



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년06월24일

(11) 등록번호 10-2412804

(24) 등록일자 2022년06월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 34/32 (2016.01) **A61B 34/00** (2016.01)
A61B 90/50 (2016.01)
 (52) CPC특허분류
A61B 34/32 (2016.02)
A61B 34/70 (2016.02)
 (21) 출원번호 10-2021-7027959(분할)
 (22) 출원일자(국제) 2015년03월17일
 심사청구일자 2021년09월17일
 (85) 번역문제출일자 2021년09월01일
 (65) 공개번호 10-2021-0112401
 (43) 공개일자 2021년09월14일
 (62) 원출원 특허 10-2016-7024558
 원출원일자(국제) 2015년03월17일
 심사청구일자 2020년03월03일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2015/021047
 (87) 국제공개번호 WO 2015/142907
 국제공개일자 2015년09월24일
 (30) 우선권주장
 61/954,452 2014년03월17일 미국(US)
 62/019,311 2014년06월30일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020120107909 A
 US08506556 B2
 US20140052154 A1
 WO2014028699 A1

(73) 특허권자
 인튜어티브 서지컬 오퍼레이션즈 인코포레이티드
 미국 캘리포니아 94086 서니베일 키퍼 로드 1020
 (72) 발명자
 그리피스 폴 지
 미국 캘리포니아 95054 산타클라라 칼라일 코트
 4503 아파트먼트 2304
 모어 폴 더블유
 미국 캘리포니아 94040 마운틴 뷰 먼로 드라이브
 301
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 양영준, 김윤기

전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 전창익

(54) 발명의 명칭 운동 범위 한계를 피하기 위한 자동 푸시 아웃

(57) 요약

로봇 장치 및/또는 수술 장치, 시스템, 및 방법은 동적 링크장치 구조 및 시스템의 사용을 위한 준비를 촉진시키도록 구성된 관련 컨트롤 시스템을 포함하고 있다. 몇몇 실시예에서는, 능동적으로 구동되는 조인트가 다중 머니플레이터 중의 하나의 이동에 대응하여 다중 머니플레이터를 지지하는 플랫폼 구조를 이동시켜서, 상기 다중 머니플레이터를 하나의 장치로서 작업 공간과 정렬되게 이동시킴으로써 전체 시스템의 배치를 용이하게 하고 촉진시킨다. 연쇄의 하나의 조인트, 몇 개의 조인트, 또는 모든 조인트를 하드 스톱 또는 상기 조인트와 관련된 물리적인 운동 범위 한계로부터 멀어지게 하거나 세트업 모드를 종료할 때 연쇄의 하나의 조인트, 몇 개의 조인트, 또는 모든 조인트에 대해 원하는 운동 범위를 유지시키기 위해서 시스템 및 방법이 또한 제공된다.

(52) CPC특허분류

A61B 90/50 (2016.02)

A61B 2090/5025 (2016.02)

(72) 발명자

잇코비츠 브랜든 디

미국 캘리포니아 94086 씨니베일 마리아 레인 834
아파트먼트 1050

닉슨 토마스 알

미국 캘리포니아 95125 산호세 페어뷰 애비뉴 1074

데벤겐조 로만

미국 캘리포니아 95051 산타클라라 막달레나 씨클
샵103 1912

명세서

청구범위

청구항 1

원격조종 시스템으로서,

조인트를 포함하는 링크장치;

상기 링크장치에 작동가능하게 결합되어 있는 구동 또는 제동 시스템; 및

상기 구동 또는 제동 시스템에 결합되어 있는 컴퓨팅 장치를 포함하고,

상기 컴퓨팅 장치는,

상기 조인트가 상기 조인트에 대한 소프트웨어 한정 운동 범위 한계와 상기 조인트에 대한 물리적인 운동 범위 한계의 사이에 있는 운동 범위 한계 엔빌로프 내에 있는 것을 검출하고 - 상기 소프트웨어 한정 운동 범위 한계는 상기 물리적인 운동 범위 한계로부터 일정 거리 이격됨 -,

상기 조인트가 상기 운동 범위 한계 엔빌로프에 진입할 때부터의 일정 기간 동안, 상기 조인트가 운동 범위 한계 엔빌로프 내에 있다는 것을 검출한 것에 응답하여, 상기 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 작용을 지연시키도록 구성되는 원격조종 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 구동 또는 제동의 작용은 조인트를 휴지 또는 잠금 위치에 유지시키는 원격조종 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

지지 구조;

링크장치에 의해 상기 지지 구조가 결합되는 머니플레이터; 및

상기 조인트의 이동을 통해 상기 지지 구조에 대한 상기 머니플레이터의 수동 위치결정을 허용하도록, 상기 컴퓨팅 장치로 하여금 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동을 멈추게 하도록 구성되는 입력 버튼을 더 포함하는 원격조종 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

지지 구조;

링크장치에 의해 상기 지지 구조가 결합되는 머니플레이터를 더 포함하고,

상기 컴퓨팅 장치는, 상기 조인트의 이동을 통해 상기 지지 구조에 대한 상기 머니플레이터의 수동 위치결정을 허용하도록, 조인트 작동에 응답하여 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동을 멈추게 하도록 추가로 구성되는 원격조종 시스템.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 링크장치는 하나 이상의 스프링을 포함하고,

상기 하나 이상의 스프링은, 물리적인 운동 범위 한계로의 상기 조인트의 이동을 저지하거나, 또는 상기 운동 범위 한계 엔빌로프 밖으로 상기 조인트를 밀어내거나, 또는 상기 물리적인 운동 범위 한계로의 상기 조인트의 이동을 저지하면서 상기 운동 범위 한계 엔빌로프 밖으로 상기 조인트를 밀어내도록 구성되는 원격조종 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 하나 이상의 스프링은 하나 이상의 가상 스프링을 포함하는 원격조종 시스템.

청구항 7

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 컴퓨팅 장치는, 상기 조인트가 운동 범위 한계 엔빌로프 내에 위치되어 있는 상태에서 상기 구동 또는 제동 시스템의 구동 또는 제동이 작용되면 오퍼레이터가 지각할 수 있는 방식으로 오류 신호를 출력하도록 추가로 구성되는 원격조종 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 컴퓨팅 장치는, 상기 조인트가 운동 범위 한계 엔빌로프 외측으로 이동된 후에 오류 신호를 지우도록 추가로 구성되는 원격조종 시스템.

청구항 9

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 컴퓨팅 장치는, 물리적인 운동 범위 한계를 향한 조인트의 이동에 대항하여 저항력을 증가시키도록 추가로 구성되는 원격조종 시스템.

청구항 10

원격조종 시스템의 제어 방법을 수행하기 위한 컴퓨터 판독가능 코드 명령어를 수록하는 유형의(tangible) 매체로서, 상기 방법은,

컴퓨팅 장치에 의해, 원격조종 시스템의 링크장치의 조인트가 상기 조인트에 대한 소프트웨어 한정 운동 범위 한계와 상기 조인트에 대한 물리적인 운동 범위 한계의 사이에 있는 운동 범위 한계 엔빌로프 내에 있는 것을 검출하는 단계 - 상기 소프트웨어 한정 운동 범위 한계는 상기 물리적인 운동 범위 한계로부터 일정 거리 이격됨 -; 및

상기 컴퓨팅 장치에 의해 그리고 상기 조인트가 운동 범위 한계 엔빌로프 내에 있다는 것을 검출한 단계에 응답하여, 조인트가 상기 운동 범위 한계 엔빌로프에 진입할 때부터의 일정 기간 동안, 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 작용을 지연시키는 단계를 포함하는 유형의 매체.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 링크장치는 상기 원격조종 시스템의 머니플레이터를 상기 원격조종 시스템의 지지 구조에 결합시키고, 상기 방법은,

상기 컴퓨팅 장치에 의해 그리고 조인트 작동에 응답하여, 상기 조인트의 이동을 통해 상기 지지 구조에 대한 상기 머니플레이터의 수동 위치결정을 허용하도록, 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동을 멈추게 하는 단계를 더 포함하는 유형의 매체.

청구항 12

제10항에 있어서, 상기 방법은,

상기 컴퓨팅 장치에 의해, 물리적인 운동 범위 한계를 향한 조인트의 이동에 대항하여 저항력을 증가시키는 단계를 더 포함하는 유형의 매체.

청구항 13

제10항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 방법은,

하나 이상의 스프링을 사용하여 물리적인 운동 범위 한계로의 상기 조인트의 이동을 저지하는 단계; 또는

하나 이상의 스프링을 사용하여 운동 범위 한계 엔빌로프 밖으로 상기 조인트를 밀어내는 단계; 또는

하나 이상의 스프링을 사용하여 상기 물리적인 운동 범위 한계로의 상기 조인트의 이동을 저지하면서 상기 운동 범위 한계 엔빌로프 밖으로 상기 조인트를 밀어내는 단계를 더 포함하는 유형의 매체.

청구항 14

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 본 명세서에 그 개시 내용이 참고로 포함되어 있는 2014년 3월 17일자로 출원된 미국 가특허 출원 제 61/954,452호 및 2014년 6월 30일자로 출원된 미국 가특허 출원 제62/019,311호에 대한 우선권 주장 출원이다.

배경 기술

[0002] 최소 침습 의료 기술은 진단 과정이나 수술 과정에서 손상되는 진단이나 수술과 무관한 조직의 양을 감소시켜서, 환자 회복 시간, 불편함, 그리고 유해한 부작용을 감소시키기 위한 것이다. 최소 침습 수술의 한 가지 효과는, 예를 들면, 수술후 병원에서의 회복 시간이 줄어든다는 것이다. 통상적인 개복 수술에 대한 평균적인 병원 체류기간은 통상적으로 유사한 최소 침습 수술에 대한 평균적인 병원 체류기간보다 상당히 길기 때문에, 최소 침습 기법을 많이 이용하면 병원비를 매년 수백만 달러를 절감할 수 있다. 미국에서 매년 수행되는 많은 수술이 아마도 최소 침습 방식으로 수행될 수 있지만, 최소 침습 수술 기구의 제한사항 및 최소 침습 수술 기구를 완전히 다루는 것과 관련된 부가적인 수술 교육으로 인해 현재 행해지는 수술의 일부분만 이러한 유리한 기법을 이용하고 있다.

[0003] 외과의사의 숨씨를 향상시키고 종래의 최소 침습 기술에 대한 제한사항들 중의 일부를 회피하도록 최소 침습 로봇 수술 시스템 또는 원격수술 시스템이 개발되고 있다. (수술 시스템과 같은 원격조종식 의료 장치는 이들이 로봇 기술을 포함하고 있으므로 로봇 수술 시스템이라고 한다). 원격수술에서, 외과의사는 손으로 수술 기구를 직접 쥐고 움직이는 것이 아니라, 수술 기구 움직임을 조종하기 위해 원격 제어장치의 몇 가지 형태(예를 들면, 서보기구 또는 이와 유사한 것)를 사용한다. 원격수술 시스템에서, 외과의사는 수술용 워크스테이션(surgical workstation)에서 수술 부위의 영상을 제공받을 수 있다. 외과의사는 디스플레이에 나타난 수술 부위의 2차원 영상 또는 3차원 영상을 관찰하면서, 서보 기계식 작동 기구의 운동을 제어하는 마스터 컨트롤 장치를 조작함으로써 환자에 대해 수술을 수행한다.

[0004] 원격수술에 사용되는 서보기구는(외과의사의 두 손의 각각에 대해서 하나씩 배치된) 두 개의 마스터 컨트롤러로부터 입력을 종종 수용하고 각각에 대해서 수술 기구가 장착되는 두 개 이상의 로봇 암을 포함할 수 있다. 마스터 컨트롤러와 해당 로봇 암 및 수술 기구 조립체 사이의 수술 소통(operative communication)은 통상적으로 컨트롤 시스템을 통해서 이루어진다. 상기 컨트롤 시스템은 통상적으로 적어도 하나의 프로세서를 포함하고 있고, 상기 프로세서는, 예를 들면, 힘 피드백 등의 경우에 있어서 입력 명령을 마스터 컨트롤러로부터 해당 로봇 암 및 수술 기구 조립체로 그리고 다시 로봇 암 및 수술 기구 조립체로부터 해당 마스터 컨트롤러로 전달한다. 로봇 수술 시스템의 한 가지 예는 미국 캘리포니아 씨니베일에 있는 인튜어티브 서지컬사(Intuitive Surgical, Inc.)에 의해 상업화된 DA VINCI[®] 시스템이다.

[0005] 로봇 수술 동안 수술 부위에 있는 수술 기구를 지지하기 위해서 다양한 구조적 방식이 이용될 수 있다. 피구동 링크장치 또는 "슬레이브(slave:종속장치)"는 종종 로봇 수술용 머니플레이터라고 하며, 최소 침습 로봇 수술 동안 로봇 수술용 머니플레이터로서 사용되는 예시적인 링크장치가 미국 특허 제7,594,912호; 제6,758,843호; 제6,246,200호; 그리고 제5,800,423호에 기술되어 있고, 이들 문헌의 전체 개시내용은 본 명세서에 참고로 포함되어 있다. 이러한 링크장치는 샤프트를 가지고 있는 기구를 유지하기 위해서 종종 평행사변형 배치를 사용한다. 이러한 머니플레이터 구조는 상기 기구가 강성의 샤프트의 길이를 따라서 공간 내에 위치된 조종의 원격 중심에 대해서 피벗운동하도록 상기 기구의 이동을 제한할 수 있다. 조종의 원격 중심을 내부 수술 부위에 대

한 절개 지점과(예를 들면, 복강경 수술 동안 복벽(abdominal wall)에 있는 투관침(trocar) 또는 캐놀라와) 정렬시킴으로써, 복벽에 대해 잠재적으로 위험한 힘을 가하지 않으면서 머니플레이터 링크장치를 이용하여 상기 샤프트의 근위 단부를 이동시키는 것에 의해 수술 기구의 엔드 이펙터가 안전하게 위치될 수 있다. 대체 형태의 머니플레이터 구조는, 예를 들면, 미국 특허 제 7,763,015호; 제 6,702,805호; 제 6,676,669호; 제 5,855,583호; 제 5,808,665호; 제 5,445,166호; 그리고 제 5,184,601호에 기술되어 있고, 이들 문헌의 전체 개시내용은 본 명세서에 참고로 포함되어 있다.

[0006] 로봇 수술 동안 수술 부위에 있는 로봇 수술용 머니플레이터와 수술 기구를 지지하고 위치시키기 위해서 다양한 구조적 방식이 이용될 수 있다. 종종 세트업 조인트, 또는 세트업 조인트 아암이라고 칭해지는 지지용 링크장치 메카니즘(예를 들면, 이동가능한 조인트 등에 의해 연결된 두 개 이상의 개별 링크의 연속적인 연쇄(serial mechanical chain))가 각각의 머니플레이터를 위치시키고 환자의 신체의 각각의 절개 지점과 정렬시키기 위해서 흔히 사용된다. 한 개의 링크장치가 두 개 이상의 개별 구성 기계식 조인트(또는 연속적으로 유연한 구조의 경우에는, 무한수의 개별 구성 기계식 조인트)를 포함할 수 있지만, 대체로 개별 구성 조인트에 대응하는 두 개 이상의 자유도를 가진 한 개의 조인트가 고려된다. 상기 지지용 링크장치 메카니즘은 수술용 머니플레이터의 원하는 수술 절개 지점 및 목표 해부 구조와의 정렬(alignment)을 용이하게 한다. 예시적인 지지용 링크장치 메카니즘은 미국 특허 제 6,246,200호; 제 6,788,018호; 미국 특허 제 7,763,015호; 그리고 미국 특허 제 7,837,674호에 기술되어 있고, 이들 문헌의 전체 개시내용은 본 명세서에 참고로 포함되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 새로운 원격수술 시스템 및 장치는 매우 효과적이고 유익한 것으로 판명되었지만, 여전히 추가적인 개량이 요구된다. 대체로, 개선된 최소 침습 로봇 수술 시스템이 요구된다. 이러한 개선된 기술이 로봇 수술 시스템의 이용의 효율성과 편의성을 향상시킨다면 특히 유익할 것이다. 예를 들면, 조종성을 높이고, 수술실에서의 공간 활용도를 향상시키고, 보다 신속하고 보다 용이한 세트업을 제공하고, 사용하는 동안 로봇 장치들간의 충돌을 방지하고, 및/또는 이러한 새로운 수술 시스템의 기계적인 복잡성과 크기를 감소시키는 것이 특히 유익할 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 아래의 설명은 본 발명의 기본적인 이해를 제공하기 위해서 본 발명의 여러 실시례의 단순화된 개요를 제공한다. 이 개요는 본 발명의 광범위한 개관을 아니다. 아래의 설명은 본 발명의 핵심적인/중요한 요소를 확인하기 위한 것이거나 본 발명의 범위를 기술하기 위한 것은 아니다. 아래의 설명의 유일한 목적은 나중에 제공되는 보다 상세한 설명에 대한 서막으로서 단순화된 형태로 된 본 발명의 여러 실시례를 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명은 대체로 개량된 로봇 장치 및/또는 수술 장치, 시스템, 그리고 방법을 제공한다. 본 명세서에 기술된 동적 링크장치 구조 및 대응하는 컨트롤 시스템은 특정 환자에 대한 수술을 위해 준비하는 것을 포함하여 사용을 위한 준비로 시스템 사용자가 로봇 구조를 배치시키는 것을 도와주는데 특히 유리하다. 본 명세서에 기술된 예시적인 로봇 수술 시스템은 머니플레이터 구조를 수술 작업 부위와 정렬시키는 것을 도와주도록 구성되어 있는 하나 이상의 동적 링크장치 하위 시스템을 가질 수 있다. 이러한 세트업 시스템의 조인트는 능동적으로 구동될 수 있거나, (머니플레이터가 치료상으로 사용되는 동안 상기 조인트가 수동으로 관절운동된 다음 원하는 배치형태로 (구동 또는 제동 시스템 등을 이용하여)고정되도록)수동적일 수 있거나, 또는 상기 양자의 혼합형태일 수 있다. 본 명세서에 기술된 로봇 시스템의 여러 실시례는 하나 이상의 조인트가 연쇄(kinematic chain)의 하나 이상의 다른 조인트의 수동 관절운동에 대응하여 능동적으로 구동되는 세트업 모드를 이용할 수 있다. 다수의 실시례에서, 능동적으로 구동되는 조인트는 다중 머니플레이터들 중의 하나의 머니플레이터의 수동 이동에 대응하여 다중 머니플레이터를 지지하는 플랫폼 구조를 이동시켜서, 상기 다중 머니플레이터를 하나의 장치로서 작업 공간과의 초기의 방향적인 및/또는 위치적인 정렬상태로 이동시키는 것에 의해서 전체 시스템의 배치를 용이하게 하고 또한 촉진시킬 것이다. 머니플레이터 이동의 입력과 플랫폼에 의해 지지된 상기 다중 머니플레이터 중의 하나, 몇 개, 또는 전부의 독립적인 위치결정은 상기 플랫폼에 대해 상기 다중 머니플레이터 중의 하나, 몇 개, 또는 전부를 지지하는 수동 세트업 조인트 시스템(passive set-up joint system)을 통하여 선택적으로 제공될 수 있다. 선택적으로, 머니플레이터와 플랫폼의 사이에 배치된 세트업 조인트 링크장치의 수동 이동은 플랫폼의 이동을 초래할 수 있고, 플랫폼(및 이 플랫폼에 의해 지지된 다른 머니플레이터)은 말고빠로 말

을 이끄는 것과 비슷한 이동으로 머니플레이터의 수동 이동을 뒤따른다.

[0010] 많은 실시례에서, 연쇄(kinematic chain)의 하나의 조인트, 몇 개의 조인트, 또는 모든 조인트를 조인트와 관련된 "하드 스톱(hard stop)" 또는 물리적인 운동 범위 한계(ROM limit)에서 떨어지게 하거나 아니면 세트업 모드를 종료할 때 연쇄의 하나의 조인트, 몇 개의 조인트, 또는 모든 조인트에 대한 원하는 운동 범위를 유지시키는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들면, 수술 시스템의 안전 구조로서 연쇄의 조인트를 운동 범위(ROM) 한계에서 떨어지게 하는 것이 유리할 수 있다. 잉여 자유도(DOF)를 가진 시스템에서는, 상대적으로 더 원위의 조인트가 운동 범위(ROM) 한계(예를 들면, 완전히 압축된 상태)에 있으면, 하나 이상의 상대적으로 더 근위의 조인트가 잉여 자유도(DOF)로 원위 조인트로 이동되고, 원위 조인트의 원위부에 있는 아암은 대상물(예를 들면, 수술대 또는 이와 유사한 것) 또는 환자에 대해 극히 큰 힘을 작용시킬 수 있다. 따라서, 조인트와 물리적인 운동 범위(ROM) 한계 사이에 완충 지대를 제공하기 위해서 조인트를 물리적인 운동 범위(ROM) 한계로부터 밀어내거나 그렇지 않으면 조인트의 원하는 운동 범위를 유지시키는 것이 유리할 수 있다. 조인트를 정지 위치 및/또는 고정된 위치에 유지시키기 위해서 구동 또는 제동 시스템이 작동될 수 있지만, 예를 들어, 조인트가 구동력 또는 제동력을 넘어서는 외력을 받으면, 여전히 조인트의 유동(遊動) 또는 제한된 운동이 있을 수 있다. 따라서, 상기 완충 지대가 운동 범위(ROM) 한계쪽에서의 조인트 이동을 흡수 및/또는 저지할 수 있고 수술 시스템에 대한 추가적인 안전 조치를 제공할 수 있다.

[0011] 일부 실시례에서는, 푸시 아웃 구조(push-out feature) 또는 완충 지대가 제어 알고리즘으로 제공될 수 있다. 물리적인 스프링 및/또는 가상 스프링이 조인트의 운동 범위의 끝부분에 설치되거나 제공될 수 있다. 조인트와 관련된 구동 또는 제동 시스템을 재작용시키기 위해서 사용자가 손으로 조인트를 물리적인 운동 범위(ROM) 한계에 있는 스프링쪽으로 밀거나 신호를 보내면, 제어 장치가 적어도 지연 기간 동안 조인트 구동 또는 제동 시스템의 작용을 지연시킬 수 있다. 조인트 구동 또는 제동 시스템의 작용을 지연시키면 조인트의 위치를 고정시키기 위해 조인트 구동 또는 제동 시스템을 재작용시키기 전에 물리적인(또는 가상) 스프링이 조인트를 일정 거리 밀어내도록 할 수 있다.

[0012] 따라서, 제1 실시형태에서는 수술 시스템을 제어하는 방법이 제공된다. 상기 시스템은 세트업 링크장치에 의해 지지 구조와 결합된 수술용 머니플레이터를 가질 수 있다. 상기 세트업 링크장치는 제1 물리적인 운동 범위 한계와 제2 물리적인 운동 범위 한계 사이의 운동 범위를 가진 적어도 하나의 조인트를 포함할 수 있다. 상기 세트업 링크장치는 수술용 머니플레이터를 상기 지지 구조에 대해 원하는 위치와 방향으로 정렬시키는 것을 용이하게 하도록 구성될 수 있다. 상기 세트업 링크장치는 상기 세트업 링크장치에 작동가능하게 결합되어 있으며 작동될 때 상기 세트업 링크장치의 상기 지지 구조에 대한 의도하지 않은 운동을 제한하도록 구성된 구동 또는 제동 시스템을 더 포함할 수 있다. 예를 들면, 상기 조인트가 수동 관절운동(manual articulation)에 대항하기 위해서 모터를 포함할 수 있고, 이 경우 모터를 통하여 전류가 흐를 수 있다. 추가적으로, 또는 대체 실시형태로서, 상기 조인트가 조인트 상태를 고정시키기 위해서 조인트 브레이크를 포함할 수 있다. 상기 방법은 조인트의 제1 물리적인 운동 범위 한계로부터 일정 거리 이격된 제1 소프트웨어 한정 운동 범위 한계와 조인트의 제2 물리적인 운동 범위 한계로부터 일정 거리 이격된 제2 소프트웨어 한정 운동 범위 한계를 한정하는 것을 포함할 수 있다. 소프트웨어 한정 운동 범위 한계와 이에 대응하는 물리적인 운동 범위 한계 사이의 운동 범위는 운동 범위 한계 엔빌로프(a range of motion limit envelope)를 한정할 수 있다. 선택적으로, 상기 운동 범위 한계 엔빌로프는 완충 지대 또는 푸시 아웃 지대(push-out zone)로서 작용할 수 있다. 상기 방법은 세트업 링크장치의 적어도 하나의 조인트의 운동을 통하여 상기 지지 구조에 대한 상기 머니플레이터의 수동 위치결정(manual positioning)을 가능하게 하기 위해 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동을 멈추는 제1 사용자 입력을 수신하는 것을 더 포함할 수 있다. 제1 사용자 입력을 수신하는 것에 대응하여 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동이 멈추어질 수 있다. 조인트의 운동 범위 내에서 조인트의 위치가 검출될 수 있다. 예를 들면, 일부 실시례에서는, 상기 위치가 조인트와 관련된 하나 이상의 인코더(encoder)를 통하여 검출될 수 있다. 상기 방법은 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동을 재작용시키는 제2 사용자 입력을 수신하는 것을 더 포함할 수 있다. 제2 사용자 입력을 수신하는 것에 대응하여, 상기 방법은 조인트 위치가 제1 소프트웨어 한정 운동 범위 한계 또는 제2 소프트웨어 한정 운동 범위 한계 사이의 운동 범위에 의해 한정된 바람직한 위치 범위의 외측에 있는 것으로 검출되면 적어도 임계 기간(threshold duration of time) 동안 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작용을 지연시키는 것을 포함할 수 있다. 다시 말하면, 상기 시스템이 제1 소프트웨어 한정 운동 범위 한계와 제1 물리적인 운동 범위 한계 사이에서 또는 제2 소프트웨어 한정 운동 범위 한계와 제2 물리적인 운동 범위 한계 사이에서 운동을 검출하면, 상기 시스템이 일정 기간 동안 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작용을 지연시킬 수 있다.

- [0013] 상기 조인트가 프리즈메틱 조인트(prismatic joint)일 수 있고, 이 경우 제1 물리적인 운동 범위 한계는 프리즈메틱 조인트가 완전히 신장될 때 생기고 제2 물리적인 운동 범위 한계는 프리즈메틱 조인트가 완전히 압축될 때 생긴다. 제1 운동 범위 한계 엔빌로프는 제1 물리적인 운동 범위 한계로부터 제1 소프트웨어 한정 운동 범위 한계까지 뻗어 있는 0.5인치 이하의 운동 범위일 수 있고, 제2 운동 범위 한계 엔빌로프는 제2 물리적인 운동 범위 한계로부터 제2 소프트웨어 한정 운동 범위 한계까지 뻗어 있는 0.5인치 이하의 운동 범위일 수 있다. 제1 소프트웨어 한정 운동 범위 한계와 제2 소프트웨어 한정 운동 범위 한계 사이의 운동 범위는 조인트에 대한 바람직한 위치 범위를 한정할 수 있다.
- [0014] 상기 프리즈메틱 조인트가, 프리즈메틱 조인트의 완전히 신장된 형태로의 이동을 저지하기 위해 제1 운동 범위 한계 엔빌로프 내에 뻗어 있는 제1 물리적인 운동 범위 한계에 하나 이상의 스프링과, 프리즈메틱 조인트의 완전히 압축된 형태로의 이동을 저지하기 위해 제2 운동 범위 한계 엔빌로프 내에 뻗어 있는 제2 물리적인 운동 범위 한계에 하나 이상의 스프링을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서는, 정지 상태에 있을 때 상기 하나 이상의 스프링이 조인트의 물리적인 운동 범위 한계로부터 이에 대응하는 조인트의 소프트웨어 한정 운동 범위 한계까지 뻗을 수 있다. 다른 실시예에서는, 정지 상태에 있을 때 상기 하나 이상의 스프링이 조인트의 물리적인 운동 범위 한계로부터 이에 대응하는 조인트의 소프트웨어 한정 운동 범위 한계를 지나서 뻗을 수 있다.
- [0015] 일부 실시예에서는, 상기 프리즈메틱 조인트가 수직 세트업 조인트 또는 수평 세트업 조인트일 수 있다. 선택적으로, 상기 조인트가 피벗 조인트 또는 원통형 조인트(cylindrical joint)일 수 있다.
- [0016] 제1 물리적인 운동 범위 한계 또는 제2 물리적인 운동 범위 한계에 있는 하나 이상의 스프링의 압축을 검출하는 것에 의해서 조인트 위치가 제1 운동 범위 한계 엔빌로프 또는 제2 운동 범위 한계 엔빌로프 내에서 검출될 수 있다. 선택적으로, 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작업을 지연시키는 동안, 제1 물리적인 운동 범위 한계 또는 제2 물리적인 운동 범위 한계에 있는 하나 이상의 스프링이 해당 물리적인 운동 범위 한계쪽으로는 이동을 흡수하도록 및/또는 조인트를 제1 소프트웨어 한정 운동 범위 한계와 제2 소프트웨어 한정 운동 범위 한계 사이의 위치로 수동적으로 밀어내도록 구성되어 있다. 상기 방법은 하나 이상의 스프링이 조인트를 제1 소프트웨어 한정 운동 범위 한계와 제2 소프트웨어 한정 운동 범위 한계 사이의 운동 범위 내의 위치로 수동적으로 밀어낸 후 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동을 재초기화하는 것을 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 방법은 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작업을 임계 기간 동안 지연시킨 후, 조인트가 제1 운동 범위 한계 엔빌로프 또는 제2 운동 범위 한계 엔빌로프 내에 위치되어 있는 동안 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동을 재초기화하는 것 그리고 오퍼레이터가 지각할 수 있는 방식으로 오류 신호를 출력하는 것을 더 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 오류 신호는, 조인트가 제1 소프트웨어 한정 운동 범위 한계와 제2 소프트웨어 한정 운동 범위 한계 사이의 바람직한 위치 범위 내의 위치로 이동된 후에 지워질 수 있다. 그 후에, 조인트가 상기 바람직한 위치 범위 내에서 하드 스톱으로부터 떨어져서 위치된 상태에서 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동이 재작업될 수 있다.
- [0019] 일부 실시예에서는, 상기 구동 시스템이 기계적인 상력 스프링(mechanical constant force spring)과 결합된 모터일 수 있다. 상기 방법은, 조인트의 위치를 제1 운동 범위 한계 엔빌로프 내에서 또는 제2 운동 범위 한계 엔빌로프 내에서 검출하면 상기 기계적인 상력 스프링과 관련된 스프링 상수를 증가시키기 위해서 상기 모터를 구동시키는 것을 더 포함할 수 있다. 상기 방법은 또한 조인트가 제1 소프트웨어 한정 운동 범위 한계 근처에 있을 때 기계적인 상력 스프링의 스프링 상수를 증가시키고 조인트가 제2 소프트웨어 한정 운동 범위 한계 근처에 있을 때 기계적인 상력 스프링의 스프링 상수를 증가시키는 것을 포함할 수도 있다.
- [0020] 다른 실시예에서는, 원격조종식 수술 시스템이 제공될 수 있다. 상기 시스템은 세트업 링크장치에 의해 지지 구조와 결합된 수술용 머니플레이터를 포함할 수 있다. 상기 세트업 링크장치는 제1 물리적인 운동 범위 한계와 제2 물리적인 운동 범위 한계 사이의 운동 범위를 가진 적어도 하나의 조인트를 포함할 수 있다. 상기 세트업 링크장치는 수술용 머니플레이터를 상기 지지 구조에 대해 원하는 위치와 방향으로 정렬시키는 것을 용이하게 하도록 구성될 수 있다. 상기 세트업 링크장치는 상기 세트업 링크장치에 작동가능하게 결합되어 있으며 작동될 때 상기 세트업 링크장치의 상기 지지 구조에 대한 의도하지 않은 운동을 제한하도록 구성된 구동 또는 제동 시스템을 더 포함할 수 있다. 상기 시스템은 또한 상기 머니플레이터 또는 세트업 링크장치를 따라서 위치되어 있으며, 상기 세트업 링크장치의 적어도 하나의 조인트의 운동을 통하여 상기 지지 구조에 대한 상기 머니플레이터의 수동 위치결정을 가능하게 하기 위해서 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동을 선택적으로

멈추거나 작동시키도록 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템의 오퍼레이터 작동을 위해 구성된 스위치를 포함할 수 있다. 컴퓨팅 장치가 상기 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템과 결합될 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치는 상기 운동 범위 내에서 상기 조인트의 위치를 검출하도록 구성될 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치는 조인트의 제1 물리적인 운동 범위 한계로부터 일정 거리 이격된 제1 소프트웨어 한정 운동 범위 한계를 식별하고 제1 소프트웨어 한정 운동 범위 한계와 제1 물리적인 운동 범위 한계 사이에 제1 운동 범위 한계 엔빌로프를 한정할 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치는 또한 조인트의 제2 물리적인 운동 범위 한계로부터 일정 거리 이격된 제2 소프트웨어 한정 운동 범위 한계를 식별하고 제2 소프트웨어 한정 운동 범위 한계와 제2 물리적인 운동 범위 한계 사이에 제2 운동 범위 한계 엔빌로프를 한정할 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치는 제1 소프트웨어 한정 운동 범위 한계와 제2 소프트웨어 한정 운동 범위 한계쪽으로의 조인트의 수동 이동(manual movement)에 대한 저항력을 증가시키기 위해서 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템을 작동시키도록 구성될 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치가 제1 운동 범위 한계 엔빌로프 또는 제2 운동 범위 한계 엔빌로프 내에 위치한 조인트를 검출하면, 상기 컴퓨팅 장치는 적어도 임계 기간 동안 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작업을 지연시키도록 구성될 수 있다.

- [0021] 상기 조인트가 프리즈메틱 조인트(예를 들면, 수직 또는 수평 조인트)일 수 있고, 이 경우 제1 물리적인 운동 범위 한계는 프리즈메틱 조인트가 완전히 신장될 때 생기고 제2 물리적인 운동 범위 한계는 프리즈메틱 조인트가 완전히 압축될 때 생긴다. 제1 운동 범위 한계 엔빌로프는 제1 소프트웨어 한정 운동 범위 한계와 제1 물리적인 운동 범위 한계 사이에서의 1인치 이하(예를 들면, 0.5인치 이하, 0.25인치 이하, 등)의 운동 범위일 수 있고 제2 운동 범위 한계 엔빌로프는 제2 소프트웨어 한정 운동 범위 한계와 제2 물리적인 운동 범위 한계 사이에서의 1인치 이하(예를 들면, 0.5인치 이하, 0.25인치 이하, 등)의 운동 범위일 수 있다.
- [0022] 상기 프리즈메틱 조인트가, 프리즈메틱 조인트의 완전히 신장된 형태로의 이동을 저지하기 위해 제1 운동 범위 한계 엔빌로프 내에 뻗어 있는 제1 물리적인 운동 범위 한계에 하나 이상의 스프링을 포함할 수 있다. 상기 프리즈메틱 조인트가, 프리즈메틱 조인트의 완전히 압축된 형태로의 이동을 저지하기 위해 제2 운동 범위 한계 엔빌로프 내에 뻗어 있는 제2 물리적인 운동 범위 한계에 하나 이상의 스프링을 더 포함할 수 있다.
- [0023] 제1 물리적인 운동 범위 한계에 있는 하나 이상의 스프링과 제2 물리적인 운동 범위 한계에 있는 하나 이상의 스프링은 압축될 때 2mm 내지 6mm(예를 들면, 3mm 내지 3.5mm) 우그러지도록 구성될 수 있다.
- [0024] 압축될 때 0.5mm 내지 3mm(예를 들면, 1mm 내지 1.5mm)의 물질 변형이 되는 범퍼가 제1 물리적인 운동 범위 한계에 위치될 수 있고, 압축될 때 0.5mm 내지 3mm(예를 들면, 1mm 내지 1.5mm)의 물질 변형을 제공하기 위해 범퍼가 제2 물리적인 운동 범위 한계에 위치될 수도 있다.
- [0025] 상기 컴퓨팅 장치가 제1 물리적인 운동 범위 한계 또는 제2 물리적인 운동 범위 한계에 있는 하나 이상의 스프링의 압축을 검출하는 것에 의해서 제1 운동 범위 한계 엔빌로프 또는 제2 운동 범위 한계 엔빌로프 내에서의 조인트 위치를 검출하도록 구성될 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치가 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작업을 지연시키는 동안, 제1 물리적인 운동 범위 한계에 있는 하나 이상의 스프링이 조인트를 제1 소프트웨어 한정 운동 범위 한계와 제2 소프트웨어 한정 운동 범위 한계 사이의 위치로 수동적으로 밀어내도록 구성될 수 있다. 하나 이상의 스프링이 조인트를 제1 소프트웨어 한정 운동 범위 한계와 제2 소프트웨어 한정 운동 범위 한계 사이의 운동 범위 내의 위치로 수동적으로 밀어낸 후, 상기 컴퓨팅 장치가 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동을 재초기화할 수 있다. 상기 임계 기간은 3초 내지 8초(예를 들면, 4초 내지 5초)일 수 있다.
- [0026] 상기 컴퓨팅 장치가 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작업을 상기 임계 기간 동안 지연시킨 후, 상기 컴퓨팅 장치는, 조인트가 제1 운동 범위 한계 엔빌로프 내에 또는 제2 운동 범위 한계 엔빌로프 내에 위치되어 있는 동안은 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작업을 허용할 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치는, 조인트가 제1 운동 범위 한계 엔빌로프 내에 또는 제2 운동 범위 한계 엔빌로프 내에 위치되어 있는 상태에서 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템의 구동 또는 제동이 재작용되면 오퍼레이터가 지각할 수 있는 방식으로 오류 신호를 출력할 수 있다.
- [0027] 상기 컴퓨팅 장치는, 조인트가 제1 소프트웨어 한정 운동 범위 한계와 제2 소프트웨어 한정 운동 범위 한계 사이의 운동 범위 내의 위치로 이동된 후 상기 오류 신호를 지울 수 있고, 조인트가 제1 소프트웨어 한정 운동 범위 한계와 제2 소프트웨어 한정 운동 범위 한계 사이에 위치한 상태에서 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작업을 허용할 수 있다.

- [0028] 일부 실시예에서는, 구동 시스템이 기계적인 상력 스프링과 결합된 모터를 포함할 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치는 상기 모터와 결합될 수 있으며, 상기 컴퓨팅 장치가 제1 운동 범위 한계 엔빌로프 내에서 조인트의 위치를 검출하면 상기 기계적인 상력 스프링과 관련된 스프링 상수를 증가시키고 상기 컴퓨팅 장치가 제2 운동 범위 한계 엔빌로프 내에서 조인트의 위치를 검출하면 상기 기계적인 상력 스프링과 관련된 스프링 상수를 증가시키도록 상기 모터를 구동시킬 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치는 또한 조인트가 제1 소프트웨어 한정 운동 범위 한계 또는 제2 소프트웨어 한정 운동 범위 한계 근처에 있을 때 상기 기계적인 상력 스프링의 스프링 상수를 서서히 증가시키도록 구성될 수도 있다.
- [0029] 다른 실시예에서는, 의료 장치가 제공될 수 있다. 상기 의료 장치는 세트업 링크장치에 의해 지지 구조와 결합된 머니플레이터를 포함할 수 있다. 상기 세트업 링크장치는 적어도 하나의 조인트를 포함할 수 있으며 머니플레이터를 상기 지지 구조에 대해 원하는 위치와 방향으로 정렬시키는 것을 용이하게 하도록 구성될 수 있다. 상기 세트업 링크장치는 상기 세트업 링크장치에 작동가능하게 결합되어 있으며 상기 세트업 링크장치의 상기 지지 구조에 대한 의도하지 않은 운동을 제한하도록 구성된 구동 또는 제동 시스템을 포함하고 있다. 상기 의료 장치는 상기 머니플레이터 또는 세트업 링크장치를 따라서 위치되어 있으며, 상기 세트업 링크장치의 적어도 하나의 조인트의 운동을 통하여 상기 지지 구조에 대한 상기 머니플레이터의 수동 위치결정을 가능하게 하기 위해서 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동을 선택적으로 멈추거나 작용시키도록 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템의 오퍼레이터 작동을 위해 구성되어 있는 작동가능한 입력장치를 포함할 수 있다. 상기 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템과 결합되어 있는 컴퓨팅 장치가 제공될 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치는 세트업 링크장치의 적어도 하나의 조인트와 관련된 제1 운동 범위 한계의 제1 임계점 근처 내로의 세트업 링크장치의 적어도 하나의 조인트의 위치의 이동을 검출하도록 구성될 수 있다. 상기 머니플레이터의 상기 지지 구조에 대한 수동 위치결정에 대응하여 제1 임계점 근처 내에서 적어도 하나의 조인트의 위치를 검출하면, 상기 컴퓨팅 장치는 상기 작동가능한 입력장치와 관련된 재작용 신호에 대응하여 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작용을 지연시키도록 구성될 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치는 적어도 임계 기간 동안 구동 또는 제동의 재작용을 지연시키도록 구성될 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치는 또한 조인트의 제1 운동 범위 한계와 관련된 제1 임계점 근처 외측에서 적어도 하나의 조인트의 운동을 검출한 후에 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작용을 허용하도록 구성될 수 있다.
- [0030] 제1 임계점 근처가 운동 범위 한계로부터 0.5인치 이하의 범위일 수 있다. 선택적으로, 제1 임계점 근처가 운동 범위 한계로부터 0.25인치 이하의 범위이다.
- [0031] 적어도 하나의 조인트가 제1 운동 범위 한계에 하나 이상의 스프링을 포함할 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치는 제1 운동 범위 한계에 있는 하나 이상의 스프링의 압축을 검출하는 것에 의해서 세트업 링크장치의 적어도 하나의 조인트와 관련된 제1 운동 범위 한계의 제1 임계점 근처 내에서 세트업 링크장치의 적어도 하나의 조인트의 운동을 검출할 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치가 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작용을 지연시키는 동안, 제1 운동 범위 한계에 있는 하나 이상의 스프링이 조인트를 제1 운동 범위 한계의 제1 임계점 근처 외측으로 수동적으로 밀어내도록 구성될 수 있다. 하나 이상의 스프링이 조인트를 제1 운동 범위 한계의 제1 임계점 근처 외측으로 수동적으로 밀어낸 후, 상기 컴퓨팅 장치가 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동을 재초기화할 수도 있다. 선택적으로, 상기 임계 기간이 적어도 3초이다. 예를 들면, 상기 임계 기간이 3초 내지 10초일 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치가 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작용을 상기 임계 기간 동안 지연시킨 후, 상기 컴퓨팅 장치는, 조인트가 제1 운동 범위 한계의 제1 임계점 근처 내에 위치되어 있는 동안은 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작용을 허용하도록 구성될 수 있고, 그 후에 조인트가 제1 운동 범위 한계의 제1 임계점 근처 내에 위치되어 있는 동안 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템의 구동 또는 제동이 재작용되면 오퍼레이터가 지각할 수 있는 방식으로 오류 신호를 출력할 수 있다.
- [0032] 일부 실시예에서는, 상기 컴퓨팅 장치는, 조인트가 제1 운동 범위 한계의 제1 임계점 근처 외측으로 이동된 후 상기 오류 신호를 지울 수 있고, 조인트가 제1 운동 범위 한계의 제1 임계점 근처 외측에 있는 상태에서 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작용을 허용할 수 있다.
- [0033] 다른 실시예에서는, 상기 적어도 하나의 조인트는 조인트가 제1 운동 범위 한계의 제1 임계점 근처 내로 이동될 때 압축하는 운동 범위 한계에 있는 하나 이상의 스프링을 포함하고 있다. 조인트가 제1 운동 범위 한계의 제1 임계점 근처 내에 위치한 상태에서 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동이 재작용되면, 작동가능한 입력장치의 오퍼레이터 작동이 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동을 잠시 멈출 수 있고, 이것에 의해 제1 운동 범위 한계에 위치한 하나 이상의 스프링이 조인트를 제1 운동 범위 한계의 제1 임

계점 근처로부터 밀어낼 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치는 조인트가 제1 운동 범위 한계의 제1 임계점 근처로부터 밀려나간 후 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동을 자동적으로 재작용시킬 수 있다.

[0034] 세트업 링크장치가 세트업 링크장치에 작동가능하게 결합된 구동 시스템을 포함할 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치는, 상기 컴퓨팅 장치가 상기 머니플레이터의 상기 지지 구조에 대한 수동 위치결정에 대응하여 제1 임계점 근처 내에서 적어도 하나의 조인트의 위치를 검출하면 제1 운동 범위 한계쪽으로의 조인트의 이동에 대한 저항력을 증가시키기 위해서 상기 구동 시스템을 구동시키도록 구성될 수 있다. 상기 구동 시스템이 기계적인 상력 스프링과 결합된 모터를 포함할 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치는 상기 모터와 결합될 수 있으며 상기 컴퓨팅 장치가 상기 머니플레이터의 상기 지지 구조에 대한 수동 위치결정에 대응하여 제1 임계점 근처 내에서 적어도 하나의 조인트의 위치를 검출하면 상기 기계적인 상력 스프링과 관련된 스프링 상수를 증가시키도록 상기 모터를 구동시킬 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치는 조인트가 제1 운동 범위 한계 근처에 있을 때 상기 기계적인 상력 스프링의 스프링 상수를 서서히 증가시키도록 구성될 수 있다.

[0035] 상기 조인트가 상기 지지 구조에 대해 상기 머니플레이터의 높이를 조정하도록 구성된 프리즈메틱 조인트일 수 있다. 상기 프리즈메틱 조인트는 프리즈메틱 조인트가 완전히 신장될 때 제1 운동 범위 한계에 있을 수 있고 프리즈메틱 조인트가 완전히 압축될 때 제2 운동 범위 한계를 가질 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치는 또한 프리즈메틱 조인트의 제2 운동 범위 한계의 제2 임계점 근처 내의 위치로의 세트업 링크장치의 프리즈메틱 조인트의 위치의 이동을 검출하도록 구성될 수 있다. 상기 머니플레이터의 상기 지지 구조에 대한 수동 위치결정에 대응하여 제2 임계점 근처 내에서 프리즈메틱 조인트의 위치를 검출하면, 상기 컴퓨팅 장치는 적어도 임계 기간 동안 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작용을 지연시키도록 구성될 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치는 또한 프리즈메틱 조인트의 제2 운동 범위 한계와 관련된 제2 임계점 근처 외측의 위치로의 프리즈메틱 조인트의 이동을 검출한 후 세트업 링크장치의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작용을 허용하도록 구성될 수 있다. 상기 프리즈메틱 조인트가 제1 운동 범위 한계에 하나 이상의 스프링과, 제2 운동 범위 한계에 하나 이상의 스프링을 포함할 수 있다. 상기 하나 이상의 스프링은 프리즈메틱 조인트를 각각의 운동 범위 한계와 관련된 임계점 근처(threshold proximity)의 외측으로 밀어내도록 구성될 수 있다. 세트업 링크장치가 세트업 링크장치에 작동가능하게 결합된 구동 시스템을 포함할 수 있다. 상기 구동 시스템이 기계적인 상력 스프링과 결합된 모터일 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치는 상기 모터와 결합되어 있으며 상기 컴퓨팅 장치가 제2 운동 범위 한계의 제2 임계점 근처 내에서 적어도 하나의 조인트의 위치를 검출하면 상기 기계적인 상력 스프링과 관련된 스프링 상수를 증가시키도록 상기 모터를 구동시킨다.

[0036] 다른 실시형태에서는, 시스템의 조인트를 제어하는 방법이 제공된다. 상기 시스템은 세트업 링크장치에 의해 지지 구조와 결합된 수술용 머니플레이터를 가질 수 있다. 상기 세트업 링크장치는 조인트를 포함할 수 있고 상기 조인트는 제1 물리적인 운동 범위 한계와 제2 물리적인 운동 범위 한계 사이의 운동 범위를 가질 수 있다. 상기 세트업 링크장치는 수술용 머니플레이터를 상기 지지 구조에 대해 원하는 위치와 방향으로 정렬시키는 것을 용이하게 하도록 구성될 수 있다. 상기 세트업 링크장치는 작용될 때 세트업 링크장치의 상기 지지 구조에 대한 의도하지 않은 운동을 제한하기 위해서 스프링과 결합된 모터 및 상기 모터 및/또는 스프링에 작동가능하게 결합된 제동 시스템을 더 포함할 수 있다. 상기 시스템은 선택적으로 상기 제동 시스템을 작용시키는 입력 장치를 더 포함할 수 있다. 상기 방법은 상기 스프링에 작동가능하게 결합하는 이동가능한 조인트에 대한 브레이크 해제 조건을 검출하는 것을 포함할 수 있다. 상기 브레이크 해제 조건은 운동 범위 엔빌로프에 걸친 조인트의 운동 동안의 브레이크 작용 또는 사용자 입력에 의한 브레이크 작용을 위한 신호에 더하여 조인트의 물리적인 운동 범위 한계와 관련된 운동 범위 한계 엔빌로프 내에서의 조인트 위치의 검출일 수 있다. 그 후에, 상기 방법은 조인트의 이동을 저지하도록 구성된 브레이크를 풀어주는 것 또는 브레이크의 재작용을 지연시키고 스프링으로 하여 조인트를 이동시키게 하거나 외력에 의한 조인트의 이동을 저지하게 하는 것을 포함할 수 있다.

[0037] 일부 실시예에서는, 상기 브레이크 해제 조건이 사용자에게 의한 스위치의 작동일 수 있다. 상기 브레이크 해제 조건은 조인트에 작용된 과도한 힘일 수 있다. 조인트에 작용된 과도한 힘은 조인트에 근접하여 배치된 잉여 자유도의 기구의 운동으로부터 초래될 수 있다. 상기 스프링은 기계적인 스프링일 수 있다. 상기 스프링은 모터를 포함할 수 있다. 그 후에, 상기 방법은 브레이크를 재작용시키는 것을 포함할 수 있다.

[0038] 본 발명의 본질과 장점을 보다 잘 이해하기 위해서는, 아래의 상세한 설명과 첨부된 도면을 참고하여야 한다. 본 발명의 다른 실시형태, 목적 그리고 장점은 아래의 상세한 설명과 도면에 의해 명확하게 될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0039]

- 도 1은 다수의 실시례에 따른 수술을 수행하는데 사용되는 최소 침습 로봇 수술 시스템의 평면도이다.
- 도 2는 다수의 실시례에 따른 로봇 수술 시스템용 외과의사의 컨트롤 콘솔의 사시도이다.
- 도 3은 다수의 실시례에 따른 로봇 수술 시스템 전자장치 카트의 사시도이다.
- 도 4는 다수의 실시례에 따른 로봇 수술 시스템을 개략적으로 나타내고 있다.
- 도 5a는 다수의 실시례에 따른 로봇 수술 시스템의 환자측 카트(수술용 로봇)의 부분도이다.
- 도 5b는 다수의 실시례에 따른 로봇 수술 공구의 정면도이다.
- 도 6은 다수의 실시례에 따른 로봇 수술 시스템의 개략적인 사시도이다.
- 도 7은 다수의 실시례에 따른 다른 로봇 수술 시스템의 개략적인 사시도이다.
- 도 8은 도 7의 개략적인 사시도와 합치되는 다수의 실시례에 따른 로봇 수술 시스템을 나타내고 있다.
- 도 9는 도 8의 로봇 수술 시스템의 배향 플랫폼에 대한 세트업 링크장치의 회전 방향 한계를 나타내고 있다.
- 도 10은 다수의 실시례에 따른 로봇 수술 시스템용 붐 조립체(boom assembly)의 회전 한계와 관련된 무게 중심 다이어그램을 나타내고 있다.
- 도 11은 배향 플랫폼에 의해 지지된 복수의 로봇 머니플레이터 아암들 중의 하나의 아암의 링크의 이동에 대응하여 배향 플랫폼을 구동시키는 것에 의해서 로봇 수술 시스템을 수술을 위해 준비시키는 방법을 개략적으로 나타내는 흐름도이다.
- 도 12는 복수의 머니플레이터 아암의 해당 수술 접근 부위와의 원하는 정렬을 제공하기 위해서 카트 장착식 세트업 지지 구조에 의해 지지된 배향 플랫폼의 이동의 개략적인 사시도이다.
- 도 12a 및 도 12b는 배향 플랫폼 구동 시스템의 구성요소로서 사용된 컨트롤러를 나타내고, 특히 프로세서의 예시적인 소프트웨어 시스템 배치상태를 나타내는 블록도이다.
- 도 12c 및 도 12d는 관련 좌표계와 자유도를 나타내는 배향 플랫폼의 개략도; 및 한 개의 머니플레이터 아암의 해당 수술 접근 부위와의 원하는 정렬을 제공하기 위해서 실링 갠트리 세트업 지지 구조(ceiling gantry set-up support structure)에 의해 지지된 배향 플랫폼의 사시도이다.
- 도 13은 수동 조인트의 힘에 대응하여 능동 조인트가 구동되는 단순화된 4 조인트 평면 수동/능동 로봇 운동 시스템(four joint planar passive/active robotic kinematic system)을 개략적으로 나타내고 있다.
- 도 14는 원하는 조인트 제어 운동학적 분석을 기술하는데 사용하기 위한 단순화된 3 링크 평면 조인트 시스템을 개략적으로 나타내고 있다.
- 도 15는 하나 이상의 조인트의 수동 관절운동에 대응하여 수동으로 관절운동가능한 조인트 시스템을 지지하는 세트업 구조의 피동 운동(driven motion)을 나타내기 위해 단순화된 평면 운동 시스템(planar kinematic system)의 영 공간을 통한 이동을 그래프로 나타내고 있다.
- 도 16은 수술 기구용 세트업 조인트의 측면도이다.
- 도 17은 하우징이 제거된 상태의 도 16에 도시된 세트업 조인트의 측면도이다.
- 도 18은 도 17에 도시된 세트업 조인트의 일부분의 사시도이다.
- 도 19는 상력 스프링 조립체(constant force spring assembly)의 사시도이다.
- 도 20은 도 19에 도시된 상력 스프링 조립체의 일부분의 분해 사시도이다.
- 도 21은 도 19의 라인 8-8을 따라서 도시한 상력 스프링 조립체의 일부분의 단면도이다.
- 도 22는 세트업 조인트의 추가적인 구성요소를 가진 상력 스프링 조립체의 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0040]

아래의 설명에서, 본 발명의 다양한 실시례를 기술한다. 설명을 위해서, 상기 실시례의 충분한 이해를 제공하기 위해 특정 구성 및 세부사항이 개시되어 있다. 그러나, 당해 기술 분야의 전문가에게는 특정의 세부사항 없

이도 본 발명이 실시될 수 있다는 것이 자명할 것이다. 또한, 설명하는 실시례를 모호하게 하지 않기 위해서 잘 알려진 특징은 생략되거나 단순화될 수 있다.

[0041] 본 명세서에 기술된 동적 링크장치 구조(kinematic linkage structure)와 컨트롤 시스템은 시스템 사용자가 로봇 구조를 특정 환자에 대한 수술을 위해 배열시키는 것을 도와주는데 특히 유익하다. 치료하는 동안 조직 등과 상호작용하도록 사용되는 능동적으로 구동되는 머니플레이터와 함께, 로봇 수술 시스템은 머니플레이터 구조를 지지하고 머니플레이터 구조를 수술 작업 부위와 정렬시키는 것을 도와주도록 구성되어 있는 하나 이상의 동적 링크장치 시스템을 가질 수 있다. 이러한 세트업 시스템은 능동적으로 구동되거나 수동적일 수 있기 때문에, 머니플레이터가 치료를 위해 사용되는 동안 상기 세트업 시스템은 수동으로 관절운동된 다음 원하는 배치형태로 고정된다. 수동 세트업 운동 시스템(passive set-up kinematic system)은 크기, 무게, 복잡성, 그리고 비용에 있어서 장점을 가질 수 있다. 유감스럽게도, 복수의 머니플레이터가 각각의 환자의 조직을 치료하기 위해서 사용될 수 있고, 상기 기구에 의해 지지된 기구가 작업 공간 전체에 걸쳐서 원하는 움직임을 가질 수 있도록 하기 위해서 상기 머니플레이터들은 정확한 위치결정으로부터 각각 독립적으로 이익을 얻을 수 있고, 인접한 머니플레이터들의 상대 위치에 있어서의 작은 변화가 머니플레이터들 사이의 상호작용에 심각한 영향을 줄 수 있다(머니플레이터들이 잘못 배치된 상태에서는 머니플레이터들이 잠재적으로 충돌하거나 머니플레이터의 운동의 범위 및/또는 편의성이 상당히 감소된다). 따라서, 로봇 시스템을 수술을 위한 준비 상태로 신속하게 배치시키는 문제는 중요한 문제일 수 있다.

[0042] 한 가지 선택 방안은 다중 머니플레이터를 한 개의 플랫폼에 장착시키는 것이고, 이 머니플레이터-지지 플랫폼을 종종 배향 플랫폼(orienting platform)이라고 한다. 이 배향 플랫폼은 능동적으로 구동되는 지지 링크장치(본 명세서에서는 종종 세트업 구조라고 칭하며, 통상적으로 세트업 구조 링크장치 등을 가지고 있다)에 의해 지지될 수 있다. 상기 시스템은 배향 플랫폼을 지지하는 로봇 세트업 구조의 동력 축(motorized axes)을 제공하고 사용자로 하여 상기 동력 축을 독립적인 방식으로 원하는 대로 능동적으로 구동시킬 수 있게 하는 몇몇 종류의 조이스틱이나 복수의 버튼으로 상기 동력 축을 제어할 수도 있다. 이러한 방안은, 몇몇 상황에서는 유용하지만, 몇 가지 단점으로 어려움을 겪을 수 있다. 첫째로, 로봇 공학, 기구학(kinematics), 이동 제한의 범위와 머니플레이터 대 머니플레이터의 충돌에 충분히 익숙하지 않은 사용자는 양호한 세트업 상태를 달성하기 위해 배향 플랫폼을 위치시킬 장소를 알아내는데 어려움을 당할 수 있다. 둘째로, 시스템 내에 수동 조인트가 존재한다는 것은 장치의 위치결정이 능동 자유도를 제어하는 것뿐만 아니라 수동 조정(손으로 수동 자유도를 이동시키는 것)의 조합을 수반한다는 것을 의미하고, 이것은 어렵고 시간이 걸리는 반복적인 활동이 될 수 있다.

[0043] 로봇 머니플레이터의 수동 위치결정과 능동적으로-구동되는 위치결정의 양자의 장점을 유지하기 위해서, 본 명세서에 기술된 로봇 시스템의 여러 실시례는 하나 이상의 조인트가 연쇄의 하나 이상의 다른 조인트의 수동 관절운동에 대응하여 능동적으로 구동되는 세트업 모드를 이용할 수 있다. 다수의 실시례에서, 능동적으로 구동되는 조인트는 다중 머니플레이터를 지지하는 플랫폼-지지용 링크장치 구조를 이동시켜서, 상기 다중 머니플레이터를 하나의 장치로서 작업 공간과 초기 방향 및/또는 위치 정렬상태로 이동시키는 것에 의해서 전체 시스템의 배치를 매우 용이하게 한다. 플랫폼에 의해 지지된 머니플레이터들 중의 하나, 몇 개 또는 전부의 독립적인 위치결정은 플랫폼에 대해 상기 머니플레이터들 중의 하나, 몇 개 또는 전부를 지지하는 수동 세트업 조인트 시스템을 통해서 선택적으로 제공될 수 있다.

[0044] 최소 침습 로봇 수술

[0045] 도면을 참고하면, 여러 도면에 걸쳐서 유사한 참조 번호가 유사한 부분을 나타내며, 도 1은 수술대(14)에 누워 있는 환자(12)에 대해 최소 침습 진단 또는 수술을 수행하는데 통상적으로 사용되는 최소 침습 로봇 수술(MIRS) 시스템(10)을 나타내는 평면도이다. 상기 최소 침습 로봇 수술 시스템은 수술을 하는 동안 외과의사(18)가 사용하는 외과의사의 콘솔(16)을 포함할 수 있다. 한 명 이상의 보조자(20)가 수술에 참여할 수도 있다. 최소 침습 로봇 수술(MIRS) 시스템(10)은 환자측 카트(22)(수술용 로봇)와 전자장치 카트(24)를 더 포함할 수 있다. 환자측 카트(22)는 외과의사(18)가 콘솔(16)을 통하여 수술 부위의 영상을 관찰하면서 환자(12)의 신체의 최소 침습 절개부를 통하여 적어도 하나의 탈착가능하게 결합된 공구 조립체(26)(이하에서는, 단지 "공구" 라고도 한다)를 조작할 수 있다. 수술 부위의 영상은, 입체 내시경과 같은, 내시경(28)에 의해 얻을 수 있고, 내시경(28)은 내시경(28)을 특정 방향으로 향하게 하기 위해 환자측 카트(22)에 의해 조작될 수 있다. 외과의사의 콘솔(16)을 통하여 외과의사(18)에 대한 차후의 디스플레이를 위해 수술 부위의 영상을 처리하기 위해 전자장치 카트(24)가 사용될 수 있다. 한 번에 사용되는 수술 공구(26)의 갯수는 대체로 진단이나 수술 그리고 다른 요인들 중에서 수술실 내의 공간적인 제한사항에 따라 좌우된다. 수술 도중에 사용하고 있는 수술 공구(26) 중의 하나 이상을 교체할 필요가 있는 경우, 보조자(20)가 환자측 카트(22)로부터 수술 공구(26)를 제거하고, 이 수

술 공구를 수술실의 트레이(30)에 있는 다른 수술 공구(26)와 교체할 수 있다.

[0046] 도 2는 외과의사의 콘솔(16)의 사시도이다. 외과의사의 콘솔(16)은 깊이 인식을 가능하게 하는 수술 부위의 조정된 입체 화면을 외과의사(18)에게 제공하는 왼쪽 눈 디스플레이(32) 및 오른쪽 눈 디스플레이(34)를 포함하고 있다. 외과의사의 콘솔(16)은 하나 이상의 입력 제어 장치(36)를 더 포함하고 있고, 이 입력 제어 장치는 환자측 카트(22)(도 1에 도시되어 있음)로 하여 하나 이상의 공구를 조작하게 한다. 입력 제어 장치(36)는 외과의사에게 원격현장감, 또는 외과의사가 상기 공구(26)를 직접 제어하고 있다는 강한 느낌을 가지도록 입력 제어 장치(36)가 상기 공구(26)와 일체로 되어 있다는 인식을 제공하기 위해서 대응하는 공구(26)(도 1에 도시되어 있음)와 동일한 자유도를 제공할 수 있다. 이를 위해서, 입력 제어 장치(36)를 통하여 상기 공구(26)로부터의 위치, 힘, 그리고 촉각적인 느낌을 외과의사의 손으로 전달하기 위해서 위치 센서, 힘 센서, 그리고 촉각 피드백 센서(도시되어 있지 않음)가 사용될 수 있다.

[0047] 외과의사가 직접 수술을 감시하고, 필요에 따라 직접 참석하고, 전화나 다른 통신 매체를 통하기보다 직접 보조자에게 말을 할 수 있도록 외과의사의 콘솔(16)은 통상적으로 환자가 있는 방과 같은 방에 배치되어 있다. 그러나, 외과의사가, 원격 수술을 가능하게 하는 다른 방, 완전히 다른 건물, 또는 환자로부터 떨어져 있는 다른 장소에 배치될 수 있다.

[0048] 도 3은 전자장치 카트(24)의 사시도이다. 전자장치 카트(24)는 내시경(28)과 결합될 수 있으며, 예를 들면, 외과의사의 콘솔, 또는 근처에 및/또는 이격되어 배치된 다른 적절한 디스플레이에서 외과의사에 대한 차후의 디스플레이를 위해 촬영된 영상을 처리하기 위해 프로세서를 포함할 수 있다. 예를 들면, 입체 내시경이 사용되는 곳에서, 전자장치 카트(24)는 수술 부위의 조정된 입체 화면을 외과의사에게 제공하기 위해 촬영된 영상을 처리할 수 있다. 상기 조정은 대립되는 영상들 사이의 얼라인먼트를 포함할 수 있고 입체 내시경의 입체 작동 거리(stereo working distance)를 조정하는 것을 포함할 수 있다. 다른 예로서, 영상 처리는 광학적 수차(optical aberration)와 같은, 촬영 장치의 촬영 에러를 보상하기 위해 사전에 결정된 카메라 보정 파라미터의 사용을 포함할 수 있다.

[0049] 도 4는 로봇 수술 시스템(50)(도 1의 최소 침습 로봇 수술(MIRS) 시스템(10)과 같은 것)을 개략적으로 나타내고 있다. 상기한 바와 같이, 외과의사의 콘솔(52)(도 1의 외과의사의 콘솔(16)과 같은 것)은 최소 침습 수술을 하는 동안 환자측 카트(수술용 로봇)(54)(도 1의 환자측 카트(22)와 같은 것)를 제어하기 위해 외과의사에 의해 사용될 수 있다. 상기 환자측 카트(54)는 수술 부위의 영상을 포착하고 포착된 영상을 전자장치 카트(56)(도 1의 전자장치 카트(24)와 같은 것)에 출력하기 위해서, 입체 내시경과 같은, 촬영 장치를 사용할 수 있다. 상기한 바와 같이, 전자장치 카트(56)는 임의의 차후의 표시를 하기 전에 상기 포착된 영상을 다양한 방식으로 처리할 수 있다. 예를 들면, 전자장치 카트(56)는 외과의사의 콘솔(52)을 통하여 외과의사에게 합성된 영상을 나타내기 전에 상기 포착된 영상을 가상 제어 인터페이스(virtual control interface)와 오버레이(overlay)할 수 있다. 환자측 카트(54)는 전자장치 카트(56)의 외부에서 처리하기 위해 상기 포착된 영상을 출력할 수 있다. 예를 들면, 환자측 카트(54)는 상기 포착된 영상을, 포착된 영상을 처리하는데 사용될 수 있는 프로세서(58)에 출력할 수 있다. 상기 포착된 영상은, 포착된 영상을 공동으로, 순차적으로, 및/또는 이들의 결합 방식으로 처리하기 위해 함께 결합될 수 있는 전자장치 카트(56)와 프로세서(58)의 결합체에 의해 처리될 수도 있다. 수술 부위의 영상, 또는 다른 관련 영상과 같은, 영상의 현지 표시 및/또는 원격 표시를 위해 하나 이상의 별개의 디스플레이(60)가 프로세서(58) 및/또는 전자장치 카트(56)와 결합될 수도 있다.

[0050] 프로세서(58)는 통상적으로 하드웨어와 소프트웨어의 결합 형태를 포함할 것이고, 소프트웨어는 본 명세서에 기능적으로 기술된 제어의 방법 단계들을 수행하기 위한 컴퓨터 판독가능 코드 명령어를 수록하는 유형의 매체를 포함한다. 하드웨어는 통상적으로 하나 이상의 데이터 처리 보드를 포함하고, 이 데이터 처리 보드는 같은 장소에 배치될 수 있지만 본 명세서에 기술된 로봇 구조들 사이에 분포된 구성요소를 종종 가질 것이다. 소프트웨어는 종종 비휘발성 매체를 포함할 것이고, 모놀리식 코드(monolithic code)를 포함할 수도 있지만 보다 통상적으로는 매우 다양한 분산 데이터 처리 아키텍처들 중의 임의의 것으로 선택적으로 작동하는 다수의 서버루틴을 포함할 것이다.

[0051] 도 5a 및 도 5b는 환자측 카트(22) 및 수술 공구(62)를 각각 나타내고 있다. 수술 공구(62)는 수술 공구(26)의 한 예이다. 도시된 환자측 카트(22)는 세 개의 수술 공구(26)와 수술 부위의 영상을 촬영하는데 사용되는 입체 내시경과 같은 촬영 장치(28)의 조종을 제공한다. 조종은 다수의 로봇 관절을 가지는 로봇 기구에 의해 행해진다. 촬영 장치(28)와 수술 공구(26)는, 절개부의 사이즈를 최소화하기 위해서 운동학적인 원격 중심(kinematic remote center)이 절개부에 유지되도록 환자의 절개부를 통하여 배치되고 조작될 수 있다. 수술 부위의

영상은, 수술 공구(26)의 원위 단부가 촬영 장치(28)의 시야 내에 위치되어 있을 때 수술 공구(26)의 원위 단부의 영상을 포함할 수 있다.

[0052] 수술 공구(26)는 절개부, 인체 구멍(natural orifice), 피부 천공부(percutaneous penetration) 등과 같은 최소 침습 접근 개구를 통하여 관형상의 캐놀라(64)를 삽입함으로써 환자 내부로 삽입된다. 캐놀라(64)는 로봇 머니플레이터 아암에 장착되고 수술 공구(26)의 샤프트는 캐놀라의 루멘(lumen)을 통과한다. 상기 로봇 머니플레이터 아암은 캐놀라가 로봇 머니플레이터 아암에 장착되었다는 것을 나타내는 신호를 전송할 수 있다.

[0053] 로봇 수술 시스템 및 모듈형 머니플레이터 지지부

[0054] 도 6은 다수의 실시례에 따른 로봇 수술 시스템(70)의 개략적인 사시도이다. 상기 로봇 수술 시스템(70)은 장착 베이스(72), 지지 링크장치(74), 배향 플랫폼(76), 복수의 외부 세트업 링크장치(78)(2개 도시되어 있음), 복수의 내부 세트업 링크장치(80)(2개 도시되어 있음), 그리고 복수의 수술 기구 머니플레이터(82)를 포함하고 있다. 복수의 수술 기구 머니플레이터(82)의 각각은 머니플레이터(82)에 장착되어 있으며 삽입 축을 따라서 환자 내부로 삽입가능한 수술 기구를 선택적으로 관절운동시키도록 작동할 수 있다. 복수의 수술 기구 머니플레이터(82)의 각각은 상기 세트업 링크장치(78, 80) 중의 하나에 부착되어 지지되어 있다. 복수의 외부 세트업 링크장치(78)의 각각은 제1 세트업 링크장치 조인트(84)에 의해 배향 플랫폼(76)에 회전가능하게 결합되어 있으며 배향 플랫폼(76)에 의해 지지되어 있다. 복수의 내부 세트업 링크장치(80)의 각각은 배향 플랫폼(76)에 고정되게 부착되어 있으며 배향 플랫폼(76)에 의해 지지되어 있다. 배향 플랫폼(76)은 지지 링크장치(74)에 회전가능하게 결합되어 있으며 지지 링크장치(74)에 의해 지지되어 있다. 그리고 지지 링크장치(74)는 장착 베이스(72)에 고정되게 부착되어 있으며 장착 베이스(72)에 의해 지지되어 있다.

[0055] 다수의 실시례에서, 장착 베이스(72)는 이동가능한 바닥 지지 구조로 되어 있어서, 예를 들면, 수술실 내에서 전체 수술 시스템(70)의 선택적인 재위치결정(repositioning)을 가능하게 한다. 장착 베이스(72)는 조종가능한 바퀴 조립체(steerable wheel assembly) 및/또는 장착 베이스(72)가 선택된 위치로부터 이동하는 것을 선택적으로 방지하는 것뿐만 아니라 선택적인 재위치결정을 제공하는 임의의 다른 적절한 지지 구조를 포함할 수 있다. 장착 베이스(72)는 다른 적절한 구성, 예를 들면, 천장 장착부(ceiling mount), 고정된 바닥/받침대 장착부(pedestal mount), 벽 장착부, 또는 임의의 다른 적절한 장착면에 의해 지지되도록 구성된 접속부를 가질 수도 있다.

[0056] 지지 링크장치(74)는 배향 플랫폼(76)을 장착 베이스(72)에 대해 선택적으로 위치시키도록 및/또는 배향시키도록 작동할 수 있다. 지지 링크장치(74)는 기둥 베이스(86), 병진운동가능한 기둥 부재(88), 쇼울더 조인트(90), 붐 베이스 부재(boom base member)(92), 붐 제1 단 부재(94), 붐 제2 단 부재(96), 그리고 손목부 조인트(98)를 포함하고 있다. 기둥 베이스(86)는 장착 베이스(72)에 고정되게 부착되어 있다. 병진운동가능한 기둥 부재(88)는 기둥 베이스(86)에 대해 병진운동할 수 있도록 기둥 베이스(86)에 슬라이딩이동가능하게 결합되어 있다. 다수의 실시례에서, 병진운동가능한 기둥 부재(88)는 수직방향으로 배향된 축을 따라서 기둥 베이스(86)에 대해 병진운동한다. 붐 베이스 부재(92)는 쇼울더 조인트(90)에 의해 병진운동가능한 기둥 부재(88)에 회전가능하게 결합되어 있다. 쇼울더 조인트(90)는 붐 베이스 부재(92)를 기둥 베이스(86)와 장착 베이스(72)에 대해 일정한 각 방향(angular orientation)을 가지고 있는 병진운동가능한 기둥 부재(88)에 대해 수평면으로 선택적으로 배향시키도록 작동할 수 있다. 붐 제1 단 부재(94)는, 다수의 실시례에서 붐 베이스 부재(92)와 붐 제1 단 부재(94)의 양자 모두와 일렬로 정렬되어 있는, 수평 방향으로 붐 베이스 부재(92)에 대해 선택적으로 병진운동가능하다. 붐 제2 단 부재(96)는 마찬가지로, 다수의 실시례에서 붐 제1 단 부재(94)와 붐 제2 단 부재(96)의 양자 모두와 일렬로 정렬되어 있는, 수평 방향으로 붐 제1 단 부재(94)에 대해 선택적으로 병진운동가능하다. 따라서, 지지 링크장치(74)는 쇼울더 조인트(90)와 붐 제2 단 부재(96)의 원위 단부 사이의 거리를 선택적으로 설정하도록 작동할 수 있다. 손목부 조인트(98)는 붐 제2 단 부재(96)의 원위 단부를 배향 플랫폼(76)에 회전가능하게 결합시킨다. 손목부 조인트(98)는 배향 플랫폼(76)의 장착 베이스(72)에 대한 각 방향을 선택적으로 설정하도록 작동할 수 있다.

[0057] 상기 세트업 링크장치(78, 80)의 각각은 대응하는 머니플레이터(82)를 배향 플랫폼(76)에 대해 선택적으로 위치시키도록 및/또는 배향시키도록 작동할 수 있다. 상기 세트업 링크장치(78, 80)의 각각은 세트업 링크장치 베이스 링크(100), 세트업 링크장치 연장 링크(102), 세트업 링크장치 평행사변형 링크장치부(104), 세트업 링크장치 수직 링크(106), 제2 세트업 링크장치 조인트(108), 그리고 머니플레이터 지지 링크(110)를 포함하고 있다. 외부 세트업 링크장치(78)의 세트업 링크장치 베이스 링크(100)의 각각은 제1 세트업 링크장치 조인트(84)의 작동을 통하여 배향 플랫폼(76)에 대해 선택적으로 배향될 수 있다. 도시된 실시례에서, 내부 세트업

링크장치(80)의 세트업 링크장치 베이스 링크(100)의 각각은 배향 플랫폼(76)에 고정되게 부착되어 있다. 내부 세트업 링크장치(80)의 각각은 외부 세트업 링크장치와 유사하게 추가적인 제1 세트업 링크장치 조인트(84)를 통하여 배향 플랫폼(76)에 회전가능하게 부착될 수도 있다. 세트업 링크장치 연장 링크(102)의 각각은, 다수의 실시례에서 대응하는 세트업 링크장치 베이스 링크 및 세트업 링크장치 연장 링크(102)와 일렬로 정렬되어 있는, 수평 방향으로 대응하는 세트업 링크장치 베이스 링크(100)에 대해 병진운동가능하다. 세트업 링크장치 평행사변형 링크장치부(104)의 각각은 세트업 링크장치 수직 링크(106)를 수직으로 배향된 상태로 유지하면서 세트업 링크장치 수직 링크(106)를 수직 방향으로 선택적으로 병진운동시키도록 구성되어 있고 작동할 수 있다. 예시적인 실시례에서, 세트업 링크장치 평행사변형 링크장치부(104)의 각각은 제1 평행사변형 조인트(112), 결합 링크(114), 그리고 제2 평행사변형 조인트(116)를 포함하고 있다. 제1 평행사변형 조인트(112)는 결합 링크(114)를 세트업 링크장치 연장 링크(102)에 회전가능하게 결합시킨다. 제2 평행사변형 조인트(116)는 세트업 링크장치 수직 링크(106)를 결합 링크(114)에 회전가능하게 결합시킨다. 세트업 링크장치 수직 링크(106)가 선택적으로 수직으로 병진운동하는 동안 세트업 링크장치 수직 링크(106)가 수직으로 배향된 상태를 유지시키기 위해서 세트업 링크장치 연장 링크(102)에 대한 결합 링크(114)의 회전이 결합 링크(114)에 대한 세트업 링크장치 수직 링크(106)의 반작용 회전(counteracting rotation)과 대등하게 되도록 제1 평행사변형 조인트(112)는 제2 평행사변형 조인트(116)에 회전가능하게 결합되어 있다. 제2 세트업 링크장치 조인트(108)는 머니플레이터 지지 링크(110)를 세트업 링크장치 수직 링크(106)에 대해 선택적으로 배향시키도록 작동할 수 있고, 이것에 의해 대응하는 부착된 머니플레이터(82)를 세트업 링크장치 수직 링크(106)에 대해 선택적으로 배향시킨다.

[0058] 도 7은 다수의 실시례에 따른 로봇 수술 시스템(120)의 개략적인 사시도이다. 상기 로봇 수술 시스템(120)은 도 6의 수술 시스템(70)의 구성요소들과 유사한 구성요소들을 포함하고 있기 때문에, 동일한 참고 번호가 유사한 구성요소에 대해 사용되고 상기한 유사한 구성요소의 대응하는 설명은 상기 로봇 수술 시스템(120)에 적용할 수 있으므로 반복을 피하기 위해서 이 실시례에서는 생략한다. 상기 로봇 수술 시스템(120)은 장착 베이스(72), 지지 링크장치(122), 배향 플랫폼(124), 복수의 세트업 링크장치(126)(4개 도시되어 있음), 그리고 복수의 수술 기구 머니플레이터(82)를 포함하고 있다. 복수의 수술 기구 머니플레이터(82)의 각각은 이 수술 기구 머니플레이터(82)에 장착되어 있으며 삽입 축을 따라서 환자 내부로 삽입가능한 수술 기구를 선택적으로 관절운동시키도록 작동할 수 있다. 복수의 수술 기구 머니플레이터(82)의 각각은 복수의 세트업 링크장치(126) 중의 하나에 부착되어 있으며 복수의 세트업 링크장치(126) 중의 하나에 의해 지지되어 있다. 복수의 세트업 링크장치(126)의 각각은 제1 세트업 링크장치 조인트(84)에 의해 배향 플랫폼(124)에 회전가능하게 결합되어 있으며 배향 플랫폼(124)에 의해 지지되어 있다. 배향 플랫폼(124)은 지지 링크장치(122)에 회전가능하게 결합되어 있으며 지지 링크장치(122)에 의해 지지되어 있다. 그리고 지지 링크장치(122)는 장착 베이스(72)에 고정되게 부착되어 있으며 장착 베이스(72)에 의해 지지되어 있다.

[0059] 지지 링크장치(122)는 배향 플랫폼(124)을 장착 베이스(72)에 대해 선택적으로 위치시키도록 및/또는 배향시키도록 작동할 수 있다. 지지 링크장치(122)는 기동 베이스(86), 병진운동가능한 기동 부재(88), 쇼울더 조인트(90), 붐 베이스 부재(92), 붐 제1 단 부재(94), 그리고 손목부 조인트(98)를 포함하고 있다. 지지 링크장치(122)는 쇼울더 조인트(90)와 붐 제1 단 부재(94)의 원위 단부 사이의 거리를 선택적으로 설정하도록 작동할 수 있다. 손목부 조인트(98)는 붐 제1 단 부재(94)의 원위 단부를 배향 플랫폼(124)에 회전가능하게 결합시킨다. 손목부 조인트(98)는 배향 플랫폼(124)의 장착 베이스(72)에 대한 각 방향을 선택적으로 설정하도록 작동할 수 있다.

[0060] 복수의 세트업 링크장치(126)의 각각은 대응하는 수술 기구 머니플레이터(82)를 배향 플랫폼(124)에 대해 선택적으로 위치시키도록 및/또는 배향시키도록 작동할 수 있다. 복수의 세트업 링크장치(126)의 각각은 세트업 링크장치 베이스 링크(100), 세트업 링크장치 연장 링크(102), 세트업 링크장치 수직 링크(106), 제2 세트업 링크장치 조인트(108), 토네이도 메카니즘 지지 링크(128), 그리고 토네이도 메카니즘(tornado mechanism)(130)을 포함하고 있다. 세트업 링크장치(126)의 세트업 링크장치 베이스 링크(100)의 각각은 대응하는 제1 세트업 링크장치 조인트(84)의 작동을 통하여 배향 플랫폼(124)에 대해 선택적으로 배향될 수 있다. Each of the 세트업 링크장치 수직 링크(106)의 각각은 대응하는 세트업 링크장치 연장 링크(102)에 대해 수직 방향으로 선택적으로 병진운동가능하다. 제2 세트업 링크장치 조인트(108)는 토네이도 메카니즘 지지 링크(128)를 세트업 링크장치 수직 링크(106)에 대해 선택적으로 배향시키도록 작동할 수 있다.

[0061] 토네이도 메카니즘(130)의 각각은 토네이도 조인트(132), 결합 링크(134), 그리고 머니플레이터 지지부(136)를 포함하고 있다. 결합 링크(134)는 머니플레이터 지지부(136)를 토네이도 조인트(132)에 고정되게 결합시킨다. 토네이도 조인트(130)는 머니플레이터 지지부(136)를 토네이도 축(136) 둘레로 토네이도 메카니즘 지지 링크

(128)에 대해 회전시키도록 작동할 수 있다. 토네이도 메카니즘(128)은 머니플레이터(82)의 원격 조종 중심(RC)이 토네이도 축(136)에 의해 교차되도록 머니플레이터 지지부(134)를 위치시키고 배향시키도록 구성되어 있다. 따라서, 토네이도 조인트(132)의 작동은 대응하는 원격 조종 중심(RC)을 환자에 대해 이동시키지 않고서 대응하는 수술 기구 머니플레이터(82)를 환자에 대해 재배향시키기 위해서 사용될 수 있다.

[0062] 도 8은 도 7의 로봇 수술 시스템(120)의 개략도와 합치되는 다수의 실시례에 따른 로봇 수술 시스템(140)의 개략도이다. 상기 로봇 수술 시스템(140)은 도 7의 로봇 수술 시스템(120)과 합치되기 때문에, 유사한 구성요소에 대해서 동일한 참고 번호가 사용되며 상기한 유사한 구성요소의 대응하는 설명은 상기 로봇 수술 시스템(140)에 적용될 수 있으므로 반복을 피하기 위해 상기한 유사한 구성요소의 대응하는 설명은 이 실시례에서는 생략한다.

[0063] 지지 링크장치(122)는 다중 세트업 구조 축 방향의 지지 링크장치(122)의 링크들 사이의 상대 이동을 통하여 배향 플랫폼(124)을 장착 베이스(72)에 대해 선택적으로 위치시키고 배향시키도록 구성되어 있다. 병진운동가능한 기둥 부재(88)는 다수의 실시례에서 수직으로 배향되어 있는 제1 세트업 구조(SUS) 축(142)을 따라 기둥 베이스(86)에 대해 선택적으로 재배치될 수 있다. 쇼울더 조인트(90)는 다수의 실시례에서 수직으로 배향되어 있는 제2 세트업 구조(SUS) 축(144) 둘레로 붐 베이스 부재(92)를 병진운동가능한 기둥 부재(88)에 대해 선택적으로 배향시키도록 작동할 수 있다. 붐 제1 단 부재(94)는 다수의 실시례에서 수평으로 배향되어 있는 제3 세트업 구조(SUS) 축(146)을 따라 붐 베이스 부재(92)에 대해 선택적으로 재배치될 수 있다. 그리고 손목부 조인트(98)는 다수의 실시례에서 수직으로 배향되어 있는 제4 세트업 구조(SUS) 축(148) 둘레로 배향 플랫폼(124)을 붐 제1 단 부재(94)에 대해 선택적으로 배향시키도록 작동할 수 있다.

[0064] 복수의 세트업 링크장치(126)의 각각은 다중 세트업 조인트(SUJ) 축 방향의 세트업 링크장치(126)의 링크들 사이의 상대 이동을 통하여 대응하는 머니플레이터(82)를 배향 플랫폼(124)에 대해 선택적으로 위치시키고 배향시키도록 구성되어 있다. 제1 세트업 링크장치 조인트(84)의 각각은 다수의 실시례에서 수직으로 배향되어 있는 제1 세트업 조인트(SUJ) 축(150) 둘레로 대응하는 세트업 링크장치 베이스 링크(100)를 배향 플랫폼(124)에 대해 선택적으로 배향시키도록 작동할 수 있다. 세트업 링크장치 연장 링크(102)의 각각은 다수의 실시례에서 수평으로 배향되어 있는 제2 세트업 조인트(SUJ) 축(152)을 따라 대응하는 세트업 링크장치 베이스 링크(10)에 대해 선택적으로 재배치될 수 있다. 세트업 링크장치 수직 링크(106)의 각각은 다수의 실시례에서 수직으로 배향되어 있는 제3 세트업 조인트(SUJ) 축(154)을 따라 대응하는 세트업 링크장치 연장 링크(102)에 대해 선택적으로 재배치될 수 있다. 제2 세트업 링크장치 조인트(108)의 각각은 제3 세트업 조인트(SUJ) 축(154) 둘레로 토네이도 메카니즘 지지 링크(128)를 세트업 링크장치 수직 링크(106)에 대해 선택적으로 배향시키도록 작동할 수 있다. 토네이도 조인트(132)의 각각은 대응하는 수술 기구 머니플레이터(82)를 대응하는 토네이도 축(138) 둘레로 회전시키도록 작동할 수 있다.

[0065] 도 9는 다수의 실시례에 따른 세트업 링크장치(126)의 배향 플랫폼(124)에 대한 회전 방향 한계를 나타내고 있다. 복수의 세트업 링크장치(126)의 각각이 배향 플랫폼(124)에 대해 시계방향 한계(clockwise limit orientation)로 도시되어 있다. 대응하는 반시계방향 한계(counter-clockwise limit orientation)는 수직으로 배향된 거울면에 대해 도 9의 거울상에 의해 나타내진다. 도면에 도시되어 있는 바와 같이, 두 개의 내부 세트업 링크장치(126)의 각각은 한 방향으로 수직 기준선(156)으로부터 5도에서 반대 방향으로 수직 기준선(156)으로부터 75도까지 배향될 수 있다. 그리고 도면에 도시되어 있는 바와 같이, 두 개의 외부 세트업 링크장치의 각각은 대응하는 방향으로 수직 기준선(156)으로부터 15도에서 95까지 배향될 수 있다.

[0066] 도 10은 다수의 실시례에 따른 붐 수술 시스템(160)용 지지 링크장치의 회전 한계와 관련된 무게 중심 다이어그램을 나타내고 있다. 로봇 수술 시스템(160)의 무게 중심(162)이 로봇 수술 시스템(160)의 지지 링크장치(164)에 대해 한 쪽으로 최대 한도로 이동되도록 위치되고 배향된 로봇 수술 시스템(160)의 배치형태에서는, 장착 베이스의 소정의 안정성 한계를 넘어서는 것을 방지하기 위해서 지지 링크장치(164)의 쇼울더 조인트가 세트업 구조(SUS) 쇼울더-조인트 축(166) 둘레로 상기 지지 구조(164)의 회전을 제한하도록 구성될 수 있다.

[0067] 배향 플랫폼에 의해 지지된 연쇄의 하나 이상의 조인트의 수동 관절운동에 대응하는 배향 플랫폼의 위치결정

[0068] 도 11 및 도 12는 사용을 위해 로봇 시스템을 세트업하는 동안 머니플레이터(82)의 링크(170) 또는 세트업 조인트 링크장치의 링크의 이동에 대응하여 배향 플랫폼을 구동시키는 방법을 개략적으로 나타내고 있다. 예시적인 실시례에서, 이동에 대한 기준 위치는 링크(170) 상에 배치되지 않고, 대신에 링크(170)에서 벗어나서 배치될 수 있다. 예를 들면, 이동에 대한 기준 위치는 머니플레이터 링크장치의 베이스(또는 다른 구조)로부터 벗어난 원격 중심 위치에 배치될 수 있고, 특히 이 경우 머니플레이터는 머니플레이터의 운동을 상기 베이스에 대해 고

정된 원격 중심 위치에서의 구형상 운동(spherical motion)으로 기계적으로 제한한다. 따라서, 머니플레이터의 베이스(또는 다른 링크장치 구조)는 입력 링크(170)로서 기능할 수 있는 반면에, 상기 기준 위치는 종종 링크의 기준틀(frame of reference)에서 고정된 위치에 있는 링크 자체로부터 공간적으로 떨어질 수 있다. 선택적으로, 상기 입력 링크는 배향 플랫폼(76)에 대해서 머니플레이터(82)를 지지하도록 구성된 세트업 조인트 링크장치(78, 80)의 링크일 수 있다. 단순화를 기하기 위해서, 입력으로서 머니플레이터(82)의 링크(170)의 이동을 이용하는 실시형태가 아래에 설명되어 있다. 하지만, 다수의 실시례에서, 입력 링크는 세트업 조인트 링크장치(78, 80)의 링크일 수 있다는 것을 알아야 한다.

[0069] 배향 플랫폼을 구동하기 전에, 배향 플랫폼은 (지지 링크장치(70)의 조인트의 상태에 따라) 장착 베이스(72)에 대해서 초기 위치와 방향을 가질 것이고, 머니플레이터는 각각 (세트업 링크장치(78, 80)의 조인트의 상태에 따라) 배향 플랫폼에 대해 대응하는 위치와 방향을 가질 것이다. 마찬가지로, 각각의 머니플레이터(82)의 링크(170)(및/또는 상기 링크와 관련된 기준 위치)는 머니플레이터 베이스(도 12에서는 박스 M으로 개략적으로 도시되어 있음)와 배향 플랫폼(76)의 사이의 세트업 링크장치와 머니플레이터의 조인트의 상태에 의존하는 배향 플랫폼(76)에 대한 위치와 방향을 가질 것이다. 링크(170)는 통상적으로 머니플레이터의 베이스를 포함하지만, 대체 실시형태로서, 기구 홀더 또는 캐리지와 같은, 기구학적으로 수술 기구의 근처에 있거나 인접한 링크를 포함할 수 있다. 머니플레이터의 조인트 상태는 대체로 자세 벡터 θ 로 나타내질 수 있다.

[0070] 세트업하는 동안, 종종 상기 링크(170) 중의 하나, 몇 개 또는 전부를 링크의 초기 위치와 방향으로부터 수술 부위와 정렬된 원하는 위치와 방향으로 이동시키는 것이 바람직할 것이다. 추가적으로, 외과의사에게 매우 다양한 움직임을 제공하고, 특이성(singularity) 등을 회피하는 것을 도와주기 위해서 종종 양호한 상태에 있는 머니플레이터로 수술을 개시하는 것이 바람직할 것이다. 다시 말해서, 주어진 머니플레이터에 대해서, 링크(170)와 수술 작업 부위(원하는 접근 부위 위치(RC_D)나 그 근처에 머니플레이터의 원격 중심(RC)을 가지는 것을 포함함)의 사이에 원하는 정렬상태를 제공하고, 상기 머니플레이터를 원하는 머니플레이터 상태나 자세(θ_D)로 또는 이와 비슷한 상태나 자세로 두는 것이 유익할 것이다. 링크(170)의 이동 전에 머니플레이터가 이미 원하는 머니플레이터 자세나 이와 비슷한 자세로 있을 수 있거나, 원하는 양호한 상태의 자세와 상당히 다른 초기 자세(θ_1)로 있을 수 있다는 것을 주의해야 한다($\theta_1 \neq \theta_D$). 머니플레이터들의 서로에 대한 적절한 위치결정과 배치형태는 머니플레이터들 사이의 충돌을 피하는 것을 도와줄 수도 있다. 머니플레이터가 수술 부위와 정렬상태로 되기 전에 양호한 상태의 자세로 되어 있지 않은 경우, 배향 플랫폼을 이동시키기 전이나, 배향 플랫폼을 이동시킨 후나, 또는 배향 플랫폼을 이동시키는 도중에 머니플레이터의 자세가 선택적으로 양호한 상태의 자세로 변경될 수 있다. 머니플레이터의 자세를 초기 자세에서 양호한 상태의 자세로 바꾸는 것은 머니플레이터의 조인트를 수동으로 관절운동시킴으로써 이루어질 수 있다. 대체 실시형태로서, 머니플레이터를 초기 자세에서 양호한 상태의 자세에 가깝게 및/또는 양호한 상태의 자세로 구동시키는 것에는 여러 장점이 있을 수 있다. 단순화를 기하기 위해서, 아래의 설명은 배향 플랫폼의 이동을 개시하기 전에 머니플레이터가 원하는 및/또는 양호한 상태의 자세에 있다고 가정한다. 여하튼, 다중 머니플레이터(82)의 공통 플랫폼(76)에의 장착과 상기 배향 플랫폼에 대한 머니플레이터들 중의 하나를 지지하는 조인트들 중의 하나의 조인트의 링크의 이동에 대응한 상기 배향 플랫폼의 피구동 이동은 머니플레이터를 수술 공간과의 원하는 정렬상태로 이동시키는 것을 용이하게 할 수 있다.

[0071] 머니플레이터의 조인트는, 선택적으로 임의의 수동 관절운동에 대항하기 위해서 머니플레이터의 각각의 조인트의 모터를 구동시키는 것에 의해서, 또는 조인트 브레이크로 머니플레이터의 조인트 상태를 고정시키는 것에 의해서, 또는 이들 양자의 조합형태에 의해서, 또는 이와 유사한 방식에 의해서, 배향 플랫폼의 이동 및/또는 세트업 링크장치의 수동 관절운동 동안 종종 고정된 배치형태로 유지될 것이다. 따라서, 배향 플랫폼의 이동 및 세트업 링크장치의 수동 관절운동 동안 링크의 약간의 휨과 조인트의 작은 편이 운동(excursion)이 있을 수 있지만, 통상적으로 머니플레이터는 대체로 강체(rigid body)로서 이동할 것이다. 게다가, 사용자에 의해 조종되고 및/또는 이동에 대한 기준으로서 사용될 링크(170)는 머니플레이터 또는 대응하는 세트업 링크장치(또는 심지어 머니플레이터 또는 대응하는 세트업 링크장치에 기구학적으로 인접한) 임의의 하나 이상의 링크가 될 수 있다.

[0072] 도 11 및 도 12를 참고하면, 로봇 시스템 프로세서의 배향 플랫폼 이동 모드(180)를 개시하기 위해서, 대응하는 링크(170)에 있거나 이에 인접해 있는 입력장치(172)가 작동될 수 있다. 입력장치(172)는 간단한 전용 입력 버튼 또는 이와 유사한 것을 선택적으로 포함할 수 있지만, 일부 실시례는 대체형태의 사용자 인터페이스 방법(interface approach)으로부터 이익을 얻을 수 있다. 하나의 예로서, 하나의 예시적인 입력장치는 세트업 조인

트 작동에 대응하여 플랫폼 이동 모드를 개시하는 것에 의해서 전용 버튼을 사용하지 않을 수 있다. 보다 상세하게는, 머니플레이터의 원격 중심(또는 포트) 위치를 수동으로 재배치할 수 있게 하기 위해서 대응하는 머니플레이터를 지지하는 세트업 조인트를 먼저 구속해제(release)함으로써 플랫폼 이동 모드가 개시될 수 있고, 수동 이동 모드는 종종 포트 클러칭(port clutching)이라고 칭해진다. 머니플레이터가 구속해제된 세트업 조인트 링크장치에 대한 운동 범위 한계의 임계점(threshold) 내로 수동으로 이동되면(또는 일부 실시예에서는 실제로 도달한다), 이에 대응하여 상기 시스템이 상기 플랫폼을 다음 모드로 들어가게 할 수 있다. 따라서, 세트업 조인트의 이동 한계 범위에 도달하는 것(또는 접근하는 것)이 플랫폼 이동 모드의 개시를 위한 작동을 요청하는 및/또는 입력하는 방법이 된다. 입력장치(172)는 대체 실시형태로서 간단한 평상시에 오프상태인 입력장치(simple normally off input)로 될 수 있다.

[0073] 캐놀라가 머니플레이터(또는 배향 플랫폼에 의해 지지된 임의의 다른 머니플레이터)에 장착되면 입력장치의 작동에도 불구하고 프로세서가 배향 플랫폼 이동 모드를 개시시키지 않을 수 있다. 주어진 머니플레이터(82)의 입력장치(172)가 작동되는 동안 및/또는 입력장치(172)의 작동에 대응하여, 머니플레이터와 배향 플랫폼의 사이에 배치된 세트업 링크장치(78, 80)는 수동 관절운동이 가능하게 하기 위해서 종종 잠금해제(unlock)될 수 있다. 이러한 세트업 링크장치(78, 80)의 관절운동은 감지되어 배향 플랫폼(76)을 이동시키기 위한 세트업 구조의 조인트를 구동시키는 입력으로서 사용될 수 있다. 링크(172)가 상기 시스템의 베이스(72)와 배향 플랫폼에 대해 이동될 때 통상적으로 머니플레이터는 비교적 강체로서 이동되는 상태에서, 사용자가 머니플레이터를 배향 플랫폼에 대해 쉽게 재배향 및/또는 재배치시킬 수 있도록 상기 시스템은 종종 세트업 링크장치의 축에 대해서 균형을 이루게 될 것이다. 머니플레이터 변위의 조인트의 관절운동에 대해 저항하기 위해서 머니플레이터의 구동 시스템이 프로세서에 의해 제어되고 에너지를 공급받을 수 있거나, 머니플레이터의 조인트 브레이크가 관절운동을 저지할 수 있지만, 링크(172)에 가해진 힘에 의해 머니플레이터 링크장치의 약간의 휨 및/또는 조인트 상태의 작은 편의 운동(excursion)이 여전히 초래될 수 있다는 것을 주의해야 한다. 링크(172)와 배향 플랫폼의 사이에서 관절운동할 수 있는 조인트에 동력이 공급되는 대체 실시예에서는(예를 들면, 소프트웨어-중심 시스템에서는), 시스템 사용자로부터의 원하는 이동 입력 또는 명령으로 사용하기 위해 원하는 변위 벡터를 용이하게 식별하는 머니플레이터의 조인트 상태 감지 시스템을 위해 링크가 수동으로 충분히 이동될 수 있도록 하기 위해서 충분히 약한 이동 저항력을 제공하도록 상기 조인트가 에너지를 공급받을 수 있다는 것도 주의해야 한다.

[0074] 여전히 도 11 및 도 12를 참고하면 대체로 상기한 것과 같이, 입력 장치로서 사용될 특정 머니플레이터(82)로(예를 들면, 입력장치(172)의 스위치를 누르는 것에 의해) 배향 플랫폼 이동 모드가 개시되었으면, 머니플레이터의 링크(170)는 플랫폼에 대해 수동으로 이동될 수 있다. 통상적으로, 선택적으로 머니플레이터의 링크장치의 관절운동(articulation)이 저지되는 동안(예를 들면, 머니플레이터의 제동 시스템 등을 이용하여, 이동을 피하도록 머니플레이터를 구동시키는 것에 의해), 링크(170)의 입력 운동이 구속해제된 세트업 조인트의 수동 관절운동을 통하여 일어날 수 있도록 하기 위해서 세트업 조인트 중의 하나 이상(선택적으로는 모두)이 구속해제될 수 있다. 따라서, 상기 입력이 세트업 조인트 시스템의 하나 이상의 조인트의 관절운동으로서 적어도 부분적으로 감지될 수 있다. 머니플레이터의 하나 이상의 조인트와 세트업 조인트 시스템의 하나 이상의 조인트의 관절운동의 선택적인 결합을 통하여 수동 입력을 가능하게 하는 것과 같은 또 다른 선택사항이 이용될 수 있다. 여하튼, 예를 들어, 운동학적 분석을 용이하게 하고, 유용한 변형을 위한 입력을 제공하기 위해서, 세트업 조인트 시스템, 머니플레이터, 그리고 세트업 구조(배향 플랫폼을 지지하는 조인트를 포함함)의 조인트 상태가 통상적으로 감지될 것이다(182).

[0075] (링크(170)의 수동 이동에 의해 개시되고 상기 링크를 지지하는 조인트의 수동 관절운동을 통하여 감지되는 것과 같이) 사용자에게 의한 수동의 입력 명령에 기초하여, 세트업 구조를 이동시키기 위한 명령이 계산된다(183). 배향 플랫폼은, 배향 플랫폼에 의해 지지된 머니플레이터의 베이스가 수동으로 이동하는 링크를 뒤따르도록, 사용자가 계속하여 링크(170)를 이동시키는 동안 계산된 명령에 의해 종종 구동될 것이다. 제1 머니플레이터가 수술 부위와의 원하는 정렬상태로 이동하는 동안, 다른 머니플레이터들은 각각 고정된 자세를 유지할 수 있다. 마찬가지로, 배향 플랫폼과 상기 다른 머니플레이터들 사이의 임의의 세트업 링크장치는 또한 상기 배향 플랫폼이 이동하는 동안 고정된 상태를 유지할 수 있다(및/또는 관절운동을 못하게 할 수 있다). 배향 플랫폼과 상기 다른 머니플레이터의 링크(170) 사이의 모든 조인트에 대해 관절운동이 저지될 수 있기 때문에, 모든 다른 입력 링크(그리고 머니플레이터의 다른 구조)는 입력장치(172)가 작동되는 머니플레이터의 링크(170)를 뒤따른다.

[0076] 사용자가 대응하는 링크(170)를 작업 공간과의 원하는 정렬상태로 유지하고 이동시키는 동안, (입력장치(172)가 작동되는)입력 머니플레이터를 지지하는 입력 세트업 링크장치가 자신의 초기 배치형태(시스템이 배향 플랫폼

모드를 개시했을 때와 같이)를 유지하게 강제되도록 배향 플랫폼이 구동될 수 있다. 배향 플랫폼이 이동하는 동안 링크(170)의 위치는 사용자에게 의해 수동으로 계속하여 제어될 수 있다. 다시 말해서, 세트업 링크장치(78, 80)의 현재 자세(θ)와 입력 링크(170)의 현재 위치(양자 모두 배향 플랫폼이 이동하는 동안)을 고려해 볼 때, 입력 세트업 링크장치(78, 80)가 현재 자세에서 자신의 초기 자세로($\theta \rightarrow \theta_i$) 관절운동되도록 배향 플랫폼의 구동 시스템이 배향 플랫폼(185)을 이동시키도록 배향 플랫폼은 이동될 수 있다. 배향 플랫폼의 이러한 이동의 효과는 입력 링크(170)와 배향 플랫폼 사이의 초기의 공간 관계를 대체로 유지시키는 것이므로, 배향 플랫폼(그리고 배향 플랫폼에 의해 지지된 모든 머니플레이터)은 사용자의 손에 의해 이동될 때 입력 링크를 뒤따른다. 배향 플랫폼 이동 모드는 입력장치(172)를 구속해제시키거나, 캐놀라를 입력 머니플레이터에 장착시키거나 하는 것에 의해 종료될 수 있다(184). 캐놀라가 환자 신체 속으로 뺄어나갈 때까지도 캐놀라가 머니플레이터에 장착되지 않을 수 있으므로, 프로세서 시스템이 캐놀라가 장착되어 있는 머니플레이터의 입력장치(172)의 작동에 대응하여 배향 플랫폼 이동 모드의 개시를 저지하는 것이 바람직할 수 있다는 것을 주의해야 한다.

[0077] 상기 방법의 몇몇 실시형태에서는, 배향 플랫폼 운동 범위가 이동 전체 범위(예를 들면, x , y , z , θ)의 부분집합(예를 들면, x 와 y , z 단독인 경우 등)으로 제한될 수 있다. 운동 범위를 이동 전체 범위의 부분집합으로 제한하는 것은 관련 자유도(DOF)를 감소시킴으로써 시스템 세트업을 사용자를 위해 보다 직관적이고 보다 신속하게 만들 수 있다. 예를 들어, 몇몇 상황에서는, 배향 플랫폼 이동이 병진운동 기동 부재(82)를 이용하는 수직 위치결정 이동으로 제한되면 유리할 수 있다. 이것은, 원격조종 수술 시스템을 환자 위로 들어올리거나 상기 원격조종 수술 시스템을 환자 위의 원하는 위치로 낮추는데 있어서 특히 유용할 수 있다.

[0078] 이러한 실시례에서는, 예를 들면 수직 세트업 조인트를 운동 범위(ROM) 한계나 그 근처로 수동으로 이동시키는 것에 의해서 배향 플랫폼 이동 모드가 개시(180)될 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 운동 범위(ROM) 한계 임계점(threshold)은 수직 세트업 조인트가 운동 범위(ROM) 한계 근처로 이동될 때 배향 플랫폼 이동 모드가 개시되도록 한정될 수 있다. 선택적으로, 상기 이동 모드는 수직 세트업 조인트를 자신의 운동 범위(ROM) 한계 또는 그 근처로 이동시키는 것에 의해서 및/또는 전용 입력 버튼에 의해서 개시될 수 있다. 예를 들면, 사용자는 세트업 조인트의 자유로운 이동을 가능하게 하기 위해 세트업 조인트를 구속해제하도록 포트 클러치 입력장치(port clutch input)를 작동시킬 수 있다. 사용자가 상기 시스템을 들어올리기를 원하는 경우, 사용자는 배향 플랫폼 이동 모드를 개시(180)하기 위해 수직 세트업 조인트를 운동 범위(ROM) 상한이나 그 근처로 수동으로 이동시킬 수 있다. 배향 플랫폼 이동 모드를 개시(180)한 후, 운동 범위(ROM) 상한이나 그 근처로의 수직 세트업 조인트의 수동 이동이 감지될 수 있고 세트업 조인트와 세트업 구조의 감지된 상태에 기초하여 세트업 구조(예를 들면, 병진운동 기동 부재(82)) 이동이 계산(183)될 수 있다. 상기 계산에 따라 세트업 구조(예를 들면, 병진운동 기동 부재(82))가 구동(상승)(185)될 수 있다. 상기 시스템을 환자 위에 위치시키기에 충분한 간격이 있으면, 사용자는 원격조종 시스템의 배향 플랫폼을 머니플레이터가 자신의 원하는 위치에 배치될 수 있는 높이로 낮출 필요가 있을 수 있다. 그렇게 하기 위해서, 사용자는 상기 조치의 순서를 반전시킬 수 있다(예를 들면, 병진운동 기동 부재(82)를 낮춤으로써 배향 플랫폼의 높이를 낮게 만들고 수동으로 수직 세트업 조인트를 운동 범위(ROM) 하한이나 그 근처로 이동시킨다).

[0079] 상기 실시형태는 단지 수직 방향으로 이동을 제한하는 것으로 설명되어 있지만, 일부 실시례에서는 상기 이동이 전체 운동 범위의 다른 부분집합으로 제한될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 일부 실시례에서, 머니플레이터 또는 세트업 조인트가 수동으로 운동 범위(ROM) 한계 또는 그 근처로 이동될 때, 상기 시스템은 배향 플랫폼 이동 모드를 개시(180)하기 전에 먼저 임계 기간을 기다릴 수 있다. 이 임계 기간은 사용자에게 의한 머니플레이터 또는 세트업 조인트의 수동의 이동에 의한 배향 플랫폼의 의도하지 않은 이동을 피할 수 있다. 상기 임계 기간은, 예를 들면, 5초 이하일 수 있다. 일부 실시례에서는, 임계 기간이 3초로 될 수 있다. 또한, 배향 플랫폼 이동 모드를 개시하기 전에 사용자에게 청각적인 또는 시각적인 표시 경고를 제공하는 것이 유리할 수 있다. 예를 들면, 청각적인 경고는 사용자가 수동으로 세트업 조인트를 운동 범위(ROM) 한계 또는 그 근처로 이동시킬 경우를 촉발시킬 수 있다. 선택적으로, 청각적인 또는 시각적인 경고는, 상기 시스템이 배향 플랫폼 이동 모드를 개시시킬 때에 관한 정보를 사용자에게 제공하기 위해서 세트업 조인트가 운동 범위(ROM) 한계 또는 그 근처에 있어 온 기간을 나타내도록 구성될 수 있다. 예를 들면, 청각적인 표시는 매초당 카운트다운이나 불연속적인 신호음(beep)을 제공할 수 있다. 배향 플랫폼 이동 모드(180)를 개시하거나 배향 플랫폼 이동 모드(180)를 종료하기 전에 머니플레이터 또는 세트업 조인트가 운동 범위(ROM) 한계나 그 근처로 수동으로 이동되고 운동 범위(ROM) 한계나 그 근처에서 구속해제되면, 아래에서 보다 상세하게 설명하겠지만 머니플레이터 및/또는 세트업 조인트를 운동 범위(ROM) 한계로부터 밀어내는 제어 소프트웨어 및/또는 하드웨어를 제공하는 것이 유리할 수 있다.

[0080] 일부 실시례에서는, 세트업 구조의 하나 이상의 조인트가 각각의 운동 범위에 대해 상한을 가지도록 프로그램될 수 있다. 이 상한은 공간 제한(room constraints)으로 인해 세트업 구조 조인트들 중의 하나 이상에 프로그램될 수 있다. 예를 들면, 일부 상황에서는, 방 천장 높이(room ceiling height)가 병진운동 기둥 부재(82)의 전체 운동 범위를 제한할 때 상한을 가지도록 병진운동 기둥 부재(82)를 프로그램하는 것이 유리할 수 있다. 선택적으로, 세트업 구조 조인트가 그렇게 제한되면, 배향 플랫폼 이동 모드 동안 배향 플랫폼의 이동이 유사하게 제한될 수 있다. 예를 들어, 수직 세트업 조인트를 운동 범위(ROM) 상한으로 수동으로 이동시키는 것에 의해서 배향 플랫폼을 들어올릴 때, 병진운동 기둥 부재(82)가 사전프로그램된 상한에 도달하면 상기 시스템은 배향 플랫폼이 더 들어올려지는 것을 제한할 수 있다. 몇몇 실시례는 배향 플랫폼 이동 모드에서 배향 플랫폼이 이동하는 동안 세트업 구조 이동이 프로그램된 한계를 넘어서는 것을 방지할 수 있지만, 사용자에게 의한 머니플레이터 또는 세트업 조인트의 수동 이동으로 인한 배향 플랫폼의 이동이 세트업 구조의 운동 범위에 대해 프로그램된 한계를 오버라이드(override)할 수 있는 다른 실시례가 제공될 수 있다.

[0081] 배향 플랫폼(76)은 머니플레이터(80, 82)를 많은 수술에 대해서 유리한 상대 위치로 지지할 수 있다. 따라서, 제1 머니플레이터(80)의 링크(170)가 수술 작업 부위와 원하는 정렬상태로 이동되었으면, 다른 머니플레이터의 기구 홀더 및 이와 유사한 것은 대응하는 수술 공구에 대해서 대응하는 원하는 초기 정렬상태나 그 근처에 종종 있을 것이고, 단지 머니플레이터의 제한된 추가적인 재-위치결정이 허용될 수 있다. 배향 플랫폼에 대해 상기 머니플레이터를 지지하고 상기 머니플레이터를 다른 모든 머니플레이터에 대해 원하는 위치로 이동시키는 세트업 조인트 아암의 제동 시스템을 풀어줌으로써 특정 머니플레이터 정렬에 대한 작은 조정이 받아들여질 수 있다. 예를 들어, 배향 플랫폼을 위치시키고 모든 기구 머니플레이터를 처음으로 정렬시키기 위해서 카메라 머니플레이터가 사용되면, 각각의 기구 머니플레이터와 배향 플랫폼 사이의 세트업 링크장치는 구속해제될 수 있고 구속해제된 머니플레이터 위치는 필요한 경우 독립적으로 조정될 수 있다. 배향 플랫폼 이동 모드의 하나의 예시적인 실시례에서, 제1 입력 링크(70)의 수동 이동의 감지는 초기 원격 중심(RC)으로부터 원하는 원격 중심(RC_0)으로의 머니플레이터의 이동을 효과적으로 감지한다. 배향 플랫폼의 이동은 다른 머니플레이터의 원격 중심(RC)을 대응하는 원하는 원격 중심(RC_0)쪽으로 이동시킨다. 이 다른 원격 중심 위치의 추가적인 조정은 구속해제된 머니플레이터의 원격 중심(RC)과 원하는 원격 중심(RC_0) 사이의 원하는 정렬상태를 제공하기 위해서 대응하는 머니플레이터의 세트업 링크장치들의 각각을 순차적으로 구속해제하고 구속해제된 머니플레이터를 이동시키는 것에 의해서 수행될 수 있다.

[0082] **배향 플랫폼 이동 명령의 계산**

[0083] 이제 도 12a 및 도 12b를 참고하면, 배향 플랫폼의 이동 명령을 계산하기 위한 예시적인 소프트웨어 구조 및/또는 프로세서 배치를 이해할 수 있다. 배향 플랫폼 및 다른 머니플레이터는 배향 이동 입력장치(172)가 작동되고 있는 입력 링크(170)의 이동을 종종 추종할 것이기 때문에, 전체적인 이동은 "리드 더 호스 바이 더 노즈(Lead-the-Horse-By-the-Nose)" 제어 모드와 다소 비슷하다(그리고 본 명세서에서 종종 LHBN이라고 칭해진다). 이 LHBN 제어 모드는 유동적인(floating) 머니플레이터(82)의 원격 중심을 수동으로 이동시킴으로써 사용자가 작동하는 플랫폼(76)을 이동시키고 세트업 구조를 구동시킬 수 있게 해 준다. 기본적인 형태에 있어서, 제어 목표는 머니플레이터(82)의 원격 중심이 작동하는 플랫폼(76)의 프레임에서 원하는 위치에 남아 있도록 작동하는 플랫폼(76)을 이동시키는 것이다. 따라서, 사용자가 월드 프레임(world frame)에서 머니플레이터(82)를 수동으로 변위시키면, 제어장치는 실제 원격 중심과 원하는 원격 중심 사이의 오차가 영이 되도록 작동하는 플랫폼(76) 및 그 프레임을 동일한 변위에 걸쳐서 이동시킬 수 있다.

[0084] 도 12a에 도시되어 있는 것과 같이, 실제 원격 중심(RC) 위치와 원하는 원격 중심(RC_0) 위치 사이의 미가공 오차(raw error)는 LHBN 제어장치에 입력 명령(220)을 형성시킨다. 상기 미가공 오차를 미가공 속도 명령(raw velocity command)으로 스케일링(scaling)하기 전에 작은 불감대(dead zone)(222)(10cm 미만, 종종 약 3cm 이하)가 오차 신호에 적용된다. 로우 패스 필터(약 .1Hz 내지 10Hz, 통상적으로 대략 1Hz의 로우 패스 필터)가 대역 제한 속도 명령(band-limited velocity command)을 발생시킨다. 이 명령이 포화(saturation)되어(224) 작동하는 플랫폼 프레임에서 속도 명령을 생성한다. LHBN 모드가 개시되면 하프 코사인 형상 스케일링(half cosine shaped scaling)이 단구간 윈도우(short window)에 걸쳐서 상기 명령에 적용되어 상기 명령을 원활한 방식(smooth manner)으로 증가시킨다. 마찬가지로, 상기 모드가 감속을 원활하게 하기 위해서 여기되면 상기 명령은 하프 코사인 형상 스케일링에 의해 역방향으로 스케일링된다. 상기 속도 명령은, 스타트업/셴다운 스케일링(startup/shutdown scaling)후에, 세트업 구조의 역기구학(inverse kinematics)에 제공된다. 조인트가 자신의 이동 한계나 그 근처에 있을 때 속도 명령의 추가적인 트리밍(trimming)이 역기구학 계산에서 발생할 수

있다.

[0085] 본 명세서에서 앵커(anchor)라고도 칭하는 원하는 원격 중심(RC_D) 위치는 LHBN 제어 모드가 개시되면 확정된다. LHBN 제어 모드가 개시되면, 원하는 원격 중심(RC_D)과 실제 원격 중심(RC)이 동일 장소에 배치되므로, 오차가 영인 상태로 상기 모드를 개시한다(그래서 입력 링크(170)가 배향 플랫폼에 대하여 이동할 때까지는 배향 플랫폼이 이동하지 않을 것이다). LHBN 제어 모드에 있는 동안 링크(170)의 수동 이동은 실제 원격 중심(RC)이 대체로 작동하는 플랫폼의 프레임에서 원하는 원격 중심(RC_D)에 남아 있도록 상기 플랫폼을 구동시킨다. 기본적인 LHBN 작동에 대해 몇가지를 개선하면 상기 작동을 변경하기 위해서 실제 원격 중심에 대하여 앵커 즉 원하는 원격 중심(RC_D)의 위치를 선택적으로 이동시키거나 변경시킬 수 있다. 앵커는, 예를 들면, 앵커 드래깅 속도(anchor dragging velocity)를 명령하고 도 12a에 도시되어 있는 것과 같이 통합시킴으로써 이동될 수 있다. 하나의 앵커 속도 입력은 포화 속도 명령과 불포화 속도 명령 사이의 차이(226)로 될 수 있다. 이러한 특징의 목적은 큰 포화 속도 명령을 피하는 것일 수 있다. 일단 속도 명령이 포화상태에 도달하면, 상기 명령을 정확히 포화 한계에 유지시키기 위해서 원격 중심의 임의의 추가적인 입력 운동이 앵커를 끌어당긴다(또는 배향 플랫폼에 대해 원하는 원격 중심(RC_D)을 이동시킨다). 직관적으로, 앵커와 원격 중심 사이의 오차는 볼(ball)로서 시각화될 수 있고, 앵커를 끌어당기는 것은 오차 벡터가 볼의 반경에 도달할 때마다 볼의 중심을 이리저리 끌어당기는 것을 의미한다.

[0086] 도 12b에 도시된 블록도 모델을 참고하여 이해할 수 있는 것과 같이, 세트업 링크장치(78, 80)의 운동 범위 한계 또는 하드 스톱(hard stop)으로부터 멀어지는 이동 또한 앵커 드래깅(anchor dragging)을 통하여 달성된다. 사용자가 원하는 세트업 구조 운동을 쉽게 수동으로 명령하지 못할 수 있기 때문에 세트업 구조(74)의 하드 스톱으로부터 멀어지는 약간의 자동 운동이 바람직하다. 하나의 실시례에서는, 서브루틴이 세트업 링크장치(78, 80)의 이동 한계에 설치된 스프링을 모방하는 플랫폼(76)에 작용하는 가상의 힘을 계산(230)할 수 있다. 이 힘은 포트 드래깅 힘(port-dragging force)이라고 칭해질 수 있다. 세트업 구조 제어장치를 세트업 조인트의 운동 범위 한계로부터 물러나게 할 수 있도록 각각 구성된 머니플레이터(82)로부터 가상의 힘이 전달될 수 있다. LHBN 제어 모드 소프트웨어가 입력 머니플레이터(82)로부터 포트 드래깅 가상력(port-dragging virtual force)을 스케일링하고 이 양을 앵커 드래깅 속도에 더할 수 있다. 그 효과는 세트업 구조(76)를 세트업 링크장치(78, 80)의 하드 스톱으로부터 멀어지게 이동하도록 구동시키는 명령을 생성하는 것이다(232).

[0087] LHBN 제어 모드에서 사용된 게인, 포화 및/또는 불감대(deadzone)의 일부 또는 전부가 선택적으로 조정될 수 있다. 예를 들면, 일부 실시례에서는, 플랫폼이 플랫폼 이동 모드에서 이동할 때 플랫폼 운동 범위가 전체 운동 범위의 부분집합으로 제한될 수 있다. 상기한 바와 같이, 이러한 방법과 시스템은 관련 자유도(DOF)를 감소시킴으로써 시스템 세트업을 사용자를 위해 보다 직관적이고 보다 신속하게 만들 수 있다. 이러한 실시례에 있어서, 여러 방향들 중의 일부 방향에 대한 게인이 영으로 조정될 수 있다. 예를 들면, 플랫폼 이동 모드 동안 플랫폼 수직 이동만 제어되는 실시례에서, 단지 z-방향 이동 데이터만 제공되도록 x-방향 이동과 y-방향 이동에 대한 게인은 영으로 설정될 수 있다. 도 12a 및 도 12b에 있어서 각각의 파라미터는 아래의 표:

표 1

[0088]	XY DEADZONE: x-y 평면에서의 입력 운동에 적용된 불감대
	Z DEADZONE: z 방향의 입력 운동에 적용된 불감대
	ERR SAT: 최대 오차 입력. 이 값을 넘어서는 오차는 포화된다
	VFORCE GAIN: 세트업 조인트로부터 앵커 드래깅 속도로의 가상의 힘의 스케일링
	VFORCE MAXVEL: 앵커 드래깅 속도의 포화
	SHAPING COEFF: 포화 위치 명령을 형성하는 다항식의 계수
	GAIN: 위치 명령(오차 신호 위치 불감대 및 포화) 및 LHBN 속도 명령으로부터의 게인
	MAX XY: x-y 평면에서의 최대 속도 명령
	MAX Z: z 방향의 최대 속도 명령
	VELCMD: 최종 속도 명령
	V스프링 DZ FRAC: 각각의 세트업 조인트 운동 범위의 불감대 부분
	V스프링 GAIN: 각각의 조인트의 불감대 외측의 가상의 조인트 힘에 대한 위치로부터의 게인
	RED SUJ JT INV: 세트업 조인트 자코비안의 역변환
	V스프링 FORCE: OP에 반영된 최종 가상 힘

- [0089] 에 열거되어 있다. 세트업 구조 링크장치를 세트업 조인트 링크장치 하드 스톱으로부터 멀어지게 이동시키기 위해서 사용된 가상의 스프링력은 도 12b에 도시된 것과 같이 계산될 수 있고, 불감대 부분은 운동 범위의 얼마만큼이 가상의 힘을 발생시키지 않는 지를 결정할 수 있다. 상기 불감대 부분은 1보다 작아야 하며 능동 부분은 각각의 조인트상의 두 개의 하드 스톱 사이에 균등하게 분할될 수 있다는 것을 주의해야 한다. 세트업 조인트가 하드 스톱과 마주 대하도록 사용자가 원격 중심을 이동시키면, 하드 스톱으로부터 멀어지게 이동하도록 가상의 힘을 통합하고 속도 명령을 증가시키기 위해서 앵커 드래깅이 사용될 수 있다. 세트업 구조를 세트업 조인트 운동 범위 한계로부터 멀어지게 이동시키는 원활하게 증가하는 속도 명령이 발생될 것이다. 상기 속도 명령은 포화상태에 도달할 때까지 증가할 것이고, 그 시점에서 세트업 구조의 정상 상태 속도(steady-state velocity)가 유지될 것이다.
- [0090] 이와 같이 가상의 힘에 대한 큰 계인이 상기 오차를 상당히 포화되게 할 것이다. 가상의 힘의 계산과 관련된 핵심 요소의 보다 상세한 내용은 위의 표를 참고하면 된다.
- [0091] 이제 도 12c를 참고하면, 세트업 구조 및 배향 플랫폼(124)용 대체 구동 시스템이 머니플레이터의 원격 중심(RC)을 상기 배향 플랫폼에 대해 원하는 위치로 보내기 위해서 바람직하게는 x 축, y 축, 및 z 축 방향으로의 이동을 할 수 있게 한다. 머니플레이터(82)의 하나 이상의 링크를 공간에서 수동으로 이동시키는 것에 의해서(그리고 선택적으로 전체 머니플레이터를 이동시키는 것에 의해서), 사용자는 작동하는 플랫폼으로 하여 원하는 머니플레이터 원격 중심(RC) 위치(배향 플랫폼의 기준틀에서의)와 실제 머니플레이터 원격 중심(RC) 위치 사이의 오차 벡터를 계산하고 이 벡터를 원하는 x 축 방향 속도, y 축 방향 속도, z 축 방향 속도 발생시키기 위해서 이용하는 것을 추종하게 할 수 있다.
- [0092] 이제 도 12c 및 도 12d를 참고하면, 배향 플랫폼의 x 축, y 축, z 축, 및 θ 축을 이동시키는 방법은 대체로 수술을 시작할 때 양호한 상태의 머니플레이터 자세(수술 공구가 수술 작업 공간의 원하는 위치에 있는 동안 머니플레이터의 다양한 자유도는 바람직하게는 머니플레이터의 운동 범위의 중심 근처에 있고, 머니플레이터 키네매틱스(manipulator kinematics)가 이동 저지 특이점(motion-inhibiting singularities) 등으로부터 상당히 떨어져 있는 상태)를 제공하기 위해서 배향 플랫폼(124)과 배향 플랫폼에 장착된 하나 이상의 머니플레이터(82)의 원하는 위치결정을 이루려고 시도할 것이다. 상기한 것과 같은 카트 장착식 세트업 구조에 의해 지지된 배향 플랫폼과 함께, 천장 장착식 세트업 구조(190) 및 한 개, 두 개, 세 개, 네 개, 또는 그 이상의 자유도를 가진 다른 피구동 로봇 링크장치이 사용될 수 있다. 마찬가지로, 이동을 위한 입력은 수동 조인트(passive joint)(예를 들면, 상기한 세트업 조인트 구조를 따라 놓인 조인트들 중의 하나의 조인트) 및/또는 하나 이상의 능동적으로 구동되는 조인트(예를 들면, 머니플레이터(80, 82)의 조인트)를 수동으로(manually) 관절운동시키는 것에 의해 선택적으로 입력될 수 있다. 따라서, 상기 시스템은 수 개의 예시적인 로봇 운동 구조와 관련하여 기술될 수 있지만, 제어 기술은 잉여 자유도(redundant degrees of freedom) 및/또는 많은 수의 조인트를 가지는 다양한 다른 로봇 시스템에도 적용될 수 있는데, 능동 조인트와 수동 조인트의 혼합 형태를 가지는 시스템; 세트업하는 동안 구동되는 한 세트의 조인트와 수술하는 동안 구동되는(몇 가지 겹치는 부재를 가지거나 가지지 않는) 다른 상이한 세트의 조인트를 가지는 시스템; 개별 머니플레이터 제어장치가 단지 제한된 상태 정보만 교환하는 시스템; 기타 같은 종류의 시스템을 고려할 때 특히 흥미롭다.
- [0093] 세트업하는 동안 상기 시스템의 로봇 능력을 이용하기 위해서, 로봇 시스템의 프로세서는 머니플레이터의 링크의 수동 이동 동안 로봇 구조가 배향 플랫폼과 머니플레이터 원격 중심 사이의 원하는 관계 또는 자세를 향해서 구동되거나 및/또는 상기 원하는 관계 또는 자세를 유지시키는 모드를 실행하는 소프트웨어를 포함할 수 있다. 이러한 알고리즘은, 활성 상태에 있을 때, 배향 플랫폼과 머니플레이터의 원격 중심 사이의 실제 관계와 원하는 관계를 자신의 입력으로 받아들이고, 선택적으로 머니플레이터 원격 중심의 위치와 방향을 호트트러지지 않고서, 실제 자세를 원하는 자세로 만든다. 다시 말해서, 사용자가 수동 축(passive axes)을 이리저리 이동시킬 때, 능동 축(active axes)은 특정 로봇 자세를 달성하거나 유지시키도록 선택적으로 추종할 수 있다.
- [0094] 도 13에 도시된 단순화된 4-링크 머니플레이터는 본 명세서에 기술된 제어 구조 및 방법의 한 실시례를 설명하는데 도움이 된다. 이 개략적인 머니플레이터에서, 링크 191과 링크 192는 q_1 과 q_2 가 제어장치에 의해서 제어되는 것을 의미하는 능동적인 링크인 반면에, 링크 193과 링크 194는 수동적인 링크이고, 손으로 이동될 수 있다. 포인트 Q는 사용자에게 직접적인 관심의 대상인 로봇 상의 한 포인트이고, 로봇 베이스에 대해 사용자 특정 목표 위치로 수동으로 배치된다. 따라서, 포인트 Q는 머니플레이터의 원격 중심에 대응할 수 있고, 사용자는 통상적으로 머니플레이터가, 예를 들면, 이미 환자에 설치될 수 있거나 로봇 구조가 제위치로 이동된 후 환자에 삽입될 수 있는 카메라 캐놀라에 연결될 수 있도록 포인트 Q를 배치시킬 수 있다. 다양한 이유로(이용가능한

운동 범위를 최대화하거나, 충돌을 최소화하기 위한 것 등의 이유를 포함하여), P와 Q의 사이에서 특정 관계를 획득하는 것이 종종 바람직하다. 조인트 q_3 과 조인트 q_4 가 자유로운 상태이고, 충분한 운동 범위가 있으며, 머니플레이터가 특이점 근처에 있지 않는 한, P는 Q와 독립적으로 병진운동할 수 있으므로, Q가 베이스에 대해 단순히 고정된 상태로 유지되어 있으면 제어장치는 원하는 관계를 수립하기가 자유롭다. 이 원리는 사용자가 Q를 공간상에서 고정된 상태로 유지시키는 동안 P 대 Q의 관계를 자동적으로 수립하는데 이용될 수 있다. 이 자동 위치결정 알고리즘을 연속적으로 실행시킬 수도 있으므로, 사용자 수동으로 Q의 위치를 조정할 때, 능동 축 q_1 과 q_2 는 원하는 P-Q 관계를 유지시키도록 이동한다.

[0095] 도 13의 단순화된 예에는, 두 개의 능동 자유도와 두 개의 수동 자유도가 표시되어 있고, 관심의 대상인 양은 P와 Q의 평면에서의 상대 위치뿐이었다. 천장 및/또는 카트 장착식 로봇 수술 시스템은 종종 더 복잡할 것이다: 도 12d의 실시례에서는 총 열 개의 자유도를 위해서, 일곱 개의 능동 자유도(갠트리(gantry) 상의 네 개의 관련 축과 ECM 상의 세 개의 관련 축)와, 세 개의 수동 축(배향 플랫폼(124)와 머니플레이터(82)의 사이의 세트업 조인트(198)에 의해 개략적으로 도시되어 있음)이 있다. 머니플레이터 원격 중심 말단 지점 위치와 방향을 유지시키는 것은 종종 6 자유도(DOF) 사안이고, 이는 본 실시례에서 내부 최적화(internal optimization)를 실행하는 4개의 여분의 자유도(DOF)를 남긴다. 이러한 논의의 목적으로, 원하는 것으로 간주되는 것의 정확한 본질은 많은 기준을 포함할 수 있고, 본 명세서에 기술된 많은 개념은 최적의 목표 위치를 결정하기 위해서 사용된 방법에 상관없이 적용될 수 있다는 것을 주의해야 한다. 이러한 종류의 최적화를 수행하는 한 가지 전략은 전체 시스템을 한 개의 10 자유도(DOF) 리던던트 머니플레이터(redundant manipulator)로 간주하는 것이다. 그 다음에 주된 어길 수 없는 목표와 병행하여 비용 함수를 최소화하는 원하는 보조 목표를 도입하는 기술을 이용할 수 있다. 본 경우에 있어서 주된 목표는 공간에 대하여 머니플레이터 원격 중심의 위치와 방향을 유지시키는 것일 수 있고 보조 목표는 배향 플랫폼과 머니플레이터 사이의 최적의 관계를 달성하는 것일 수 있다.

[0096] 두 번째 전략은 상기 문제를 두 부분: 즉,

[0097] 1) 배향 플랫폼의 위치와 방향이 머니플레이터의 원격 중심(RC)에 대해 최적의 또는 원하는 위치에 도달할 때 최소값을 달성하도록 구성되어 있는 비용 함수를 최소화하려고 하는 세트업 구조 최적화 문제; 그리고

[0098] 2) 공간에 대하여 일정한 머니플레이터 방향을 유지시키려고 하는 머니플레이터 조절 문제;

[0099] 로 분할하는 것이다.

[0100] 이 두 번째 전략은 ECM과 및 갠트리 머니플레이터(Gantry manipulator) 사이에 공유될 필요가 있는 유일한 정보는 각각의 팁(tip)과 베이스의 위치라는 사실이 유익한 점이다 - 모든 조인트의 위치를 알 필요는 없다. 이것은 이러한 특정 전략에 대해서 머니플레이터들 사이에 작은 통신 대역폭(communication bandwidth)을 필요로 한다는 점에서 좋은 장점을 제공한다.

[0101] 이하에서는 원격 중심을 이동시키지 않고서 세트업 구조를 이동시키는데 필요한 수학적 체계를 제공한다. 이제 도 14 및 도 15를 참고하면, 단순화된 평면 세트업 구조 링크장치를 원하는 자세로 재구성하는 것은, (도 13의 상기 설명에 따라, P가 공간상에서 원하는 x 위치와 y 위치로 이동되는 동안 Q는 불변인 상태로 유지되도록) 머니플레이터를 자신의 영 공간(null space)을 통하여 이동시키는 것으로 만들어질 수 있다. 수학적으로, 도 14에서 링크 1 내지 링크 3의 길이는 l_1 내지 l_2 이고, 자코비안 행렬과 조인트 위치 벡터 q 는 아래와 같이 표현될 수 있다:

$$x = l_1 c_1 + l_2 c_{12} + l_3 c_{123}$$

$$y = l_1 c_1 + l_2 s_{12} + l_3 s_{123}$$

$$J = \begin{bmatrix} -s_1 - s_{12} - s_{123} & -s_{12} - s_{123} & -s_{123} \\ c_1 + c_{12} + c_{123} & c_{12} + c_{123} & c_{123} \end{bmatrix}$$

$$q = \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{bmatrix},$$

[0102]

[0103] 아래의 표현은 엔드 이펙터 이동과 엔드 이펙터 이동을 초래하지 않는 내부 조인트 이동의 합으로 조인트 속도를 분해한 것이다.

$$\overset{o}{q} = \underbrace{J^t \bar{v}}_{\substack{\text{원하는} \\ \text{직각좌표계} \\ \text{이동}}} + \underbrace{(I - J^t J) \overset{o}{\bar{q}}_0}_{\substack{\text{머니플레이터의} \\ \text{영공간을 통한} \\ \text{원하는 내부 이동}}}$$

[0104]

[0105] $\bar{v} = [\bar{o}]$ 로 설정한다. 이것은 엔드 이펙터가 이동하는 것을 원치않는다는 것을 의미한다.

$$\overset{o}{\bar{q}}_0 = \begin{bmatrix} \bar{\bar{q}}_{\theta_1} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

[0107]

* 로 설정한다.

[0108]

이것은 θ_1 을 속도 $\bar{\bar{q}}_{\theta_1}$ 으로 이동시키는 것을 의미한다.

[0109]

이러한 내부 이동이 엔드 이펙터를 이동시키지 않는 한, θ_2 와 θ_3 가 무엇을 하는지 신경 쓸 필요가 없다.

[0110]

따라서, 우리는 θ_1 을 이동시킬 수 있고, 엔드 이펙터 위치를 변경시키지 않고서 영공간을 통하여 머니플레이터를 이동시키기 위해서 θ_2 와 θ_3 를 명시할 필요가 없었다. 마찬가지로, 매트랩 시뮬레이션(Matlab simulation)으로부터, 우리는 다른 조인트를 명시할 필요없이 영 공간을 통하여 축을 이동시킬 수 있다는 것을 안다. 상기 절차는 평면 세트업 조인트의 최적화를 나타내지만, 그 체계는 배향(orientation)으로 확장된다.

[0111]

상기한 바와 같이, 세트업 조인트를 세트업 조인트의 운동 범위(ROM) 한계 또는 그 근처로 수동으로 이동시키는 것에 의해서 배향 플랫폼 이동 모드가 개시(180)될 수 있다. (세트업 조인트가 세트업 조인트의 자유도 중의 적어도 하나의 자유도로 더 이동하는 것이 제한되도록)세트업 조인트가 자신의 운동 범위 한계에 있는 상태에서 배향 플랫폼 이동 모드가 개시되면, 세트업 조인트를 운동 범위 한계로부터 물러나도록 배향 플랫폼(76)을 세트업 링크장치에 대해서 이동시키기 위해서 배향 플랫폼(76)에 작용하는 가상의 힘(포트 드래깅 힘(port-dragging force)이라도 한다)을 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 이것은 세트업 링크장치의 자신의 운동 범위쪽으로는 추가적인 이동의 여지를 허용하고 상기 시스템은 상기한 방법을 이용하여 배향 플랫폼을 이동시키는 입력으로서 세트업 조인트의 운동 범위 한계쪽으로는 세트업 조인트의 추가적인 이동을 이용할 수 있다.

[0112]

배향 플랫폼 이동 모드를 개시한 후에 배향 플랫폼에 작용하는 가상의 힘을 제공하는 것이 유리할 수 있지만, 조인트의 수동 운동(manual movement) 동안(예를 들면, 배향 플랫폼 이동 모드 전, 배향 플랫폼 이동 모드 동안, 또는 배향 플랫폼 이동 모드 후) 조인트에 작용하는 조인트의 운동 범위 한계에 있는 가상 스프링 및/또

는 물리적인 스프링을 제공하는 것이 바람직할 수도 있다. 상기한 바와 같이, 세트업 모드를 종료할 때 연쇄(kinematic chain)의 하나의 조인트, 몇 개의 조인트, 또는 모든 조인트를 조인트와 관련된 "하드 스톱" 또는 물리적인 운동 범위 한계(운동 범위(ROM) 한계)에서 떨어지게 하거나 그렇지 않으면 연쇄의 하나의 조인트, 몇 개의 조인트, 또는 모든 조인트에 대해 원하는 운동 범위를 유지시키는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들면, 수술 시스템의 안전 구조(safety feature)로서 연쇄의 조인트를 운동 범위(ROM) 한계에서 떨어지게 하는 것이 유리할 수 있다. 잉여 자유도(DOF)를 가진 시스템에서는, 상대적으로 더 원위의 조인트가 운동 범위(ROM) 한계(예를 들면, 완전히 압축된 상태)에 있고, 하나 이상의 상대적으로 더 근위의 조인트가 잉여 자유도(DOF)로 원위 조인트로 이동하면, 원위 조인트에서 먼 쪽의 아암이 대상물(예를 들면, 수술대 또는 이와 유사한 것) 또는 환자에 대해 상당히 큰 힘을 작용할 수 있다. 따라서, 조인트와 물리적인 운동 범위(ROM) 한계 사이에 완충 지대를 제공하기 위해서 조인트를 물리적인 운동 범위(ROM) 한계에서 밀어내거나 그렇지 않으면 조인트의 원하는 운동 범위를 유지시키는 것이 유리할 수 있다. 일부 실시례에서는, 제어 시스템이 완충 지대 내에서 조인트의 운동을 감지할 수 있고, 이러한 경우에 상기 시스템은 하나 이상의 물리적인 스프링 및/또는 가상 스프링이 과도한 운동을 흡수하고 상쇄시킬 수 있도록 하기 위해서 관련 구동 또는 제동 시스템에 의해 구동 또는 제동을 해제한다. 이것은 조인트로부터 원위의 머니플레이터, 링크, 및/또는 기구에 의해 작용된 힘의 양을 유리하게 줄일 수 있다.

[0113] 따라서, 다른 실시례에서는, 세트업 조인트 링크장치를 세트업 조인트 링크장치의 운동 범위 한계로부터 심지어 배향 플랫폼 이동 모드(또는 LHBN)의 외측으로 이동시키기 위해서 하드웨어 또는 소프트웨어가 사용될 수 있다.

상기 하드웨어는 상기 운동 범위 한계에 설치된 물리적인 스프링, 상기 운동 범위 한계에 설치된 범퍼, 및/또는 세트업 링크장치에 작용하는 조정가능한 스프링(tunable spring) 그리고 이들의 결합형태일 수 있다. 추가적으로, 일부 실시례에서는, 세트업 조인트 링크장치를 세트업 조인트 링크장치의 운동 범위 한계로부터 밀어내기 위해서 가상 스프링(가상의 힘을 발생시키기 위한 소프트웨어 서브루틴), 조정가능한 스프링, 범퍼, 및/또는 다른 물리적인 스프링의 결합형태를 사용하는 것이 바람직할 수 있다는 것을 알아야 한다. 게다가, 세트업 조인트 링크장치를 세트업 조인트 링크장치의 운동 범위 한계로부터 밀어내고 이 운동 범위 한계로부터 원하는 간격을 유지하는 것을 용이하게 하기 위해서 세트업 링크장치와 관련된 구동 또는 제동 시스템의 작동 및/또는 작동 지연을 위해 제어 방법이 실행될 수 있다.

[0114] 도 16은 세트업 조인트(210)를 그 운동 범위 한계로부터 밀어내기 위한 물리적인 스프링, 조정가능한 스프링 및/또는 범퍼를 포함할 수 있는 예시적인 세트업 조인트(210)의 측면도를 나타내고 있다. 수직 기둥(300)이 하우징으로부터 늘어져 있다. 아암(304)이 수직 기둥(300)의 하부 단부에 의해 지지되어 있다. 아암(304)은 수술용 머니플레이터 및 수술용 머니플레이터의 관련된 원격조종식 액추에이터를 지지한다. 수술 기구가 수술용 머니플레이터에 결합될 수 있고 아암(304)과 수직 기둥(300)에 지지될 수 있다.

[0115] 도 17은 커버(302)가 하우징으로부터 제거된 상태의 도 16에 도시된 연장가능한 지지부(210)의 측면도이다. 수직 기둥(300)의 상부 단부는, 환자에 대해 수술용 머니플레이터의 높이를 조정하기 위해서 수직 기둥(300)을 상하로 이동시킬 수 있는 트랙(408) 및 캐리지(406) 조립체와 같은 슬라이딩 조립체(sliding assembly)에 결합되어 있다.

[0116] 도 18은 도 16에 도시된 연장가능한 지지부의 하우징 부분의 사시도이다. 트랙(408) 및 캐리지(406) 조립체를 보다 명확하게 볼 수 있도록 하기 위해 일부 구성요소는 제거되어 있다.

[0117] 도 17을 다시 참고하면, 상력 스프링(constant force spring)(400)이 상력 스프링(400)의 하부 단부(402)에서 수직 기둥(300)에 결합되어 있다. 상력 스프링(400)은 연장가능한 지지부 조립체(210)의 상부 단부에 의해 지지되어 있는 드럼(404)에 감겨 있다. 상력 스프링(400)은 수직 기둥(300) 및 수직 기둥이 수술 기구를 포함하여 지지하는 구조에 작용하는 중력에 대항한다.

[0118] 상력 스프링은 퍼진것이 아니라 감겼을 때 저응력 상태(lower stress state)에서 스프링이 이완되도록 스프링강으로 이루어진 감긴 리본(rolled ribbon) 형태로 구성될 수 있다. 상력 스프링이 풀릴 때, 복원력은 주로 이완된 스프링의 롤(roll) 근처에 있는 리본의 부분에서 생긴다. 구체적으로 말하면, 상기 복원력은 둥근 형태에서 편평한 형태로 바뀌는 구역으로부터 생긴다. 완전히 풀려있거나, 여전히 드럼(404)에 감겨있는 부분으로부터는 복원력이 생기지 않는다. 스프링이 풀릴 때 상기 구역의 기하학적 형태가 거의 일정하게 유지되기 때문에, 결과적으로 초래된 힘은 거의 일정하다. 자동 감김식 강철 줄자(self-retracting steel measuring tape)가 상력 스프링의 한 예이다. 상력 스프링(400)은 수직 기둥(300) 및 부착된 구조를 지지하기 위해서 거의 일정한 균형력(counter-balancing force)을 제공하지만, 상력 스프링만으로 달성될 수 있는 것보다 더 큰 일정한 값이고 상

이한 지지 무게를 보상할 수 있는 균형력을 제공하는 것이 바람직할 수 있다.

- [0119] 도 19는 도 17에 도시된 상력 스프링(400)의 사시도이다. 브래킷(600, 602, 604)이 연장가능한 지지부 조립체(210)의 상부 단부에 의해 지지되어 있다. 상기 브래킷은 상력 스프링(400)이 감기는 드럼(404)을 회전가능하게 지지한다. 상력 스프링을 드럼 직경보다 작은 이완된 직경까지 완전히 감으려고 할 때 상력 스프링(400)은 드럼(404)의 표면과 상력 스프링(400) 사이에 발생된 마찰력에 의해 드럼(404)에 고정될 수 있다.
- [0120] 도 20은 도 18에 도시된 상력 스프링 조립체의 드럼 부분의 분해도이다. 축방향의 지지부(700)를 포함하는 플레이트가 연장가능한 지지부 조립체(210)의 상부 단부로부터 드럼(404)을 지지하는 브래킷의 한 측면(604)에 고정되어 있다. 축방향의 지지부(700)는 드럼(404)을 회전가능하게 지지하는 베어링을 제공할 수 있다. 상력 스프링 조립체는 모터를 포함하고 있고, 상기 모터는 드럼(404)을 회전시키는 능동 회전력(active rotational force)을 제공하는 회전자(706)와 고정자(702)를 가지는 브러시없는 DC 모터가 될 수 있다. 상기 모터에 의해서 제공된 힘은 수직 기둥(300)에 작용하는 선형력(linear force)으로 바뀐다. 상기 모터에 의해서 제공된 토크는 상력 스프링(400)을 가로질러서 수직 기둥(300)에 작용하는 선형력으로 바뀐다. 상기 모터에 의해서 제공된 토크는 상력 스프링(400)에 의해 제공된 균형력에 더해지거나 상기 균형력으로부터 빼질 수 있다.
- [0121] 모터는 드럼(404)을 지지하는 브래킷의 제2 측면(602)에 고정되어 있는 고정자(702)를 포함하고 있다. 베어링(708)이 드럼(404)에 대해 회전가능한 지지부를 제공하는 모터 고정자의 부분(704)에 의해서 지지될 수 있다. 모터는 드럼(404)에 고정되어 있는 회전자(706)를 더 포함하고 있다.
- [0122] 도 21은 도 19에 표시된 단면선 8-8을 따라서 도시한 상력 스프링 조립체의 드럼 부분의 단면도이다. 이 도면에서 볼 수 있는 것과 같이, 브래킷(600, 602, 604)과 모터 고정자(702)는 하나의 하위-조립체로서 함께 고정되어 있다. 브래킷과 모터는 제2 하위-조립체로서 함께 고정되어 있는 회전하는 드럼(404)과 모터 회전자(706)에 대해 접지 기준(ground reference)을 제공한다.
- [0123] 브래킷(604) 상의 축방향의 지지부(700)에 의해 지지되어 있는 제1 베어링(800)이 드럼(404)의 폐쇄 단부를 지지한다. 드럼(404)에 폐쇄 단부를 제공하는 것에 의해, 모터와 조립되기 전에 상력 스프링(400)이 드럼(404)에 감길 때 상력 스프링(400)의 감김력(rolling force)을 드럼이 지탱할 수 있도록 드럼(404)의 강도를 증가시킬 수 있다. 모터 고정자(702)상의 쇼울더(704)에 의해서 지지되어 있는 제2 베어링(708)이 드럼(404)의 개방 단부를 지지한다. 따라서, 드럼(404)과 모터 회전자(706)는 베어링(708, 800)에 의해서 지지되어 있고, 상기 베어링(708, 800)은 접지된 브래킷(600, 602, 604)과 모터 고정자(702)에 의해서 지지되어 있다. 다른 실시례에서는, 드럼(404)과 모터 회전자를 브래킷과 모터 고정자(702)에 대해서 회전가능하게 지지하기 위해서 다른 장치가 사용될 수 있다.
- [0124] 다른 실시례에서는, 모터가 상력 스프링을 지지하는 드럼의 내부 공간이외의 장소에 설치될 수 있다. 예를 들면, 모터의 회전자는 동축으로 놓인 드럼에 직접 결합되어 있는 샤프트에 의해서 연장될 수 있다. 대체 실시형태로서, 드럼과 모터는 동축으로 놓이지 않을 수 있고 모터의 회전자는 벨트, 기어, 및/또는 체인과 스프로킷 구동장치(sprocket drive)와 같은 기계적인 변속장치에 의해서 드럼에 결합될 수 있다. 모터 회전자로 확인된 것을 브래킷에 고정시키고 드럼을 모터 고정자로 확인된 것에 결합시킬 수도 있다. 이러한 구성에서, 모터의 외측 부분 및 결합된 드럼은 모터의 내측 부분 둘레로 회전한다.
- [0125] 상력 스프링(400)이 편평한 벨트에 의해 교체될 수 있고 모터가 수직 기둥(300) 및 수직 기둥이 수술 기구를 포함하여 지지하는 구조에 작용하는 중력을 상쇄시키는 힘을 제공할 수 있는 것을 알 수 있을 것이다. 그러나, 이것은 무게가 아마도 12 내지 24 킬로그램이 될 수 있는 장치를 지탱하기 위해 상당히 큰 모터와 상당한 양의 전류를 필요로 할 것이다. 전동식 드럼과 하중 사이의 결합물으로서 상력 스프링을 제공하는 것에 의해, 상력 스프링이 상기 하중을 지탱하는데 필요한 힘의 대부분을 제공한다. 모터는 하중의 변동성과 상력 스프링에 의해 제공된 힘의 불균일성을 바로잡는 편향력(biasing force)을 제공한다.
- [0126] 하나의 실시례에서, 상력 스프링(400)은 가장 무거운 하중을 지탱하는데 필요한 힘보다 약간 더 큰 힘을 제공하도록 하는 크기로 되어 있다. 따라서, 상력 스프링(400)은 하중을 항상 들어올릴 것이다. 모터는 수직 기둥(300) 및 수직 기둥이 지지하는 구조에 대해 "중성 부력(neutral buoyancy)"을 제공하기 위해서 상력 스프링(400)에 의해 제공된 힘에 대항하여 작용하는 제어가능한 아래쪽 방향의 힘을 제공하기 위해 사용된다.
- [0127] 도 22는 추가적인 구성요소가 나타난 상태의 도 19에 도시된 상력 스프링(400)의 사시도이다. 상기한 바와 같이, 수직 기둥(300)은 트랙(408) 및 캐리지(406) 조립체에 의해 지지될 수 있다. 수직 기둥의 위치가 변하지 않을 때에는 동력이 필요하지 않도록 수직 기둥을 고정된 위치에 유지하기 위해서 브레이크가 제공될 수 있다.

상기 브레이크는 상력 스프링의 연장된 부분을 고정된 위치에 고정시키는 브레이크, 드럼이 회전하는 것을 방지하는 브레이크, 또는 수직 기둥이 이동하는 것을 방지하는 브레이크, 예를 들면, 자기 브레이크 슈(magnetic brake shoe)(906)로 전기자(904)를 자기적으로 붙잡는 도시된 자기 브레이크와 같은 형태로 될 수 있다.

[0128] 모터는 1차 센서(912)를 포함하고 있고, 상기 1차 센서는 모터에 대해 절대 회전 위치(absolute rotary position)를 제공하는 회전 위치 센서이다. 1차 센서의 한 부분은 모터 회전자에 장착되어 있다. 1차 센서의 다른 부분은 모터 고정자와 같은 기계적인 접지부(mechanical ground)에 장착되어 있다. 1차 센서는 모터로부터의 토크와 원하는 운동을 제공하기 위해서 모터에 조절된 전류를 제공하는 제어 모듈에 결합되어 있다. 1차 센서는 모터 정류(motor commutation) 및 샤프트 속도 제어를 위해 사용된다.

[0129] 2차 센서(900, 902)는 수직 기둥의 위치에 대한 데이터를 제어 모듈에 제공하기 위해서 설치될 수 있다. 2차 센서(900, 902)는 수직 기둥을 지지하는 캐리지에 그리고 캐리지가 이동하는 고정 레일(408)을 지지하는 프레임과 같은 기계적인 접지부에 장착될 수 있다. 2차 센서(900, 902)는 절대 직선 위치(absolute linear position)를 제공한다.

[0130] 2차 센서(900, 902)는 1차 센서(912)에 대한 대안(backup)을 제공한다. 2차 센서(900, 902)에 의해 감지된 수직 기둥이 1차 센서(912)에 의해 감지된 모터의 회전에 기초하여 예상된 대로 이동하는 것을 확인하기 위해서 상기 두 개의 센서로부터의 측정값이 비교될 수 있다.

[0131] 상력 스프링(400)에 의해 제공된 힘의 불균일성을 보상하는데 필요한 힘을 주기적으로 조정하기 위해서 2차 절대 위치 센서(900, 902)가 사용될 수 있다. 조정 루틴(calibration routine)은 모터 및 1차 모터 센서(912)와 함께 2차 센서(900, 902)를 이용한다. 상력 스프링(400)의 유효 반경은 상력 스프링이 얼마나 많이 풀어지는지의 함수이기 때문에, 1차 센서와 2차 센서 사이의 비율은 가변적이다. 이 가변적인 비율은 상기 조정(calibration)에 고려된다. 이러한 조정은 대체로 드물게 필요할 것이다.

[0132] 수직 기둥에 의해 지지된 기구는 제어 모듈로 하여 상기 기구에 의해 수직 기둥에 더해진 무게의 양을 결정할 수 있게 하는 기계 판독가능 식별자료(machine readable identification)를 구비할 수 있다. 상기 기계 판독가능 식별자료는 직접 또는 기구 정보의 데이터베이스를 참고하여 기구의 유형에 대해 일반적인 무게나 개별 기구에 대해 특정 무게를 제공할 수 있다. 제어 모듈은 설치된 수술 기구의 무게를 보상하기 위해 모터로부터 원하는 힘을 제공하도록 모터에 제공된 전류를 조정할 수 있다.

[0133] 트랙(408) 및 캐리지(406) 조립체는 캐리지가 트랙을 벗어나는 것을 방지하기 위해서 기계적인 정지부를 포함하고 있다. 상기 기계적인 정지부는 아마 1mm 내지 1.5mm의 작은 양의 물질 변형만으로 캐리지 움직임을 제한하는 고무 범퍼(908)를 포함할 수 있다. 상기 기계적인 정지부는 또한 아마 3mm 내지 3.5mm의 보다 큰 항복량(amount of yield)을 제공하면서 캐리지 움직임을 제한하는 스프링 정지부(910)를 포함할 수도 있다. 심지어 스프링 정지부(910)가 캐리지를 다소 급격하게 정지시킬 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다.

[0134] 일부 실시예에서는, 제어 모듈이 이동 범위의 끝부분쪽에서의 이동을 막고 캐리지(406)의 운동을 급격하게 정지시키는 것을 피하기 위해서 캐리지(406)를 보다 긴 거리에 걸쳐서 정지부로 보내기 위해서 모터를 사용할 수 있다. 제어 소프트웨어 구현 정지부(control software implemented stop)는 캐리지 이동 범위의 끝부분에 걸쳐서, 아마 캐리지 이동의 마지막 12mm 내지 20mm에 걸쳐서 캐리지 조립체를 이동시키는데 필요한 힘을 서서히 증가시킬 수 있다. 캐리지(406)에 대한 이동 범위의 끝부분을 통과하는 이동을 막기 위해서 모터에 의해 제공된 힘의 증가는 캐리지(406)를 원하는 감속 프로파일(deceleration profile)로 정지시키기 위해서 비선형적으로 가해질 수 있다. 상기 제어 소프트웨어 구현 정지부는 상기 이동 범위의 개시점에서 영의 힘으로부터 서서히 증가하는 힘을 제공할 수 있고, 기계적인 정지부로 구현하는 것이 어려울 수 있다.

[0135] 상기한 바와 같이, 수술대가 이동하는 동안 캐리지(406)의 운동 범위의 끝부분에서 약간 낮은 컴플라이언스 운동(some low compliance movement)을 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 상기한 이유에 추가하여, 캐리지(406)가 자신의 운동 범위의 끝부분에 있는 경우, 수술대 이동이 가능하지 않을 수 있다. 수술대가 이동하는 동안 캐리지(406)가 기계적인 정지부(908, 910)에 도달하면, 수술대를 더 이동시키는 능력이 없어진다. 따라서, 스프링 플런저(910)는, 양 방향으로 캐리지의 낮은 컴플라이언스 운동을 가능하게 하는 위치에 캐리지를 멈추게 하기 위해서 캐리지(406)를 기계적인 정지부(908, 910)의 한계에서 밀어내도록 구성될 수 있다. 조인트(210)는 사용될 때 (조인트 등의 의도하지 않은 운동을 제한하기 위해서) 캐리지를 고정된 위치에 유지시키도록 구성된 기계적인 브레이크 또는 구동 시스템을 포함할 수 있지만, 스프링 플런저(910)가 눌러질 때 및/또는 조인트(210)가 물리적인 운동 범위 한계에 근접한 소프트웨어 한정 임계점(software defined threshold) 내에서 이동

할 때(예를 들면, 물리적인 운동 범위 한계로부터 뺀어 나온 운동 범위 한계 엔빌로프 내에서 이동할 때) 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동을 조절하는 제어 시스템이 제공될 수 있다.

[0136] 도 23a 내지 도 23d는 조인트(500)가 자신의 물리적인 운동 범위 한계(502) 중의 하나에 대해서 자신의 운동 범위(501)를 따라서 상이한 위치에 있는 다양한 조인트 구성을 나타내는 단순화된 예시적인 시스템도를 나타내고 있다. 단순화와 명확성을 기하기 위해서 운동 범위(501)의 반대쪽 끝부분은 도면과 아래의 설명에서 생략하였다. 도 23a 내지 도 23d는 조인트(500)의 운동 범위(501)의 한 쪽 끝부분을 나타내고 있으며 아래에 기술된 구성 및 제어 알고리즘은 조인트(500)의 반대쪽 운동 범위 한계에서 유사하게 실행될 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0137] 조인트(500)는 조인트 세트업 조인트 링크장치와 같은 머니플레이터를 지지하는 동적 링크장치(kinematic linkage)를 따라서 놓인 임의의 조인트일 수 있다. 조인트(500)는 사용될 때 캐리지를 고정된 위치에 유지시키는 조인트(500)와 관련된 구동 또는 제동 시스템을 가질 수도 있다. 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동은, 사용자 입력(예를 들면, 선택적으로 클러치 또는 이와 유사한 것을 구속해제하는 것)을 통하여 사용자에게 의해 선택적으로 작용되고 해제될 수 있다. 조인트(500)의 운동 범위(501) 전체에 걸쳐서 사용자가 수동으로 조인트(500)를 이동시키고 있을 때, 아래에서 보다 상세하게 설명하겠지만 수술 시스템 컴퓨팅 장치는 물리적인 운동 범위 한계(502) 및/또는 조인트(500)가 다양한 근접 임계점(proximity threshold)으로 이동되거나 상기 근접 임계점 내에 위치되어 있는 임계 기간에 대한 조인트(500)의 위치에 대응하여 그리고 상기 조인트(500)의 위치에 따라서 다수의 상이한 제어 알고리즘을 실행시킬 수 있다.

[0138] 도 23a 내지 도 23d에 도시되어 있는 것과 같이, 스프링(504)은 물리적인 운동 범위 한계(502)에 위치될 수 있고 푸시 아웃 구역(506)을 한정할 수 있다. 스프링(504)은 단일 스프링으로 될 수 있거나 복수의 스프링(물리적인 스프링, 기계적인 스프링, 조정가능한 스프링 및/또는 가상 스프링)을 대표할 수 있다. 푸시 아웃 구역(506)은 스프링(504)이 조인트(500)의 물리적인 운동 범위 한계(502)쪽에서의 이동을 흡수하고 저지하는 범위를 한정할 수 있다. 도 23a에는, 스프링(504)이 완전히 신장된 상태에서 푸시 아웃 구역(506)의 외측에 있는 조인트(500)가 도시되어 있고 도 23b는 스프링(504)이 약간 압축되어 조인트(500)에 작용하는 상태에서 푸시 아웃 구역(506)으로 이동되어 상기 푸시 아웃 구역(506) 내에 위치되어 있는 조인트(500)를 나타내고 있다.

[0139] 제1 임계점(508)은 물리적인 운동 범위 한계(502)으로부터 일정 거리 이격될 수 있다. 제1 임계점(508)은 물리적인 운동 범위 한계(502)와 제1 임계점(508)의 사이에 뺀어 있는 운동 범위 한계 엔빌로프(envelope)(510)를 나타내는 소프트웨어 한정 운동 범위 한계일 수 있다. 상기 소프트웨어 한정 운동 범위 한계(508)는 물리적인 운동 범위 한계(502)로부터 조인트(500)의 바람직한 최소 간격을 나타낼 수 있다. 일부 실시예에서는, 상기 운동 범위 한계 엔빌로프(510)가 물리적인 운동 범위 한계(502)로부터 1인치 이하, 바람직하게는 0.5 인치 이하(예를 들면, 약 0.25 인치 등)로 뺀을 수 있다. 일부 실시예에서는, 제1 임계점(508)이(예를 들면, 푸시 아웃 구역(506)의 끝부분과 물리적인 운동 범위 한계(502) 사이의 위치에 있는) 스프링(504)과 관련된 푸시 아웃 구역(506)에 대해 원위 위치로 한정될 수 있다. 조인트(500)와 관련된 구동 또는 제동 시스템과 결합된 컴퓨팅 장치는 조인트(500)가 제1 임계점(508)을 지나서 이동되어 운동 범위 한계 엔빌로프(510) 내에 위치되어 있을 때 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 작용을 지연시킬 수 있다. 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 작용에 있어서의 지연은 조인트(500)의 위치를 고정시키기 위해서 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작용(reapplication) 전에 스프링(504)이 조인트(500)를 운동 범위 엔빌로프(510)로부터 밀어내는 시간을 허용할 수 있다.

[0140] 예를 들면, 도 23c는 제1 임계점(508)을 지나서 이동되어 운동 범위 한계 엔빌로프(510) 내에 위치된 조인트(500)를 나타내고 있다. 조인트(500)가 운동 범위 한계 엔빌로프(510) 내에 위치되어 있는 동안 사용자가 구동 또는 제동의 재작용을 위해 구동 또는 제동 시스템과 관련된 클러치 버튼을 풀어주거나 신호를 보내면, 조인트(500)를 자신의 물리적인 운동 범위 한계(502)에 근접한 위치에 고정되는 하는 것이 바람직하지 않을 수 있기 때문에 시스템의 컴퓨팅 장치는 사용자 입력에 대응하여 구동 또는 제동을 즉시 재작용시키지 않을 수 있다. 따라서, 상기 컴퓨팅 장치는 스프링(504)이 조인트(500)를 물리적인 운동 범위 한계(502)로부터 밀어낼 수 있게 하는 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 작용을 지연시킬 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치가 스프링(504) 또는 사용자에게 의해 조인트(500)가 운동 범위 한계 엔빌로프(510)로부터(예를 들면, 예를 들면, 도 23b에 도시된 위치로) 밀려나간 것을 검출하면, 상기 컴퓨팅 장치는 조인트(500)를 바람직하게는 물리적인 운동 범위 한계(502)로부터 이격된 위치에 고정시키기 위해 조인트(500)의 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작용을 가능하게 하거나 자동적으로 촉발시킬 수 있다.

- [0141] 일부 실시예에서는, 시스템의 컴퓨팅 장치가 구동 또는 제동의 재작용을 1초 내지 10초, 바람직하게는 3초 내지 8초 또는 약 5초 동안 지연시킬 수 있다. 스프링(504) 밀어내기 힘(push out force)이 다른 외력(예를 들면, 구동 또는 브레이크 신호 등의 재작용을 위해 클러치를 풀어주거나 신호를 보낸 후에 사용자가 운동 범위 한계(502)쪽으로 압력을 유지시키는 것)에 의해 상쇄되면, 조인트(500)를 운동 범위 한계 엔빌로프(510) 내의 한 위치(예를 들면, 도 23c와 도 23d에 도시된 위치)에 고정시키기 위해서 상기 지연 기간 후에 상기 컴퓨팅 장치가 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동을 재작용시킬 수 있다. 그 후에, 상기 컴퓨팅 장치는 조인트(500)의 바람직하지 않은 구성을 나타내기 위해서 오류 신호를 사용자에게 출력하도록 구성될 수 있다. 상기 오류 신호는 청각적인 방식, 시각적인 방식, 및/또는 촉각적인 방식으로 출력될 수 있다. 선택적으로, 사용자가 바람직하지 않은 구성을 나타내는 피드백을 느끼고 수용할 수 있도록 상기 시스템의 광 표시기(light indicator)가 변색될 수 있거나, 오류가 상기 시스템과 관련된 디스플레이로 출력될 수 있거나, 오류를 나타내는 오류 부저음(buzz) 또는 음성이 스피커로부터 출력될 수 있거나, 또는 상기 조인트와 관련된 진동 발생기가 작동될 수 있다.
- [0142] 그 후에, 오류를 지우기 위해서, 사용자가 클러치를 작동시켜서 조인트(500)를 운동 범위 한계(502)로부터 물리적으로 이동시킬 수 있거나, 또는 일부 실시예에서는, 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동을 잠시 동안 해제하는 신호를 보내기 위해 (신속한 온/오프 또는 "트림(burping)" 방식으로) 클러치를 신속하게 작동시킬 수 있다. 비록 상기 신호가 구동 또는 제동의 잠시 동안의 해제를 위한 것(그리고 구동 또는 제동의 즉각적인 재작용을 위한 것)이지만, 상기 컴퓨팅 장치는 운동 범위 한계 엔빌로프(510) 내에서 조인트(500)의 위치를 검출하는 것과 같이 상기한 것과 유사한 방식으로 구동 또는 제동의 재작용을 지연시킬 수 있다. 이러한 구동 또는 제동의 재작용의 지연은 스프링(504)으로 하여 자동적으로 조인트(500)를 운동 범위 한계 엔빌로프(510)에서 밀어낼 수 있게 한다(스프링력을 극복하는 외력이 없다면). 제어 시스템은 제1 임계점(508) 외측의 조인트(500)의 운동을 검출할 수 있고 조인트(500)가 운동 범위 한계 엔빌로프(510)로부터 밀려나간 후(예를 들면, 도 23b) 구동 또는 제동이 자동적으로 재작용될 수 있다. 일단 조인트(500)가 조인트(500)의 바람직한 운동 범위 내의 한 위치로 복귀하면, 상기 컴퓨팅 장치는 오류 신호를 지울 수 있다. 많은 실시예에서, 자동적인 푸시 아웃(automatic push out control)은 보다 직관적이고 바람직한 사용자 인터페이스를 제공할 수 있다.
- [0143] 제2 임계점(512)도 조인트(500)의 이동이 제2 임계점(512)을 지난 경우의 운동 범위 엔빌로프(514)를 나타내는 소프트웨어 한정 임계점(software defined threshold)일 수 있고 조인트(500)를 상기 운동 범위 엔빌로프(514) 내에 위치시키는 것은 LHBN 운동 모드를 촉발시킬 수 있다. 상기한 바와 같이, 일부 실시예에서는, 상기 운동 모드를 개시하기 전에 임계 기간 동안 조인트(500)가 운동 범위 엔빌로프(514) 내에 있어야 한다. 필수적인 것은 아니지만, 일부 실시예에서는, 제2 임계점(512)이 제1 임계점(508)에 대해 먼 쪽에 있다. 따라서, 운동 범위 엔빌로프(510)가 운동 범위 엔빌로프(514)를 포함할 수 있다. 따라서, 조인트(500)가 운동 범위 엔빌로프(514) 내에 위치되어 있는 동안 그리고 상기 운동 모드를 개시하기 전에 사용자가 구동 또는 제동의 재작용을 위해 포트 클러치(port clutch)를 풀어주거나 신호를 보내면, 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동의 재작용을 가능하게 하거나 촉발시키기 전에 스프링(504)이 조인트(500)를 물리적인 운동 범위 한계(502)로부터 운동 범위 엔빌로프(510)의 외측 위치로 밀어낼 수 있도록 하기 위해서 상기 컴퓨팅 장치는 구동 또는 제동의 재작용을 지연시킬 수 있다. 상기한 바와 같이, 조인트는 조인트의 위치에 대한 데이터를 제어 모듈에 제공하기 위해서 하나 이상의 센서(예를 들면, 센서(900, 902))를 포함할 수 있다. 상기 센서는 절대 직선 위치(absolute linear position)를 제공하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예에서는, 상기 센서가 조인트의 위치를 확인하기 위해서 사용될 수 있는 모터축의 검출 각도에 대한 로터리 인코더(rotary encoder) 또는 샤프트 인코더(shaft encoder)일 수 있다.
- [0144] 수직 프리즈메틱 조인트(vertical prismatic joint)(예를 들면, 운동 범위 한계가 조인트의 최대 수직 압축 또는 최대 수직 신장과 관련되어 있는 경우)로 도시되어 있지만, 상기한 구성 및 제어 알고리즘은 머니플레이터를 지지하는 동적 링크장치(예를 들면, 다른 세트업 조인트 및/또는 세트업 구조 링크장치)를 따라서 놓인 다른 프리즈메틱 조인트(예를 들면, 수평 프리즈메틱 조인트)에도 적용될 수 있다는 것을 이해해야 한다. 추가적으로, 상기 구성 및 제어 알고리즘은 회전 자유도로 한정된 대응하는 임계점을 가진 원통형 조인트에 적용될 수 있다.
- [0145] 스프링(504)은 물리적인 스프링(예를 들면, 스프링(910))일 수 있다. 일부 실시예에서는, 기계적인 스프링을 이용하는 것이 바람직할 수 있다. 기계적인 스프링을 이용하는 것은 서보 모터가 요구되지 않으므로 일부 실시예에서 유리할 수 있고 - 수동 동역학(passive dynamics)이 충분할 수 있다. 선택적으로, 스프링(504)은 운동 범위 한계에 설치된 물리적인 스프링을 모방하는 (예를 들면, 서보의 소프트웨어 제어에 의한) 가상 스프링일 수 있다. 일부 실시예에서는, 자동적인 푸시 아웃(automatic push out) 기능을 위해 물리적인 스프링과 가상 스프

링의 결합형태가 사용될 수 있다.

[0146] 예를 들면, 도 16 내지 도 22에 도시된 예시적인 실시례에서, 기계적인 상력 스프링이 모터와 결합되어 있다. 상기 모터는 스프링 상수를 원하는 대로 증가시키거나 감소시킴으로써 상력 스프링을 조정할 수 있다. 작동하는 동안, 상력 스프링은 부착된 기구의 종류에 따라 조정될 수 있는 시스템에 대한 카운터밸런스(counterbalance)를 제공할 수 있다. 예를 들어, 무거운 기구가 설치되면, 상기 모터는 카운터밸런스로서 작용하는 상력 스프링의 스프링 상수를 증가시키도록 제어될 수 있다. 상력 스프링이 균형을 잡는 목적으로 사용될 수 있지만, 상력 스프링은 푸시 아웃 기능을 위해 사용될 수도 있다. 예를 들면, 모터는 조인트(예를 들면, 조인트(500))의 위치에 따라 스프링 상수를 증가시키거나 감소시키도록 구동될 수 있다. 예를 들면, 조인트가 운동 범위 한계 근처에(예를 들면, 운동 범위(ROM) 한계(502)로부터 뺀어 있는 엔빌로프(510) 내에) 있는 경우, 모터는 조인트를 운동 범위 한계(502)로부터 밀어내는 힘을 제공하기 위해서 상력 스프링의 스프링 상수를 증가시키도록 구동될 수 있다. 따라서, 일부 실시례에서는 수동 스프링, 능동 스프링(예를 들면, 스프링(400)), 그리고 가상 스프링의 결합형태가 조인트(500)의 운동 범위 한계(502)쪽에서의 이동을 흡수하고 저지하기 위해서 사용될 수 있고, 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동을 작용시키기 전에 조인트(500)를 운동 범위 한계로부터 보다 바람직한 위치로 밀어내기 위해서 푸시 아웃 힘(push out force)을 제공할 수 있다.

[0147] 다른 실시형태에서는, 안전 제어 알고리즘이 제공될 수 있다. 상기 시스템은 소프트웨어 한정 운동 범위 한계(508)를 넘어서는 조인트(500)의 의도하지 않은 이동(예를 들면, 조인트(500)가 운동 범위 한계 엔빌로프(510) 내에서 이동하는 것)을 검출하도록 구성될 수 있다. 구동 또는 제동 시스템에 의한 구동 또는 제동이 작용되는 동안 상기 시스템이 상기와 같은 이동을 검출하면, 상기 시스템은 과잉 이동이 스프링(504)에 의해서 흡수되고 저지될 수 있도록 하기 위해 상기 구동 또는 제동을 해제하도록 구성될 수 있다. 이러한 안전 구조는 조인트에 대해 원위부에 있는 링크장치에 의해 대상물 또는 환자에 대해 의도하지 않게 작용된 힘을 감소시킬 수 있다.

[0148] 잉여 자유도를 가진 시스템에서, 상대적으로 더 원위의 조인트가 운동 범위 한계에 있고 하나 이상의 상대적으로 근위의 조인트가 잉여 자유도로 원위 조인트로 이동하면, 원위 조인트의 먼 쪽에 있는 아암이 대상물에 대해 극히 큰 힘을 의도하지 않게 작용시킬 수 있다. 예를 들어, 프리즈메틱 수직 세트업 조인트(예를 들면, 조인트(106))가 완전히 압축되면, 기둥(예를 들면, 기둥(88))이 수직 세트업 조인트에서 이용가능한 운동 범위가 없을 수 있는 곳으로 하강되고, 머니플레이터 또는 기구가 하강하는 붐(lowering boom)의 전체 힘을 발휘할 수 있다.

[0149] 따라서, 상기 시스템은 소프트웨어 한정 운동 범위 한계(508)를 넘어서는 조인트(500)의 의도하지 않은 이동을 검출하도록 구성될 수 있다. 이에 대응하여, 상기 시스템은, 조인트(500)에 대해 원위부에 있는 아암이 대상물에 대해 작은 힘을 작용시키도록 스프링(예를 들면, 스프링(910)) 및/또는 범퍼(예를 들면, 범퍼(908))가 과잉 이동을 흡수하고 저지할 수 있는 추가적인 완충 지대 또는 운동 범위의 끝부분을 허용하기 위해 상기 시스템은 조인트 브레이크를 풀어줄 수 있다. 추가적으로, 일부 실시례에서, 구동 또는 제동 시스템이 해제되고 조인트가 운동 범위 한계 엔빌로프(510)로 밀어넣어지면, 상력 스프링(400)이 의도하지 않은 힘을 흡수하기 위해서 조인트(500)에 대해 밀어내는 방식으로 작용할 수도 있다. 스프링과 범퍼는 조인트(500)에 대해 원위부에 있는 조인트, 링크장치, 또는 기구에 의해 대상물 또는 환자에게 가해진 힘을 감소시키는 유연한 완충장치를 제공할 수 있다.

[0150] 다른 다양한 변형이 본 발명의 기술사상 내에 있다. 따라서, 본 발명은 다양한 수정형태와 대체 실시형태의 구조로 될 수 있으며, 이들의 예시된 특정 실시례가 도면에 도시되어 있으며 위에 상세하게 설명되어 있다. 그러나, 본 발명을 개시된 특정 형태로 제한할 의도는 없으며, 오히려, 첨부된 청구범위에 한정되어 있는 것과 같이, 본 발명의 기술사상 및 기술영역 내에 있는 모든 수정형태, 대체 실시형태의 구조 및 균등물을 포함하고자 한다는 점을 이해하여야 한다.

[0151] 본 발명을 기술하는 내용에서(특히 아래의 청구범위의 내용에서), "하나의", "한 개의", "상기 하나의" 및 이와 유사한 용어의 사용은, 본 명세서에 다르게 표시되어 있거나 문맥상 명확하게 모순되지 않는다면, 단수 형태와 복수 형태 양자를 포함하는 것으로 해석되어야 한다. "...으로 이루어지는", "...을 가지고 있는", "...을 포함하고 있는", 그리고 "...을 포함하는"이라는 표현은, 달리 표시되어 있지 않다면, 개방형 표현(다시 말해서, 비제한적인 예로서 포함하는 것을 의미한다)으로 해석되어야 한다. "...에 연결된"이라는 표현은, 무언가가 사이에 개재되어 있더라도, 부분적으로 또는 전체적으로 어떤 대상 내에 포함되어 있거나, 어떤 대상에 부착되어 있거나, 어떤 대상과 함께 연결되어 있는 것으로 해석되어야 한다. 본 명세서에 달리 표시되어 있지

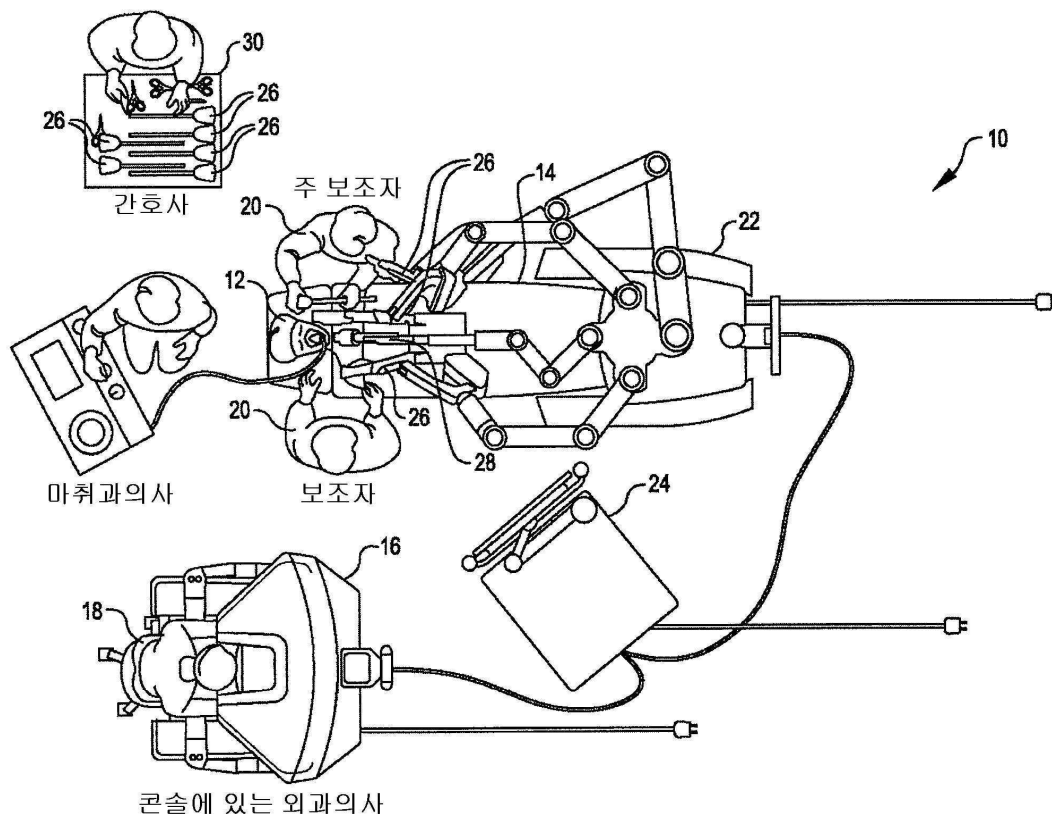
않다면, 본 명세서에 열거된 수치의 범위는 단지 상기 범위 내에 해당하는 각각의 개별 수치를 각각 언급하는 것의 약칭 방법으로서의 역할을 하는 것이며, 본 명세서에서 수치가 개별적으로 열거되어 있다면 각각의 개별 수치가 본 명세서에 포함되는 것이다. 본 명세서에 기술된 모든 방법은, 본 명세서에 다르게 표시되어 있거나 문맥상 명확하게 모순되지 않는다면, 임의의 적절한 순서로 실행될 수 있다. 달리 표시되어 있지 않으면, 본 명세서에 기재된 임의의 예와 모든 예, 또는 예시적인 언어(예를 들면, "...와 같은")의 사용은 단지 본 발명의 실시례를 보다 이해하기 쉽게 하기 위한 것이며 본 발명의 영역에 제한을 두기 위한 것은 아니다. 본 명세서의 어떠한 언어도 본 발명의 실시예 본질적인 것으로서 임의의 청구되지 않은 요소를 나타내는 것으로 해석되어서는 안된다.

[0152] 본 발명을 실행하는 데 있어서 발명자들에게 알려진 최선의 유형을 포함하여, 본 발명의 바람직한 실시례가 본 명세서에 기술되어 있다. 상기 설명을 이해하면, 바람직한 실시례의 변형사항은 당해 기술 분야의 통상의 기술자에게 자명한 사항이 될 수 있다. 본 발명의 발명자들은 숙련된 기술자가 상기 변형사항을 적절하게 이용하기를 기대하며, 또한 본 발명의 발명자들은 본 발명이 본 명세서에 특정적으로 기술된 것과 다르게 실시되기를 원한다. 따라서, 본 발명은 해당 법률에 의해 허용되는 것과 같이 본 명세서에 첨부된 청구범위에 열거된 대상의 모든 수정사항 및 균등물을 포함한다. 게다가, 본 명세서에 다르게 표시되어 있거나 문맥상 명확하게 모순되지 않는다면, 본 발명의 모든 가능한 변형에 있어서의 상기한 요소들의 임의의 조합도 본 발명에 포함된다.

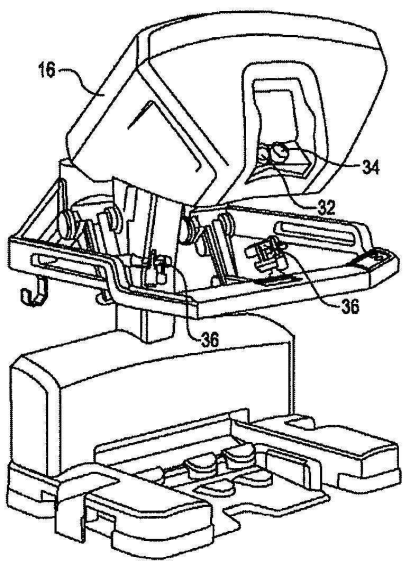
[0153] 본 명세서에 언급된 공개공보, 특허 출원 및 특허를 포함하는 모든 참고문헌은, 각각의 참고문헌이 개별적으로 그리고 특정적으로 참고문헌으로 포함되는 것으로 표시되어 있거나 그 전체 내용이 본 명세서에 개시되어 있는 것과 같은 정도로 참고문헌으로 포함된다.

도면

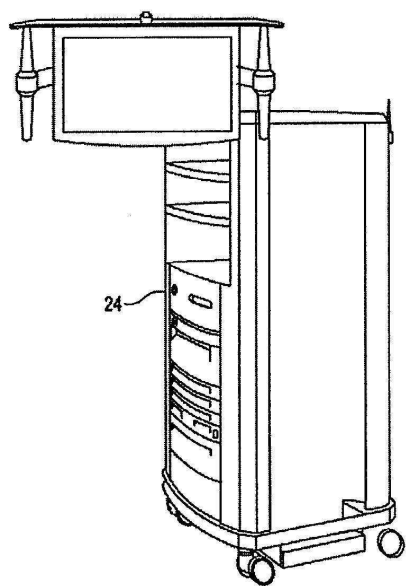
도면1



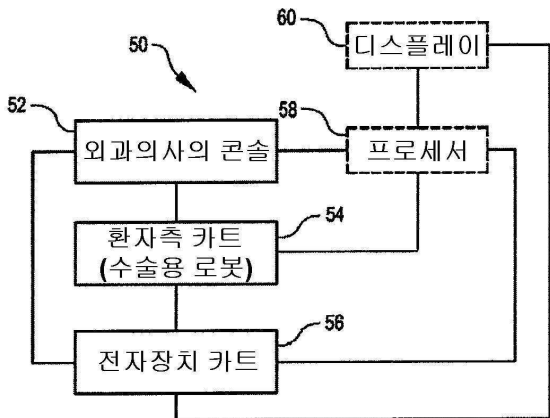
도면2



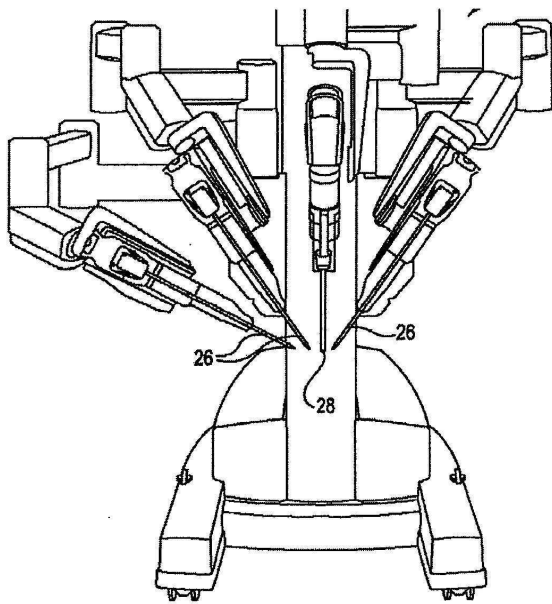
도면3



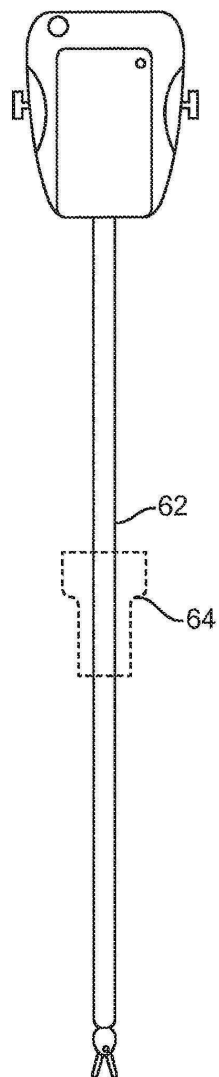
도면4



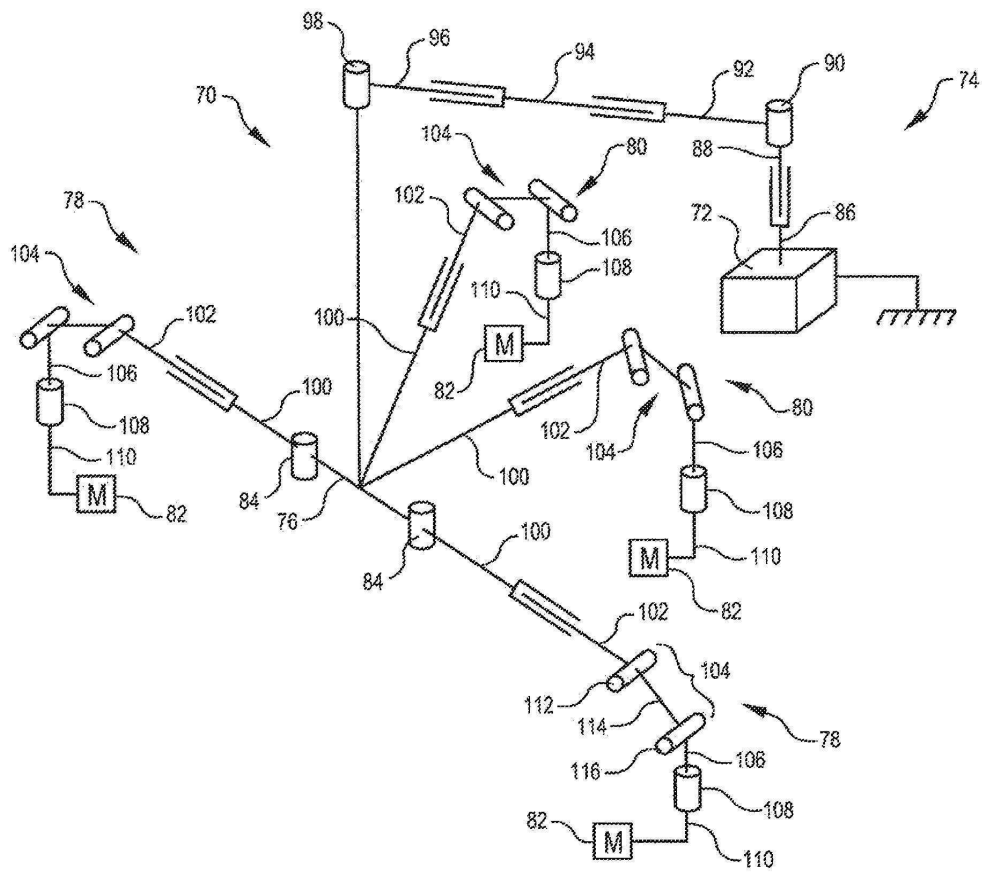
도면5a



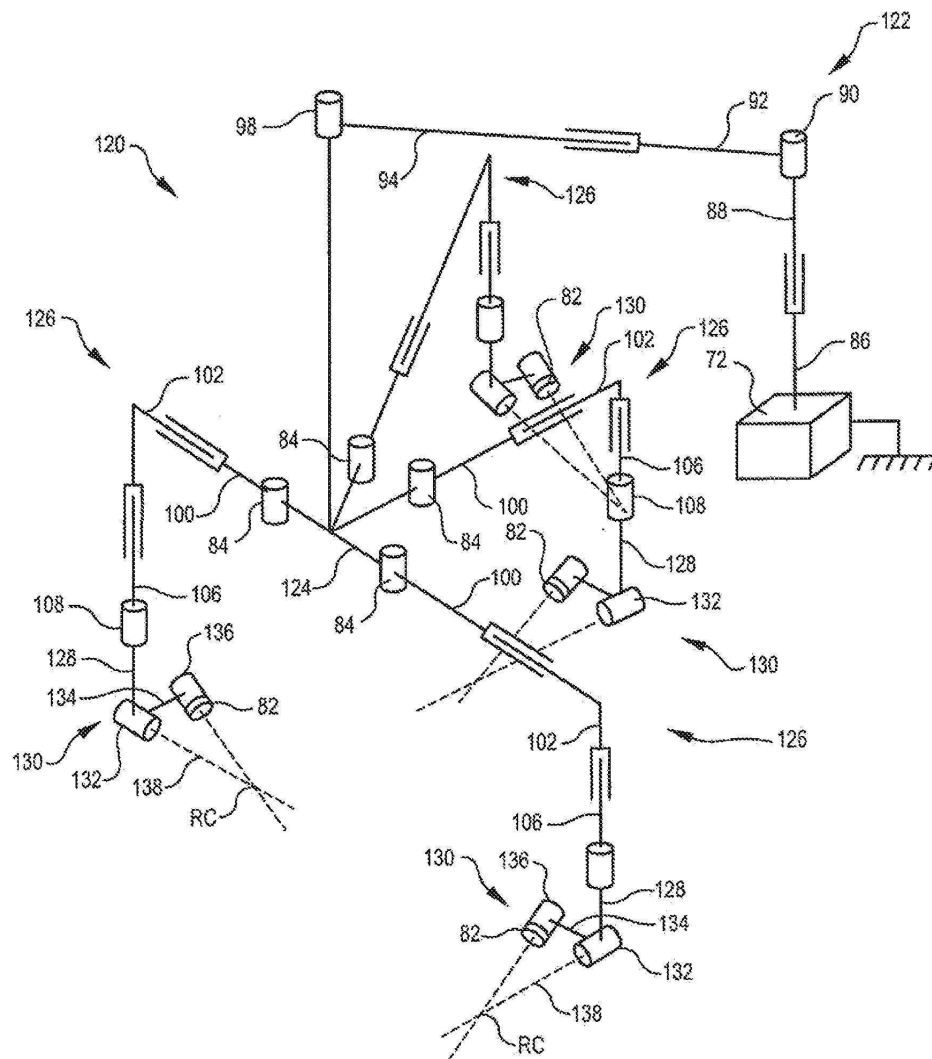
도면5b



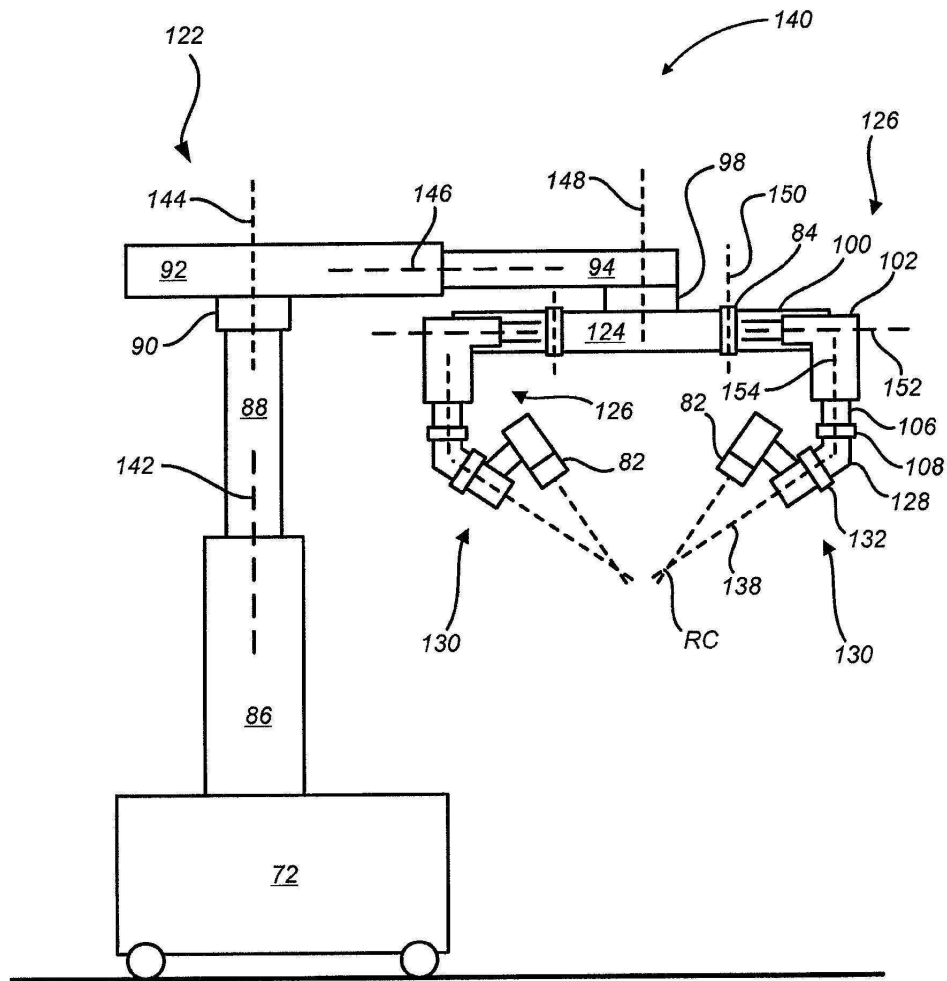
도면6



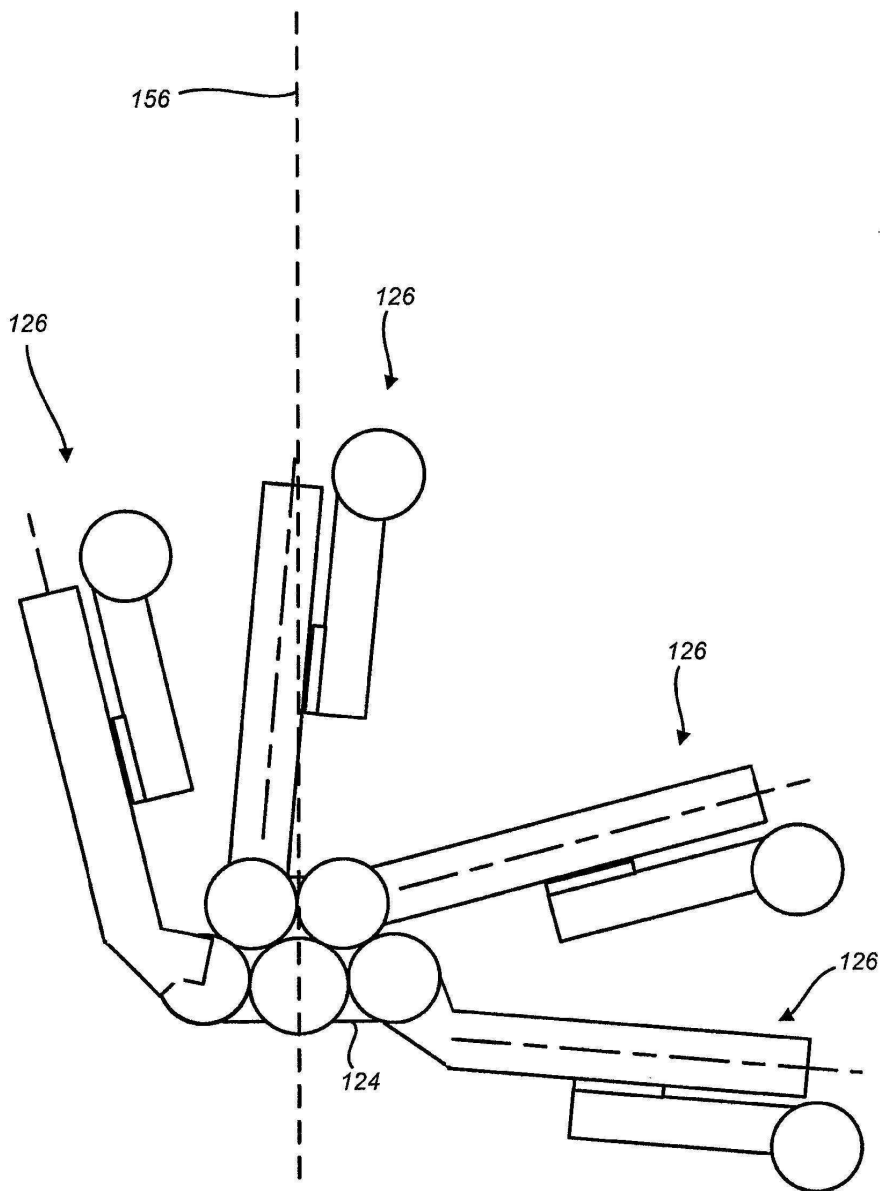
도면7



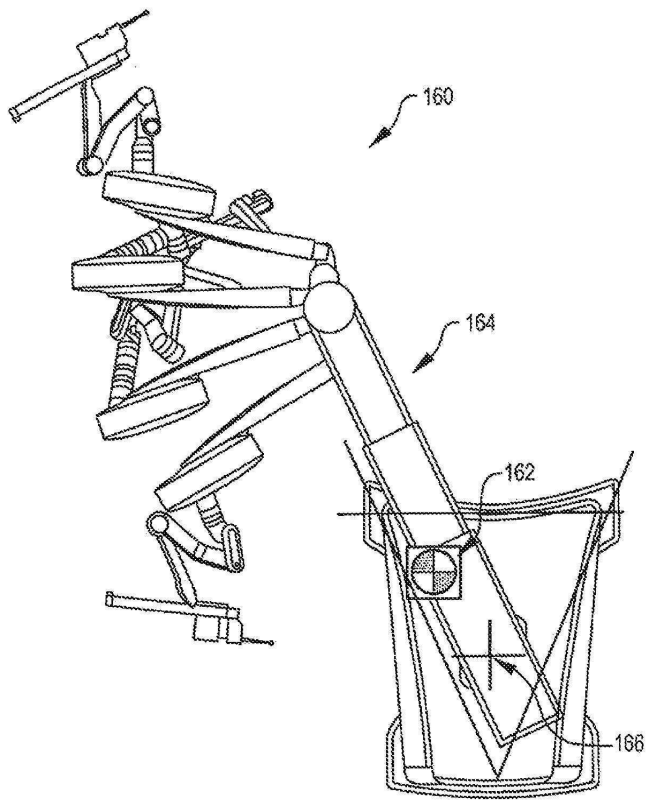
도면8



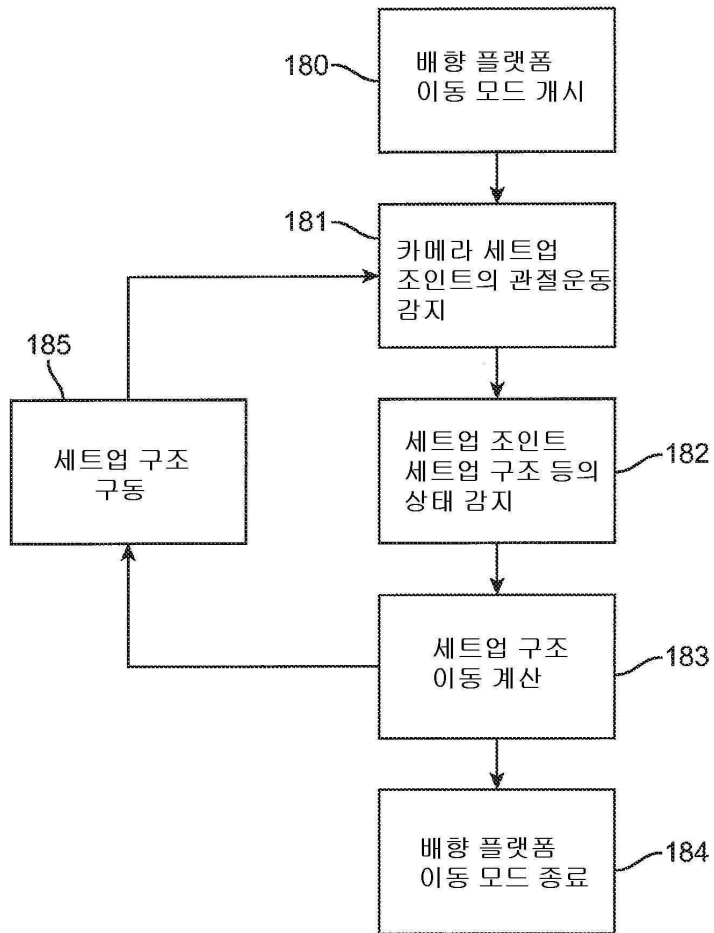
도면9



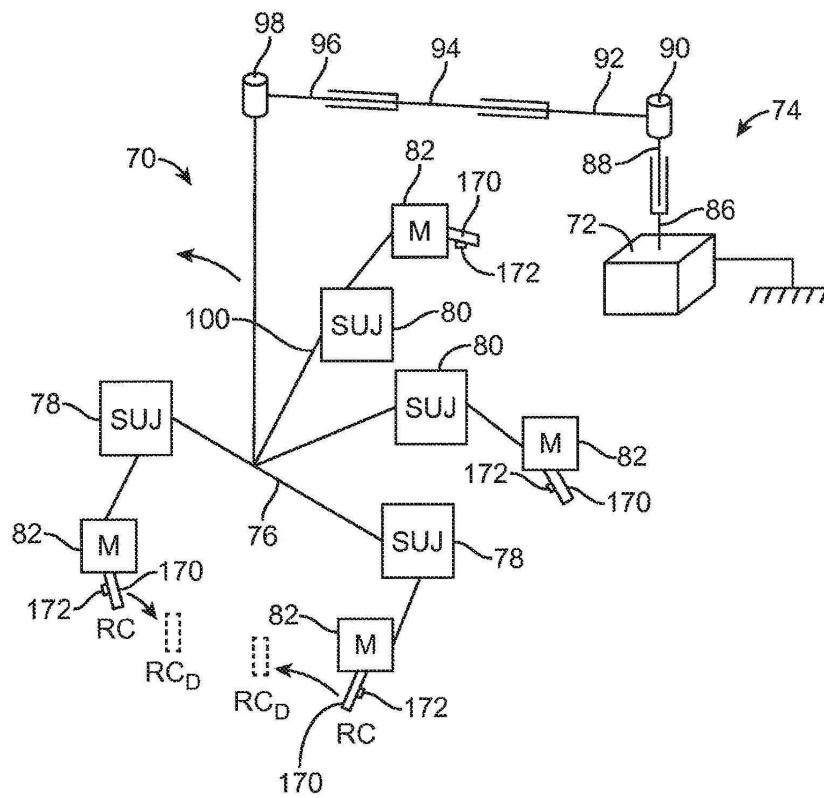
도면10



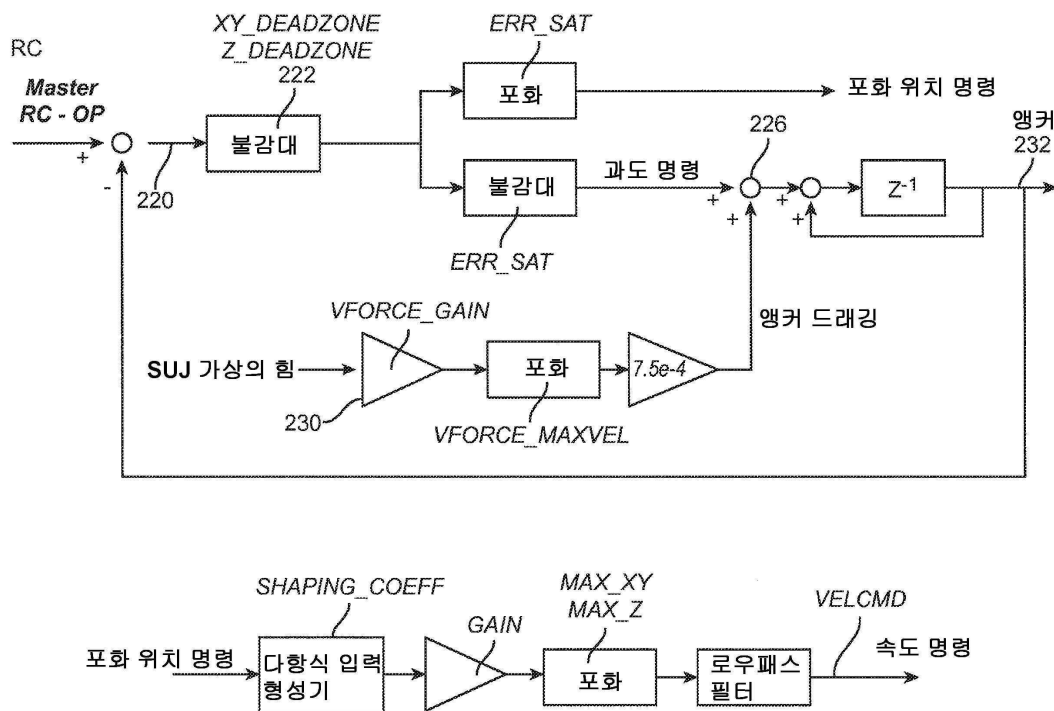
도면11



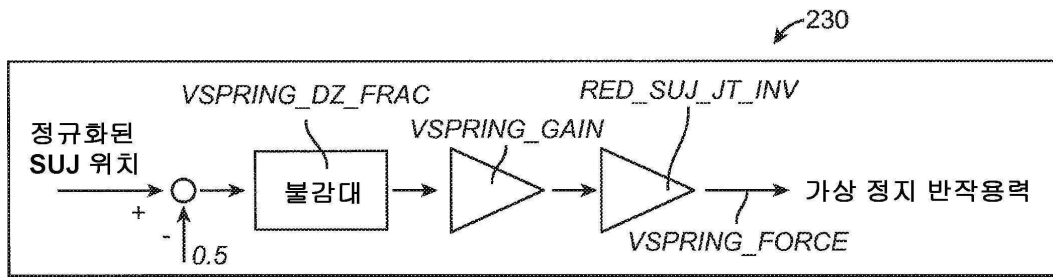
도면12



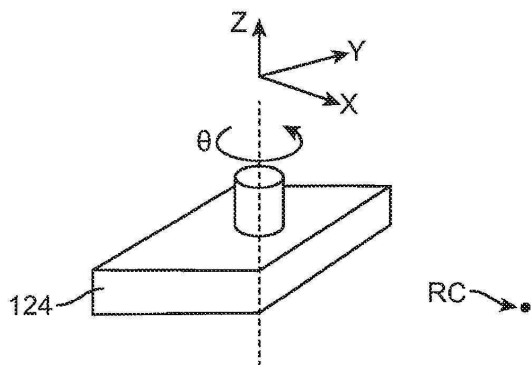
도면 12a



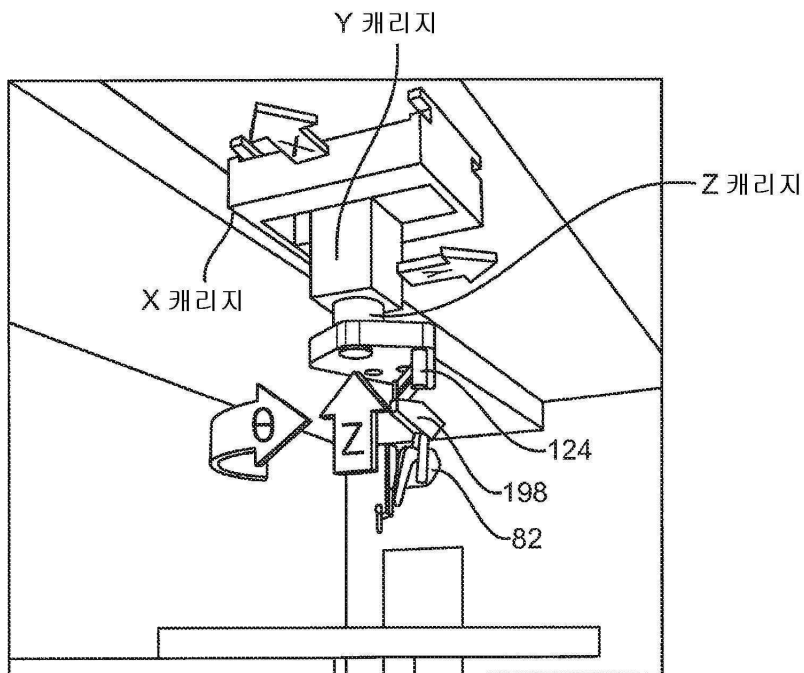
도면12b



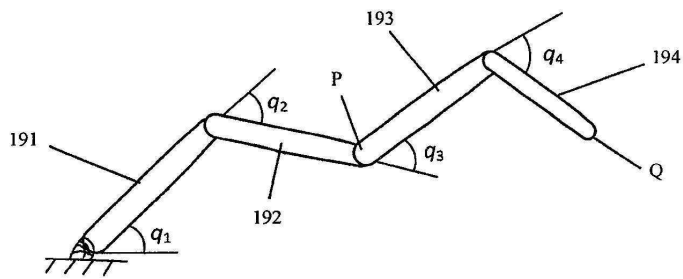
도면12c



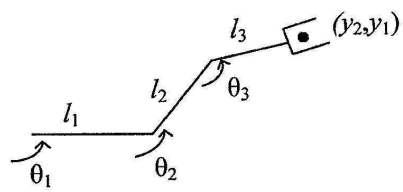
도면12d



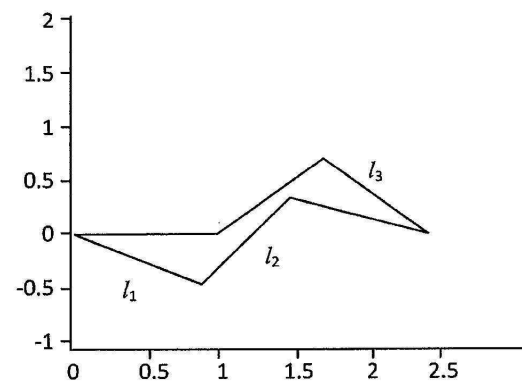
도면13



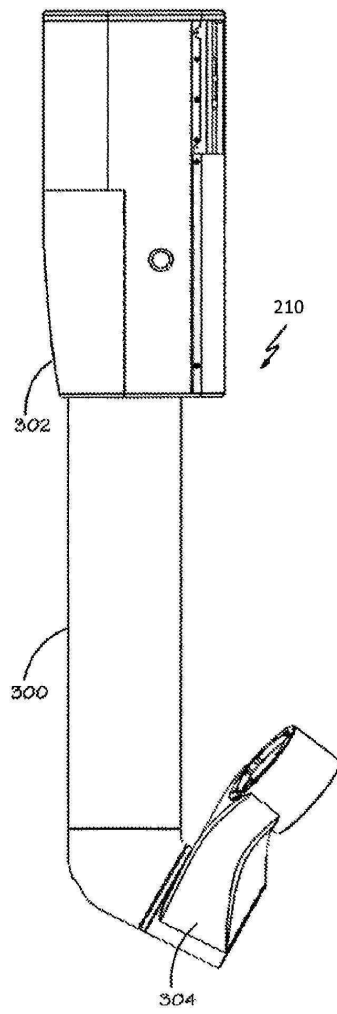
도면14



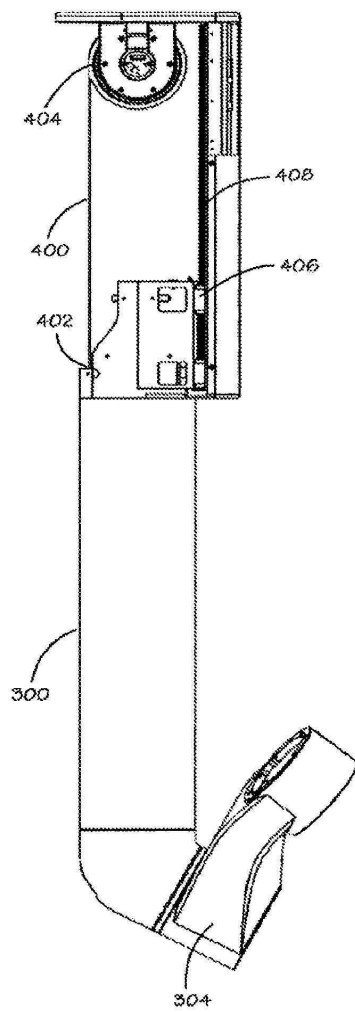
도면15



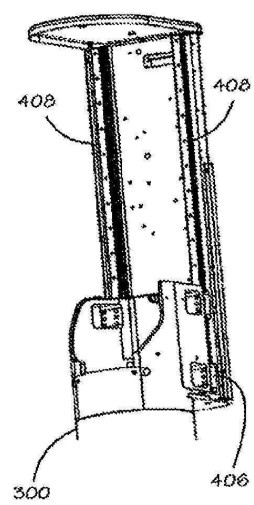
도면16



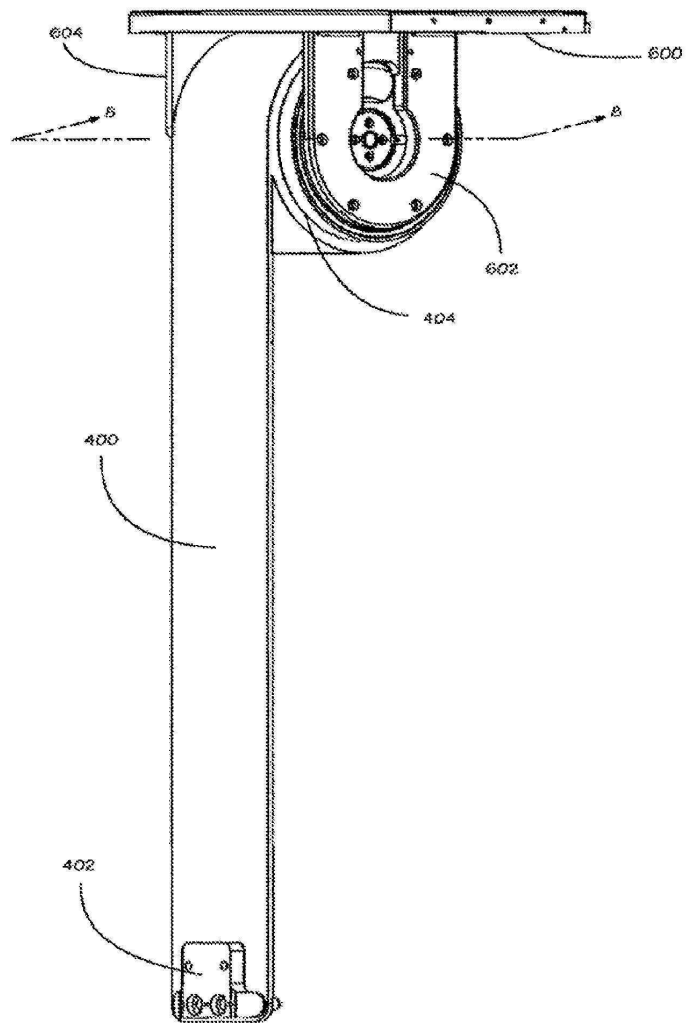
도면17



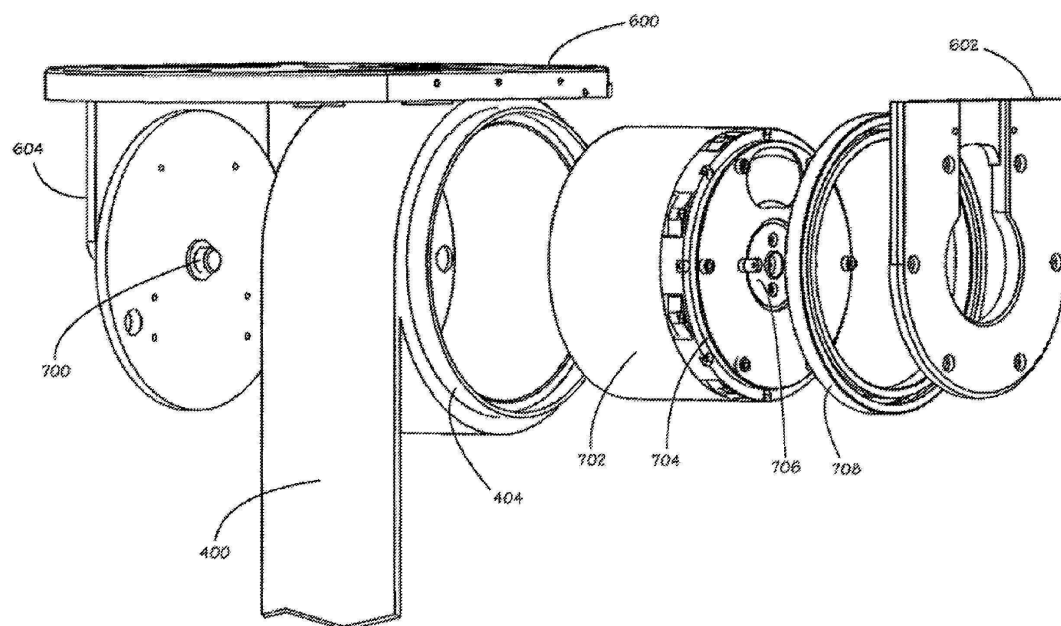
도면18



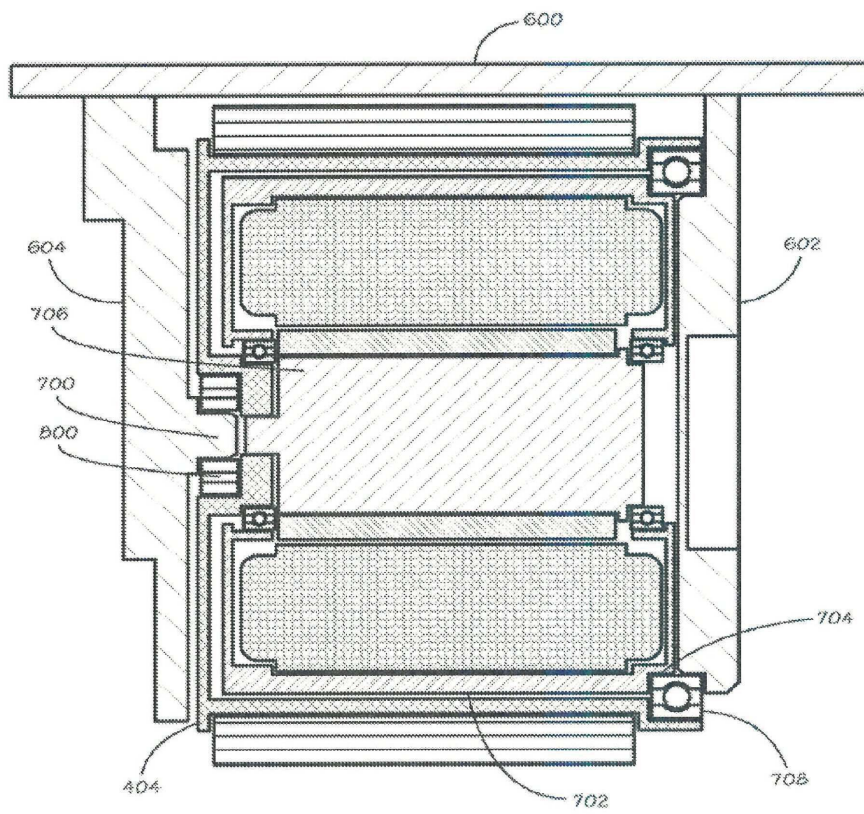
도면19



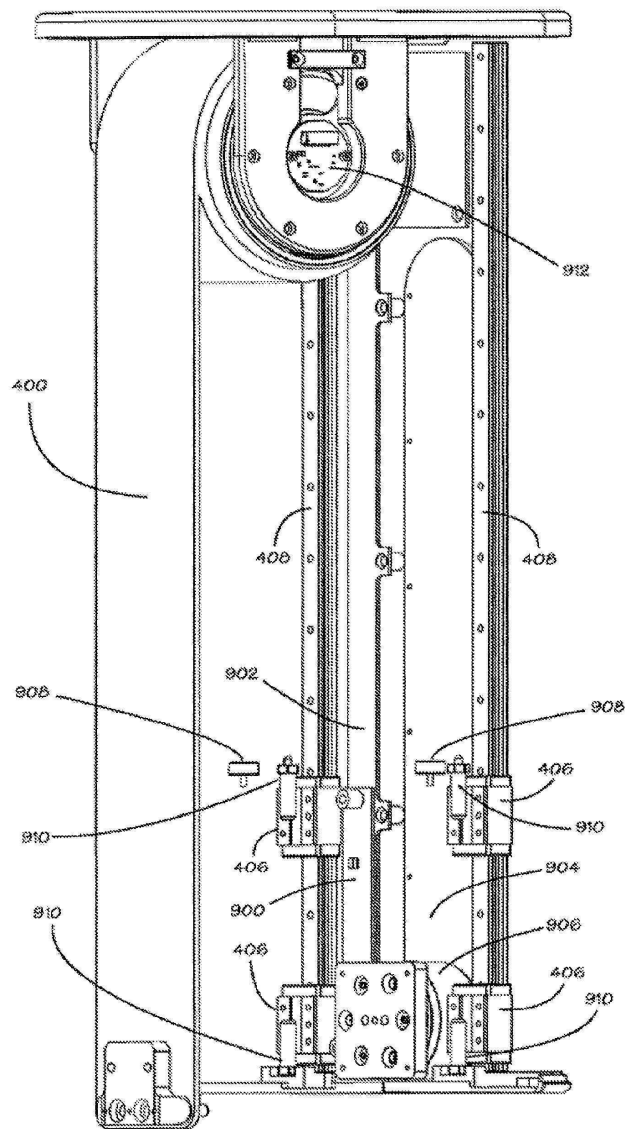
도면20



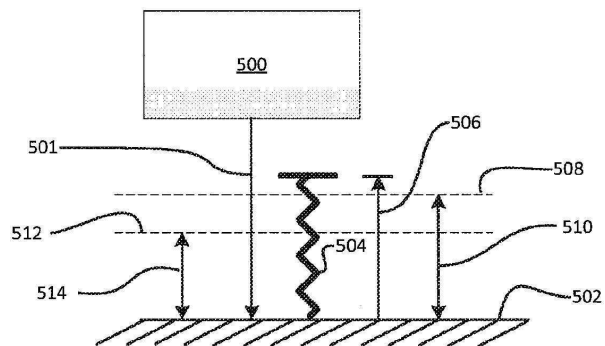
도면21



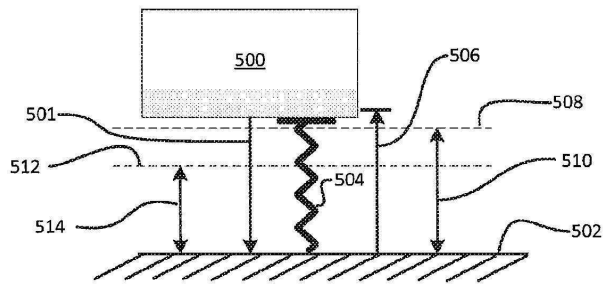
도면22



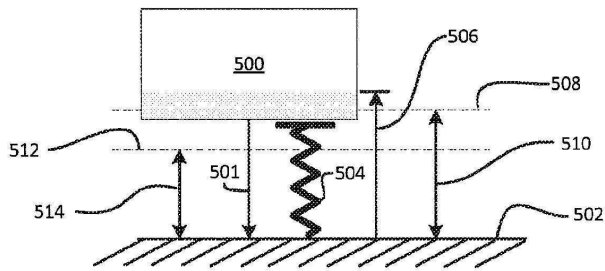
도면23a



도면23b



도면23c



도면23d

