될 수 있다. 임의의 이러한 컴퓨터 판독 가능한 매체는 단일 전산 장치 내에 있을 수도 있고, 시스템 또는 네트워크 내의 상이한 전산 장치들 내에 존재할 수 있다.

[0165] 본 발명은 소프트웨어 또는 하드웨어 또는 이 둘의 조합인 제어 로직의 형태로 구현될 수 있다. 이러한 제어 로직은 본 발명의 실시예에 개시된 한 세트의 단계들을 수행하도록 정보 처리 장치에 지시하도록 되어 있는 복수의 명령어로서 정보 저장 매체 내에 저장될 수 있다. 여기 제공된 개시물 및 교시를 기초로, 당업자들은 본 발명을 구현하는 다른 길 및/또는 방법들을 이해할 것이다.

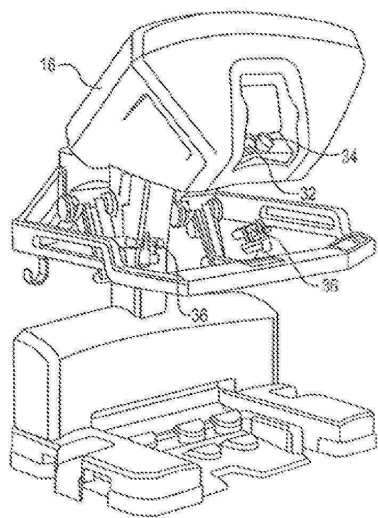
[0166] 실시예를 설명하는 문맥(특히 아래의 청구항의 문맥에)에 관사 및 유사한 표현들을 사용한 것은 본 명세서에 지시되어 있거나 문맥에서 명백하게 부정되지 않는다면, 단수 및 복수를 모두 커버하도록 해석되어야 한다. 용어 "포함하는", "가진", 및 "갖춘"은 다르게 언급되지 않았다면 개방형 용어(즉, "포함하지만 그에 제한되지는 않는"의 의미)로 해석되어야 한다. 용어 "연결된"은 심지어 어떤 것이 그 사이에 끼여있더라도, 부분적으로 또는 전체적으로 ~ 내부에 포함되거나, ~에 부착되거나, 또는 함께 이어져 있는 것으로 해석되어야 한다. 본 명세서에서 범위 값을 언급한 것은 단지 그 범위 내에 속하는 각각의 개별 값을 각각 언급하는 속기 방법으로서 역할하도록 의도된 것일 뿐이고, 명세서에 반대로 지시되어 있지 않다면, 각각의 개별 값은 그것이 각각 명세서에 언급된 것과 마찬가지로 본 명세서에 포함된다. 여기 서술된 모든 방법들은 본 명세서에 반대로 지시되지 않았다면, 또는 문맥에 의해 분명하게 반박되지 않았다면, 임의의 적절한 순서로 수행될 수 있다. 본 명세서에 제공된 임의의 및 모든 예 또는 예시적인 언어(예컨대, "~와 같은")의 사용은 단지 실시예를 더 잘 설명할 의도일 뿐이고, 다르게 주장되지 않았다면 본 발명에 대한 제한을 제기하지 않는다. 명세서 내의 언어는 적어도 하나의 실시예를 실시하기 위해 필수적인 임의의 청구되지 않은 엘리먼트를 나타내는 것으로 해석되어야 한다.

[0167] 발명자가 알고 있는 최선의 모드를 포함하는, 바람직한 실시예들이 여기 서술되어 있다. 이러한 바람직한 실시예의 변형은 상기 설명을 읽은 당업자들에게 명백해질 것이다. 발명자들은 당업자들이 이러한 변형을 적절하게 채용할 것이라 기대하며, 발명자들은 실시예들이 여기 구체적으로 서술된 것과 다르게 구성되는 것도 고려했다. 따라서, 적절한 실시예들은 적용 가능한 법에 의해 허용되는 정도까지, 첨부된 청구항 내에 언급된 본 발명의 모든 수정 및 동등물을 포함한다. 더욱이, 그 모든 가능한 변형 내의 상술된 엘리먼트의 임의의 조합은 본 명세서에 다르게 지시되지 않았다면 또는 문맥에 의해 분명하게 반박되지 않았다면, 몇몇 적절한 실시예 내에 포함된 것으로 고려된다. 그러므로, 본 발명의 범위는 상기 설명을 참고하여 결정되지 않으며, 그 대신 그 전체 범위 또는 동등물과 함께 펜딩 청구항을 참조하여 결정되어야 한다.

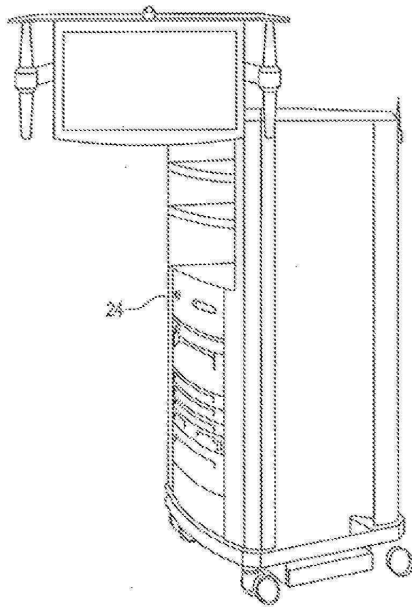
도면1b



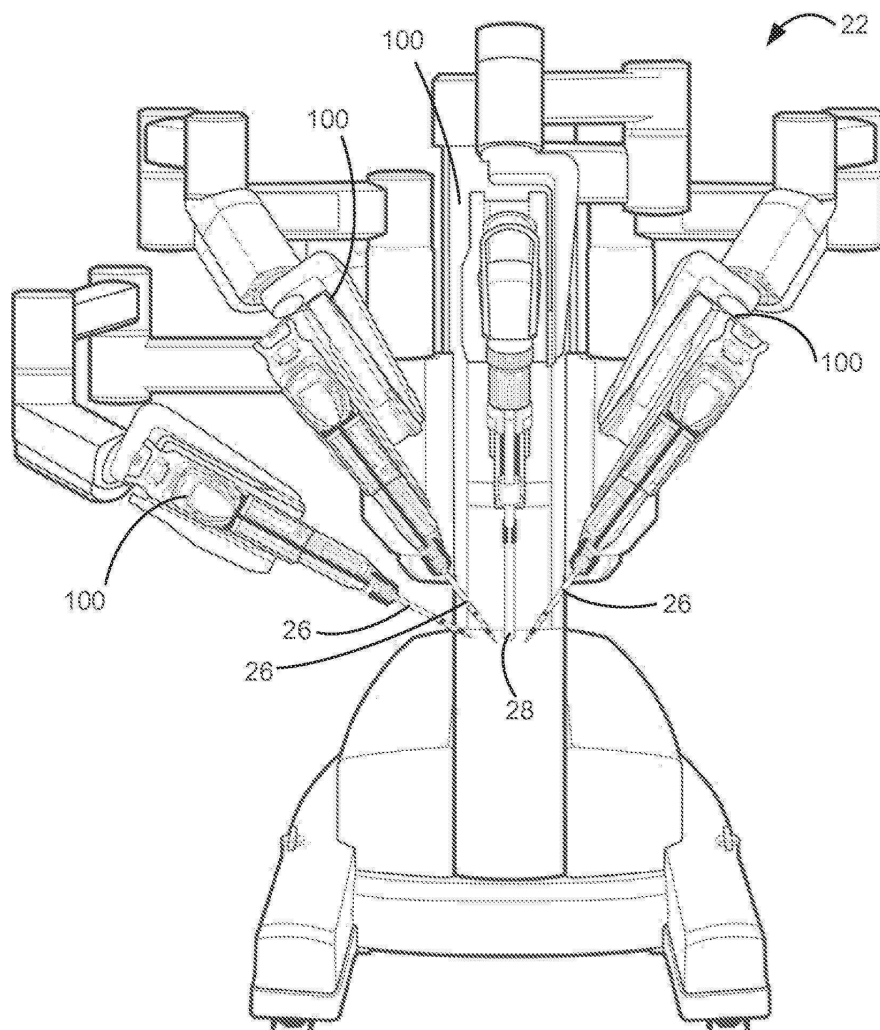
도면2



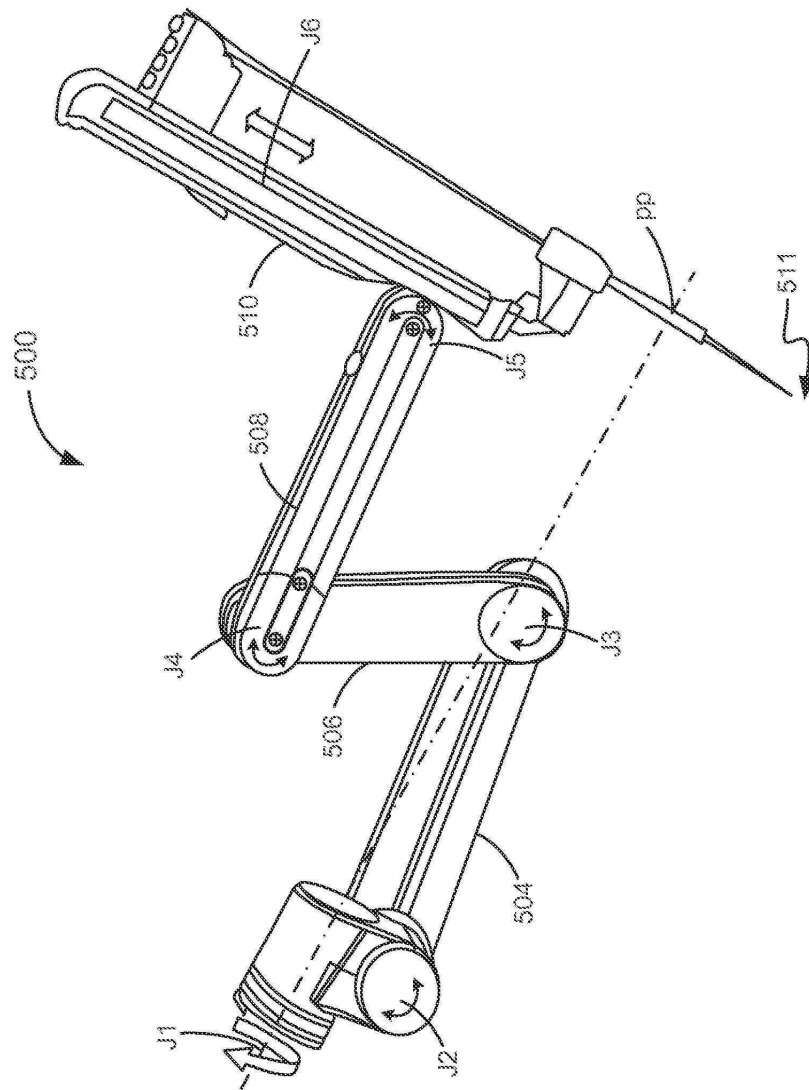
도면3



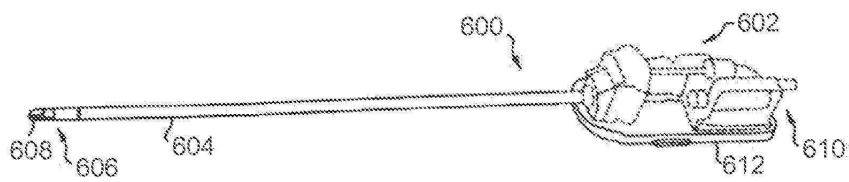
도면4



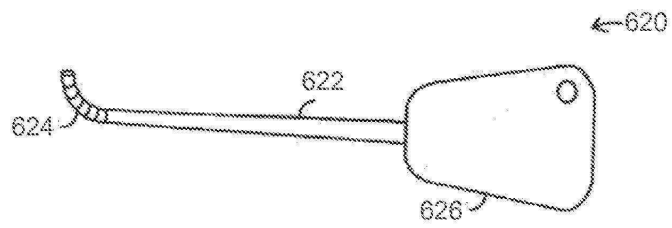
도면5



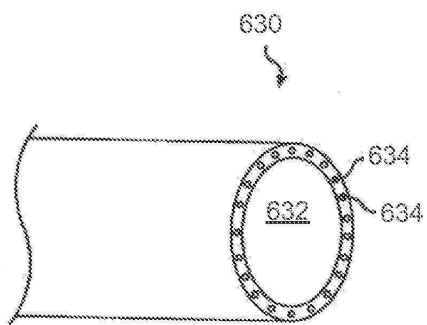
도면6a



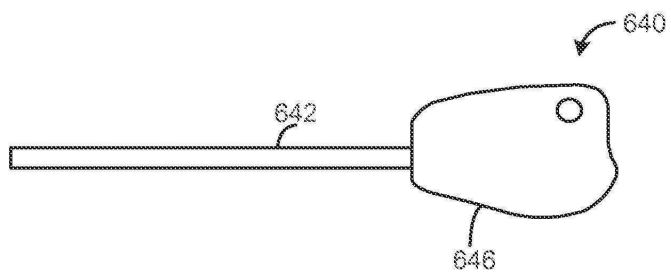
도면6b



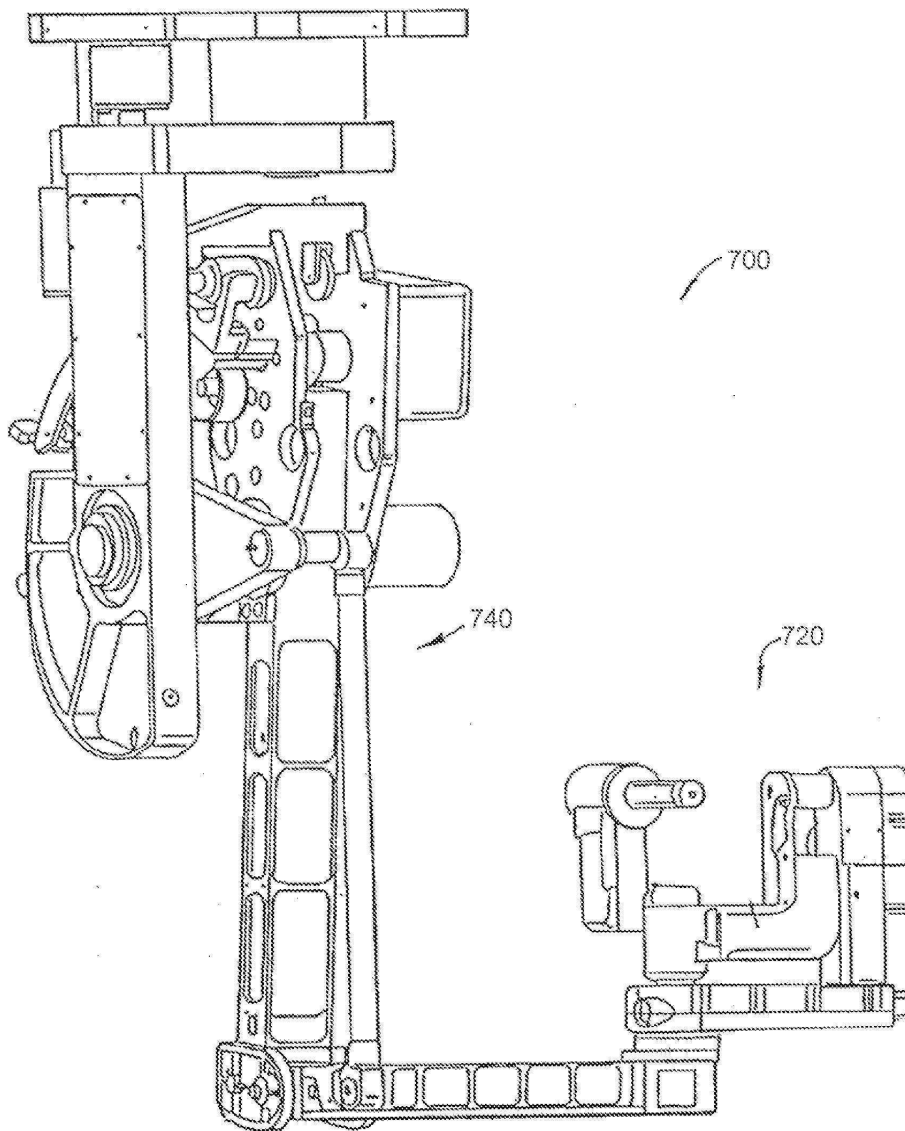
도면6c



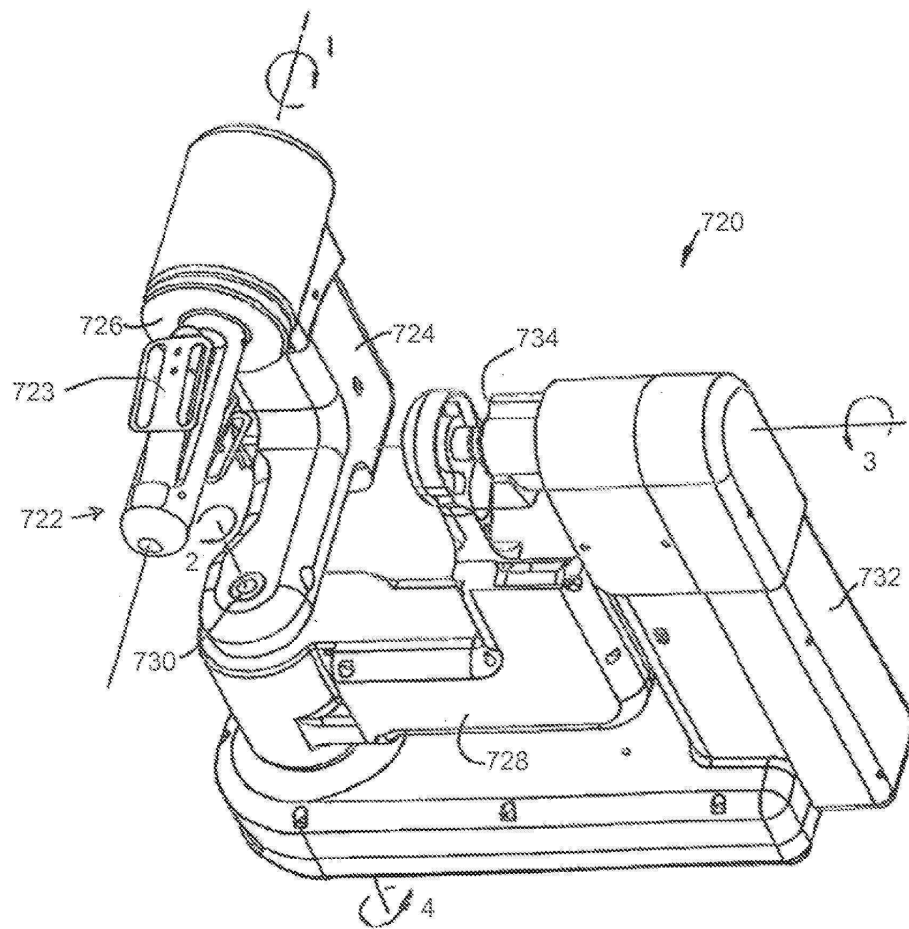
도면6d



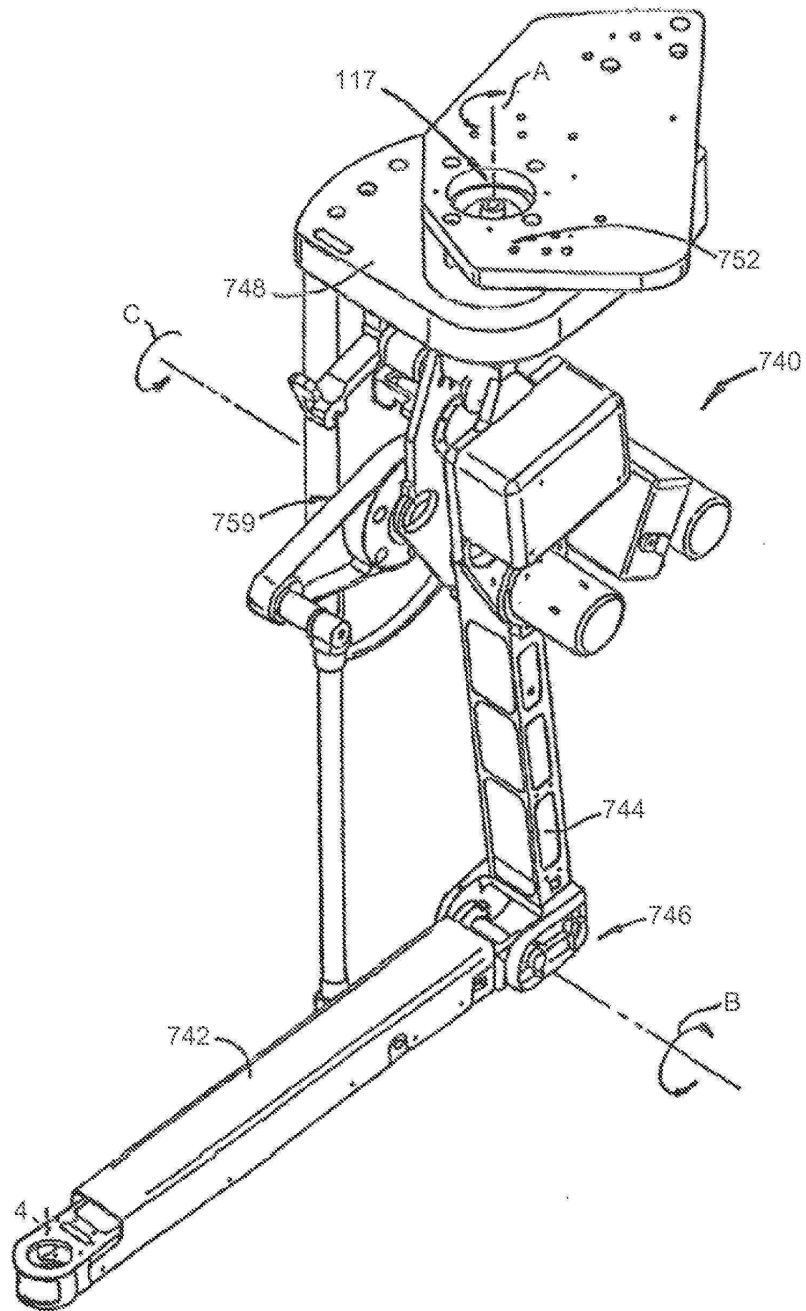
도면7a



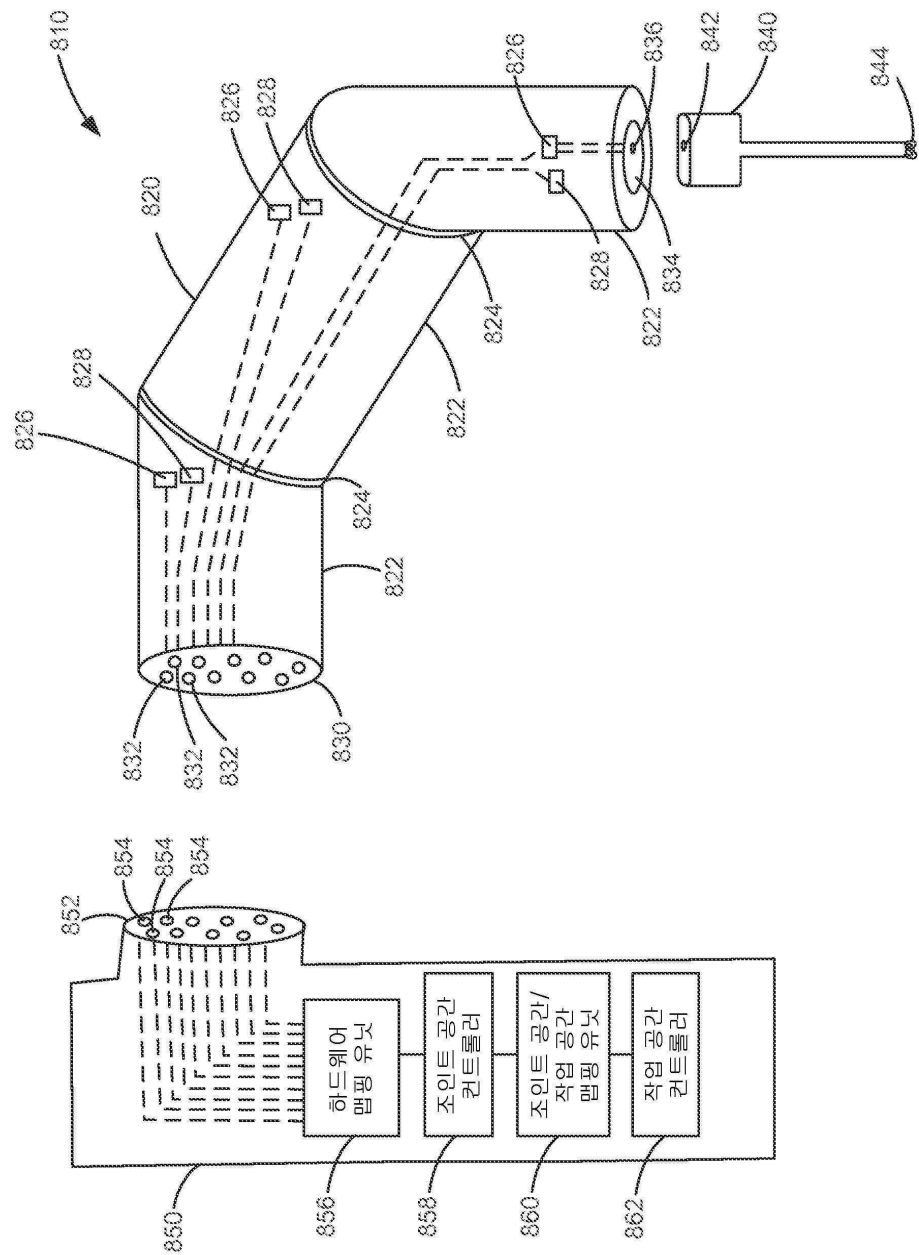
도면7b



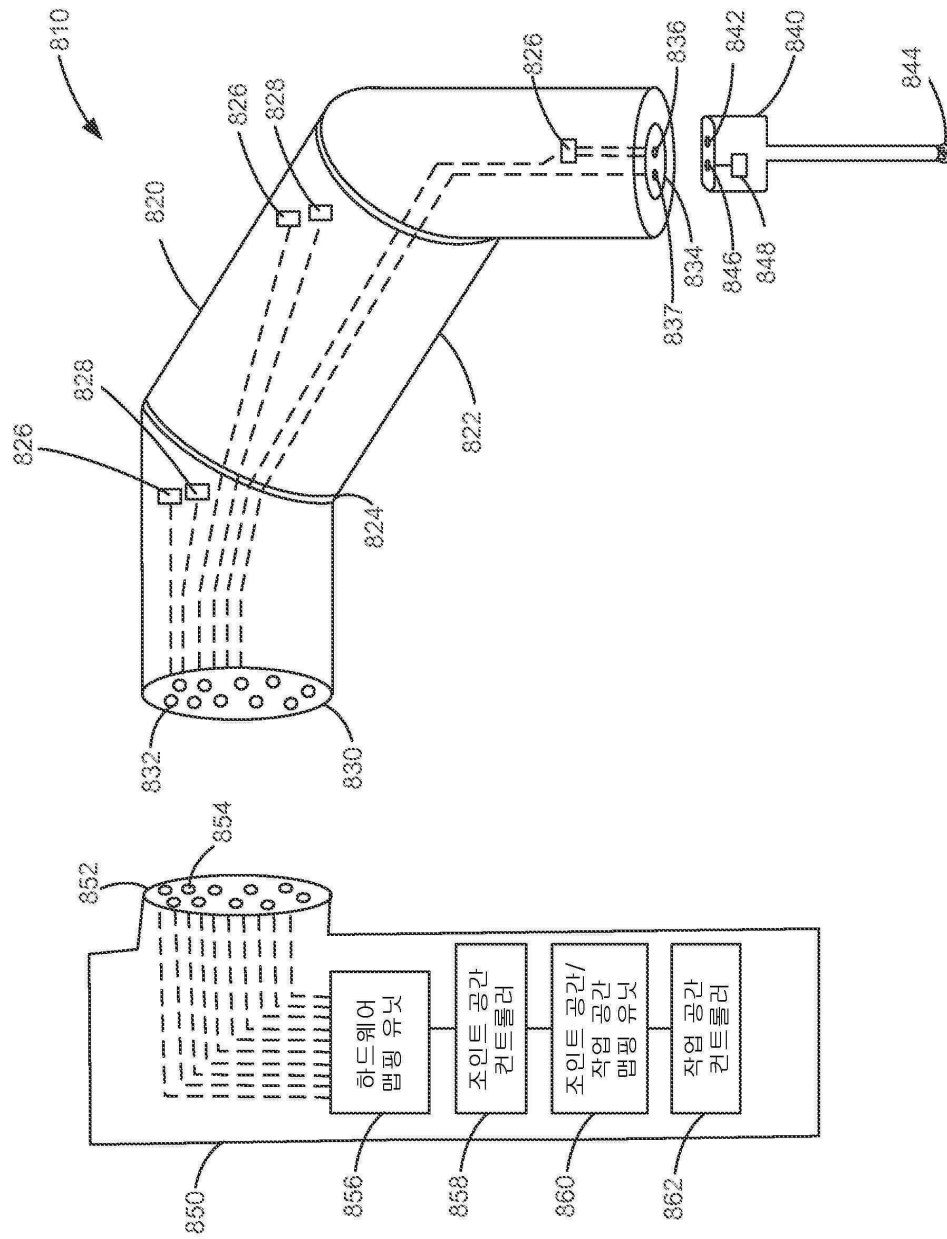
도면7c



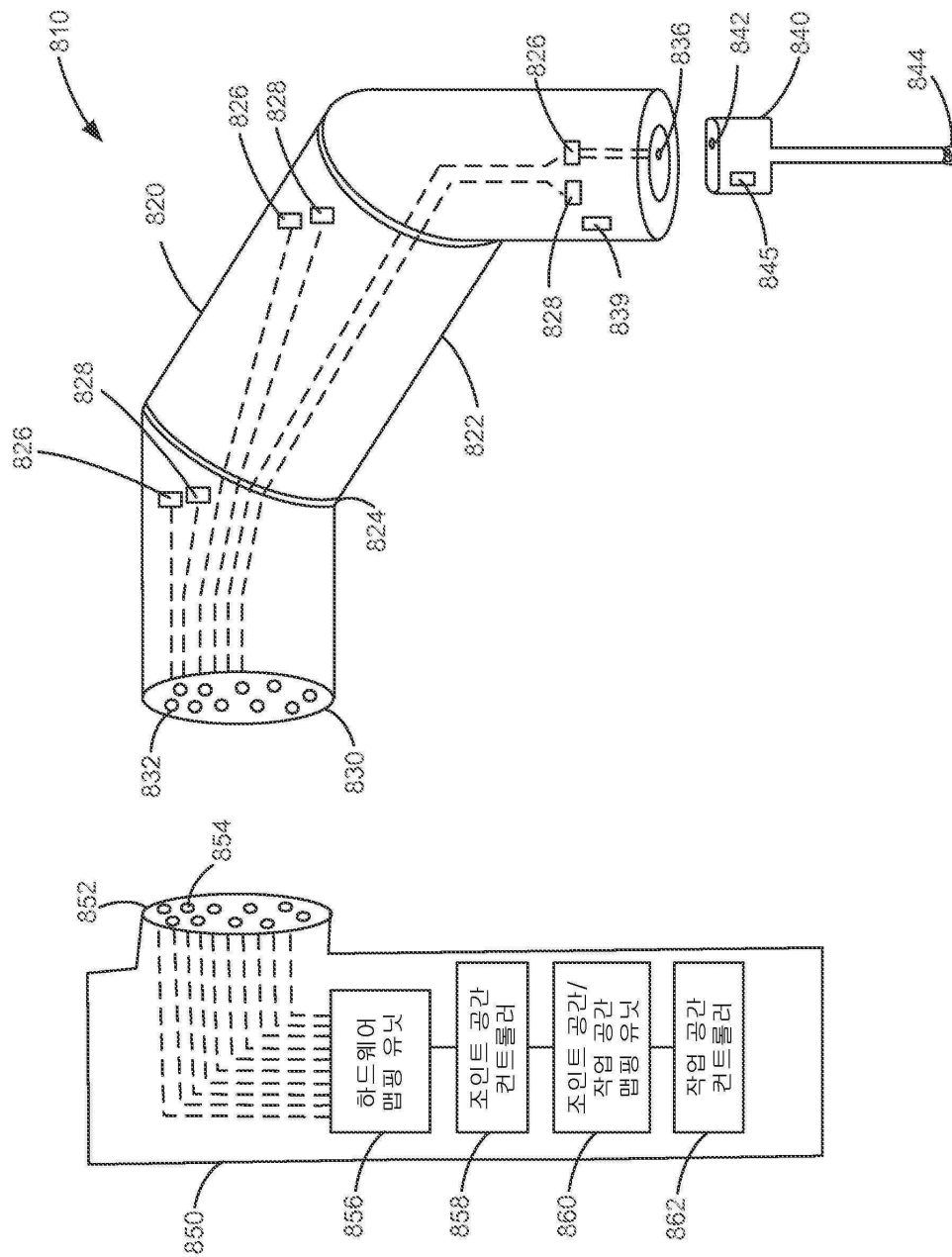
도면8a



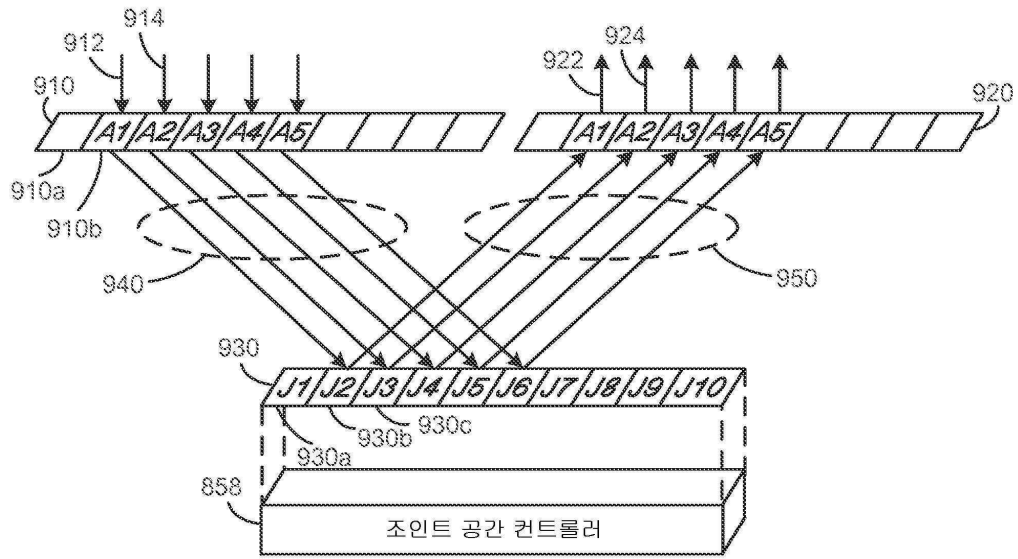
도면 8b



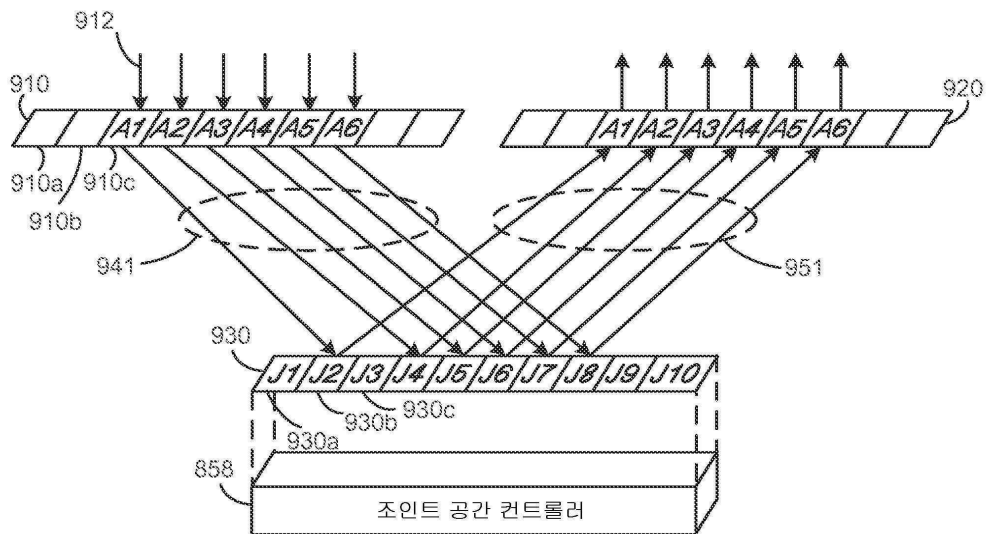
도면 8c



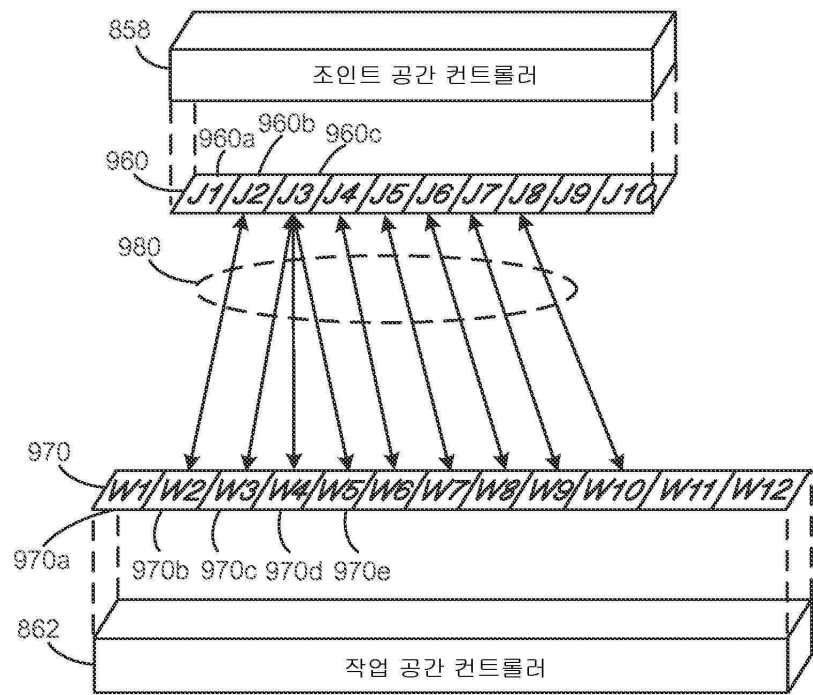
도면9a



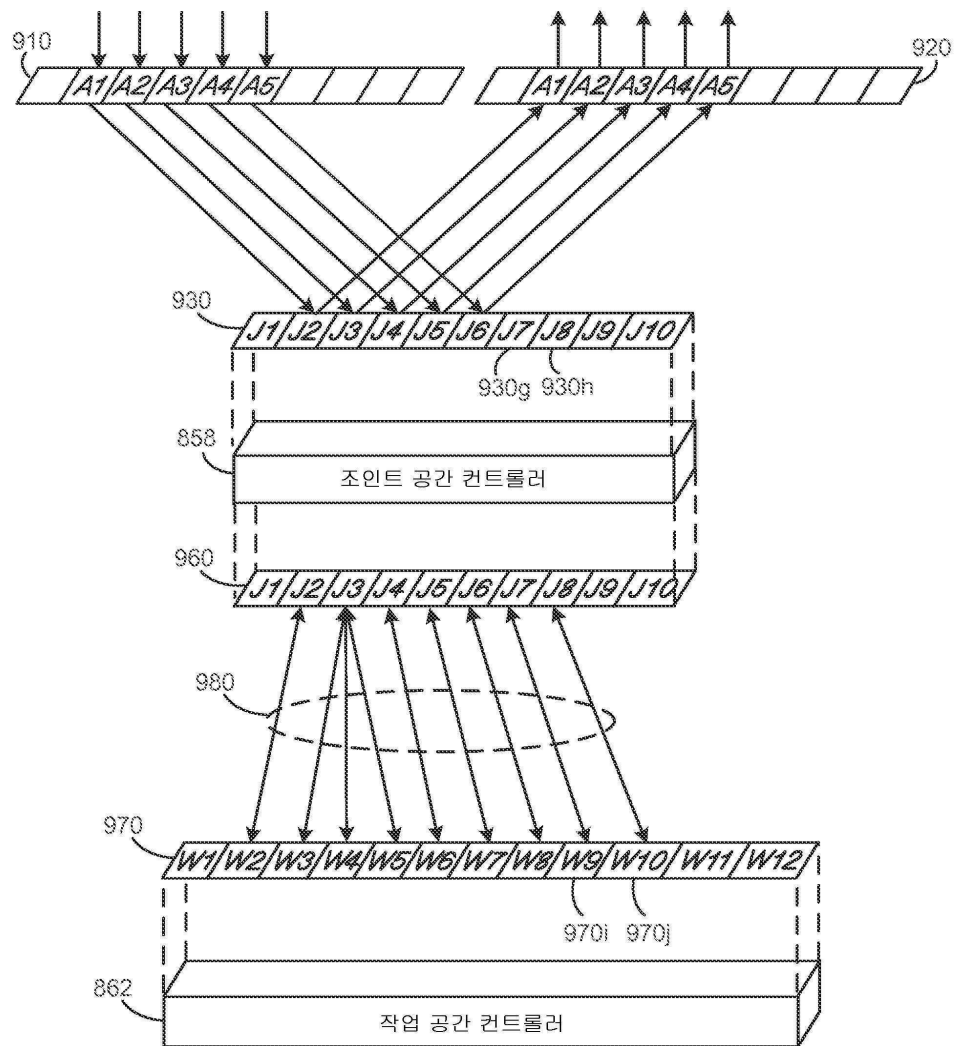
도면9b



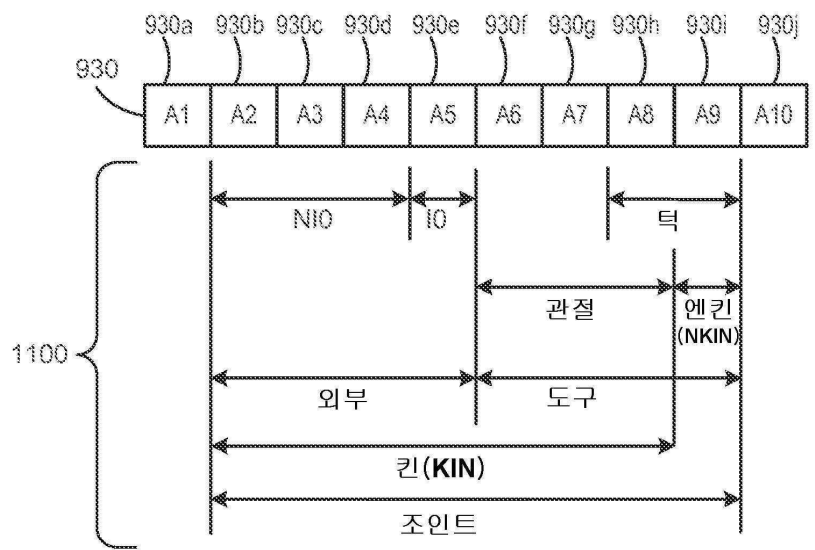
도면9c



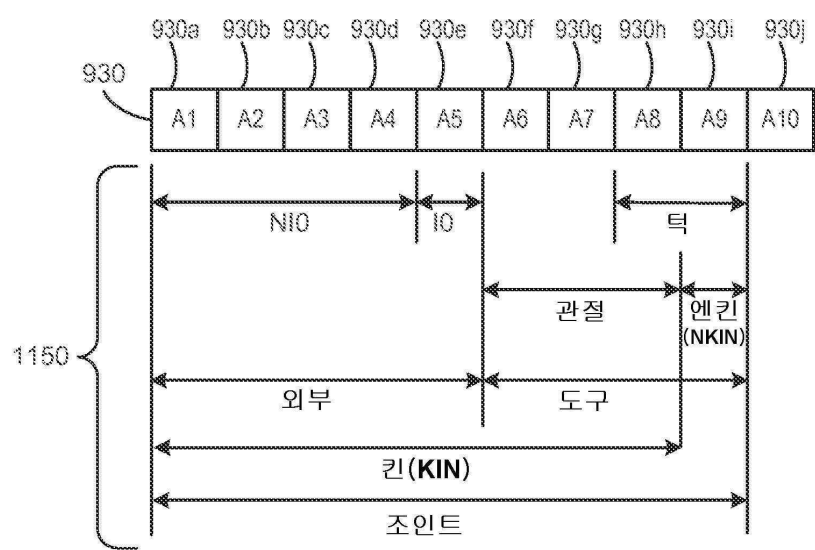
도면10



도면11a



도면11b



도면12a

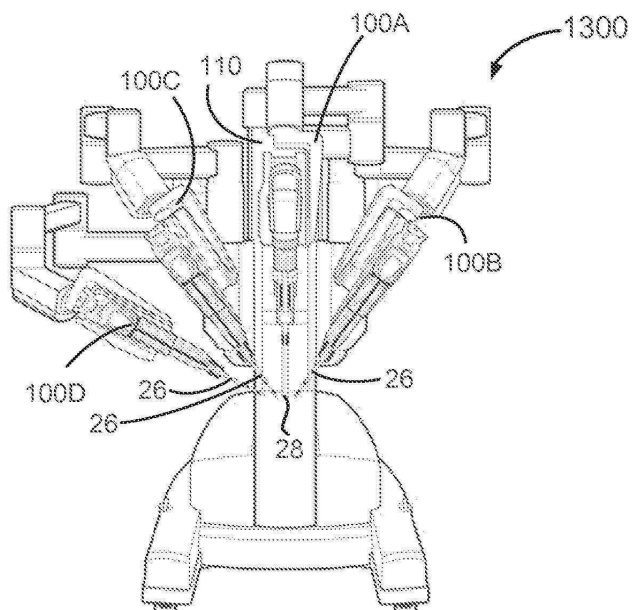
1200	조인트 공간 인터페이스 엘리먼트	커넥터 엘리먼트										1210
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	...	Aj		
		J1										
		J2	x									
		J3		x								
		J4			x							
		J5				x						
		J6					x					
		J7										
		...										
		Jk										

도면12b

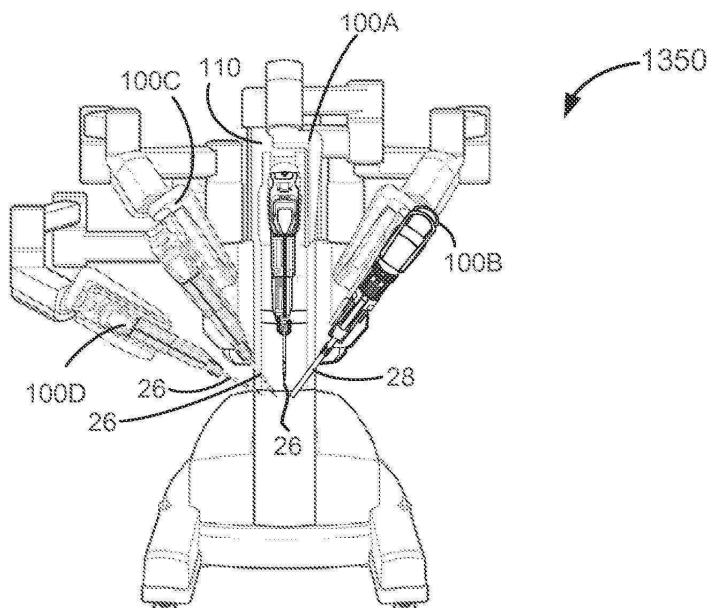
1250	조인트 공간 인터페이스 엘리먼트	조인트 공간 인터페이스 엘리먼트										1260
		J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	...	Jk		
		W1	x						1280			
		W2		x					1282			
		W3			x				1284			
		W4			x				1286			
		W5				x						
		W6					x					
		W7						x				
		...										
		Wm										

1270	1280	1282	1284	1286
------	------	------	------	------

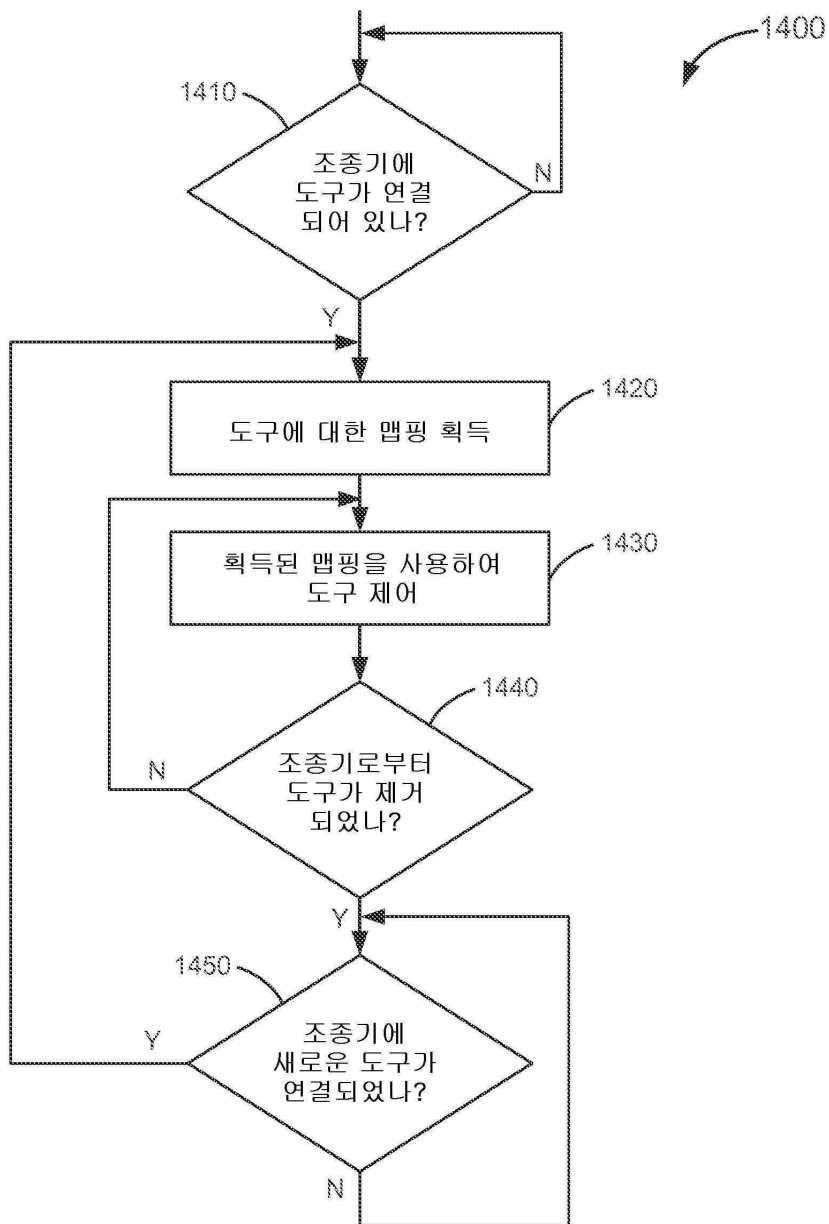
도면13a



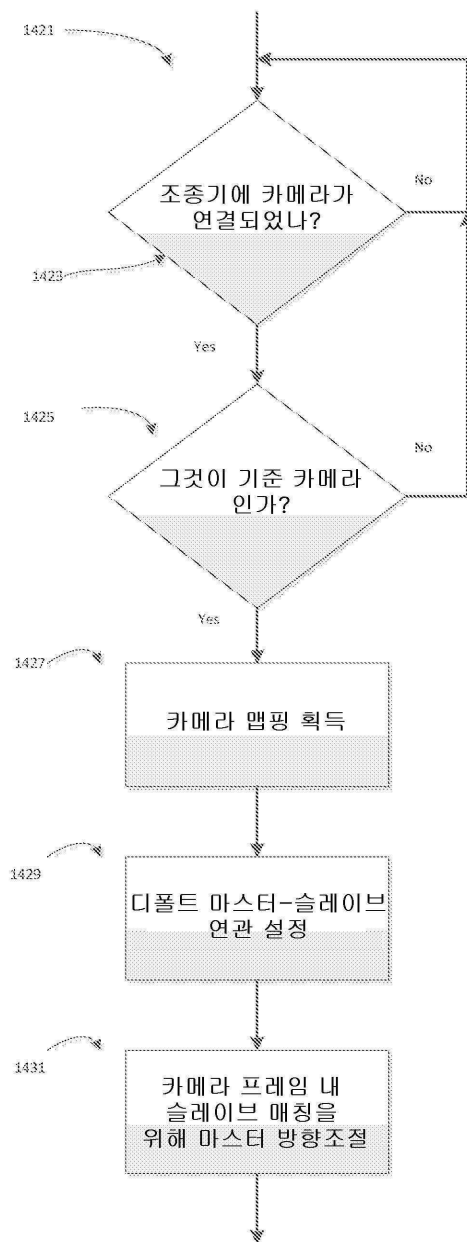
도면13b



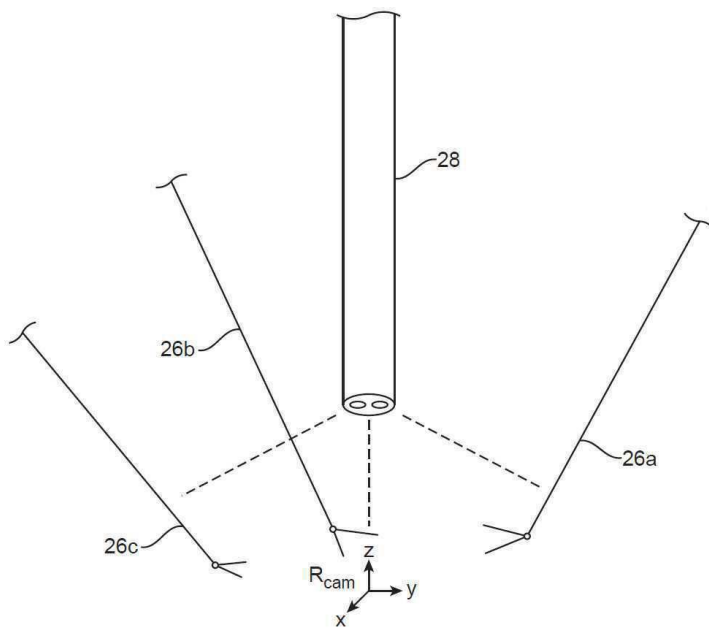
도면14



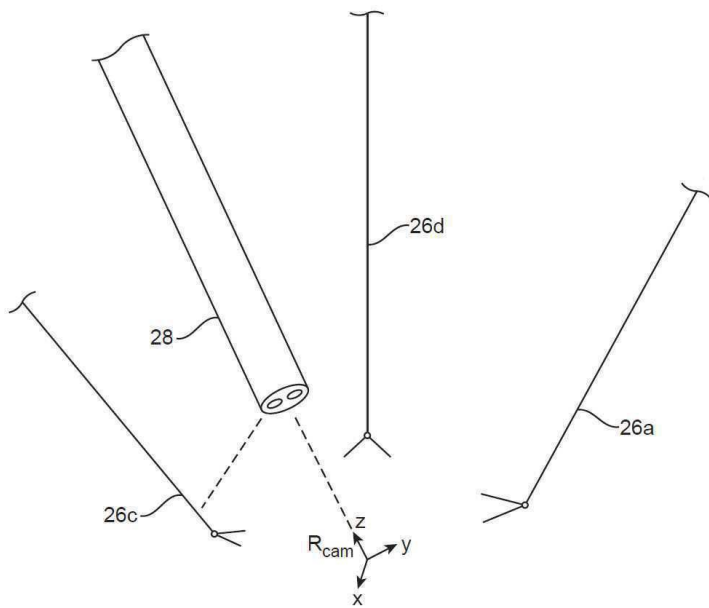
도면14a



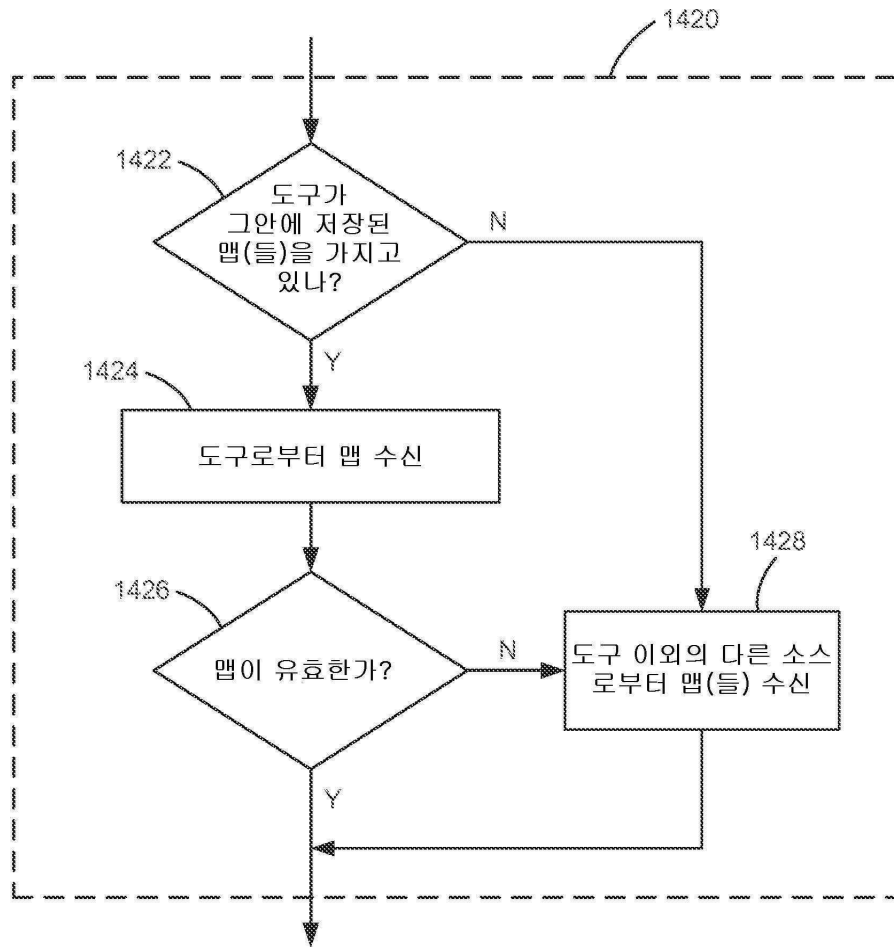
도면14b



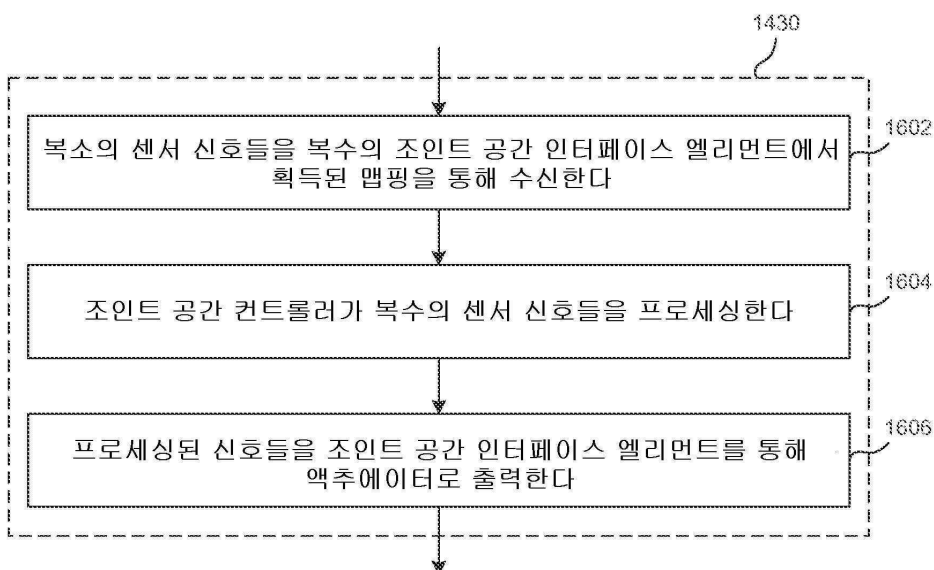
도면14c



도면15



도면16a



도면16b

