



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0096148
(43) 공개일자 2023년06월29일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 34/00 (2016.01) A61B 17/00 (2022.01)
A61B 34/30 (2016.01) A61B 34/37 (2016.01)
B25J 9/16 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
A61B 34/71 (2016.02)
A61B 34/30 (2016.02)
- (21) 출원번호 10-2023-7021100(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2016년08월31일
심사청구일자 2023년06월22일
- (62) 원출원 특허 10-2018-7028118
원출원일자(국제) 2016년08월31일
심사청구일자 2021년08월27일
- (85) 번역문제출일자 2023년06월22일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2016/049775
- (87) 국제공개번호 WO 2018/044306
국제공개일자 2018년03월08일

- (71) 출원인
아우리스 헬스, 인코포레이티드
미국, 캘리포니아 94065, 레드우드 시티, 150 쇼어라인 드라이브
- (72) 발명자
슈, 트래비스
미국, 캘리포니아 94065, 레드우드 시티, 150 쇼어라인 드라이브 아우리스 헬스, 인코포레이티드
메나드, 에드워드, 제이.
미국, 캘리포니아 94065, 레드우드 시티, 150 쇼어라인 드라이브 아우리스 헬스, 인코포레이티드
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
장훈

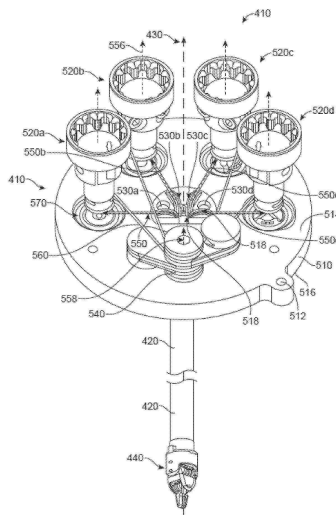
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 길이 보존 수술용 기구

(57) 요약

외과적 처치 동안 수술 부위에서 대상물을 조작하기 위해 N의 자유도를 가지고 움직이는 수술용 이펙터를 포함하는 수술용 기구가 설명된다. N의 자유도는 N+1 개의 입력 컨트롤러 및 복수의 케이블에 의해 조작되는데, 컨트롤러 및 케이블은 수술용 이펙터에 커플링되고 작동시 N의 자유도에 대한 수술용 이펙터의 방위를 변경시키도록 구성된다. 몇몇 실시형태에서, N+1 개의 입력 컨트롤러 및 복수의 케이블은 또한 팬터그래프에 커플링되는데, 팬터그래프는, 입력 컨트롤러 및 케이블이 작동될 때, 수술용 이펙터에 대해 상반된 방식으로 이동하도록 구성된다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

A61B 34/37 (2016.02)

B25J 9/1641 (2013.01)

A61B 2017/00477 (2013.01)

A61B 2034/305 (2016.02)

A61B 2034/715 (2016.02)

(72) 발명자

우들리, 브루스, 알.

미국, 캘리포니아 94065, 레드우드 시티, 150 쇼어 라인 드라이브 아우리스 헬스, 인코포레이티드

윌리엄스, 매튜, 레이건

미국, 캘리포니아 94065, 레드우드 시티, 150 쇼어 라인 드라이브 아우리스 헬스, 인코포레이티드

위테, 스펜서, 제임스

미국, 캘리포니아 94065, 레드우드 시티, 150 쇼어 라인 드라이브 아우리스 헬스, 인코포레이티드

명세서

청구범위

청구항 1

수술용 기구(surgical instrument)의 수술 이펙터를 조작하는 방법으로서,

적어도 하나의 이동 자유도에서 상기 수술 이펙터를 이동시키기 위해 제1 케이블 세그먼트의 길이를 제어하도록 제1 입력 컨트롤러를 작동시키는 단계;

상기 적어도 하나의 이동 자유도에서 상기 수술 이펙터를 이동시키기 위해 제2 케이블 세그먼트의 길이를 제어하도록 제2 입력 컨트롤러를 작동시키는 단계; 및

상기 제1 입력 컨트롤러와 상기 제2 입력 컨트롤러 사이의 케이블 길이를 보존하기 위해 상기 제1 및 제2 입력 컨트롤러를 함께 커플링하는 차동 장치를 이동시키는 단계를 포함하는, 수술용 기구의 수술 이펙터를 조작하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 자유도는 상기 수술 이펙터의 피치(pitch), 요(yaw), 및 그립(grip) 중 적어도 하나를 포함하는, 수술용 기구의 수술 이펙터를 조작하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 및 제2 입력 컨트롤러를 작동시키는 단계는 그 각각의 회전 축을 중심으로 상기 제1 및 제2 입력 컨트롤러를 회전시키는 단계를 포함하는, 수술용 기구의 수술 이펙터를 조작하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 및 제2 입력 컨트롤러를 작동시키는 단계는 상기 수술 이펙터에서 모션을 야기하고 상기 제1 및 제2 컨트롤러 사이의 케이블 길이를 보존하기 위해 팬터그래프에서 상반하는 모션(reciprocal motion)을 생성하는, 수술용 기구의 수술 이펙터를 조작하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 및 제2 입력 컨트롤러를 작동시키는 단계는 상기 수술 이펙터에서 모션을 야기하고 상기 팬터그래프에서 반대 모션(inverse motion)을 생성하는, 수술용 기구의 수술 이펙터를 조작하는 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 팬터그래프에서의 상기 반대 모션은 회전 축을 중심으로 적어도 하나의 아마추어를 회전시키는 것을 포함하는, 수술용 기구의 수술 이펙터를 조작하는 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제1 및 제2 입력 컨트롤러를 작동시키는 단계는 조작기를 작동시키는 단계를 포함하는, 수술용 기구의 수술 이펙터를 조작하는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제1 및 제2 입력 컨트롤러를 동시에 작동시키는 단계는 상기 제1 케이블 세그먼트의 길이를 증가시키고 상기 제2 케이블 세그먼트의 길이를 증가시키는, 수술용 기구의 수술 이펙터를 조작하는 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제1 및 제2 입력 컨트롤러를 동시에 작동시키는 단계는 상기 제1 케이블 세그먼트의 길이를 감소시키고 상기 제2 케이블 세그먼트의 길이를 감소시키는, 수술용 기구의 수술 이펙터를 조작하는 방법.

청구항 10

적어도 N개의 자유도로 이동하는 수술용 손목을 작동시키는 방법으로서,

상기 수술용 손목의 모션을 제어하기 위해 N+1개의 수술용 케이블 중 적어도 하나에 각각 커플링되는 적어도 N+1개의 입력 컨트롤러를 독립적으로 작동시키는 단계; 및

상반식 구조에 의해 커플링되는 상기 적어도 N+1개의 입력 컨트롤러의 쌍들 사이의 상기 케이블들의 길이를, 상기 상반식 구조를 반대로 이동시켜 N+1개의 입력 컨트롤러의 쌍들 사이의 상기 수술용 케이블들의 길이를 보존하는 단계를 포함하는, 수술용 손목을 작동시키는 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 적어도 N개의 자유도는 상기 수술용 손목의 피치(pitch), 요(yaw), 및 그립(grip) 중 적어도 하나를 포함하는, 수술용 손목을 작동시키는 방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 적어도 N+1개의 입력 컨트롤러를 독립적으로 작동시키는 단계는 회전 축을 중심으로 상기 적어도 N+1개의 입력 컨트롤러를 회전시키는 단계를 포함하고, 상기 적어도 N+1개의 입력 컨트롤러의 회전은 상기 입력 컨트롤러들 주위의 상기 적어도 N+1개의 수술용 케이블의 스펀링 또는 스펀링 해제를 유발하는, 수술용 손목을 작동시키는 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 N+1개의 입력 컨트롤러 주위의 상기 적어도 N+1개의 수술용 케이블의 스펀링 또는 스펀링 해제는 상기 수술용 손목의 모션을 생성하는, 수술용 손목을 작동시키는 방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 적어도 N+1개의 입력 컨트롤러를 독립적으로 작동시키는 단계는 상기 수술용 손목의 모션을 야기하고 상기 N+1개의 입력 컨트롤러의 쌍들 사이의 상기 케이블들의 길이를 보존하기 위해 팬터그래프에서 상반하는 모션(reciprocal motion)을 생성하는, 수술용 손목을 작동시키는 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 적어도 N+1개의 입력 컨트롤러를 독립적으로 작동시키는 단계는 상기 수술용 손목의 모션을 야기하고 상기 팬터그래프에서 반대 모션(inverse motion)을 생성하는, 수술용 손목을 작동시키는 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 팬터그래프에서의 상기 반대 모션은 회전 축을 중심으로 적어도 하나의 아마추어를 회전시키는 것을 포함하는, 수술용 손목을 작동시키는 방법.

청구항 17

제15항에 있어서,

회전 축을 중심으로 적어도 하나의 아마추어를 회전시키는 것은 상기 적어도 하나의 아마추어에 커플링된 적어도 하나의 차동 장치를 회전시키는 것을 포함하는, 수술용 손목을 작동시키는 방법.

청구항 18

제11항에 있어서,

상기 적어도 N+1개의 입력 컨트롤러를 독립적으로 작동시키는 단계는 조작기를 작동시키는 단계를 포함하는, 수술용 손목을 작동시키는 방법.

청구항 19

제11항에 있어서,

상기 적어도 N+1개의 입력 컨트롤러의 쌍은 동시에 제1 케이블 세그먼트의 길이를 증가시키고 제2 케이블 세그먼트의 길이를 증가시키는, 수술용 손목을 작동시키는 방법.

청구항 20

제11항에 있어서,

상기 적어도 N+1개의 입력 컨트롤러의 쌍은 동시에 제1 케이블 세그먼트의 길이를 감소시키고 제2 케이블 세그먼트의 길이를 증가시키는, 수술용 손목을 작동시키는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 설명은 일반적으로 수술용 로봇 공학에 관한 것으로, 특히 능동적인 인장(active tensioning)을 갖는 수술용 손목(surgical wrist)에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 로봇 기술은 다양한 애플리케이션을 갖는다. 특히, 로봇 암은, 보통은 사람이 수행할 작업을 완수하는 데 도움이 된다. 예를 들면, 공장에서는, 자동차 및 소비자 전자장치 제품을 제조하기 위해 로봇 암을 사용한다. 추가적으로, 과학 시설에서는, 마이크로플레이트를 이송하는 것과 같은 실험 절차를 자동화하기 위해 로봇 암을 사용한다. 최근, 내과 의사(physician) 및/또는 외과 의사(surgeon)는 외과적 처치(surgical procedure)를 수행하는 것을 돕기 위해 로봇 암을 사용하기 시작하였다. 예를 들면, 내과 의사는 내시경과 같은 수술용 기구(surgical instrument)를 제어하기 위해 로봇 암을 사용한다.

[0003] 가동 팁(movable tip)을 갖는 복강경은 최소의 침습적인 방식으로 외과적 처치를 수행하는 것을 돕는다. 가동 팁은 복벽을 통해, 장(intestines) 또는 위(stomach)와 같은, 환자의 더욱 멀리 떨어진 위치로 지향될 수 있다. 로봇으로 제어되는 복강경의 가동 팁은, 전통적인 외과 수술에서의 외과 의사의 손목을 모방하는 몇 가지 자유도를 갖는다. 로봇식 손목(robotic wrist) 또는 간단히 손목으로도 또한 칭해지는 이들 가동 팁은 기술과 함께 진화해왔으며, 수술용 기구에서 최소 수의 모터를 사용하면서 가능한 한 많은 자유도에 관한 모션을 생성하기 위한 다양한 기술을 포괄한다.

[0004] 많은 이러한 로봇식 손목은 케이블의 예비 인장된 루프(pre-tensioned loop)를 사용한다. 이것은, 각각의 케이블에 대한 모터를 사용하여 인장되는 기구에 대해, 기구가 최소의 모터로 구동되는 것을 허용한다. 이러한 "폐

쇄 루프" 케이블링 시스템은 모터 토크를 케이블 장력에 매핑하는 것을 더욱 어렵게 만든다. 이것은 부분적으로는 시스템에서의 예비하중 때문이고 부분적으로는 예비하중이 야기하는 마찰에 기인한다. 예비 인장된 기구에 대한 수명의 끝은, 일반적으로, 기계적 마모, 클리닝 화학 물질의 효과, 및 케이블의 스트레치의 조합으로 인해 시간이 지남에 따라 케이블의 장력이 느슨해지기 때문이다.

발명의 내용

- [0005] 본 설명은 외과 수술 전반에 걸쳐 3의 자유도(degrees of freedom; DOF)를 제어하는 케이블의 길이 및 장력을 유지하는 그들 DOF를 갖는 로봇식 수술용 손목에 관한 것이다.
- [0006] 손목을 제어하는 수술용 로봇 시스템은, 마스터 디바이스가 원격 위치에서 슬레이브 디바이스의 모션을 제어하는 마스터/슬레이브 시스템을 사용한다. 일반적으로, 슬레이브 디바이스는, 외과 수술을 위한 고전적인 수술 툴, 예를 들면, 복강경 검사에서의 겸자(forceps)와 비슷한 로봇 수술용 기구이다.
- [0007] 하나의 실시형태에서, 슬레이브 수술용 기구는 모션에서 3의 자유도, 즉 피치 각도, 제1 요 각도, 및 제2 요 각도를 가지고 수술 부위에서 외과 수술을 수행하기 위한 수술용 이펙터(surgical effector)를 구비한다. 또한, 수술용 이펙터는, 수술용 이펙터 내의 그들 각각의 케이블의 상대적인 요 각도 및 장력의 척도인 '제4 자유도'를 갖는다. 수술용 이펙터는 또한 외부 압에 의해 제어되는 동작 축을 따르는 병진 자유도 및 외부 기구 디바이스 조작기(external instrument device manipulator)에 의해 제어되는 동작 축을 중심으로 하는 회전 자유도를 갖는다.
- [0008] 수술용 이펙터의 자유도를 제어하기 위해, 수술용 기구는 네 개의 입력 컨트롤러의 세트, 네 개의 케이블, 상반식 팬터그래프(reciprocal pantograph), 케이블 샤프트, 및 수술용 이펙터를 구비한다. 케이블 중 두 개는, 그들의 작동, 예를 들면, 감기(spooling) 또는 풀림(unspooling)이 케이블의 세그먼트의 길이를 조작하여 자유도에 관한 수술용 이펙터의 모션을 생성하도록, 수술용 이펙터를 통해 두 쌍의 입력 컨트롤러를 커플링한다. 다른 두 개의 케이블은, 수술용 이펙터의 모션을 생성하는 작동이 상반식 팬터그래프에서 상반하는 모션(reciprocal motion)을 생성하도록, 두 쌍의 입력 컨트롤러를 상반식 팬터그래프에 커플링한다. 상반식 팬터그래프는 상반식 팬터그래프를 회전시키는 것에 의해 각각의 쌍의 입력 컨트롤러 사이에 일정한 길이의 케이블을 유지한다.
- [0009] 수술용 손목은, 유저의 모션을 수술 부위에서의 외과 수술로 해석하도록 설계되는 컴퓨터 프로그램에 의해 제어될 수도 있다. 이 컴퓨터 프로그램은 유저 모션을 해석하고, 입력 컨트롤러의 풀림 및 감감을 통해 네 개의 케이블을 적절하게 조작하여 유저 모션을 수술 이펙터의 모션으로 변환하기 위한 명령어의 세트를 생성한다.

도면의 간단한 설명

- [0010] 개시된 실시형태는, 첨부하는 도면과 연계하여 취해질 때, 본 발명의 하기의 상세한 설명 및 첨부된 청구범위로부터 더욱 쉽게 명백해질 다른 이점 및 피처를 갖는데, 첨부하는 도면에서:
 - 도 1은 수술용 로봇 시스템의 예시적인 표현을 예시한다.
 - 도 2는 마스터/슬레이브 수술용 로봇 시스템에서의 슬레이브 디바이스의 예시적인 표현을 예시한다.
 - 도 3은 마스터/슬레이브 수술용 시스템에서의 수술용 기구에 커플링되는 로봇 압의 단부의 예시적인 표현을 예시한다.
 - 도 4는 마스터/슬레이브 수술용 시스템에서의 수술용 기구의 예시적인 표현을 예시한다.
 - 도 5는, 자신의 구성 컴포넌트를 나타내는 예시적인 지지 브래킷의 등각 투영도를 예시한다.
 - 도 6a는 수술용 기구의 상반식 팬터그래프의 예시적인 표현을 예시한다.
 - 도 6b는 마스터/슬레이브 수술용 시스템에서의 수술용 기구의 상반식 팬터그래프의 인장 상태(tensile state)의 예시적인 표현을 예시한다.
 - 도 6c는 마스터/슬레이브 수술용 시스템에서의 수술용 기구의 상이한 인장 상태의 예시적인 표현을 예시한다.
 - 도 7a는 수술용 이펙터의 예시적인 표현을 예시한다.
 - 도 7b는 이펙터 하우징이 제거된 수술용 이펙터의 예시적인 표현을 예시한다.
 - 도 8은 마스터/슬레이브 수술용 시스템에서의 수술용 기구의 수술용 이펙터에 대한 입력 컨트롤러의 예시적인

커플링을 예시한다.

도 9a는 중립 상태에 있는 수술용 이펙터의 예를 예시한다.

도 9b는 수술용 이펙터의 제1 및 제2 요 각도가 증가되는 것을 예시한다.

도 9c는 중립 상태에 있는 수술용 이펙터의 상이한 예를 예시한다.

도 9d는 수술용 이펙터의 피치 각도가 증가되는 것을 예시한다.

도 10a는 모든 케이블 연결부를 갖는 수술용 기구의 예를 예시한다.

도 10b는 제1 요 각도가 증가되는 경우의 수술용 기구에서의 상반하는 모션의 예를 예시한다.

도 10c는 제1 피치 각도가 증가되는 경우의 수술용 기구에서의 상반하는 모션의 예를 예시한다.

도 11은 손목에 대한 예시적인 대안적 케이블링(cabling)을 예시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] I. 수술용 로봇 시스템
- [0012] 도 1은 마스터 디바이스(110) 및 슬레이브 디바이스(150)로 구성되는 마스터/슬레이브 수술용 로봇 시스템(100)의 예시적인 표현을 예시한다. 일반적으로, 마스터 디바이스는 수술용 로봇 시스템(100)에 대한 커맨드 콘솔이다. 마스터 디바이스(110)는 콘솔 베이스(112), 디스플레이 모듈(114), 예를 들면, 모니터, 및 제어 모듈, 예를 들면, 키보드(116) 및 조이스틱(118)을 포함한다. 몇몇 실시형태에서, 마스터 디바이스(110) 기능성(functionality) 중 하나 이상은 수술용 로봇 시스템(100)의 슬레이브 디바이스(150) 또는 수술용 로봇 시스템(100)에 통신 가능하게 커플링되는 다른 시스템 안으로 통합될 수도 있다. 유저(120), 예를 들면, 내과 의사는, 마스터 디바이스(110)를 사용하여 인체 공학적 위치로부터 수술용 로봇 시스템(100)을 원격 제어한다.
- [0013] 슬레이브 디바이스(150)는 수술 부위(158)의 외과적 처치를 위해 환자(156)가 상부에 배치되는 수술용 테이블(154)을 지지하는 테이블 베이스(152)를 갖는다. 수술용 이펙터(164)를 조작하기 위한 적어도 하나의 위치 결정 가능한 베이스(162)에 장착되는 적어도 하나의 로봇 암(160)은 테이블 베이스(152) 및 수술용 테이블(154)에 근접하게 배치된다. 독립적이며 가동(movable) 위치 결정 가능한 베이스(162)를 갖기 보다는, 로봇 암(160)은 테이블 베이스(152)에 커플링될 수도 있다. 테이블 베이스(152) 및 수술용 테이블(154)은, 모터, 액추에이터, 또는 수술용 테이블의 방위를 변경하기 위한 다른 기계적 또는 전기적 수단을 포함할 수도 있다. 몇몇 실시형태에서, 테이블 베이스(152) 및 수술용 테이블(154)은, 상이한 수술 부위에서의 상이한 타입의 외과적 처치를 위해 환자(156) 및 수술용 테이블의 방위를 변경하도록 구성될 수도 있다.
- [0014] 슬레이브 디바이스(150)는, 예를 들면, 로봇 조작기로부터의 카메라 화상(camera imagery) 및 추적 센서 데이터와 같은 신호를 해석 및 프로세싱하는 것을 담당하는, 중앙 프로세싱 유닛, 메모리 유닛, 데이터 버스, 및 관련 데이터 통신 포트를 포함할 수도 있다. 콘솔 베이스(112)는, 예를 들면, 슬레이브 디바이스로부터의 카메라 화상 및 추적 센서 데이터와 같은 신호를 해석 및 프로세싱하는 것을 담당하는, 중앙 프로세싱 유닛, 메모리 유닛, 데이터 버스, 및 관련 데이터 통신 포트를 포함할 수도 있다. 몇몇 실시형태에서, 콘솔 베이스(112) 및 슬레이브 디바이스(150) 둘 모두는 부하 밸런싱(load-balancing)을 위한 신호 프로세싱을 수행한다.
- [0015] 콘솔 베이스(112)는 또한, 제어 모듈(116 및 118)을 통해 유저(120)에 의해 제공되는 커맨드 및 명령어를 프로세싱할 수도 있다. 도 1에서 도시되는 키보드(116) 및 조이스틱(118) 외에, 제어 모듈은 다른 디바이스, 예를 들면, 컴퓨터 마우스, 트랙패드, 트랙볼, 제어 패드, 비디오 게임 컨트롤러, 및 손 제스처 및 손가락 제스처를 캡처하는 센서(예를 들면, 모션 센서 또는 카메라)를 포함할 수도 있다.
- [0016] 유저(120)는 속도 모드 또는 위치 제어 모드에서 마스터 디바이스(110)를 사용하여 슬레이브 디바이스(150)에 커플링되는 수술용 이펙터(164)를 제어할 수 있다. 속도 모드에서, 유저(120)는, 제어 모듈을 사용하는 직접 수동 제어에 기초하여 수술용 기구의 피치 및 요 모션을 직접적으로 제어한다. 예를 들면, 조이스틱(118) 상에서의 움직임은 수술용 이펙터(164)의 요 및 피치 움직임으로 매핑될 수도 있다. 조이스틱(118)은 햅틱 피드백을 유저(120)에게 제공할 수 있다. 예를 들면, 조이스틱(118)은, 수술용 이펙터(164)가 소정의 방향에서 더 이상 병진 또는 회전할 수 없다는 것을 나타내기 위해 진동한다. 커맨드 콘솔(112)은 또한, 수술용 이펙터(164)가 최대 병진 또는 회전에 도달했다는 것을 나타내기 위해 시각적 피드백(예를 들면, 팝업 메시지) 및/또는 청각적 피드백(예를 들면, 비프음 발생)을 제공할 수 있다.

- [0017] 위치 제어 모드에서, 커맨드 콘솔(112)은 환자의 삼차원(three-dimensional; 3D) 맵 및 환자의 미리 결정된 컴퓨터 모델을 사용하여, 슬레이브 디바이스(150)를 제어한다. 커맨드 콘솔(112)은 수술 부위(158)까지 수술용 이펙터를 조작하기 위해 수술용 로봇 시스템(100)의 로봇 암(160)에 제어 신호를 제공한다. 3D 맵에 대한 의존으로 인해, 위치 제어 모드는 환자의 해부학적 구조의 정확한 매핑을 필요로 한다.
- [0018] 몇몇 실시형태에서, 유저(120)는, 마스터 디바이스(110)를 사용하지 않고도, 수술용 로봇 시스템(100)의 로봇 암(160)을 수동으로 조작할 수 있다. 외과 수술실에서의 셋업 동안, 유저(120)는 로봇 암(160), 수술용 이펙터(164), 및 다른 수술용 기구를 이동시켜 환자에게 액세스할 수도 있다. 수술용 로봇 시스템(100)은 유저(120)로부터의 힘 피드백 및 관성 제어에 의존하여 로봇 암(160) 및 기기의 적절한 구성을 결정할 수도 있다.
- [0019] 디스플레이 모듈(114)은 전자 모니터, 가상 현실 관찰 디바이스(virtual reality viewing device), 예를 들면, 고글 또는 글래스, 및/또는 디스플레이 디바이스의 다른 수단을 포함할 수도 있다. 몇몇 실시형태에서, 디스플레이 모듈(114)은, 예를 들면, 터치스크린을 갖는 태블릿 디바이스처럼, 제어 모듈과 통합된다. 또한, 유저(120)는 통합 디스플레이 모듈(114) 및 제어 모듈을 사용하여 수술용 로봇 시스템(100)에 대한 데이터를 관찰하는 것 및 수술용 로봇 시스템(100)에 커맨드를 입력하는 것 둘 모두를 할 수 있다.
- [0020] 디스플레이 모듈(114)은 입체 디바이스, 예를 들면, 바이저 또는 고글을 사용하여 3D 이미지를 디스플레이할 수 있다. 3D 이미지는 수술 부위(158)에서의 환자의 해부학적 구조를 예시하는 컴퓨터 3D 모델인 "수술용 뷰(surgical view)"를 제공한다. "수술용 뷰"는 환자의 내부의 가상 환경 및 환자 내부에서의 수술용 이펙터(164)의 예상된 위치를 제공한다. 유저(120)는 "수술용 뷰" 모델을, 카메라에 의해 캡처되는 실제 이미지에 비교하여, 수술용 이펙터(164)가 환자 내부에서 정확한 - 또는 대략 정확한 - 위치 안에 있다는 것을 마음속으로 확인하고 검증하는 것을 돕는다. "수술용 뷰"는 수술 부위 주변의 해부학적 구조, 예를 들면, 환자의 장 또는 결장의 형상에 관한 정보를 제공한다. 디스플레이 모듈(114)은 수술 부위에서 해부학적 구조의 3D 모델 및 컴퓨터 단층 촬영(computerized tomography; CT) 스캔을 동시에 디스플레이할 수 있다. 또한, 디스플레이 모듈(114)은 3D 모델 및 CT 스캔 상에 수술용 이펙터(164)의 미리 결정된 최적의 내비게이션 경로를 오버레이할 수도 있다.
- [0021] 몇몇 실시형태에서, 수술용 이펙터의 모델은 외과적 처치의 상태를 나타내는 것을 돕기 위해 3D 모델과 함께 디스플레이 된다. 예를 들면, 스캔은 병합이 필요할 수도 있는 해부학적 구조에서의 영역을 식별한다. 동작 동안, 디스플레이 모듈(114)은 수술 부위(158)에서의 수술용 이펙터의 현재 위치에 대응하는 수술용 이펙터(164)에 의해 캡처되는 기준 이미지를 나타낼 수도 있다. 디스플레이 모듈(114)은 유저 설정 및 특정한 외과적 처치에 따라 내시경의 모델의 상이한 뷰를 자동적으로 디스플레이할 수도 있다. 예를 들면, 디스플레이 모듈(114)은, 수술용 엔드 이펙터(surgical end effector)가 환자의 수술 영역에 접근함에 따라 내비게이션 단계 동안의 수술용 엔드 이펙터의 오버헤드 형광 투시 뷰(overhead fluoroscopic view)를 나타낸다.
- [0022] II. 슬레이브 로봇 디바이스
- [0023] 도 2는, 하나의 실시형태에 따른, 수술용 로봇 시스템(100)으로부터의 슬레이브 로봇 디바이스(200)를 예시한다. 슬레이브 디바이스(200)는, 하나 이상의 로봇 암, 예를 들면, 로봇 암(204)에 커플링되는 슬레이브 베이스(202)를 포함한다. 슬레이브 베이스(202)는 마스터 디바이스(110)에 통신 가능하게 커플링된다. 슬레이브 베이스(202)는, 내과 의사와 같은 유저가 수술용 로봇 시스템(100)을 마스터 디바이스로부터 제어할 수도 있는 동안, 로봇 암(204)이 환자에 대한 외과적 처치를 수행하기 위해 액세스할 수 있도록, 배치될 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 슬레이브 베이스(202)는 환자를 지지하는 외과 수술용 테이블에 커플링될 수도 있다. 비록 명확화의 목적을 위해 도 1에서 도시되지는 않지만, 슬레이브 베이스(202)는, 제어 전자 장치, 공압 장치(pneumatics), 전원, 광학 소스, 및 등등과 같은 서브시스템을 포함할 수도 있다. 로봇 암(204)은, 관절(208)에서 커플링되는 다수의 암 세그먼트(206)를 포함하는 데, 관절(208)은 로봇 암(202)에게 다수의 자유도를 제공한다. 슬레이브 베이스(202)는, 전력의 소스(210), 공압(pneumatic pressure)(212), 및 제어 및 센서 전자 장치(214) - 중앙 프로세싱 유닛, 데이터 버스, 제어 회로부(control circuitry), 및 메모리와 같은 컴포넌트를 포함함 - 및 로봇 암(204)을 움직이기 위한 모터와 같은 관련 액추에이터를 포함할 수도 있다. 슬레이브 베이스(202) 내의 전자 장치(214)는 또한, 커맨드 콘솔로부터 전달되는 제어 신호를 프로세싱하고 송신할 수도 있다.
- [0024] 몇몇 실시형태에서, 슬레이브 베이스(202)는 슬레이브 로봇 디바이스(150)를 운반하기 위한 휠(216)을 포함한다. 슬레이브 로봇 디바이스(150)의 이동성은, 외과 수술실에서의 공간 제약을 수용하는 것뿐만 아니라, 수술용 기기(surgical equipment)의 적절한 위치 결정 및 움직임을 용이하게 하는 것을 돕는다. 또한, 이동성은, 로봇 암(204)이 환자, 내과 의사, 마취 의사, 또는 임의의 다른 기기와 간섭하지 않도록, 로봇 암(204)이 구성되는 것을 허용한다. 처치 동안, 유저는 마스터 디바이스와 같은 제어 디바이스를 사용하여 로봇

암(204)을 제어할 수도 있다.

[0025] 몇몇 실시형태에서, 로봇 암(204)은, 로봇 암(204)의 위치를 유지하기 위해 브레이크 및 카운터 밸런스의 조합을 사용하는 셋업 관절(set up joint)을 포함한다. 카운터 밸런스는 가스 스프링 또는 코일 스프링을 포함할 수도 있다. 브레이크, 예를 들면, 이중 안전 브레이크(fail safe brake)는, 기계적 및/또는 전기적 컴포넌트를 포함할 수도 있다. 또한, 로봇 암(204)은 중력 지원 수동 지지 타입 로봇 암(gravity-assisted passive support type robotic arm)일 수도 있다.

[0026] 로봇 암은 수술용 기구, 예를 들면, 복강경(220)에 커플링될 수도 있는데, 로봇 암이 수술용 기구를 수술 부위에 배치한다. 로봇 암은, 수술용 기구와 베이스 사이의 통신을 허용하는 특별히 설계된 연결 장치(230)를 사용하여 수술용 기구에 커플링될 수도 있는데, 베이스는 로봇 암을 통해 수술용 기구를 제어하도록 구성된다.

[0027] III. 기구 디바이스 조작기

[0028] 도 3은 마스터/슬레이브 수술용 시스템에서의 로봇 팔(300)의 단부의 실시형태를 예시한다. 각각의 로봇 암의 단부에서, 메커니즘 체인저 인터페이스(mechanism changer interface; MCI)(310)가 기구 디바이스 조작기(instrument device manipulator; IDM)(320)를 로봇 암에 커플링시킬 수도 있다. MCI(310)는 고정 나사(set screw) 또는 베이스 플레이트 커넥터일 수 있다. MCI(310)는, 공압, 전력, 전기 신호, 및 광학 신호를 로봇 암으로부터 IDM(320)으로 전달하기 위한 커넥터를 포함한다.

[0029] MCI(310)는 IDM(320)을 수술용 로봇 시스템의 수술용 로봇 팔에 제거 가능하게 또는 고정되게 장착한다. IDM은, 수술 툴이 수술 툴의 축을 중심으로 연속적으로 회전되는 것 또는 "롤링되는" 것을 허용하는 방식으로, 수술 툴의 연결 장치(230)를 (예를 들면, 하기의 도 4에서 설명되는 바와 같은 지지 브래킷 및 장착 브래킷을 통해) 로봇 수술용 암에 부착하도록 구성된다. IDM(320)은, 하우징 및 가늘고 긴 본체를 포함할 수도 있는, 그리고 복강경, 내시경, 또는 수술용 기구의 다른 타입의 엔드 이펙터일 수도 있는 다양한 수술 툴(도 3에서는 도시되지 않음)과 함께 사용될 수도 있다.

[0030] IV. 수술용 기구

[0031] 도 4는 마스터/슬레이브 수술용 시스템(400)에서의 수술용 기구의 예시적인 표현을 예시한다. 수술용 기구는 지지 브래킷(410) 및 장착 브래킷(450)을 통해 IDM(320)에 커플링된다. 지지 브래킷(410) 및 장착 브래킷(450)은 디스크 형상인데, 케이블 샤프트(420)는 지지 브래킷의 디스크 상에서 중앙에 위치되고 동작 축(430)을 따라 장착 브래킷(450) 반대 쪽의 지지 브래킷(410)의 평면에 수직으로 바깥쪽으로 연장한다. 케이블 샤프트(420)는 수술용 이펙터(440)를 지지 브래킷(410)에 커플링하여, 로봇 암 및 IDM을 통한 슬레이브 베이스에 의한 수술용 이펙터의 제어를 허용한다.

[0032] V. 지지 브래킷

[0033] 도 5는, 장착 브래킷이 도시되지 않은 상태에서, 지지 브래킷의 구성 컴포넌트를 나타내는 지지 브래킷의 실시형태의 등각 투영도를 예시한다. 지지 브래킷(410)은, 지지 브래킷을 장착 브래킷에 커플링하는 것을 지원하기 위해 디스크의 외부 에지에 커플링되는 적어도 하나의 연결 스루홀(512)을 갖는 대략 디스크 형상의 지지 베이스(510)를 포함한다. 몇몇 실시형태에서는, 지지 브래킷을 장착 브래킷에 커플링하기 위한 연결 스루홀이 없다. 다른 실시형태에서, 장착 브래킷이 없고, 지지 브래킷은 IDM에 직접적으로 커플링된다. 이하 커플링 면(514)으로 칭해지는 지지 베이스의 하나의 면은, 입력 컨트롤러(520), 안내 폴리(530), 및 상반식 팬터그래프(540)에 대한 지지 구조체로서 작용한다. 지지 베이스(510)의 대향 면(이하, 동작 면(516)(가시적으로 도시되지 않음))은 케이블 샤프트(420)에 대한 지지 구조체로서 작용한다.

[0034] 지지 베이스의 중심에는, 케이블 샤프트(420)를 통해 입력 컨트롤러(520)를 수술용 이펙터(440)에 커플링하기 위한 동작 축(430)을 따라 커플링 면(514)으로부터 동작 면(516)까지 지지 베이스(510)를 관통하는 동작 스루홀(operative through-hole)(518)이 있다. 동작 스루홀(518)은, 적어도 네 개의 케이블(560) 세그먼트가 커플링 면(514)으로부터 동작 면(516)까지 지지 베이스(510)를 통해 방해받지 않고 통과하는 것을 허용하기에 충분히 큰 직경을 갖는다.

[0035] 커플링 면의 평면 아래에 적어도 부분적으로 오목하게 되는 네 개의 안내 폴리(530)인, 두 개의 외부 폴리(530a, 530d) 및 두 개의 내부 폴리(530b, 530c)의 세트가 동작 스루홀의 외부 에지를 따라 존재한다. 각각의 안내 폴리(530)의 평면은 커플링 면(514)의 평면에 직교하는데, 폴리의 평면은 폴리의 디스크의 평면이다. 폴리는, 안내 폴리의 적어도 일부가 동작 스루홀 안으로 연장된 상태에서 각각의 안내 폴리의 평면이 동작 스루홀

(518)의 에지에 수직이도록 배치된다. 안내 폴리(530)는 지지 베이스(510)에 커플링되고, 지지 베이스(510)의 평면과 동일 평면 상의 중심 안내 축을 중심으로 회전하도록 구성된다. 하나의 실시형태에서, 안내 폴리(530)는 베어링을 통해 지지 베이스(510)에 연결된다. 안내 폴리는, 케이블(560)이, 서로 영키지 않으면서 또는 동작 스루홀의 에지에 쓸리지 않으면서, 동작 스루홀(518)을 통해 움직이는 것을 허용한다.

[0036] 안내 폴리(530)의 평면을 따라 동작 축(430)으로부터 바깥쪽으로의 광선은 네 개의 케이블 축(550)인 두 개의 외부 축(550a, 550d) 및 두 개의 내부 축(550b, 532c)의 세트를 생성한다. 안내 폴리(530)는, 외부 케이블 축(550a, 550d)이 지지 브래킷 직경을 따라 라인을 형성하고, 외부 케이블 축(예를 들면, 550a)과 가장 가까운 내부 케이블 축(예를 들면, 550b) 사이의 각도가 0도와 90도 사이의 난제로의 각도를 가지도록 배치되는데, 그 예는 도 5에서 대략 60도인 것으로 예시된다. 마찬가지로, 두 개의 내부 케이블 축(예를 들면, 550b 및 550c) 사이의 각도는 0도와 90도 사이의 각도인데, 그 예는 대략 60도로서 예시된다.

[0037] VI. 케이블 샤프트

[0038] 케이블 샤프트(420)는 수술용 이펙터(440)를 지지 브래킷(410)에 연결하여 로봇 팔 및 IDM을 통한 슬레이브 베이스에 의한 수술용 이펙터의 제어를 허용한다. 하나의 실시형태에서, 케이블 샤프트는 작용 단부(action end) 및 드라이버 단부(driver end)를 갖는 긴 중공의 원통형인데, 작동 단부는 수술용 이펙터(440)에 커플링되고, 드라이버 단부는 지지 브래킷(510)의 동작 면(516)에 커플링된다. 케이블 샤프트(420)는, 케이블 샤프트(420)가 동작 축(430)을 따라 지지 브래킷으로부터 직각으로 연장하도록, 지지 브래킷(510)에 커플링된다. 케이블 샤프트(420)는, 입력 컨트롤러(520)를 수술용 이펙터(440)에 커플링하는 케이블(560)을 수용한다.

[0039] VII. 입력 컨트롤러

[0040] 두 개의 외부 입력 컨트롤러(520a, 520d) 및 두 개의 내부 입력 컨트롤러(520b, 520c)는 지지 베이스에 커플링되고 커플링 면(514)으로부터 바깥쪽으로 직각으로 연장된다. 입력 컨트롤러(520)는 동작 축(430)을 중심으로 동심원의 하프 링을 따라 배치되는데, 각각의 입력 컨트롤러는 케이블 축(550) 중 하나를 따라 동작 축으로부터 방사상으로 등거리이다. 입력 컨트롤러(520)는, 증가하는 반경의 원통이 차례로 상부에 커플링되어, 반전되어 적층된 원통형 피라미드와 유사하게 성형될 수도 있다. 입력 컨트롤러(520)의 커플링된 실린더는, 커플링 면(514)에 직교하고 동작 축(430)에 평행한 그 특정한 입력 컨트롤러와 관련되는 스펀링 축(556)을 따라 중심에 정렬된다. 입력 컨트롤러는, 외부 입력 컨트롤러(520a, 520d)의 두 개의 스펀링 축(556)이 두 개의 외부 케이블 축과 유사하게 지지 브래킷의 직경을 따라 라인의 형태를 형성하도록, 그리고, 그에 따라, 동작 축(430)과 관련하여 가장 가까운 각각의 내부 입력 컨트롤러와 유사한 각도를 형성하도록 배치된다. 두 개의 내부 입력 컨트롤러는, 마찬가지로, 상기에서 설명되는 바와 같이, 두 개의 내부 케이블 축과 유사하게 서로에 대해 비스듬히 위치된다.

[0041] 지지 베이스(510)는 네 개의 원형으로 성형된 회전 조인트(570)를 포함한다. 회전 조인트(570)는, 각각의 입력 컨트롤러가 스펀링 축, 예컨대 556을 중심으로 회전하는 것을 허용하도록 구성된다. 회전 조인트(570)는, 각각의 회전 조인트의 상부가 지지 베이스(510)의 커플링 면(514)과 실질적으로 동일 평면이도록 또는 약간 오목하게 되도록 성형된다. 회전 조인트(570)는, 회전 조인트의 회전 축이 관련 입력 컨트롤러의 스펀링 축(556)과 동축이도록 각각의 입력 컨트롤러가 회전 조인트의 중심에 커플링되어 입력 컨트롤러(520)에 마찬가지로 배치된다. 하나의 실시형태에서, 회전 조인트는 베어링이다.

[0042] 도 5에서 묘사되지는 않지만, 지지 브래킷은 또한, 입력 컨트롤러를 통해 장착 브래킷(450)에 커플링된다. 장착 브래킷은, 입력 컨트롤러의 상부가 장착 브래킷을 통과하도록 그리고 입력 컨트롤러의 상부가 장착 브래킷의 상부와 실질적으로 동일 평면이도록, 입력 컨트롤러에 커플링된다. 장착 브래킷은 또한, 입력 컨트롤러가 회전하는 것을 허용하는, 지지 브래킷의 회전 조인트에 동축인 유사한 세트의 회전 조인트를 가지고 구성된다. 입력 컨트롤러(520) 및 장착 브래킷(450)은 IDM에 커플링되도록 그리고 케이블(560)을 작동시켜 수술용 이펙터(440)의 모션을 제어하도록 구성되는데, 하기의 섹션에서 상세히 설명된다. 케이블(560)은, 케이블이 입력 컨트롤러 주위를 적어도 부분적으로 감싸도록 그리고 컨트롤러가 스펀링 축을 중심으로 회전할 때 컨트롤러 주위를 감을 수도 있거나 또는 컨트롤러 주위에서 풀릴 수도 있도록, 입력 컨트롤러(520)에 커플링된다. 각각의 입력 컨트롤러는 단일의 케이블에 커플링된다.

[0043] VIII. 상반식 팬터그래프

[0044] 상반식 팬터그래프(540)는, 그것이 수술용 이펙터에 대해 상반된 방식으로 이동하도록 구성되기 때문에 그렇게 명명되는 다수의 물리적 컴포넌트를 포함하는 물리적 구조체인데, 섹션 X 및 XI에서 논의된다. 따라서, 상반식

팬터그래프는 수술용 기구 전체가, 구체적으로 손목이, 더 구체적으로는 내부의 케이블이, 길이가 보존되는 것을 허용한다. 케이블은, 실린더 주변의 감기 또는 고정된 클램프와 같은 전통적인 기술을 사용하여 팽팽하게 되는데, 이것은 시간이 지남에 따라 통상적인 마모 및 마손을 통해 느슨하게 되기 쉽다(덜 인장된다). 케이블 마모가 케이블의 전체 길이에서 변화를 야기할 수도 있지만, 이 변화는 IDM, 로봇 암, 및 길이 보존 시스템을 유지하는 제어 컴퓨터에 의해 보상된다. 상반식 팬터그래프는 또한, 입력 컨트롤러 및 IDM에 의해 제어되고 있지 않을 때, 예를 들면, 수술용 기구가 슬레이브 수술용 디바이스로부터 분리될 때, 수술용 기구 내의 케이블의 길이를 유지하도록 구성된다.

[0045] 상반식 팬터그래프는 다음의 두 가지 동작 모드를 갖는다: IDM 및 로봇 암이 입력 컨트롤러를 작동시킬 수 있도록 그리고 수술용 이펙터의 모션을 제어할 수 있도록 수술용 기구가 IDM 및 로봇 암에 부착되는 부착 모드; 및 상반식 팬터그래프 및 입력 컨트롤러가 수술용 이펙터의 수술용 케이블의 길이를 수동으로 유지하고, 그에 의해 케이블이 느슨하게 되는 것/떨어지는 것을 방지하게 되도록, 수술용 기구가 IDM 및 로봇 암으로부터 분리되는 분리 모드.

[0046] VIII-A. 상반식 팬터그래프 구성

[0047] 상반식 팬터그래프(540)는, 내부 입력 컨트롤러(524)와 반대쪽의 커플링 면(514)의 절반 상에서 지지 베이스(510)에 커플링된다. 도 6에서 확대도와 함께 도시되는 상반식 팬터그래프(540)는 두 개의 커플링된 차동 장치(differential), 회전 샤프트, 및 아마추어(armature)를 포함한다. 회전 샤프트는, 이하 상반하는 축(reciprocal axis)(558)으로 칭해지는 회전 샤프트의 중심 축이 동작 축(430)에 평행한 상태에서, 커플링 면(514)으로부터 바깥쪽으로 수직으로 연장한다. 회전 샤프트는 동작 축(430)으로부터 반경 거리 이격되어 배치된다. 추가적으로, 외부 스플링 축(556), 동작 축(430), 및 상반하는 축(558) 사이의 각도는 대략 90도이지만, 다른 실시형태에서, 그것은 상이한 각도일 수도 있다.

[0048] 도 6a는 예시적인 상반식 팬터그래프(540)의 동작 투영도이다. 상반식 팬터그래프는 두 개의 차동 장치(610a 및 610b)를 커플링하는 아마추어(620)로 구성된다. 제1 차동 장치(610a)는 한 쌍의 풀리를 커플링하는데, 제1 풀리는 두 개의 홈을 갖는 상반식 손목 풀리(reciprocal wrist pulley)(612a)이고, 제2 풀리는 하나의 홈을 갖는 상반식 부재 풀리(reciprocal member pulley)(614a)이다. 제2 차동 장치(610b)는 손목 풀리(612b) 및 부재 풀리(614b)를 가지고 마찬가지로 구성된다. 다른 실시형태에서, 상반식 손목 풀리(612a 및 612b)는 두 개의 별개의 동축의 단일 홈 풀리 또는 두 개의 케이블을 허용하기에 충분히 큰 단일의 홈을 갖는 단일의 풀리를 포함할 수도 있다. 아마추어(620)는, 상반식 손목 풀리(612a 및 612b)가 서로에 대해 그리고 상반하는 축(558)에 대해 동축이도록, 차동 장치(610a, 610b)를 서로에 대해 커플링한다. 추가적으로, 아마추어(620)는, 각각의 차동 장치의 상반식 부재 풀리(614a 및 614b)를, 상반식 손목 풀리(612a 및 612b)로부터 등거리에서 커플링한다. 아마추어(620)는 또한, 상반식 부재 풀리(614a 및 614b)가 상반하는 축(558)을 중심으로 서로 던제로의 각도 떨어져 위치되도록, 상반식 부재 풀리(614a 및 614b)를 커플링한다. 다른 실시형태에서, 상반식 부재 풀리(612)는 상반식 손목 풀리(614)로부터 다른 거리로 이격되어 있다. 상반식 부재 풀리(614)는 인장 축(630)을 중심으로 회전하는데, 인장 축은 상반하는 축(558)에 대해 예각(acute angle)을 형성한다.

[0049] VIII-B. 상반식 팬터그래프 케이블링

[0050] 각각의 차동 장치(610) 내에서, 상반식 손목 풀리(612) 및 상반식 부재 풀리(614)는 또한 케이블(560)에 의해 커플링된다. 논의를 위해, 케이블은 인바운드 세그먼트(616a) 및 아웃바운드 세그먼트(616b)를 갖는 것으로 설명될 수도 있는데, 인바운드 세그먼트는 상반하는 축(558)으로부터 인장 축(630)을 향해 연장되고 아웃바운드 세그먼트는 인장 축으로부터 상반하는 축을 향해 연장된다. 사용 동안 케이블이 움직이기 때문에, 세그먼트 정의는 임의적이며, 케이블 자체 상의 고정된 위치 대신, 여기에서는 명확성을 위해 풀리에 대해 정의된다.

[0051] 인바운드 세그먼트(616a) 상에서, 케이블은 상반식 손목 풀리(612) 주위에서 그것의 제1 홈 내에서 적어도 부분적으로 고리를 이룬다(loop). 그 다음, 케이블은 상반식 부재 풀리(614) 주위에서 적어도 부분적으로 고리를 형성하여, 상반식 부재 풀리를 아웃바운드 세그먼트로 이행하는 상반식 손목 풀리(612)에 커플링한다. 아웃바운드 세그먼트(616b) 상에서, 그 다음, 케이블은 또한, 상반식 부재 풀리(614) 주위에서 적어도 부분적으로 고리를 이루고, 그에 의해, 케이블의 방향을 반전시키고, 그 이후, 케이블은 인장 축(630)으로부터 멀어지게 지향된다. 케이블의 아웃바운드 세그먼트는 상반하는 부재 손목 풀리(612)의 제2 홈 주위에서 적어도 부분적으로 고리를 이루는데, 그 이후 케이블은 상반하는 축(558)으로부터 멀어지게 지향된다.

[0052] VIII-C. 상반식 팬터그래프 모션

- [0053] 도 6b는, 입력 컨트롤러가 구속 팬터그래프(restraint pantograph)에 커플링되는 방법의 예를 예시한다. 각각의 입력 컨트롤러(520)의 상부 축, 즉 지지 브래킷의 커플링 면으로부터 가장 멀리 떨어진 실린더는, IDM이 입력 컨트롤러의 독립적인 스프링 축(556a, 556b, 556c, 556d)을 중심으로 하는 입력 컨트롤러의 회전을 조작할 수 있도록, 입력 컨트롤러를 IDM의 대응하는 액추에이터에 제거 가능하게 부착하도록 구성된다. 추가적으로, 입력 컨트롤러(520)의 각각의 쌍은, 케이블의 인바운드 세그먼트 및 아웃바운드 세그먼트가 제1 입력 컨트롤러를 입력 컨트롤러 쌍의 제2 입력 컨트롤러에 커플링하도록, 케이블(560)에 의해 상반식 팬터그래프(540)의 차동 장치(610) 중 하나에 커플링된다. 예시된 실시형태에서, 외부(520a) 및 내부(520b) 입력 컨트롤러는 제1 케이블에 의해 쌍을 이루고 내부(520c) 및 외부(520d) 입력 컨트롤러는 제2 케이블에 의해 쌍을 이루지만, 그러나, 기술 분야에서 지식을 가진 자는, 임의의 두 개의 입력 컨트롤러가 함께 쌍을 이룰 수도 있다는 것을 인식할 것이다.
- [0054] 수술 부위에서 수술을 수행하기 위해 복강경 튜브 IDM에 부착되는 동안, 상반식 팬터그래프는 부착 모드에 있다. 부착 모드에 있는 동안, 상반식 팬터그래프의 차동 장치는, 입력 컨트롤러의 각각의 쌍을 커플링하는 케이블의 각각에서 일정한 길이를 유지한다. 케이블에서의 전체 길이는, 주어진 케이블과 관련되는 입력 컨트롤러의 쌍의 감기 및 풀기의 상호 작용에 의해, 뿐만 아니라, 상반하는 축을 중심으로 하는 구속 팬터그래프의 회전에 의해 조작된다. 케이블의 길이를 유지하기 위해, 차동 장치 및 아마추어의 풀리는 상반하는 축 및 인장 축을 중심으로 회전하여, 입력 컨트롤러의 스프링 축을 중심으로 하는 입력 컨트롤러의 감기 및 풀기에 의해 생성되는 짧아짐(또는 길어짐)을 보상하도록 동등하고 반대의 길어짐(또는 짧아짐)을 생성한다.
- [0055] 도 6b 및 도 6c는 이 프로세스를 예시하고, 다음 단락은 인바운드 및 아웃바운드 케이블 세그먼트, 상반식 팬터그래프, 및 입력 컨트롤러 쌍 사이의 상호 작용을 더 상세히 설명한다. 명확화를 위해, 이후, 제1 차동 장치 내의 제1 케이블의 인바운드 세그먼트는 제1 세그먼트(660a)이고, 제1 차동 장치 내의 제1 케이블의 아웃바운드 세그먼트는 제2 세그먼트(660b)이고, 제2 차동 장치 내의 제2 케이블의 인바운드 세그먼트 제3 세그먼트(660c)이고, 그리고 제2 차동 장치 내의 제2 케이블의 아웃바운드 세그먼트는 제4 세그먼트(660d)이다.
- [0056] 추가적으로, 제1 컨트롤러 쌍의 제1 입력 컨트롤러는 제1 세그먼트(660a)의 길이를 제어하고; 제1 컨트롤러 쌍의 제2 입력 컨트롤러는 제2 세그먼트(660b)의 길이를 제어하고; 제2 컨트롤러 쌍의 제1 입력 컨트롤러는 제3 세그먼트(660c)의 길이를 제어하고; 그리고 제2 컨트롤러 쌍의 제2 입력 컨트롤러는 제4 세그먼트(660d)의 길이를 제어한다. 상기에서 소개되는 케이블 세그먼트의 임의의 쌍은, 시간적으로 해당 시점에서의 쌍의 입력 컨트롤러 중 하나 상에서 감기/풀기가 수행되는 것에 의존하여 인바운드/아웃바운드 세그먼트 쌍으로서 설명될 수 있다. 예시된 실시형태에서, 내부 및 외부 입력 컨트롤러(예를 들면, 520a 및 520b)가 쌍을 이루지만, 그러나 기술 분야에서 지식을 가진 자는, 입력 컨트롤러가 상이한 쌍으로 구성될 수도 있다는 것을 인식할 것이다.
- [0057] 예시된 실시형태에서, 차동 장치에 의해 커플링되는 입력 컨트롤러 쌍의 주어진 케이블에 대해, 부착 모드에서 다섯 개의 가능한 상태가 있다. 제1 상태에서, 입력 컨트롤러 쌍은, 동시에, 제1 세그먼트의 길이를 감소시키고 제2 세그먼트의 길이를 증가시킨다. 제2 상태에서, 입력 컨트롤러 쌍은, 동시에, 제2 세그먼트의 길이를 증가시키고 제1 세그먼트의 길이를 감소시킨다. 제3 상태에서, 입력 컨트롤러 쌍은, 제1 및 제2 세그먼트를 동시에 풀어서, 케이블 길이를 보존하기 위한 상반하는 축을 중심으로 하는 상반식 팬터그래프의 보상 회전을 초래한다. 제4 상태에서, 입력 컨트롤러 쌍은 제1 및 제2 세그먼트를 동시에 감아서, 케이블 길이를 보존하기 위한 상반하는 축을 중심으로 하는 상반식 팬터그래프의 보상 회전을 초래한다. 제5의 "중립" 상태에서, 입력 컨트롤러 쌍은 케이블 세그먼트를 조작하지 않는다. 가능한 모든 상태에서, 입력 컨트롤러 쌍의 제1 입력 컨트롤러로부터 제2 컨트롤러까지의 케이블의 길이는 보존된다.
- [0058] 도 6b는, 제1 및 제2 세그먼트(660a 및 660b)와 관련되는 케이블에 대한 제1 상태에서의 입력 컨트롤러 및 상반식 팬터그래프를 예시하는 지지 브래킷의 평면도이다. 제1 입력 컨트롤러(520a)는 케이블을 풀어서, 제1 세그먼트(660a)에서의 길이(670a)를 증가시키고(화살표로 예시됨), 동시에 제2 입력 컨트롤러(520b)는 동일한 케이블을 감아서 제2 세그먼트(660b)의 길이(670b)를 감소시킨다. 이것은 인장 축(630)을 중심으로 하는 상반식 부재 풀리(614)의 회전, 상반하는 축(554)을 중심으로 하는 상반식 손목 풀리(612)의 무회전, 상반하는 축(614)을 중심으로 하는 아마추어(620)의 무회전, 및 동작 스루홀(518) 내에서의 케이블의 상반하는 움직임을 가져온다. 제1 상태의 이 실시형태에서, 상반식 손목 풀리와 접촉하는 케이블의 접촉 영역(640a)은 변하지 않는다. 제2 상태는 제1 상태와 유사한데, 제1 및 제2 입력 컨트롤러가 역전된다.
- [0059] 도 6c는, 제3 인장 상태에서의 입력 컨트롤러 및 상반식 팬터그래프를 예시하는 지지 브래킷의 평면도이다. 입력 컨트롤러 쌍의 제1 입력 컨트롤러, 예를 들면, 외부 입력 컨트롤러(520a)는 자신의 스프링 축(556a)을 중심으로 감기고(제1 세그먼트(660a)에서의 길이(680a)를 감소시키려고 시도함), 한편, 입력 컨트롤러 쌍의 제2 입

력 컨트롤러, 예를 들면, 내부 입력 컨트롤러(520b)는 자신의 스프링 축(556b)을 중심으로 감긴다(제3 세그먼트(660b)의 길이(680a)를 감소시키려고 시도함). 이것은, 인장 축(630)을 중심으로 하는 상반식 부재 폴리(614)의 회전, 상반하는 축(558)을 중심으로 하는 상반식 손목 폴리의 회전, 및 상반하는 축(558)을 중심으로 하는 차동 장치의 회전을 가져온다. 제3 상태의 이 실시형태에서, 차동 장치는, 상반식 손목 폴리와의 케이블의 접촉 영역(640b)이 감소하도록 그리고 팬더그래프에서의 케이블의 전체 길이가 유지되도록, 입력 컨트롤러 쌍을 중심으로 하는 케이블 세그먼트의 감기를 보상하는 양만큼 상반하는 축(558)을 중심으로 회전한다(690). 제4 상태는 제3 상태와 유사한데, 제1 및 제2 입력 컨트롤러는, 상반하는 축을 중심으로 하는 차동 장치의 회전에 의해 차감되는 풀림을 가지고 제1 및 제2 세그먼트를 동시에 푼다.

[0060] IX. 수술용 이펙터

[0061] 도 7a는 마스터/슬레이브 수술용 시스템에서의 복강경 수술을 위한 수술용 이펙터의 실시형태를 예시한다. 수술용 이펙터는 두 개의 작동 부재(working member)(710), 수술용 손목(720), 및 이펙터 하우징(730)으로 구성된다. 도 7b는 이펙터 하우징이 제거된 수술용 이펙터의 예시이다.

[0062] IX-A. 수술용 이펙터 구성

[0063] 두 개의 작동 부재(710)는 외과 수술을 수행하기 위한 현존하는 수술 툴의 로봇 버전, 예를 들면, 도 7a 및 도 7b에서 예시되는 소형 로봇 겸자로 설계될 수도 있다. 각각의 작동 부재는 단일의 홈을 갖는 부재 폴리(712) 및 겸자 절반부(forceps half)(714)로 구성된다. 부재 폴리는 외부 면과 내부 면을 구비하며, 내부 및 외부 면에 직교하는, 이하 부재 축(740)으로 칭해지는, 중심에 위치되는 회전 축을 중심으로 회전할 수 있다. 부재 폴리는, 내부 면으로부터 외부 면으로 통과하고 동작 축(430)에 직교하는 부재 축에 동축인 중심에 위치되는 부재 구멍(716)을 가질 수도 있다.

[0064] 각각의 겸자 절반부(714)는 실질적으로 편평한 면(flat side)과 둥근 면(rounded side)을 구비하는데, 편평한 면은 외과 수술에서 조직과 접촉하기 위한 것이다. 실질적으로 편평한 면은 외과 수술에서 조직과의 더욱 쉬운 상호 작용을 허용하도록 텍스처 처리될(textured) 수도 있다. 다른 실시형태에서, 겸자는 외과적 처치에서 바늘과 상호 작용하도록 구성된다. 각각의 겸자 절반부(714)는, 겸자 절반부가 부재 폴리의 에지에 수직이도록 그리고 부재 폴리(712)의 평면에서 부재 축(740)으로부터 방사상으로 연장되도록, 부재 폴리(712)에 독립적으로 커플링된다. 부재 폴리(712)는 또한, 겸자 절반부가 부재 축(740)을 중심으로 또한 회전하도록, 겸자 절반부(714)에 커플링된다.

[0065] 작동 부재(710)는, 부재 폴리의 내부 면이 부재 구멍(716)과 실질적으로 동일 높이가 되도록 그리고 부재 축(740)이 동축이도록, 커플링된다. 작동 부재(710)는 또한, 각각의 겸자 절반부의 편평한 면이 서로 대면하도록 그리고 동일 평면 상에 있을 수도 있도록, 커플링된다.

[0066] 수술용 손목은 네 개의 홈을 갖는 두 개의 손목 폴리의 세트이다. 제1 손목 폴리(722)는 제2 손목 폴리(724)보다 더 큰 반경을 가질 수도 있다. 손목 폴리는 전면(front face)과 후면(back face)을 가지며, 이하 손목 축(742)으로 칭해지는, 전후면에 직교하는 중심에 위치되는 회전 축을 중심으로 회전할 수 있다. 본원에서, 손목 폴리의 네 개의 홈은, 후방 측으로부터 전방 측으로 순차적으로 1 내지 4로 칭해질 것이다. 손목 폴리(720)는, 손목 폴리의 전면으로부터 후면으로 통과하는 손목 축(742)과 동축인 중심에 위치되는 손목 구멍(726)을 가질 수도 있다. 각각의 손목 폴리의 손목 축(742)은, 서로 평행하고, 부재 축(740)에 직교하고, 동작 축(420)에 직교하며, 그 결과 세 개의 타입의 축은 직교 세트(744)이다. 손목 폴리는, 제1 손목 폴리(722)가 제2 손목 폴리(724)보다는 동작 축(430)을 따라 케이블 샤프트(420)의 작용 단부에 더 가까운 상태에서, 전면이 동일 평면 상에 있도록 배치된다.

[0067] 이펙터 하우징(730)은, 시스를 통한 케이블(560)의 움직임에 허용하면서 손목 폴리(720)를 부재 폴리(712)에 커플링하는 원통형 보호 금속 시스일 수도 있다. 몇몇 실시형태에서, 이펙터 하우징은 근위 클레비스(proximal clevis)(730b) 및 원위 클레비스(distal clevis)(730c)를 포함할 수도 있는데, 근위 클레비스는 연결 핀에 의해 원위 클레비스에 커플링된다. 제1 손목 폴리(720) 및 제2 손목 폴리(722)는, 손목 폴리(720)의 손목 구멍(726)을 통해 손목 축(742)을 따라 하우징의 일측으로부터 하우징의 타측으로 통과하는 독립적인 고정 나사(732)에 의해 이펙터 하우징(730)에 커플링된다. 부재 폴리(712)는, 부재 폴리(712) 내의 중앙 부재 구멍(716)을 통해 동축의 부재 축(740)을 따라 하우징의 일측으로부터 하우징의 타측으로 통과하는 단일의 고정 나사(734)에 의해 이펙터 하우징에 커플링된다. 부재 폴리(712)는 또한, 겸자 절반부(714)가 동작 축(430)을 따라 케이블 샤프트(420)의 활성 단부를 향해 이펙터 하우징으로부터 멀어지게 연장되면서, 이펙터 하우징에 커플링

된다. 하우징은, 부재 폴리가 손목 폴리보다 동작 축(430)을 따라 케이블 샤프트(720)의 활성 단부에 더 가깝도록, 손목 폴리(720)와 부재 폴리(712)를 커플링한다. 이펙터 하우징(730)은, 동작 축(430), 부재 축(740), 및 평행한 손목 축(742)의 직교 세트를 유지하도록, 즉 부재 폴리(712)의 외부 면, 손목 폴리(720)의 전면, 및 동작 축(430)이 직교하도록(744), 손목 폴리(720) 및 부재 폴리(714)를 커플링한다.

[0068] IX-B. 수술용 이펙터 케이블링

[0069] 하우징 내에서, 손목 폴리(720) 및 부재 폴리(714)는 또한 두 개의 케이블에 의해 커플링된다. 몇몇 실시형태에서, 이펙터 하우징 내의 케이블은, 입력 컨트롤러를 상반식 팬더그래프에 커플링하는 두 개의 케이블과는 별개이며, 명확화를 위해, 이하 제3 및 제4 케이블로 칭해진다. 논의를 위해, 케이블은 인바운드 및 아웃바운드 세그먼트를 갖는 것으로 설명될 수도 있는데, 인바운드 세그먼트는 케이블 샤프트 내에서 드라이버 단부로부터 작용 단부로 연장되고, 아웃바운드 세그먼트는 케이블 샤프트 내에서 작용 단부로부터 드라이버 단부로 연장된다.

[0070] 이하, 제3 케이블의 인바운드 세그먼트는 제5 세그먼트(750a)이고, 제3 케이블의 아웃바운드 세그먼트는 제6 세그먼트(750b)이다. 하나의 가능한 케이블링 스킴에 따라, 인바운드 세그먼트(650a)인 케이블은 제2 손목 폴리 주위에서 그것의 제1 홈 내에서 적어도 부분적으로 고리를 이룬다. 그 다음, 제5 세그먼트(650a)는, 하우징 내에서 제1 손목 폴리(722)의 제1 홈 주위에서 적어도 부분적으로 고리를 이루어, 제1 손목 폴리를 제2 손목 폴리에 커플링한다. 그 다음, 인바운드 세그먼트는 제1 부재 폴리(712)의 제1 홈 주위에서 적어도 부분적으로 고리를 이루어, 제1 손목 폴리를 부재 폴리에 커플링한다. 제1 부재 폴리(712) 주위에서 적어도 부분적으로 고리를 이루는 인바운드 세그먼트(750a)는 케이블의 방향을 작용 단부로부터 멀어지게 반전시키고 아웃바운드 세그먼트(650b)를 시작한다. 아웃바운드 세그먼트(650b) 상에서, 케이블은 제1 손목 폴리(722)의 제3 홈 주위에서 적어도 부분적으로 고리를 이룬다. 그 다음, 아웃바운드 세그먼트(650b)는 제2 손목 폴리(724)의 제3 홈 주위에서 적어도 부분적으로 고리를 이룬다.

[0071] 마찬가지로, 제4 케이블의 인바운드 세그먼트는 제7 세그먼트(750c)이고, 제4 케이블의 아웃바운드 세그먼트는 제8 세그먼트(750d)이다. 상기의 동일한 케이블링 스킴을 계속하면, 인바운드 세그먼트(750c)는 인바운드 경로 상의 손목 폴리(720)의 제2 홈 주위에서 적어도 부분적으로 고리를 이루고, 제2 부재 폴리(712) 주위에서 적어도 부분적으로 고리를 이루어 방향을 반전시켜 아웃바운드 세그먼트(750d)를 시작하고, 손목 폴리의 제4 홈 주위에서 적어도 부분적으로 고리를 이룬다.

[0072] 예시된 실시형태에서, 인바운드 케이블은 제2 손목 폴리의 절반부 및 제1 손목 폴리의 반대쪽 절반부를 적어도 부분적으로 고리 모양으로 맨다. 이들 절반부 반전될 수도 있다는 것이 기술 분야에서 숙련된 자에게는 명백할 것이다.

[0073] 예시된 실시형태에서, 제3 케이블은 인바운드 경로 상의 제1 홈 및 아웃바운드 경로 상의 제3 홈에서 손목 폴리 주위에서 적어도 부분적으로 고리를 이루고, 한편 제4 케이블은 인바운드 경로 상의 제2 홈 및 아웃바운드 경로 상의 제4 홈에서 손목 폴리 주위에서 적어도 부분적으로 고리를 이룬다. 제3 및 제4 케이블에 대한 인바운드 및 아웃바운드 경로의 홈은 상이한 방식으로 구성될 수도 있다는 것이 기술 분야에서 숙련된 자에게는 명백할 것이다.

[0074] 도 8은 입력 컨트롤러(520)가 수술용 이펙터(440)에 커플링되는 방법을 예시한다. 각각의 입력 컨트롤러(520)의 하부 층은 지지 브래킷(410) 상의 회전 조인트(570)에 커플링된다. 각각의 내부 입력 컨트롤러 및 외부 입력 컨트롤러 쌍(예를 들면, 520a 및 520b)은, 외부 입력 컨트롤러의 인바운드 세그먼트인 제5 세그먼트(750a)가 수술용 이펙터(440)를 통해 내부 입력 컨트롤러의 아웃바운드 제6 세그먼트(750b)에 커플링되도록, 동작 스루홀(518)을 통과하는 케이블에 의해 수술용 이펙터(440)에 커플링된다. 대안적인 구성에서, 인바운드 및 아웃바운드 세그먼트뿐만 아니라 쌍을 이룬 입력 컨트롤러는 상호 교환 가능하다.

[0075] IX-C 수술용 이펙터 자유도

[0076] 설명된 구성에서, 수술용 이펙터는 다음의 세 개의 제어 가능한 자유도를 갖는다: 도 9a 내지 도 9d에 예시되는 제1 요 각도(910), 제2 요 각도(920), 및 피치 각도(930).

[0077] 도 9a 및 도 9b에서 예시되는 바와 같이, 제1 자유도는, 제1 부재 폴리(712)가 부재 축(740), 즉 요 축을 중심으로 회전함에(912) 따라, 겹차 절반부가 동작 축(430)과 제1 요 각도(910)를 생성하도록 제1 부재 폴리의 평면에서 겹차 절반부(714)를 이동시키는, 제1 겹차 절반부(714)의 모션이다.

[0078] 마찬가지로, 제2 자유도는, 제2 부재 폴리(712)가 부재 축(710), 즉 요 축을 중심으로 회전함에 따라, 겹차 절

반부가 동작 축(430)과 제2 요 각도(920)를 생성하도록 제2 부재 폴리의 평면에서 제2 겹자 절반부를 이동시키는, 제2 겹자 절반부(714)의 모션이다.

- [0079] 도 9c 및 도 9d에서 예시되는 바와 같이, 제3 자유도는, 제1 손목 폴리가 제1 손목 축(742), 즉 피치 축을 중심으로 회전함에(922) 따라, 작동 부재가 동작 축(430)과 제1 요 각도(920)를 생성하도록 제1 손목 폴리(722)의 평면에서 작동 부재를 이동시키는, 작동 부재의 모션이다.
- [0080] 설명된 실시형태에서, 제1 및 제2 요 각도는 동일 평면 상에 있고, 피치 각도의 평면은 요 각도의 평면에 직교한다. 다른 실시형태에서, 제1 요 각도, 제2 요 각도, 및 피치 각도는 동작 축에 대해 상이한 방향을 가질 수도 있다. 여전히 다른 실시형태에서, 제1 및 제2 요 각도는 동일 평면 상에 있지 않을 수도 있다.
- [0081] 수술용 이펙터는 또한 다음의 두 개의 추가적인 자유도에서 이동할 수도 있다: 회전 각도 및 병진 거리. 회전 각도는 동작 축을 중심으로 하는 IDM 및 MCI의 회전에 의해 생성된다. 병진 거리는, 케이블 샤프트가 동작 축을 따라 병진하도록 하는 로봇 암의 모션에 의해 생성된다.
- [0082] IX. 수술용 이펙터 움직임
- [0083] 이 시스템에서의 3의 자유도에 관한 움직임은, 부재 폴리(714) 및 손목 폴리(720)의 그들 각각의 축을 중심으로 하는 회전에 의해 생성된다. 폴리의 그들 축을 중심으로 하는 회전은, 케이블의 길이를 제어하기 위해 입력 컨트롤러가 케이블을 감거나 또는 푸는 것에 의해 야기된다.
- [0084] 도 9a 내지 도 9d는 또한, 케이블에서의 길이를 제어하는 것에 의해 3의 제어 가능한 자유도에 관한 수술용 이펙터의 모션을 야기하기 위한 방법을 나타낸다. 이 실시형태에서, 각각의 입력 컨트롤러는, 수술용 이펙터의 제3 케이블의 입력 또는 출력 세그먼트 또는 제4 케이블의 입력 또는 출력 세그먼트 중 어느 하나에 커플링된다. 제1 컨트롤러 쌍의 제1 입력 컨트롤러는 제5 세그먼트(750a)의 길이를 제어하고; 제1 컨트롤러 쌍의 제2 입력 컨트롤러는 제6 세그먼트(750b)의 길이를 제어하고; 제2 컨트롤러 쌍의 제1 입력 컨트롤러는 제7 세그먼트(750c)의 길이를 제어하고; 그리고 제2 컨트롤러 쌍의 제2 입력 컨트롤러는 제8 세그먼트(750d)의 길이를 제어한다.
- [0085] 도 9a는 예시적인 "중립" 상태에 있는, 즉 제1 요 각도(910), 제2 요 각도(920), 및 피치 각도(930)가 동작 축(430)으로부터 어떠한 오프셋도 가지지 않고 어떠한 케이블 세그먼트 길이도 수정되지 않은 수술용 이펙터를 예시한다. 제1 요 각도(910)는, 제7 세그먼트의 길이가 증가하고(920) 동시에 제8 세그먼트의 길이가 감소하도록(922), 제4 케이블에서의 길이를 제어하는 것에 의해 조작된다. 이 구성은 제4 케이블로 하여금 이동하게 하는데, 이것은, 이어서, 제1 부재 폴리로 하여금 요 축(740)을 중심으로 회전하게 하고, 그 결과, 절반의 겹자(714)와 동작 축(430) 사이의 제1 요 각도(910)는 증가하게 된다. 상반된 구성(reciprocal axis)에서, 제1 요 각도(910)는, 제7 세그먼트의 길이를 감소시키고 제8 세그먼트의 길이를 증가시키는 것에 의해 감소될 수 있다. 구성 둘 모두에서, 수술용 케이블의 전체 길이가 유지된다.
- [0086] 마찬가지로, 제2 요 각도는, 제5 세그먼트(750a)의 길이가 증가하도록 한편 제6 세그먼트(750b)의 길이가 감소하도록 제3 케이블에서의 길이를 제어하는 것에 의해 조작된다. 이 구성은 제4 케이블로 하여금 이동하게 하는데, 이것은, 이어서, 제2 부재 폴리로 하여금 요 축(740)을 중심으로 회전하게 하고, 그 결과, 절반의 겹자와 동작 축(430) 사이의 제2 요 각도(920)는 증가하게 된다. 상반된 구성에서, 제3 요 케이블은, 제8 세그먼트의 길이를 증가시키고 제7 세그먼트의 길이를 감소시키는 것에 의해 요 각도가 감소될 수 있도록 이동한다. 추가적으로, 요 축에 대한 겹자 절반부의 모션은 부재 폴리의 평면에서 동작 축으로부터 어느 한 방향으로 멀어질 수 있다. 구성 둘 모두에서, 수술용 케이블의 전체 길이가 유지된다.
- [0087] 몇몇 실시형태에서, 케이블의 세그먼트 길이의 조작은 그림 강도와 같은 추가적인 '자유도'를 생성한다. 이들 실시형태에서, 제1 및 제2 자유도에 대한 모션은 서로를 제한할 수도 있다, 즉, 하나의 겹자 절반부는, 다른 겹자 절반부의 위치 및 요 각도(920)로 인해 자신의 요 각도(910)를 변경할 수 없다. 이것은, 예를 들면, 겹자 절반부 사이에서 대상물(object)이 고정되는 것으로 인해 발생할 수도 있다. 제1 및 제2 자유도가 서로를 제한할 때 시스템에서 측정되는 전기 부하의 양은, 그림 강도의 척도를 제공한다.
- [0088] 도 9c는 중립 상태에 있는, 즉 제1 요 각도(910), 제2 요 각도(920), 및 피치 각도(930)가 동작 축(430)으로부터 어떠한 오프셋도 가지지 않고 어떠한 케이블 세그먼트도 입력 컨트롤러에 의해 조작되지 않은 수술용 이펙터를 예시한다. 피치 각도(930)는 제3 및 제4 케이블의 길이를 제어하는 것에 의해 조작된다. 제5 및 제6 세그먼트에서의 길이는 증가되고(924) 한편 제7 및 제8 세그먼트에서의 길이는 감소되어(926), 제1 손목 폴리가 피치 축을 중심으로 회전하게 한다(914). 이 구성은 제3 및 제4 케이블로 하여금 이동하게 하는데, 이것은, 제1 손목

폴리(722)의 평면에서 작업 부재(710)와 동작 축(430) 사이의 피치 각도를 증가시킨다. 피치 각도에 대한 이펙터의 회전은, 제1 및 제2 케이블이 길이 보존되도록, 세그먼트의 길이의 증가 및 감소를 보상한다. 상반된 구성에서, 피치 각도는, 제5 및 제6 세그먼트에서의 길이를 감소시키고 동시에 제7 및 제8 세그먼트에서의 길이를 증가시키는 것에 의해 감소될 수 있다. 모든 구성에서, 수술용 케이블의 길이는 보존된다. 추가적으로, 피치 축에 대한 작업 부재의 모션은, 손목 폴리의 평면에서 동작 축으로부터 어느 방향으로도 멀어질 수 있다.

[0089] 상기의 설명은, 각각의 움직임이 비동기적이며 독립적으로 제어되는, 예를 들면, 하나의 검자 절반부를 먼저 개방하고 그 다음 손목을 피칭하는(pitching), 등등인 자유도를 제어하는 구성이다. 그러나, 대부분의 로봇 외과 수술에서, 자유도는 동시에 변경되는데, 예를 들면, 검자를 개방하고 동시에 수술 부위에서의 그들의 방위를 회전시킨다. 기술 분야에서 숙련된 자는, 세 개의 제어 가능한 자유도에 대한 동시적 모션이, 네 개의 케이블 및 세그먼트 길이를 제어하기 위해 입력 컨트롤러를 감고 풀기 위한 더욱 복잡한 제어 스킴에 의해 달성된다는 것을 알아차릴 것이다.

[0090] 하나의 실시형태에서, 이 제어 스킴은, 유저의 모션을 수술 부위에서의 수술용 이펙터의 대응하는 동작으로 해석하도록 구성되는 마스터 디바이스의 제어 베이스 상에서 실행되는 컴퓨터 프로그램이다. 컴퓨터 프로그램은, 케이블 세그먼트의 길이 및/또는 움직임을 계산하기 위해 입력 컨트롤러를 회전시키는 데 필요한 전기 부하를 측정하도록 구성될 수도 있다. 컴퓨터 프로그램은 또한, 케이블 세그먼트의 길이를 변경하기 위해 입력 컨트롤러에 대해 필요한 회전의 양을 증가/감소시키는 것에 의해, 케이블 탄성(예를 들면, 케이블이 폴리머인 경우)에서의 변화를 보상하도록 구성될 수도 있다. 장력은, 모든 입력 컨트롤러의 회전을 협력하여 증가 또는 감소시키는 것에 의해 조정될 수도 있다. 장력은 회전을 동시에 증가시키는 것에 의해 증가될 수 있고, 장력은 회전을 동시에 감소시키는 것에 의해 감소될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 또한, 케이블에서 최소 레벨의 장력을 유지하도록 구성될 수도 있다. 케이블 중 임의의 것에서의 장력이 더 낮은 최소 장력 임계치(lower minimum tension threshold) 아래로 떨어지는 것으로 감지되면, 모든 케이블에서의 케이블 장력이 더 낮은 최소 장력 임계치 위에 있을 때까지, 컴퓨터 프로그램은 모든 입력 컨트롤러의 회전을 협력하여 증가시킬 수도 있다. 모든 케이블의 장력이 더 높은 최소 장력 임계치(upper minimum tension threshold) 위로 상승하는 것으로 감지되면, 케이블 중 임의의 것에서의 케이블 장력이 더 높은 최소 장력 임계치 아래에 있을 때까지, 컴퓨터 프로그램은 모든 입력 컨트롤러의 회전을 협력하여 감소시킬 수도 있다. 컴퓨터 프로그램은 또한, 특히 작동 부재가 대상을 잡고 있거나 또는 함께 가압되는 상황에서, 케이블 세그먼트에 커플링되는 입력 컨트롤러를 작동시키는 모터의 부하에 기초하여 오퍼레이터의 그림 강도를 인식하도록 구성될 수도 있다. 더 일반적으로, 컴퓨터 프로그램은 또한, 로봇 암 및 IDM을 통해 수술용 기구의 병진 및 회전을 추가로 제어하도록 구성될 수도 있다.

[0091] X. 상반하는 모션

[0092] 상반식 팬터그래프는 상반된 방식으로 수술용 이펙터의 모션을 모방하도록 구성된다. 도 10a 내지 도 10c는 수술용 기구에서의 상반하는 모션의 예를 예시한다.

[0093] 도 10a는 중립 상태에 있는 슬레이브 디바이스 복강경의 예시적인 배선을 예시한다. 제1 입력 컨트롤러 쌍의 외부 입력 컨트롤러(520a) 및 내부 입력 컨트롤러(520b)는 제1 및 제3 케이블에 의해 커플링되고 케이블 세그먼트의 감김 및 풀림을 제어한다. 제1 케이블은 제1 케이블 세그먼트(660a) 및 제2 케이블 세그먼트(660b)를 통해 상반식 팬터그래프(540) 내의 입력 컨트롤러 쌍을 커플링한다. 제3 케이블은 제5 세그먼트(750a) 및 제6 세그먼트(750b)를 통해 수술용 이펙터(440) 내의 입력 컨트롤러 쌍을 커플링한다. 제1 및 제2 케이블 세그먼트에서의 길이는, 외부 입력 컨트롤러(520a) 및 내부 입력 컨트롤러(520b)를 그들의 스프링 축(524)을 중심으로 각각 회전시키는 것에 의해 제어된다. 이 회전은 제5 및 제6 케이블 세그먼트에서의 길이를 각각 상반된 방식으로 동시에 변경하는데, 예를 들면, 제1 세그먼트(750)에서의 길이를 증가시키는 것은, 입력 컨트롤러 사이의 전체 케이블 길이를 보존하면서, 제5 세그먼트(662)에서의 길이를 감소시킨다.

[0094] 제2 입력 컨트롤러 쌍의 내부 입력 컨트롤러 및 외부 입력 컨트롤러는 제2 및 제4 케이블에 의해 커플링되고 케이블 세그먼트의 감김 및 풀림을 제어한다. 제1 입력 컨트롤러 쌍의 내부 입력 컨트롤러(520c) 및 외부 입력 컨트롤러(520d)는 제2 및 제4 케이블에 의해 커플링되고 세그먼트 길이를 제어한다. 제2 케이블은 제3 케이블 세그먼트(660c) 및 제4 케이블 세그먼트(660d)를 통해 상반식 팬터그래프(540) 내의 입력 컨트롤러 쌍을 커플링한다. 제4 케이블은 제7 세그먼트(750c) 및 제8 세그먼트(750d)를 통해 수술용 이펙터(440) 내의 입력 컨트롤러 쌍을 커플링한다. 제3 및 제4 케이블 세그먼트의 길이는, 내부 입력 컨트롤러(520c) 및 외부 입력 컨트롤러(520d)를 그들의 스프링 축(524)을 중심으로 각각 회전시키는 것에 의해 제어된다. 이 회전은 제7 및 제8 케이블 세그먼트의 길이를 상반된 방식으로 각각 동시에 변경하는데, 예를 들면, 제3 세그먼트에서의 길이를 증가시

키는 것은 제7 세그먼트에서의 길이를 감소시킨다.

[0095] 도 10b는 수술용 이펙터(440)의 제1 요 각도(910)가 증가되는 실시형태를 먼저 도시한다. 요 각도는 제1 입력 컨트롤러 쌍(520a 및 520b)을 감고 푸는 것에 의해 제어되는데, 예컨대 제5 세그먼트의 길이는 감소하고(1000) 한편 제6 세그먼트의 길이는 증가한다(1002). 요 각도가 증가함에 따라, 제1 세그먼트에서의 길이는 증가하고(1004) 한편 제2 세그먼트에서의 길이는 감소되며(1006), 그 결과, 구속 팬터그래프 내에서, 부재 풀리는 인장 축을 중심으로 회전한다. 이 구성에서, 제3 케이블의 전체 길이는 상반식 팬터그래프(540)에서 유지되고, 제1 케이블의 길이는 수술용 이펙터 및 케이블 샤프트에서 유지된다. 제2 요 각도는, 제3 및 제4 케이블의 세그먼트의 길이를 조작하도록 입력 컨트롤러의 제2 쌍을 마찬가지로 감는 것에 의해 조작될 수도 있다. 입력 컨트롤러를 사용하여 세그먼트 길이를 반대 방식으로 조작하는 것에 의해 어느 한 쪽의 요 각도가 감소될 수도 있다.

[0096] 도 10c는 수술용 이펙터(440)의 피치 각도(930)가 증가되는 실시형태를 도시한다. 수술용 이펙터의 피치 각도는, 제5 세그먼트의 길이를 증가시키려고(1010) 그리고 제6 세그먼트의 길이를 증가시키려고(1012) 시도하도록 제1 케이블을 푸는 것에 의해 동시에 제7 세그먼트의 길이를 감소시키려고(1020) 그리고 제8 세그먼트의 길이를 감소시키려고(1022) 시도하도록 제2 케이블을 동시에 감는 것에 의해 제어된다. 수술용 이펙터에서의 피치 각도의 변화는, 제1 및 제2 케이블이 길이 보존되도록, 케이블의 감기 및 풀림을 보상한다. 피치 각도(930)가 증가함에 따라, 제1 세그먼트의 길이가 증가하고(1014) 및 제2 세그먼트의 길이가 증가하고(1016), 한편 제3 세그먼트의 길이가 감소하고(1024) 제4 세그먼트의 길이가 감소하고(1026), 그 결과, 구속 팬터그래프 내에서, 손목 풀리 및 아마추어는 상반하는 축을 중심으로 회전한다(1030). 이러한 구성에서, 제3 케이블의 전체 길이는 앞서 논의되는 바와 같이 상반식 팬터그래프에서 유지된다. 피치 각도는, 입력 컨트롤러를 사용하여 케이블의 세그먼트 길이를 반대 방식으로 조작하는 것에 의해 감소될 수도 있다.

[0097] XI. 분리 모드

[0098] 수술 부위에서 외과 수술을 수행하는 동안, 상반식 팬터그래프 및 입력 컨트롤러는 부착 모드에서 동작하고 입력 컨트롤러는 수술용 이펙터의 자유도를 조작한다.

[0099] 입력 컨트롤러 및 상반식 팬터그래프는 또한, 입력 컨트롤러가 구속 팬터그래프에서 케이블의 길이를 유지하도록 구성되는 분리 모드에서 동작할 수도 있다. 이것은, IDM 및 로봇 암으로부터 수술용 기구를 부착 또는 분리할 때 유용하다. 수술용 기구를 IDM 및 로봇 암으로부터 제거하기 위해, 케이블은, 수술용 기구의 사용 사이의 기간을 통해 유지될 특정한 길이를 달성하도록 조작될 수도 있다.

[0100] 다른 실시형태에서, 제1 내지 제4 케이블의 길이는 분리 모드 동안 입력 컨트롤러 이외의 메커니즘의 작동을 통해 소망되는 결과를 달성하도록 제어되는데; 예를 들면, 메커니즘은 스위치, 버튼, 레버, 핀 또는 유사한 것일 수도 있다. 몇몇 실시형태에서, 대안적인 메커니즘의 작동은 임의의 유지된 대상을 이펙터로부터 방출할 수도 있거나; 케이블 위치를 중립 위치로 이동할 수도 있거나; 또는 이펙터를 제거, 등등을 위해 중립 위치로 이동할 수도 있다.

[0101] XII. 대안적인 실시형태

[0102] 도 6과 유사하게 구성되는, 부착 모드 동작의 대안적인 실시형태에서, 구속 팬터그래프는, 수술용 이펙터의 1 자유도가 조작될 수도 있도록, 상반하는 축을 중심으로 물리적으로 회전될 수도 있다. 조작되는 자유도는 입력 컨트롤러 쌍이 커플링되는 방법에 의존한다.

[0103] 도 11은, 제5 내지 제8 케이블 세그먼트가 750a 내지 750d로 라벨링되는 수술용 이펙터를 도시한다. 입력 컨트롤러는 차동 장치 및 수술용 이펙터에 의해 두 쌍으로 커플링된다. 네 개의 케이블 세그먼트에서, 수술용 이펙터 내의 두 개의 케이블에 대해 세 가지의 별개의 페어링(pairing) 가능성이 있다: (1) 제5 및 제6 세그먼트가 제1 입력 컨트롤러 쌍으로 짝을 짓고 제7 및 제8 세그먼트가 제2 입력 컨트롤러 쌍으로 짝을 지음, (2) 제5 및 제7 세그먼트가 제1 입력 컨트롤러 쌍으로 짝을 짓고 제6 및 제8 세그먼트가 제2 입력 컨트롤러 쌍으로 짝을 지음, 그리고 (3) 제5 및 제8 세그먼트가 제1 입력 컨트롤러 쌍으로 짝을 짓고 제6 및 제7 세그먼트가 제2 입력 컨트롤러 쌍으로 짝을 지음.

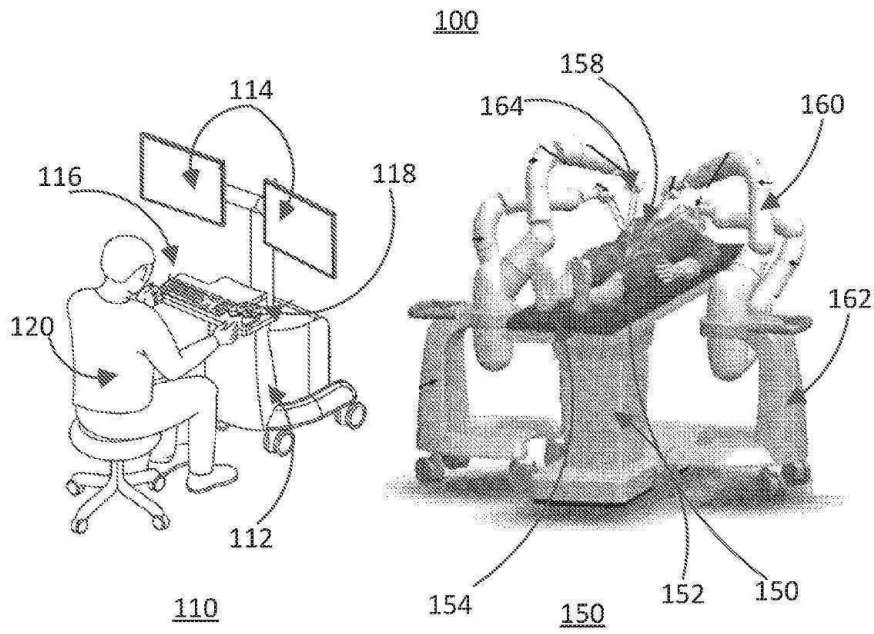
[0104] 수술용 기구는, 상반식 팬터그래프의 회전이 하나의 입력 컨트롤러 쌍으로 짝을 짓는 케이블 세그먼트를 감고 풀도록 한편 다른 입력 컨트롤러 쌍을 상반되게 풀고 감도록, 구성된다. 이 구성을 통해, 상반식 팬터그래프의 회전은, 입력 컨트롤러 쌍에 따라 수술용 이펙터의 세 가지 상이한 모션을 가져온다: 제1 가능한 페어링은 피치 각도의 조작을 가져오고, 제2 가능한 페어링은 동일한 방향에서의 요 각도 둘 모두의 동시적 조작을 가져오고,

제3 가능한 페어링은, 반대 방향에서의 요 각도 둘 모두의 동시적 조작을 가져온다.

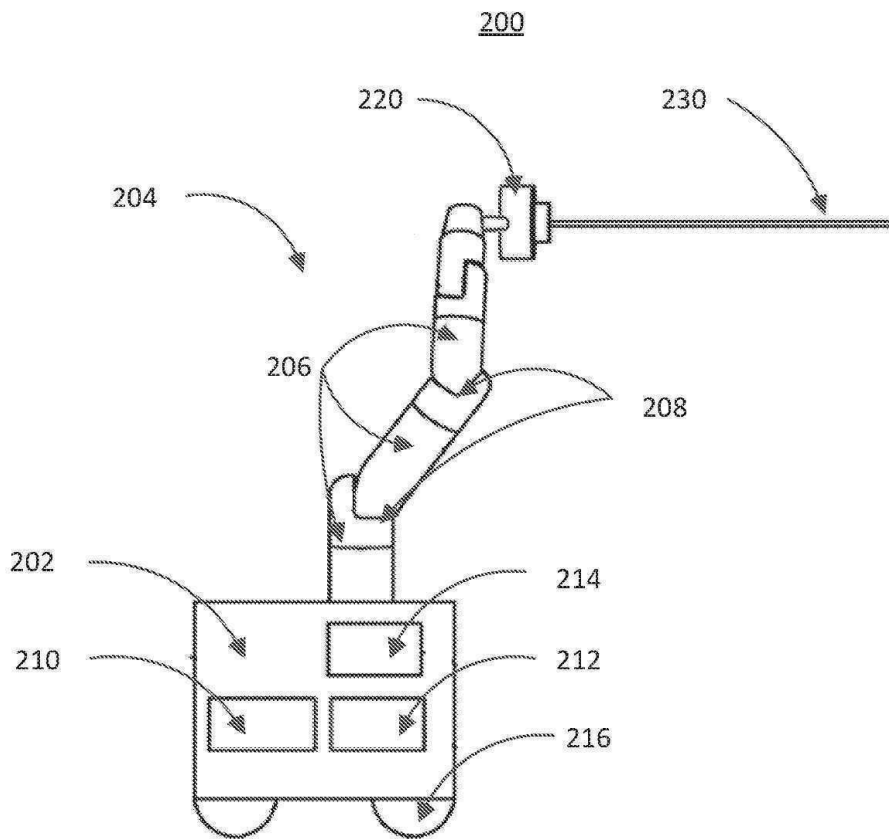
- [0105] 이들 페어링 조합은, 특정한 상황, 예를 들면, 긴급 방출(emergency release), 정전(power outage), 등등에서의 수술용 기구의 잠재적인 기계적 오버라이드를 위해 틀 안으로 통합될 수도 있다. 예를 들면, 제3 페어링은 긴급 커맨드가 수술용 이펙터로 하여금 유지되고 있는 대상물을 자동적으로 방출하게 하는 것을 허용하여, 응급 상황의 경우에 수술용 기구의 더욱 빠른 제거를 허용한다.
- [0106] XIII. 추가적인 고려 사항
- [0107] 본 개시의 관독시, 기술 분야의 숙련된 자는 본원에서의 개시된 원리를 통해 추가적이고 대안적인 구조적 및 기능적 설계를 여전히 인식할 것이다. 따라서, 특정한 실시형태 및 애플리케이션이 예시되고 설명되지만, 개시된 실시형태는 본원에서 개시되는 정확한 구성 및 컴포넌트로 제한되지 않는다는 것이 이해되어야 한다. 첨부된 청구범위에서 정의되는 취지 및 범위를 벗어나지 않으면서, 본원에서 개시되는 방법 및 장치의 배치, 동작 및 세부 사항에서, 기술 분야의 숙련된 자에게 명백할 다양한 수정, 변경 및 변형이 이루어질 수도 있다.
- [0108] 본원에서 사용될 때, "하나의 실시형태" 또는 "한 실시형태"에 대한 임의의 언급은, 실시형태와 연계하여 설명되는 특정한 엘리먼트, 피쳐, 구조, 또는 특성이 적어도 하나의 실시형태에 포함된다는 것을 의미한다. 본 명세서의 다양한 곳에서의 어구 "하나의 실시형태에서"의 출현은, 반드시 모두가 동일한 실시형태를 가리키는 것은 아니다.
- [0109] 몇몇 실시형태는, 표현 "커플링되는" 및 "연결되는"을 그들의 파생어와 함께 사용하여 설명될 수도 있다. 예를 들면, 몇몇 실시형태는, 두 개 이상의 엘리먼트가 직접적인 물리적 또는 전기적 접촉 상태에 있다는 것을 나타내기 위해 용어 "커플링되는"을 사용하여 설명될 수도 있다. 그러나, 용어 "커플링되는"은, 또한, 둘 이상의 엘리먼트가 서로 직접 접촉하지는 않지만, 그러나 여전히 서로 협력하거나 또는 상호 작용한다는 것을 의미할 수도 있다. 실시형태는, 달리 명시적으로 언급되지 않는 한, 이 맥락에서 제한되지는 않는다.
- [0110] 본원에서 사용될 때, 용어 "포함한다(comprises)", "포함하는(comprising)", "포함한다(includes)", "포함하는(including)", "구비한다(has)", "구비하는(having)" 또는 이들의 임의의 다른 변형어는 비배타적인 포함을 포괄하도록 의도된다. 예를 들면, 엘리먼트의 목록을 포함하는 프로세스, 방법, 물품, 또는 장치는 반드시 이들 엘리먼트만으로 제한되는 것이 아니라, 이러한 프로세스, 방법, 물품, 또는 장치에 내재하는 또는 명시적으로 열거되지 않는 다른 엘리먼트를 포함할 수도 있다. 또한, 반대로 명시적으로 언급되지 않는 한, "또는"은, 배타적인 또는을 가리키는 것이 아니라 포괄적인 또는을 가리킨다. 예를 들면, 조건 A 또는 B는 다음 중 임의의 하나에 의해 충족된다: A가 참이고(또는 존재하고) B가 거짓임(또는 존재하지 않음), A가 거짓이고(또는 존재하지 않고) B가 참임(또는 존재함), 및 A와 B 둘 모두 참이다(또는 존재한다).
- [0111] 또한, "a(한)" 또는 "an(한)"의 사용은, 본원의 실시형태의 엘리먼트 및 컴포넌트를 설명하기 위해 활용된다. 이것은 단지 편의를 위해 그리고 본 발명의 일반적인 의미를 부여하기 위해 행해진다. 이 설명은, 하나 또는 적어도 하나를 포함하도록 관독되어야 하며, 단수는, 그것이 달리 의도된다는 것이 명백하지 않는 한, 복수를 또한 포함한다.

도면

도면1

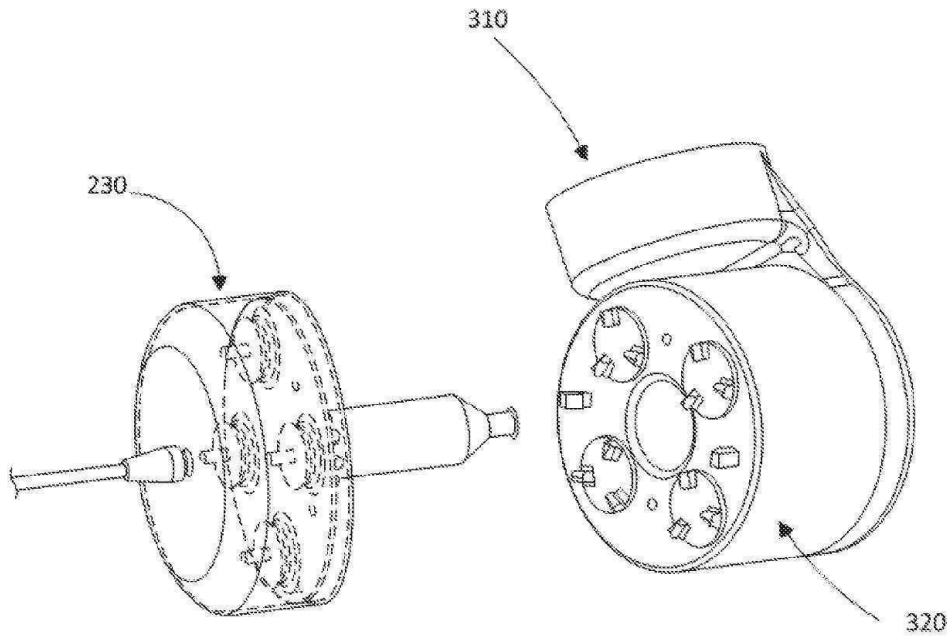


도면2

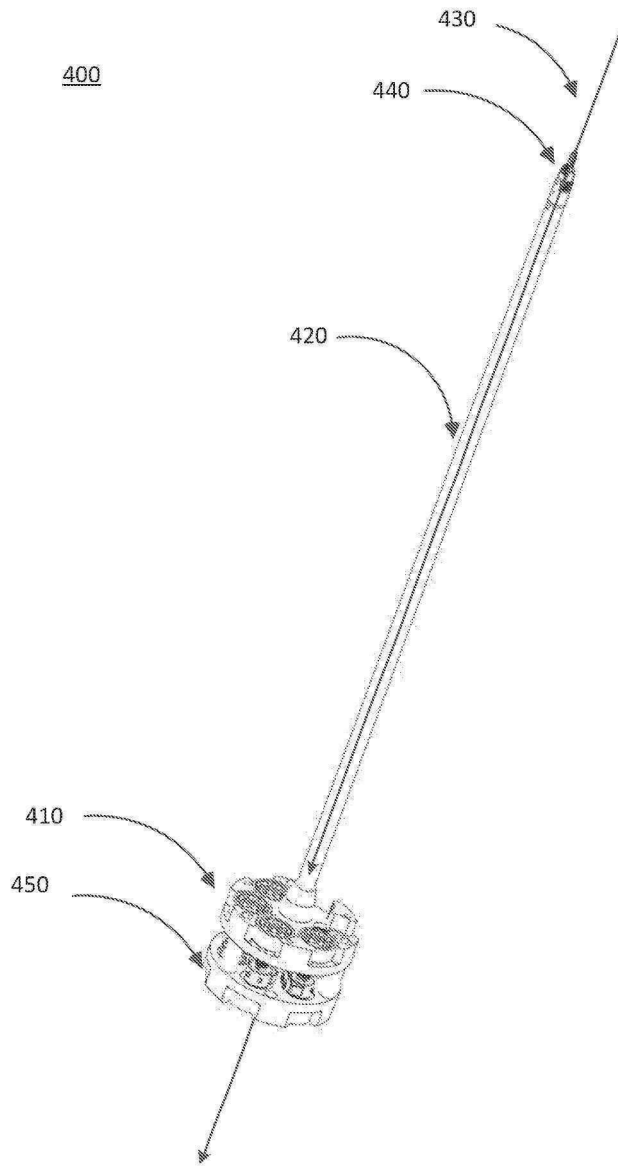


도면3

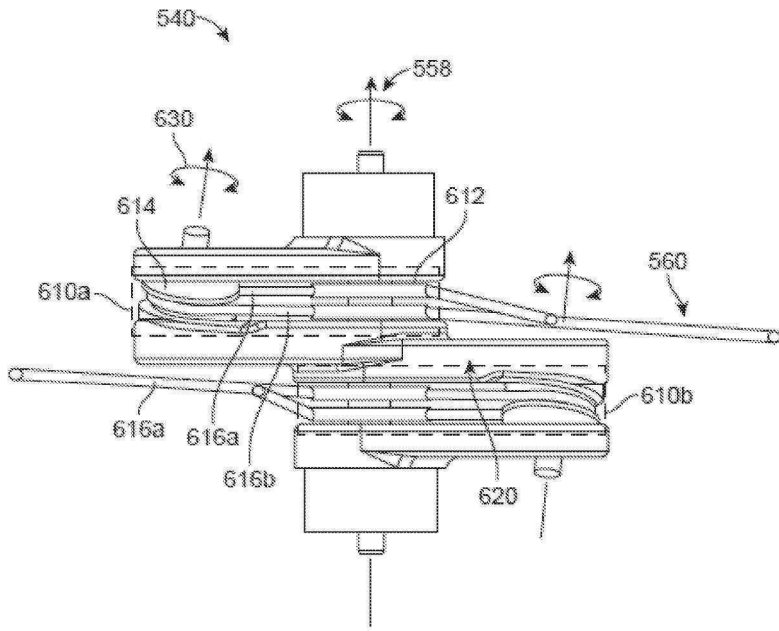
300



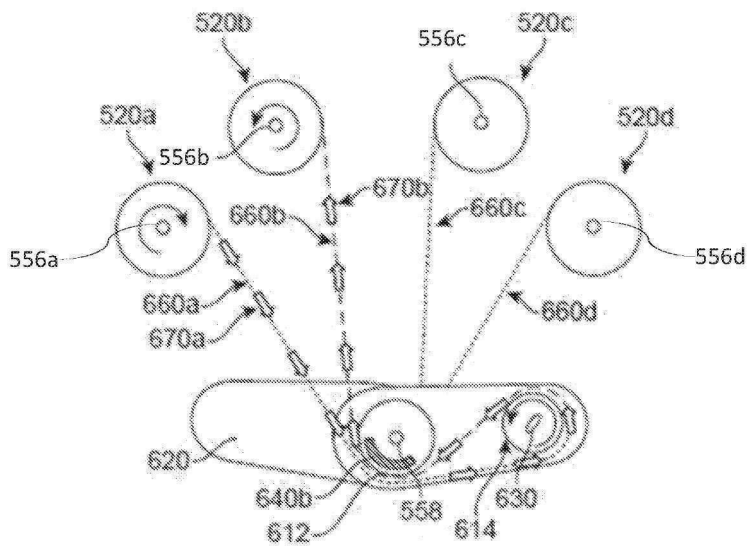
도면4



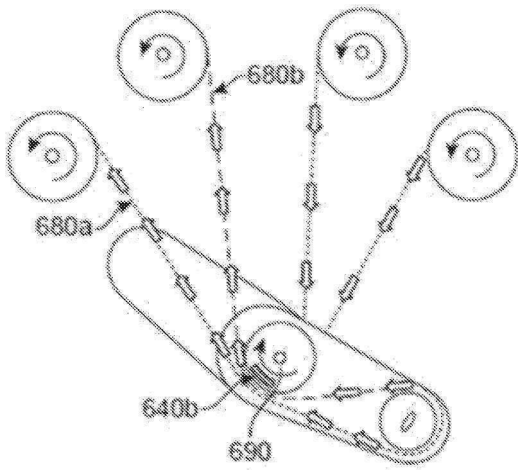
도면6a



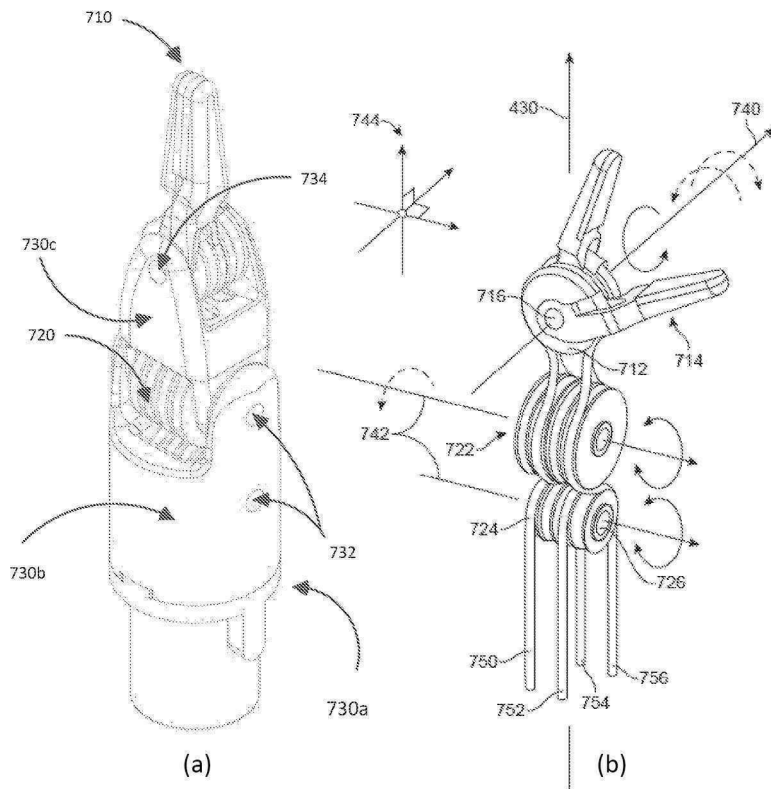
도면6b



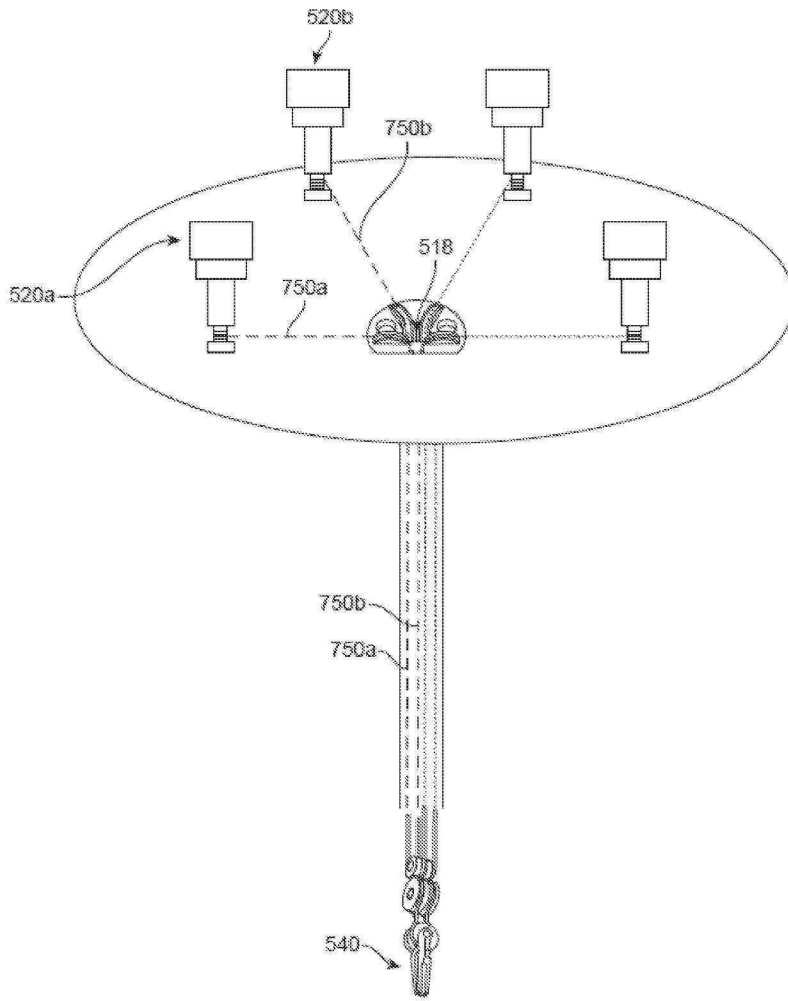
도면6c



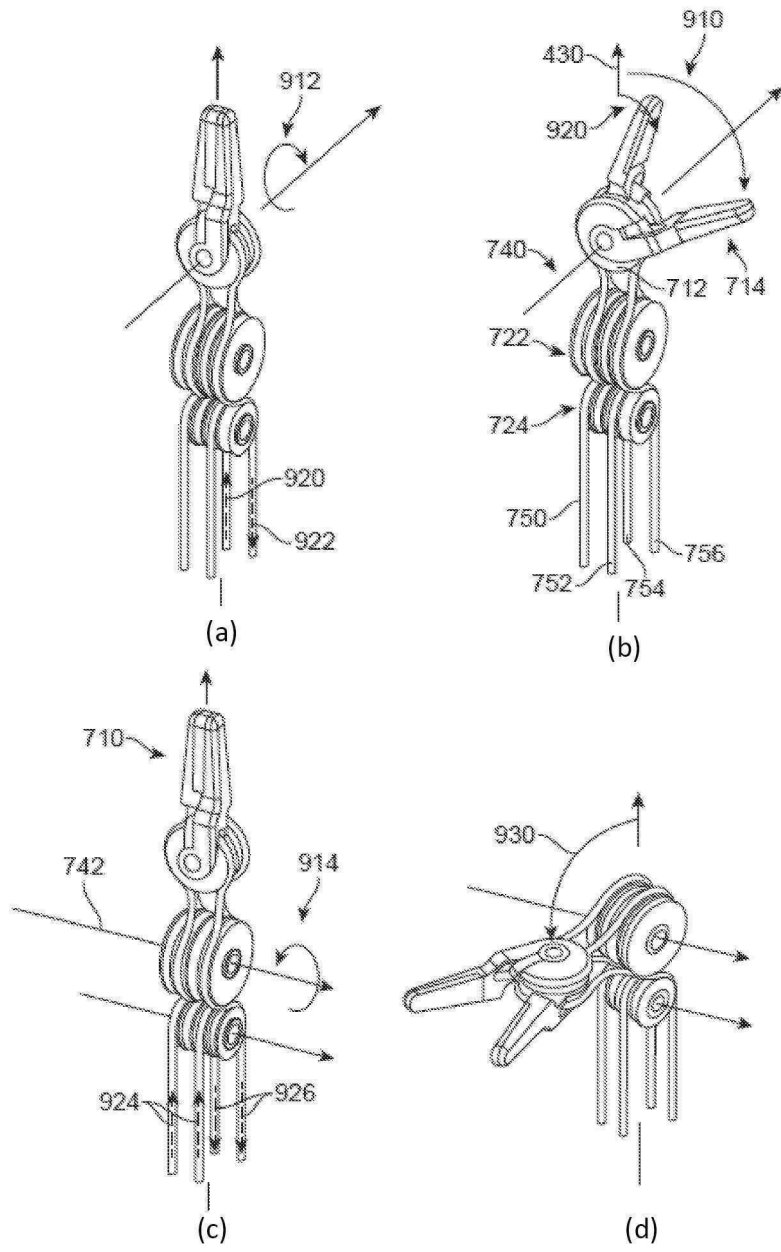
도면7



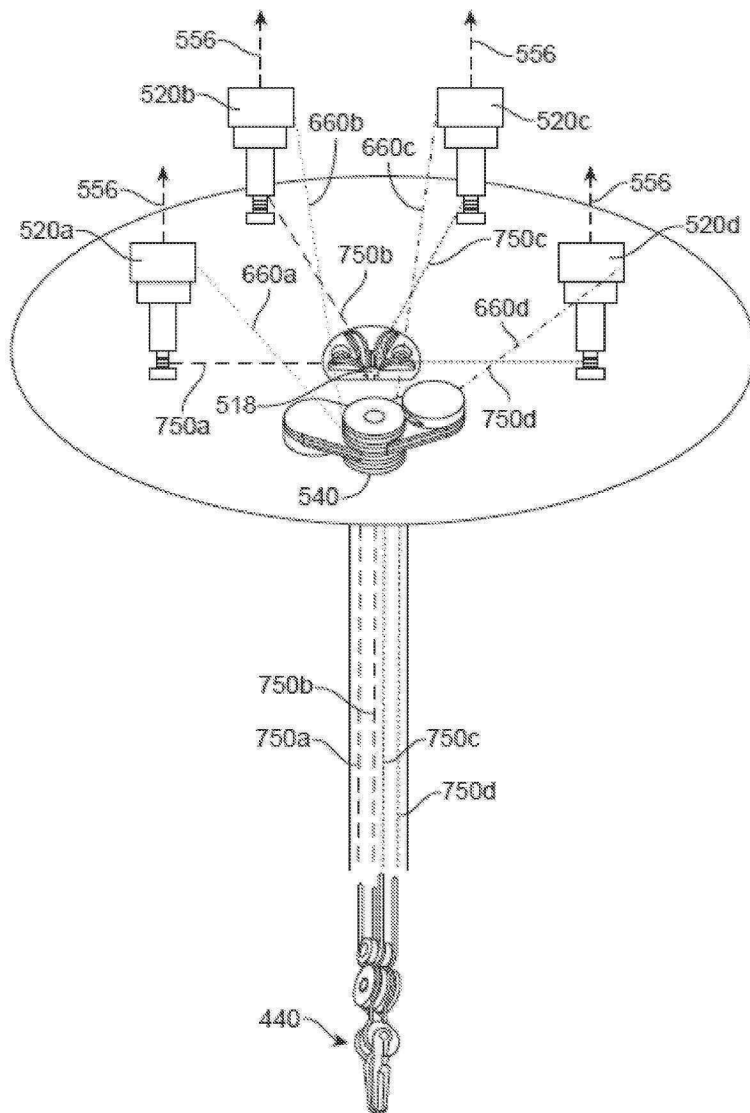
도면8



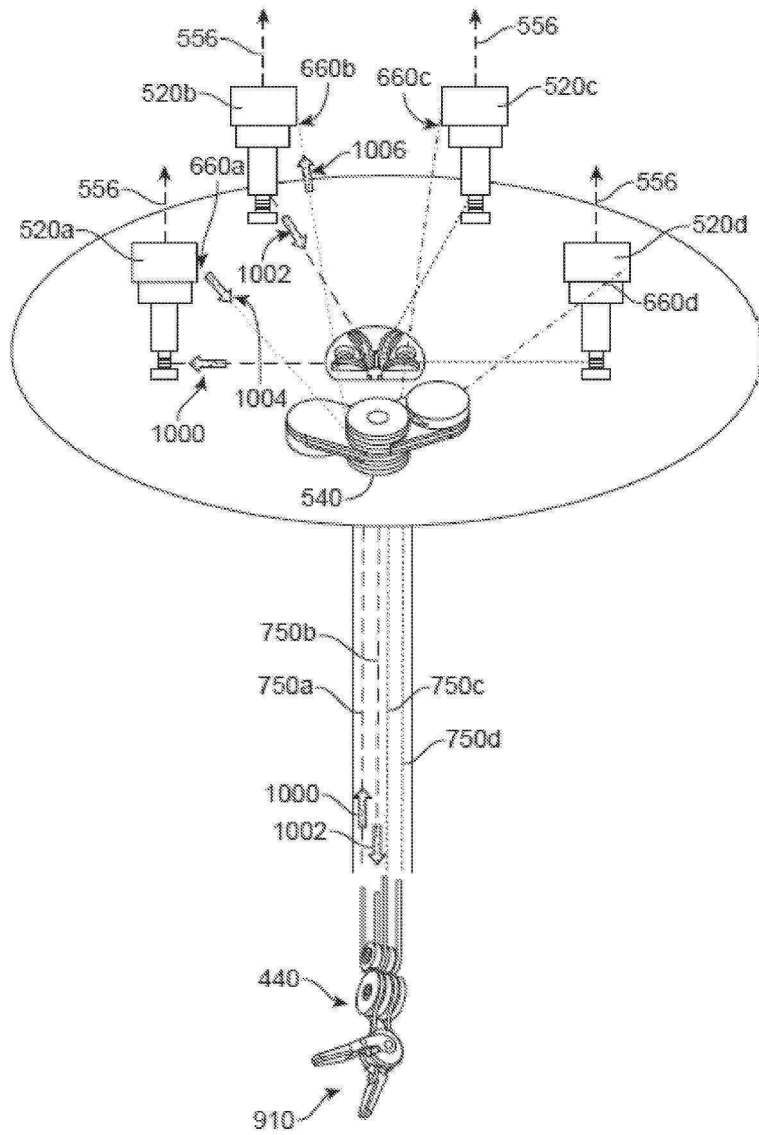
도면9



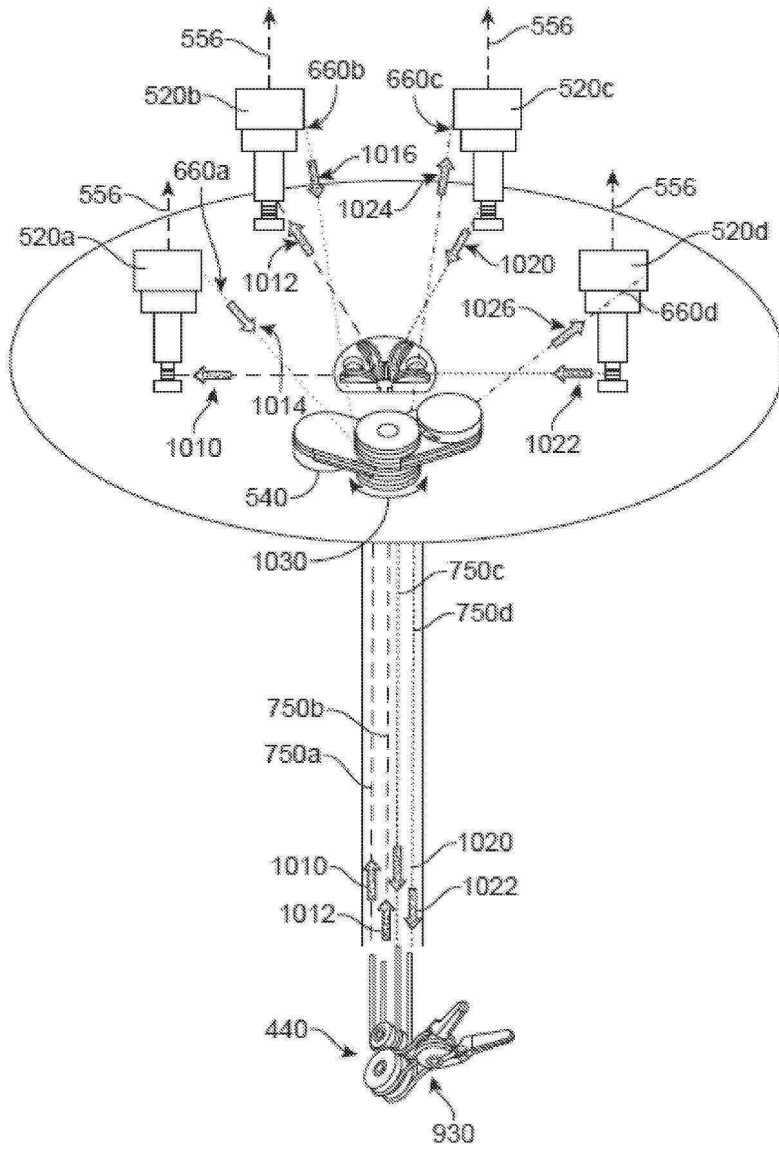
도면10a



도면10b



도면10c



도면11

