



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년08월31일

(11) 등록번호 10-1894093

(24) 등록일자 2018년08월27일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 34/30 (2016.01) **A61B 17/00** (2006.01)
A61B 17/29 (2006.01) **A61B 34/00** (2016.01)
A61B 90/00 (2016.01)
- (52) CPC특허분류
A61B 34/30 (2016.02)
A61B 17/00234 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-7012060(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2011년11월15일
 심사청구일자 2018년04월30일
- (85) 번역문제출일자 2018년04월27일
- (65) 공개번호 10-2018-0050424
- (43) 공개일자 2018년05월14일
- (62) 원출원 특허 10-2013-7008318
 원출원일자(국제) 2011년11월15일
 심사청구일자 2016년10월24일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2011/060849
- (87) 국제공개번호 WO 2012/068156
 국제공개일자 2012년05월24일
- (30) 우선권주장
 61/413,885 2010년11월15일 미국(US)
 61/491,798 2011년05월31일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
 WO2009039506 A1*
 EP01982657 A2
 US04306570 A
 KR1020100048789 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
 인튜어티브 서지컬 오퍼레이션즈 인코포레이티드
 미국 캘리포니아 94086 서니베일 키퍼 로드 1020
- (72) 발명자
 브리슨 가브리엘 에프.
 미국 캘리포니아 94076 알바니 아파트먼트 307 레
 드 오크 애비뉴 405
 버뱅크 윌리엄
 미국 코네티컷 06482 샌디 후크 올드 그린 로드 2
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
 특허법인와이에스장

전체 청구항 수 : 총 13 항

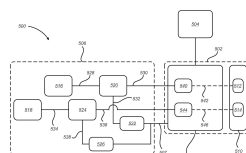
심사관 : 도민환

(54) 발명의 명칭 수술 기구에서 기구 샤프트 감김과 단부 작동기 작동의 해제

(57) 요약

기구 샤프트 감김과 단부 작동기 작동의 해제를 제공하는 수술 조립체 및 관련된 방법이 개시된다. 수술 조립체는 베이스, 베이스에 장착되어 회전되는 기구 샤프트, 기구 샤프트의 원단부에서 지지되며 회전 동작에 의해 구동되는 작동 메커니즘을 포함하는 단부 작동기, 작동 메커니즘과 연결되어 회전되며 작동 메커니즘에 회전 동작을 제공하도록 구성된 구동 샤프트, 및 구동 샤프트에 연결되어 회전되며 제1 인풋 동작과 제2 인풋 동작을 수용하는 단차를 포함한다. 단차는 제1 인풋 동작과 제2 인풋 동작을 조합해서 구동 샤프트를 회전시키는 아웃풋 동작을 생성한다. 제1 인풋 동작은 작동 기구에 회전 연결될 수 있다. 제2 인풋 동작은 베이스에 대한 기구 샤프트의 회전에 연결된다.

대표도



(52) CPC특허분류

A61B 17/29 (2013.01)

A61B 34/71 (2016.02)

A61B 90/03 (2016.02)

A61B 2017/00017 (2013.01)

A61B 2017/2902 (2013.01)

A61B 2017/2943 (2013.01)

A61B 2090/031 (2016.02)

(72) 발명자

닥스2세 그레고리 더블류

미국 캘리포니아 94107 샌프란시스코 아파트먼트
263 킹 스트리트 260

자빈스키, 존 더블류.

미국 캘리포니아 94539 프레몬트 아벨로 테라스
43756

머피 토드

미국 캘리포니아 94306 팔로알토 커트너 애비뉴 #3
250

명세서

청구범위

청구항 1

메인 샤프트 모터(390) 및 제1 모터(396)를 포함하는 작동 조립체(376);

작동 조립체에 장착되어 회전하며 원단부와 근단부 사이에서 연장되고, 메인 샤프트 모터에 연결되어 구동되는 회전가능한 메인 샤프트(374);

회전가능한 메인 샤프트(374)의 원단부에서 지지되고 제1 회전 동작에 의해 구동되는 제1 작동 메커니즘(378)을 포함하는 단부 작동기(372);

제1 작동 메커니즘과 연결되어 회전하며 제1 작동 메커니즘에 제1 회전 동작을 제공하도록 구성되고, 제1 모터에 연결되어 구동되는 제1 구동 샤프트(386); 및

적어도 하나의 프로세서(418) 및 적어도 하나의 프로세서에 의해 실행가능한 명령을 저장하는 저장 서브시스템(422)을 포함하는 컨트롤러(416)

를 포함하는 수술 조립체로서, 상기 명령은 적어도 하나의 프로세서가

제1 구동 샤프트를 회전시키는 제1 모터의 작동을 제어하여 제1 작동 메커니즘의 관절화를 제어하도록 하고;

메인 샤프트 모터의 작동을 제어하여 제1 구동 샤프트에 의해 회전가능한 메인 샤프트에 적용된 토크를 능동적으로 상쇄하도록 하는, 수술 조립체.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 단부 작동기(372)는 제1 작동 메커니즘에 의해 관절화되는 클램핑 특징부를 포함하는 것을 특징으로 하는 수술 조립체.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 저장 서브시스템은, 적어도 하나의 프로세서가 제1 모터 및 메인 샤프트 모터의 작동을 제어하여 작동 조립체에 대한 회전가능한 메인 샤프트의 회전을 생성하고 회전가능한 메인 샤프트에 대한 제1 구동 샤프트의 회전은 실질적으로 제로로 만들도록 하는, 적어도 하나의 프로세서에 의해 실행가능한 명령을 저장하는 것을 특징으로 하는 수술 조립체.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 하나 이상의 프로세서로 입력 신호를 발생시킴으로써 작동 조립체에 대한 회전가능한 메인 샤프트의 회전 및 작동 조립체에 대한 회전가능한 메인 샤프트의 회전과 독립적으로 제1 작동 메커니즘의 관절화를 제어하도록 구성된 입력제어 장치(36)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수술 조립체.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

작동 조립체는 제2 모터(402)를 더 포함하고;

단부 작동기는 제2 회전 동작에 의해 구동되는 제2 작동 메커니즘(382)을 포함하고;

수술 조립체는 제2 작동 메커니즘과 연결되어 회전하며 제2 작동 메커니즘에 제2 회전 동작을 제공하도록 구성되고, 제2 모터에 연결되어 구동되는 제2 구동 샤프트(388)를 더 포함하고;

저장 서브시스템은, 적어도 하나의 프로세서가

제2 구동 샤프트를 회전시키는 제2 모터의 작동을 제어하여 제2 작동 메커니즘의 관절화를 제어하도록 하고;

메인 샤프트 모터의 작동을 제어하여 제2 구동 샤프트에 의해 회전가능한 메인 샤프트에 적용된 토크를 능동적

으로 상쇄하도록 하는, 적어도 하나의 프로세서에 의해 실행가능한 명령을 저장하는 것을 특징으로 하는 수술 조립체.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 단부 작동기는 제2 작동 메커니즘에 의해 관절화되는 컷팅 및 스테이플링 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 수술 조립체.

청구항 7

제 5 항에 있어서, 저장 서브시스템은, 적어도 하나의 프로세서가 제2 모터 및 메인 샤프트 모터의 작동을 제어하여 작동 조립체에 대한 회전가능한 메인 샤프트의 회전을 생성하고 회전가능한 메인 샤프트에 대한 제2 구동 샤프트의 회전은 실질적으로 제로로 만들도록 하는, 적어도 하나의 프로세서에 의해 실행가능한 명령을 저장하는 것을 특징으로 하는 수술 조립체.

청구항 8

제 5 항에 있어서, 하나 이상의 프로세서로 입력 신호를 발생시킴으로써 작동 조립체에 대한 회전가능한 메인 샤프트의 회전 및 작동 조립체에 대한 회전가능한 메인 샤프트의 회전과 독립적으로 제2 작동 메커니즘의 관절화를 제어하도록 구성된 입력제어 장치(36)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수술 조립체.

청구항 9

제 5 항에 있어서,

회전가능한 메인 샤프트는 메인 샤프트 회전축을 중심으로 작동 조립체에 대해 회전하고;

제1 구동 샤프트는 메인 샤프트 회전축으로부터 오프셋된 제1 구동 샤프트 회전축을 중심으로 작동 조립체에 대해 회전하고;

제2 구동 샤프트는 메인 샤프트 회전축으로부터 오프셋된 제2 구동 샤프트 회전축을 중심으로 작동 조립체에 대해 회전하는 것을 특징으로 하는 수술 조립체.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

작동 조립체는 제어 케이블 모터(408) 및 제어 케이블 인코더(410)를 더 포함하고;

단부 작동기는 제어 케이블 입력에 의해 구동되는 제어 케이블 메커니즘(382)을 포함하고;

수술 조립체는 제어 케이블 메커니즘과 연결되어 구동되고 제어 케이블 메커니즘에 제어 케이블 입력을 제공하도록 구성되며, 제어 케이블 모터와 연결되어 구동되는 제어 케이블(414)을 더 포함하고, 제어 케이블 인코더는 제어 케이블 모터의 출력의 앵글 배향을 측정하도록 구성되고;

저장 서브시스템은, 적어도 하나의 프로세서가

제어 케이블 인코더를 통해 제어 케이블 모터의 출력의 배향을 모니터하고,

제어 케이블 모터와 메인 샤프트 모터의 작동을 제어하여 (a) 작동 조립체에 대해 회전가능한 메인 샤프트를 회전시키고, (b) 제어 케이블을 관절화하여 작동 조립체에 대한 회전가능한 메인 샤프트의 회전과 독립적으로 제어 케이블 메커니즘의 관절화를 제어하는 것을 동시에 수행하도록 하는, 적어도 하나의 프로세서에 의해 실행가능한 명령을 저장하는 것을 특징으로 하는 수술 조립체.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 단부 작동기는 제어 케이블 메커니즘에 의해 관절화되는 그래스핑 특징부를 포함하는 것을 특징으로 하는 수술 조립체.

청구항 12

제 10 항에 있어서, 저장 서브시스템은, 적어도 하나의 프로세서가 제어 케이블 모터와 메인 샤프트 모터의 작

동을 동시에 제어하여 작동 조립체에 대한 회전가능한 메인 샤프트의 회전을 생성하고 제어 케이블 메커니즘의 관절화는 실질적으로 제로로 만들도록 하는, 적어도 하나의 프로세서에 의해 실행가능한 명령을 저장하는 것을 특징으로 하는 수술 조립체.

청구항 13

제 10 항에 있어서, 하나 이상의 프로세서로 입력 신호를 발생시킴으로써 작동 조립체에 대한 회전가능한 메인 샤프트의 회전 및 작동 조립체에 대한 회전가능한 메인 샤프트의 회전과 독립적으로 제어 케이블 메커니즘의 관절화를 제어하도록 구성된 입력제어 장치(36)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수술 조립체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2010년 11월 15일자 제출된 미국 가 출원 제61/413,885호, 발명의 명칭 "독립적으로 회전하는 부재에 원격 작동장치에 의해 적용된 토크를 수동적으로 해제하는 방법"(대리인 서류 번호 No. ISRG 02930PROV/US) 및 2011년 5월 31일자 제출된 미국 가 출원 제61/491,789호, 발명의 명칭 "수술 기구에서 기구 샤프트 감김과 단부 작동기 작동의 해제"(대리인 서류 번호 No. ISRG 03310/US)의 우선권을 주장하며, 이들의 전체 개시내용은 본원에 참고자료로 포함된다.

배경 기술

[0002] 최소 침습 수술 기술의 목표는 진단 또는 수술 과정 동안 손상되는 관련 없는 조직의 양을 줄임으로써 환자 회복 시간, 불편함 및 유해한 부작용을 줄이는 것이다. 결과적으로 최소 침습 수술 기술을 사용해서 표준 수술에서 평균 입원 기간이 상당히 단축될 수 있다. 또한, 최소 침습 수술을 사용하면 환자 회복 시간, 환자 불편함, 수술 부작용 및 휴식 기간이 줄어들 수 있다.

[0003] 최소 침습 수술의 일반적 형태는 내시경이며, 내시경의 일반적 형태는 복강 안에서의 최소 침습적으로 검사하고 수술하는 것이다. 표준 복강경 수술에서는 환자의 복부가 가스로 팽창되고, 캐놀라 슬리브가 작은(약 1/2 인치 이하) 절개부를 통해 지나가서 복강경 기구의 진입구를 제공한다.

[0004] 복강경 수술 기구는 일반적으로 수술현장을 보기 위한 내시경(예를 들어, 복강경)과 수술 부위에서 작업하기 위한 도구를 포함한다. 작업 도구는 전형적으로 종래(개복) 수술에서 사용되는 것들과 유사하지만, 각 도구의 작업 단부 또는 단부 작동기가 연장된 튜브(예를 들어, 기구 샤프트 또는 메인 샤프트라고도 한다)에 의해 핸들과 분리되어 있다. 단부 작동기는, 예를 들어 클램프, 그래스퍼, 가위, 스테이플러, 소작 도구, 직선 커터, 또는 바늘 홀더를 포함할 수 있다.

[0005] 수술 과정을 수행하기 위해 의사는 캐놀라 슬리브를 통해서 작업 도구를 안쪽 수술 부위까지 보내고, 복부 바깥에서 이들을 조작한다. 의사는 내시경이 찍은 수술 부위의 영상을 표시하는 모니터를 통해서 수술 과정을 본다. 유사한 내시경 기술들이, 예를 들어 관절경, 후복막경, 골반경, 신장경, 방광경, 뇌실경, 부비동경, 자궁경, 요도경 등에도 이용된다.

[0006] 내부 수술 부위에서 수술할 때 의사의 손일 능력을 높이고, 떨어진 장소(멀균 현장 바깥)에서 의사가 환자에게 수술을 시행할 수 있도록 하는 최소 침습 원격수술 로봇 시스템이 개발중이다. 원격수술 시스템에서는 수술 부위의 영상이 주로 제어 콘솔에서 의사에게 제공된다. 적합한 뷰어나 디스플레이 상에서 수술 부위의 3차원 영상을 보면서 의사는 제어 콘솔의 마스터 입력 또는 제어 장치를 조작해서 환자에게 수술 과정을 수행한다. 각 마스터 입력 장치는 서보-기계 방식으로 작동되는/관절화되는 수술 기구의 동작을 제어한다. 수술 과정 동안 원격수술 시스템은 마스터 입력 장치의 조작에 응하여, 예를 들어 바늘을 고정하거나 움직이고, 혈관을 잡고, 조직을 절제하는 등의 여러 기능을 수행하는 단부 작동기를 구비한 다양한 수술 기구 또는 도구의 기계적 작동 및 제어를 의사에게 제공할 수 있다.

[0007] 많은 기존 최소 침습 원격수술 로봇 시스템에서 수술 기구의 조작은 많은 로봇 암을 가진 수술 로봇에 의해서 제공된다. 각 로봇 암은 많은 로봇 조인트와 수술 기구의 부착을 위한 장착 고정부를 가진다. 수술 기구의 상응하는 인풋 커풀러와 맞닿아 구동되는 다수의 구동 커풀러(예를 들어, 회전 구동 커풀러)가 장착 고정부 중 적어도 하나와 일체화된다. 수술 기구는 인풋 커풀러를 수술 기구의 관련된 동작과 연결하여 구동시키는 메커니

즘을 포함한다(예를 들어, 메인 샤프트 회전, 단부 작동기 피치, 단부 작동기 요우, 단부 작동기 주 클램핑, 스테이플러 배치, 조직 커팅 등). 많은 기존 최소 침습 원격수술 로봇 시스템에서 수술 로봇의 각 구동 커플러는, 예를 들어 케이블 구동 작동 시스템에서 가능한 만큼 아웃풋 커플러의 움직임 전반에서 정밀한 제어를 제공하도록 구동되는 케이블이다. 아웃풋 커플러의 움직임을 정밀하게 제어함으로써 수술 기구의 관련된 동작 전반에서 정밀한 제어가 달성될 수 있다.

[0008] 케이블 구동 아웃풋 커플러는 전형적으로 제한된 동작 범위를 가진다. 이러한 제한된 동작 범위는 아웃풋 커플러가 단부 작동기의 어떤 다른 동작에 영향받지 않는 단부 작동기의 동작과 관련된 경우에는 나쁘지 않을 수 있다. 그러나, 이러한 제한된 동작 범위는 아웃풋 커플러가 단부 작동기의 다른 동작에 영향받는 단부 작동기의 동작과 관련된 경우에는 불리할 수 있다. 예를 들어, 기구 샤프트 회전은 단부 작동기 메커니즘(예를 들어, 클램핑 메커니즘, 스테이플 배치 메커니즘, 조직 커팅 메커니즘 등)을 작동시키는데 사용된 구동 샤프트의 회전과 불리한 상태로 연결될 수 있다. 기구 샤프트의 회전 및 구동 샤프트의 회전과 관련된 아웃풋 커플러의 보상성 동작이 이루어질 수 있지만, 이러한 보상성 동작은 아웃풋 커플러의 제한된 동작 범위에서 주 목적에 사용될 수 있는 부분을 줄어든게 할 수 있다.

[0009] 따라서, 수술 기구의 관련된 동작을 해제하기 위한, 특히 수술 기구에서 기구 샤프트 감김과 단부 작동기 작동을 해제하기 위한 수술 조립체 및 관련된 방법이 필요하다고 생각된다.

[0010] 이들 작동기의 조작 및 제어도 역시 로봇 수술 시스템의 특히 이로운 양태가 된다. 이런 이유 때문에 의사의 손목의 자연스런 동작을 흉내낼 수 있도록 단부 작동기의 3의 회전 동작도를 제공하는 메커니즘을 포함하는 수술 도구를 제공하는 것이 바람직하다. 이러한 메커니즘은 최소 침습 수술 과정에 맞춰 적절한 크기를 가져야 하며, 실패 요인이 적어지도록 비교적 설계가 간단해야 한다. 또한, 이러한 메커니즘은 광범위한 위치에서 단부 작동기가 조작될 수 있을 만큼 충분한 동작 범위를 제공해야 한다.

[0011] 비-로봇 직선 클램핑, 커팅 및 스테이플링 장치는 많은 상이한 수술 과정에서 사용되고 있다. 예를 들어, 이러한 장치를 사용하여 위장관으로부터 암성 조직이나 변칙적인 조직을 절제할 수 있다. 공지된 직선 클램핑, 커팅 및 스테이플링 장치를 포함하는 많은 공지된 수술 장치는 주로 대향하는 턱부를 사용해서 환자 조직을 조작한다.

[0012] 대향하는 턱부를 가진 공지된 장치에서는, 예를 들어 효과적인 조직 클램핑, 조직 스테이플링, 조직 커팅 등을 위해서 상당량의 기계적 힘이 단부 작동기로 전달되어야 한다. 메인 샤프트의 압축을 통해서 인장력에 반응하던지, 또는 메인 샤프트의 토션을 통해서 메인 샤프트 내에 배치된 구동 샤프트를 통해 전달된 토크에 반응하던지 대부분의 경우에 기구의 메인 샤프트는 단부 작동기에 전달되는 기계적 힘 및/또는 토크의 적어도 일부에 반응해야 한다. 메인 샤프트를 회전 배치하는데 사용되는 메인 샤프트 또는 메커니즘이 충분히 견고하지 않다면 이 메인 샤프트는 반응된 힘 또는 토크에 응하여 예상하지 못한 방식으로 움직일 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 따라서, 전달된 작동 토크로 인해서 단부 작동기를 지지하는데 사용된 독립적으로 회전하는 메인 샤프트의 의도치 않은 회전을 경험하지 않는 단부 작동기에 높은 작동 토크를 전달하는 수술 조립체가 필요하다고 생각된다.

과제의 해결 수단

[0014] 기구 샤프트 감김으로부터 단부 작동기 작동의 해제를 제공하는 수술 조립체 및 관련된 방법이 개시된다. 많은 구체예에서, 단차를 사용하여 기구 샤프트의 회전과 관련된 동작과 인풋 동작을 조합해서 기구 샤프트의 원단부에 의해 지지된 단부 작동기의 작동 메커니즘에 아웃풋 동작을 생성한다. 작동 메커니즘은 단부 작동기의 일부(예를 들어, 그립 동작 턱부, 스테이플 배치 메커니즘, 조직 커팅 메커니즘 등)를 관절화한다. 단차는 기구 샤프트의 회전이 이 단부 작동기 부분의 관절화를 실질적으로 체로로 만들어 기구 샤프트 감김과 단부 작동기 작동의 어떤 불리한 커플링의 가능성을 제거하도록 구성될 수 있다.

[0015] 따라서, 한 양태에서, 수술 조립체가 제공된다. 이 수술 조립체는 베이스, 베이스에 장착되어 회전되며 원단부와 근단부 사이에서 연장된 기구 샤프트, 기구 샤프트의 원단부에서 지지되며 회전 동작에 의해 구동되는 작동 메커니즘을 포함하는 단부 작동기, 작동 메커니즘과 연결되어 회전되며 작동 메커니즘에 회전 동작을 제공하도록 구성된 구동 샤프트, 및 구동 샤프트에 연결되어 회전되며 제1 인풋 동작과 제2 인풋 동작을 수용하는 단차

를 포함한다. 단차는 제1 인풋 동작과 제2 인풋 동작을 조합해서 구동 샤프트를 회전시키는 회전 동작을 생성하도록 구성된다. 제1 인풋 동작은 작동 기원에 회전 연결될 수 있다. 제2 인풋 동작은 베이스에 대한 기구 샤프트의 회전에 연결된다. 많은 구체예에서, 단부 작동기는 작동 메커니즘에 의해 관절화되는 턱부를 포함한다.

[0016] 수술 조립체는 기구 샤프트의 회전과 작동 메커니즘의 작동을 실질적으로 해제하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제1 인풋 동작이 제로일 때 베이스에 대한 기구 샤프트의 회전이 기구 샤프트에 대한 구동 샤프트의 회전을 실질적으로 제로로 만들도록 단차가 구성될 수 있다.

[0017] 단차는 케이블과 도르래를 사용하여 실시될 수 있다. 예를 들어, 단차는 베이스에 대한 구동 샤프트의 회전과 베이스에 대한 기구 샤프트의 회전을 연결하여 구동시키는 제1 케이블과 작동 기원에 연결되어 구동되는 제2 케이블을 포함할 수 있다. 많은 구체예에서, 제2 케이블은 제1 및 제2 도르래를 가진 제1 및 제2 도르래 블록에 각각 연결되고, 제1 케이블은 제1 및 제2 도르래에 의해 연동된다. 다른 예로서, 단차는 베이스에 대한 구동 샤프트의 회전과 작동 기원을 연결하여 구동시키는 제1 케이블과 베이스에 대한 기구 샤프트의 회전에 연결되어 작동되는 제2 케이블을 포함할 수 있다. 많은 구체예에서, 제2 케이블은 제1 및 제2 도르래를 가진 제1 및 제2 도르래 블록에 각각 연결되고, 제1 케이블은 제1 및 제2 도르래에 의해 연동된다.

[0018] 단차는 중심 기어, 캐리어에 연결된 행성형 기어 및 링 기어를 포함하는 행성형 기어 박스를 포함할 수 있다. 많은 구체예에서, 제1 인풋 동작은 캐리어를 회전시키고, 제2 인풋 동작은 중심 기어를 회전시키며, 링 기어의 회전이 구동 샤프트에 전달된다. 제1 인풋 동작은 인풋 샤프트를 통해 캐리어에 전달될 수 있다. 중심 기어는 인풋 샤프트를 중심으로 회전할 수 있다. 많은 구체예에서, 인풋 샤프트는 기구 샤프트를 횡단하여 배향된다. 수술 조립체는 베이스와 캐리어 사이에 연결된 토션 스프링을 포함할 수 있으며, 이것은 작동 기원과 캐리어의 연결이 끊겼을 때 구동 샤프트를 기구 샤프트에 대해 정해진 회전 위치로 되돌려 보낸다.

[0019] 다른 양태에서, 단부 작동기의 메커니즘과 연결되어 구동되는 구동 샤프트의 회전으로부터 수술 기구 샤프트의 회전을 해제하는 방법이 제공된다. 이 방법은 소정의 단부 작동기 구성과 관련된 제1 인풋 동작을 생성하는 단계; 베이스에 인접한 근단부와 단부 작동기를 지지하는 원단부 사이에서 연장된 수술 기구 샤프트를 베이스에 대해 회전시키는 단계; 베이스에 대한 수술 기구 샤프트의 회전에 응하여 제2 인풋 동작을 생성하는 단계; 제1 인풋 동작과 제2 인풋 동작을 조합해서 아웃풋 동작을 생성하는 단계; 및 아웃풋 동작에 응하여 구동 샤프트를 회전시키는 단계를 포함한다. 많은 구체예에서, 제1 인풋 동작이 제로일 때 수술 기구 샤프트에 대한 구동 샤프트의 회전이 실질적으로 일어나지 않도록 제1 인풋 동작과 제2 인풋 동작이 조합된다.

[0020] 상기 방법은 케이블을 사용하여 실시될 수 있다. 예를 들어, 이 방법은 베이스에 대한 수술 기구 샤프트의 회전에 응하여 제1 케이블을 움직이는 단계, 제2 케이블을 움직이는 단계, 제2 케이블의 움직임에 응하여 제1 도르래와 제2 도르래를 움직이는 단계, 제1 케이블을 제1 및 제2 도르래와 각각 연동되는 단계, 및 제1 케이블의 움직임에 응하여 구동 샤프트를 회전시키는 단계를 포함할 수 있다. 많은 구체예에서, 상기 방법은 제1 케이블을 각 도르래에서 약 180도 구간에 걸쳐서 제1 및 제2 도르래와 각각 연동되는 것을 포함한다. 다른 예로서, 이 방법은 제1 케이블을 움직이는 단계, 베이스에 대한 수술 기구 샤프트의 회전에 응하여 제2 케이블을 움직이는 단계, 제2 케이블의 움직임에 응하여 제1 도르래와 제2 도르래를 움직이는 단계, 제1 케이블을 제1 및 제2 도르래와 각각 연동되는 단계, 및 제1 케이블의 움직임에 응하여 구동 샤프트를 회전시키는 단계를 포함할 수 있다. 많은 구체예에서, 상기 방법은 제1 케이블을 각 도르래에서 약 180도 구간에 걸쳐서 제1 및 제2 도르래와 각각 연동되는 것을 포함한다.

[0021] 상기 방법은 단차 기어 조립체를 사용하여 실시될 수 있다. 예를 들어, 이 방법은 제1 인풋 동작에 응하여 단차 기어 조립체의 제1 인풋 링크를 회전시키는 단계, 제2 인풋 동작에 응하여 단차 기어 조립체의 제2 인풋 링크를 회전시키는 단계, 및 단차 기어 조립체의 아웃풋 링크의 회전에 응하여 구동 샤프트를 회전시키는 단계를 포함할 수 있다. 많은 구체예에서, 단차 기어 조립체는 중심 기어, 캐리어에 연결된 행성형 기어, 및 링 기어를 가진 행성형 기어 조립체를 포함한다. 제1 및 제2 인풋 동작과 단차의 어떤 적합한 커플링이 사용될 수 있다. 예를 들어, 제1 인풋 동작은 캐리어를 회전시킬 수 있고, 제2 인풋 동작은 중심 기어를 회전시킬 수 있으며, 아웃풋 동작은 링 기어의 회전에 의해 생성될 수 있다. 이 방법은 제1 인풋 동작을 인풋 샤프트를 통해 캐리어에 전달하는 단계, 및 인풋 샤프트를 중심으로 중심 기어를 회전시키는 단계를 포함할 수 있다. 많은 구체예에서, 인풋 샤프트는 기구 샤프트를 횡단하여 배향된다. 이 방법은 제1 인풋 동작을 생성하는 작동 기원과 단차 기어 조립체의 제1 인풋 링크의 연결이 끊겼을 때 단부 작동기 메커니즘을 정해진 구성으로 되돌리는 단계를 포함할 수 있다.

- [0022] 또한, 메인 샤프트의 바람직하지 않은 회전을 일으키지 않고 독립적으로 회전가능한 메인 샤프트에 의해 지지된 단부 작동기의 회전 메커니즘에 작동 토크를 높은 수준으로 전달하는 수술 조립체 및 관련된 방법이 개시된다. 인풋 구동 샤프트가 트랜스미션과 회전 커플링을 통해 회전 메커니즘과 메인 샤프트 양쪽에 모두 연결되며, 메인 샤프트가 회전 메커니즘에 전달된 작동 토크에 대항하는 방향으로 수동적으로 반대작용 토크를 받아서 메인 샤프트의 의도치 않은 회전(예를 들어, 역 구동)을 억제한다. 개시된 조립체 및 방법은 메인 샤프트의 의도치 않은 회전을 수동적으로 억제하면서 단부 작동기의 2개 이상의 회전 메커니즘에 높은 수준의 작동 토크를 전달하는 것까지 확장될 수 있다. 개시된 조립체 및 방법은 최소 침습 로봇 수술 조립체 및 과정에 이용되었을 때 특히 유익할 수 있다.
- [0023] 따라서, 다른 양태에서, 최소 침습 로봇 수술 조립체가 제공된다. 이 수술 조립체는 베이스; 베이스에 장착되어 회전되며, 메인 샤프트, 메인 샤프트에 의해 지지된 단부 작동기 및 단부 작동기에 연결되어 구동되는 제1 단부 작동기 구동 샤프트; 베이스에 대해 메인 샤프트를 회전 구동시키는 메인 샤프트 드라이브; 제1 인풋 토크를 전달하는 제1 인풋 구동 샤프트; 및 제1 구동 샤프트에 연결되어 회전되는 제1 인풋 링크, 제1 단부 작동기 구동 샤프트에 연결되어 회전되는 제1 아웃풋 링크 및 제1 베이스 링크를 가진 제1 트랜스미션을 포함한다. 제1 트랜스미션은 제1 인풋 링크와 제1 아웃풋 링크 사이에 제1 기어 비를 제공하며, 이로써 제1 인풋 토크에 응하여 메인 샤프트 조립체에 제1 아웃풋 토크를 전달한다. 제1 단부 작동기 토크는 제1 단부 작동기 구동 샤프트에 의해 제1 아웃풋 토크에 응하여 단부 작동기에 전달된다. 제1 베이스 링크는 제2 기어 비에 의해 메인 샤프트와 연결되어 회전되며, 제1 베이스 링크가 제1 인풋 토크에 응하여 제1 반대작용 토크를 제1 아웃풋 토크와 대항하는 방향으로 메인 샤프트에 전달하도록 한다. 제1 반대작용 토크는 제1 아웃풋 토크에 의한 메인 샤프트 조립체의 회전 구동을 억제한다. 제1 아웃풋 링크는 회전 커플링을 통해서 제1 단부 작동기 구동 샤프트와 연결되어 비-단위 기어 비를 제공할 수 있다.
- [0024] 많은 구체예에서, 제1 반대작용 토크의 크기는 제1 아웃풋 토크의 크기와 적어도 대략 등가이다. 바람직하게, 제1 반대작용 토크의 크기는 제1 아웃풋 토크의 크기의 10 퍼센트 이내이다. 이상적으로, 제1 반대작용 토크의 크기는 제1 아웃풋 토크의 크기의 2 퍼센트 이내이다.
- [0025] 많은 구체예에서, 메인 샤프트 조립체는 메인 샤프트가 역-구동 토크 역치를 넘는 순 토크를 받을 때는 메인 샤프트 드라이브를 역 구동시키고, 메인 샤프트가 역-구동 토크 역치 아래의 순 토크를 받을 때는 메인 샤프트 드라이브를 역 구동시키지 않도록 하는 역-구동 토크 역치를 가진다. 제1 반대작용 토크의 크기는 역-구동 토크 역치 미만인 제1 순 토크만큼 제1 아웃풋 토크의 크기와 다를 수 있다. 바람직하게, 제1 순 토크 크기는 역-구동 토크 역치의 50 퍼센트 미만이다. 더 바람직하게, 제1 순 토크 크기는 역-구동 토크 역치의 25 퍼센트 미만이다. 더 바람직하게, 제1 순 토크 크기는 역-구동 토크 역치의 10 퍼센트 미만이다. 이상적으로, 제1 순 토크 크기는 역-구동 토크 역치의 2 퍼센트 미만이다.
- [0026] 많은 구체예에서, 제1 트랜스미션은 제1 중심 기어, 제1 링 기어, 및 제1 캐리어에 의해 지지된 제1 행성형 기어를 가진 제1 행성형 기어 박스를 포함한다. 많은 구체예에서, 제1 중심 기어는 제1 인풋 링크에 상응하고, 제1 캐리어는 제1 아웃풋 링크에 상응하며, 제1 링 기어는 제1 베이스 링크에 상응한다. 많은 구체예에서, 제1 캐리어는 제1 인풋 링크에 상응하고, 제1 중심 기어는 제1 아웃풋 링크에 상응하며, 제1 링 기어는 제1 베이스 링크에 상응한다. 많은 구체예에서, 제1 중심 기어 또는 제1 캐리어가 제1 베이스 링크에 상응한다.
- [0027] 많은 구체예에서, 메인 샤프트의 회전은 메인 샤프트에 대한 제1 단부 작동기 구동 샤프트의 회전을 비교적 적은 양만 유도한다. 예를 들어, 많은 구체예에서, 메인 샤프트의 회전은 메인 샤프트 회전의 10 퍼센트 미만으로 제1 단부 작동기 구동 샤프트의 회전을 유도한다. 많은 구체예에서, 제1 단부 작동기 구동 샤프트의 유도된 회전은 메인 샤프트 회전의 5 퍼센트 미만이다.
- [0028] 많은 구체예에서, 수술 조립체는 단부 작동기에 연결되어 구동되며 메인 샤프트 조립체에 포함된 제1 단부 작동기 구동 샤프트; 제2 인풋 토크를 전달하는 제2 인풋 구동 샤프트; 및 제2 인풋 구동 샤프트에 연결되어 회전되는 제2 인풋 링크, 제2 단부 작동기 구동 샤프트에 연결되어 회전되는 제2 아웃풋 링크 및 제2 베이스 링크를 가진 제2 트랜스미션을 더 포함한다. 제2 트랜스미션은 제2 인풋 링크와 제2 아웃풋 링크 사이에 제3 기어 비를 제공하며, 이로써 제2 아웃풋 토크가 제2 인풋 토크에 응하여 메인 샤프트 조립체에 전달된다. 제2 단부 작동기 토크는 제2 단부 작동기 구동 샤프트에 의해서 제2 아웃풋 토크에 응하여 단부 작동기에 전달된다. 제2 베이스 링크는 제4 기어 비에 의해 메인 샤프트와 연결되어 회전되며, 이 경우 제2 베이스 링크는 제2 인풋 토크에 응하여 제2 아웃풋 토크와 대항하는 방향으로 제2 반대작용 토크를 메인 샤프트에 전달한다. 제2 반대작용 토크는 제2 아웃풋 토크에 의한 메인 샤프트 조립체의 회전 구동을 억제한다. 제2 아웃풋 링크는 회전 커플

링을 통해 제2 단부 작동기 구동 샤프트와 연결되어 비-단위 기어 비를 제공할 수 있다. 그리고 수술 조립체는 공통의 구동 샤프트를 포함할 수 있으며, 이것을 통해서 제1 및 제2 베이스 링크가 메인 샤프트와 연결되어 회전된다.

- [0029] 많은 구체예에서, 제2 반대작용 토크의 크기는 제2 아웃풋 토크의 크기와 적어도 대략 증가이다. 바람직하게, 제2 반대작용 토크의 크기는 제2 아웃풋 토크의 크기의 10 퍼센트 이내이다. 이상적으로, 제2 반대작용 토크의 크기는 제2 아웃풋 토크의 크기의 2 퍼센트 이내이다.
- [0030] 많은 구체예에서, 메인 샤프트 조립체는 메인 샤프트 조립체가 역-구동 토크 역치를 넘는 순 토크를 받을 때는 메인 샤프트 드라이브를 역 구동시키고, 메인 샤프트 조립체가 역-구동 토크 역치 아래의 순 토크를 받을 때는 메인 샤프트 드라이브를 역 구동시키지 않도록 하는 역-구동 토크 역치를 가진다. 제2 반대작용 토크의 크기는 역-구동 토크 역치 미만만큼 제2 아웃풋 토크의 크기와 다를 수 있다. 바람직하게, 제2 순 토크 크기는 역-구동 토크 역치의 50 퍼센트 미만이다. 더 바람직하게, 제2 순 토크 크기는 역-구동 토크 역치의 25 퍼센트 미만이다. 이상적으로, 제1 순 토크 크기는 역-구동 토크 역치의 10 퍼센트 미만이다.
- [0031] 많은 구체예에서, 제2 트랜스미션은 제2 중심 기어, 제2 링 기어, 및 제2 캐리어에 의해 지지된 제2 행성형 기어를 가진 제2 행성형 기어 박스를 포함한다. 많은 구체예에서, 제2 중심 기어는 제2 인풋 링크에 상응하고, 제2 캐리어는 제2 아웃풋 링크에 상응하며, 제2 링 기어는 제2 베이스 링크에 상응한다. 많은 구체예에서, 제2 캐리어는 제2 인풋 링크에 상응하고, 제2 중심 기어는 제2 아웃풋 링크에 상응하며, 제2 링 기어는 제2 베이스 링크에 상응한다. 많은 구체예에서, 제2 캐리어 또는 제2 중심 기어가 제2 베이스 링크에 상응한다.
- [0032] 다른 양태에서, 수술 동안 단부 작동기에 전달된 작동 토크가 역-구동 가능한 메인 샤프트를 역 구동시키는 것을 방지하기 위한 방법이 제공된다. 이 방법은 제1 트랜스미션의 제1 인풋 링크를 회전시켜서 제1 트랜스미션의 제1 인풋 링크와 제1 아웃풋 링크 사이에 제1 기어 비를 제공하는 단계를 포함한다. 제1 아웃풋 링크는 베이스에 장착되어 회전되며, 메인 샤프트와 메인 샤프트에 의해 지지된 단부 작동기를 포함하는 메인 샤프트 조립체와 연결되어 회전된다. 제1 아웃풋 토크가 제1 아웃풋 링크에 의해 메인 샤프트 조립체에 전달되며, 제1 단부 작동기 토크는 제1 아웃풋 토크에 응하여 단부 작동기에 전달된다. 제1 아웃풋 토크는 메인 샤프트 조립체의 역-구동 토크 역치보다 크다. 상기 방법은 제1 베이스 링크와 메인 샤프트 사이의 제1 회전 연결을 통해 제1 트랜스미션의 제1 베이스 링크로부터의 토크를 전달하는 단계를 더 포함한다. 제1 회전 연결은 제1 베이스 링크와 메인 샤프트 사이에 제2 기어 비를 제공하며, 이 경우 제1 반대작용 토크가 제1 아웃풋 토크와 대향하는 방향으로 메인 샤프트에 적용된다. 제1 반대작용 토크는 제1 아웃풋 토크에 의한 메인 샤프트 조립체의 회전 구동을 억제한다.
- [0033] 제1 반대작용 토크의 크기는 역-구동 토크 역치 미만인 제1 순 토크 크기만큼 제1 아웃풋 토크의 크기와 다를 수 있다. 바람직하게, 제1 순 토크 크기는 역-구동 토크 역치의 50 퍼센트 미만이다. 더 바람직하게, 제1 순 토크 크기는 역-구동 토크 역치의 25 퍼센트 미만이다. 이상적으로, 제1 순 토크 역치는 역-구동 토크 역치의 10 퍼센트 미만이다.
- [0034] 많은 구체예에서, 제1 반대작용 토크의 크기는 제1 아웃풋 토크의 크기와 적어도 대략 증가이다. 바람직하게, 제1 반대작용 토크의 크기는 제1 아웃풋 토크의 크기의 10 퍼센트 이내이다. 이상적으로, 제1 반대작용 토크의 크기는 제1 아웃풋 토크의 크기의 2 퍼센트 이내이다.
- [0035] 많은 구체예에서, 제1 단부 작동기 구동 샤프트는 제1 단부 작동기 토크를 단부 작동기에 전달하며, 메인 샤프트의 회전은 제1 단부 작동기 구동 샤프트의 회전을 비교적 적은 양만 유도한다. 예를 들어, 많은 구체예에서, 메인 샤프트의 회전은 메인 샤프트 회전의 10 퍼센트 미만으로 제1 단부 작동기 구동 샤프트의 회전을 유도한다. 많은 구체예에서, 제1 단부 작동기 구동 샤프트의 유도된 회전은 메인 샤프트 회전의 5 퍼센트 미만이다.
- [0036] 많은 구체예에서, 상기 방법은 제2 트랜스미션의 제2 인풋 링크를 회전시켜서 제2 트랜스미션의 제2 인풋 링크와 제2 아웃풋 링크의 제3 기어 비를 제공하는 단계를 더 포함한다. 제2 아웃풋 링크는 메인 샤프트 조립체와 연결되어 회전되며, 이로써 제2 아웃풋 토크가 제2 아웃풋 링크에 의해 메인 샤프트 조립체에 전달되고, 제2 단부 작동기 토크가 제2 아웃풋 토크에 응하여 단부 작동기에 전달된다. 제2 아웃풋 토크는 역-구동 토크 역치보다 크다. 많은 구체예에서, 상기 방법은 제2 베이스 링크와 메인 샤프트 사이의 제2 회전 연결을 통해 제2 트랜스미션의 제2 베이스 링크로부터의 토크를 전달하는 단계를 더 포함한다. 제2 회전 연결은 제2 베이스 링크와 메인 샤프트 사이에 제4 기어 비를 제공하며, 이 경우 제2 반대작용 토크가 제2 단부 아웃풋 토크와 대향하

는 방향으로 메인 샤프트에 적용된다. 제2 반대작용 토크는 제2 아웃풋 토크에 의한 메인 샤프트 조립체의 회전 구동을 억제한다. 많은 구체예에서, 제2 및 제2 회전 연결은 공통의 구동 샤프트를 공유한다.

발명의 효과

[0037]

본 발명의 성질 및 장점을 더 완전히 이해하기 위해서 뒤따르는 상세한 설명 및 첨부한 도면을 참조해야 한다. 본 발명의 다른 양태, 목적 및 장점들이 이후의 상세한 설명 및 도면으로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0038]

도 1은 많은 구체예에 따른, 수술을 수행하는데 사용되는 최소 침습 로봇 수술 시스템의 평면도이다.

도 2는 많은 구체예에 따른, 로봇 수술 시스템을 위한 의사 제어 콘솔의 투시도이다.

도 3은 많은 구체예에 따른, 로봇 수술 시스템 전자 카트의 투시도이다.

도 4는 많은 구체예에 따른, 로봇 수술 시스템을 도식적으로 예시한다.

도 5a는 많은 구체예에 따른, 로봇 수술 시스템의 환자측 카트(수술 로봇)의 정면도이다.

도 5b는 로봇 수술 도구의 정면도이다.

도 6a는 많은 구체예에 따른, 대향하는 클램핑 턱부를 가진 단부 작동기를 포함하는 로봇 수술 도구의 투시도이다.

도 6b는 도 6a의 단부 작동기의 클로즈업 투시도이다.

도 7은 도 6a의 단부 작동기의 분해조립 투시도로서, 구동 샤프트의 회전 동작을 대향하는 클램핑 턱부의 관절화로 전환하는데 사용된 메커니즘을 예시한다.

도 8a 및 8b는 많은 구체예에 따른, 대향하는 클램핑 턱부를 가진 단부 작동기와 구동 샤프트의 회전 동작을 대향하는 클램핑 턱부의 관절화로 전환하는데 사용된 메커니즘의 투시도이다.

도 9는 많은 구체예에 따른, 회전가능한 기구 샤프트의 원단부에서 지지된 단부 작동기의 작동 메커니즘과 연결되어 구동되는 구동 샤프트를 예시하는 단순화된 투시도이다.

도 10은 많은 구체예에 따른, 단차를 사용하여 제1 인풋 동작과 기구 샤프트 회전을 조합해서 단부 작동기 메커니즘을 작동시키는데 사용된 아웃풋 동작을 생성하는 것을 예시하는 단순화된 도식도이다.

도 11a는 많은 구체예에 따른, 수술 기구에서 기구 샤프트 감김과 단부 작동기 작동을 해제하는데 사용된 케이블에 의한 단차를 예시하는 단순화된 도식적 평면도이다.

도 11b는 도 11a의 케이블에 의한 단차를 예시하는 단순화된 도식적 측면도이다.

도 12는 많은 구체예에 따른, 수술 기구에서 기구 샤프트 감김과 단부 작동기 작동을 해제하는데 사용된 케이블-구동 단차를 가진 수술 기구의 근위부 새시를 예시하는 투시도이다.

도 13은 많은 구체예에 따른, 수술 기구에서 기구 샤프트 감김과 단부 작동기 작동을 해제하는데 사용된 행성형 기어 박스를 가진 수술 기구의 근위부 새시를 예시하는 투시도이다.

도 14는 도 13의 수술 기구의 근위부 새시를 예시하는 평면도이다.

도 15는 도 13의 수술 기구의 근위부 새시를 예시하는 측면도이다.

도 16은 많은 구체예에 따른, 수술 기구의 인풋 커플러와 연결된 행성형 기어 박스를 예시하는 부분 분해조립 투시도이다.

도 17은 도 16의 행성형 기어 박스와 인풋 커플러의 분해조립 투시도이다.

도 18은 많은 구체예에 따른, 수술 기구 샤프트에 의해 지지된 단부 작동기의 메커니즘과 연결되어 구동되는 구동 샤프트의 회전으로부터 수술 기구 샤프트의 회전을 해제하는 방법의 단계들을 예시한다.

도 19는 많은 구체예에 따른, 도 18의 방법의 실시예에 사용될 수 있는 케이블-구동 단차에 관한 단계들을 예시한다.

도 20은 많은 구체예에 따른, 도 18의 방법의 실시예 사용될 수 있는 또 다른 케이블-구동 단차에 관한 단계들을 예시한다.

도 21은 많은 구체예에 따른, 도 18의 방법의 실시예 사용될 수 있는 단차 기어 조립체에 관한 단계들을 예시한다.

도 22는 많은 구체예에 따른, 회전가능한 메인 샤프트 내의 2개의 오프셋 구동 샤프트를 가진 로봇 조립체를 도식적으로 예시한다.

도 23은 많은 구체예에 따른, 도 22의 로봇 조립체의 구성요소들과 컨트롤러의 통합을 도식적으로 예시한다.

도 24는 많은 구체예에 따른, 로봇 도구와 관련된 로봇 시스템을 도식적으로 예시한다.

도 25는 많은 구체예에 따른, 구동 모터가 단부 작동기와 단부 작동기를 지지하는 메인 샤프트에 연결되어 메인 샤프트의 의도치 않은 회전을 피할 수 있는 수술 조립체를 도식적으로 예시한다.

도 26은 많은 구체예에 따른, 행성형 기어 조립체의 투시도이다.

도 27a는 많은 구체예에 따른, 독립적으로 회전가능한 메인 샤프트 및 각 내부 구동 샤프트와 연결된 구동 모터를 포함하며, 이로써 구동 샤프트에 의해 단부 작동기에 전달되는 작동 토크로 인한 메인 샤프트의 의도치 않은 회전을 피할 수 있는 최소 침습 수술 기구 조립체의 투시도이다.

도 27b는 모터 팩 내의 구동 모터를 메인 샤프트 및 각 내부 구동 샤프트와 연결하는 모터 팩과 구동 커플링을 예시하는 도 27a의 기구 조립체의 분해조립 투시도이다.

도 28a는 구동 모터를 메인 샤프트 및 각 내부 구동 샤프트와 회전 연결하는데 사용된 구성요소들과 구동 모터를 예시하는 도 27a의 기구 조립체의 내부 구성요소들의 투시도이다.

도 28b는 도 28a에 상응하는 해체된 상태에서 도 28a의 내부 구성요소들을 예시하는 분해조립 투시도이다.

도 29a는 구동 모터 중 하나와 메인 샤프트 및 각 내부 구동 샤프트의 커플링과 관련된 도 29a의 내부 구성요소들을 예시하는 투시도이다.

도 29b는 도 29a의 내부 구성요소들의 단부도이다.

도 29c는 도 29b의 단면 A-A를 예시한다.

도 30은 구동 모터를 각 내부 구동 샤프트 및 메인 샤프트와 회전 연결하는데 사용된 구동 모터, 기어 박스 및 기어를 예시하는 도 27a의 기구 조립체의 내부 구성요소들의 투시도이다.

도 31은 많은 구체예에 따른, 단부 작동기에 전달된 작동 토크가 수술 동안 역 구동가능한 메인 샤프트를 회전 구동시키는 것을 방지하기 위한 방법의 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0039] 다음의 설명에서 본 발명의 다양한 구체예들이 설명될 것이다. 설명의 목적으로 특정한 구성 및 상세한 내용이 제시되며, 이 구체예들의 완전한 이해를 제공할 수 있을 것이다. 그러나, 본 발명이 특정한 상세한 내용 없이도 실시될 수 있다는 것이 당업자에게 자명할 것이다. 또한, 설명된 구체예들이 불명료해 지는 것을 막기 위해서 잘 공지된 특징들은 생략되거나 단순화될 수 있다.

[0040] 최소 침습 로봇 수술

[0041] 도면과 관련하여, 유사한 참조 번호는 몇 개 도면에서 유사한 부품을 나타낸다. 도 1은 최소 침습 로봇 수술(MIRS) 시스템(10)의 평면도이며, 이것은 전형적으로 수술대(14) 위에 누워 있는 환자(12)를 대상으로 최소 침습 진단 또는 수술 과정을 수행하기 위해 사용된다. 이 시스템은 수술 과정 동안 의사(18)가 사용하는 의사 콘솔(16)을 포함할 수 있다. 또한, 1명 이상의 어시스턴트(20)가 수술 과정에 참여할 수 있다. MIRS 시스템(10)은 환자측 카트(22)(수술 로봇)와 전자 카트(24)를 더 포함할 수 있다. 환자측 카트(22)는 의사(18)가 콘솔(16)을 통해 수술 부위를 보면서 환자(12)의 몸에 있는 최소 침습 절개부를 통해서 적어도 하나의 착탈 가능하게 연결된 도구 조립체(26)(이후 간단히 "도구"라고 한다)를 조작할 수 있도록 한다. 입체 내시경과 같은 내시경(28)에 의해서 수술 부위의 영상이 얻어질 수 있으며, 내시경은 환자측 카트(22)에 의해서 조작되며, 이로써 내시경(28)을 배향할 수 있다. 전자 카트(24)를 사용해서는 수술 부위의 영상을 처리할 수 있으며, 처리된 영

상은 의사 콘솔(16)을 통해서 의사(18)에서 표시된다. 한번에 사용되는 수술 도구(26)의 수는 일반적으로 진단 또는 수술 과정과 많은 요인들 중에서도 수술실 안에서의 공간적 제약에 좌우될 것이다. 수술 과정 동안 사용되는 하나 이상의 도구(26)를 교체할 필요가 있을 경우, 어시스턴트(20)는 환자측 카트(22)로부터 도구(26)를 제거하고 그것을 수술실의 트레이(30)에 놓여 있는 다른 도구(26)로 교체할 수 있다.

[0042] 도 2는 의사 콘솔(16)의 투시도이다. 의사 콘솔(16)은 좌안 디스플레이(32)와 우안 디스플레이(34)를 포함하며, 의사(18)에게 깊이를 투시할 수 있는 수술 부위의 조화된 입체 화면을 표시해준다. 콘솔(16)은 하나 이상의 입력제어 장치(36)를 더 포함하며, 이것에 의해서 환자측 카트(22)(도 1에 도시된)가 하나 이상의 도구를 조작할 수 있다. 입력제어 장치(36)는 관련된 도구(26)(도 1에 도시된)와 동일한 자유도를 제공할 수 있으며, 이로써 원격현시(telepresence), 또는 입력제어 장치(36)가 도구와 일체화되어 의사가 도구(26)를 유효한 감각으로 직접 제어할 수 있는 투시를 의사에게 제공할 수 있다. 이를 위해서, 위치, 힘 및 촉각 피드백 센서(미도시)를 사용해서 위치, 힘 및 촉각 감각을 도구(26)에서 입력제어 장치(36)를 통해 의사의 손에 다시 전송할 수 있다.

[0043] 의사 콘솔(16)은 일반적으로 환자와 같은 방에 위치되며, 이로써 의사가 수술 과정을 직접 모니터링할 수 있고, 필요하다면 실제 존재하여 전화나 다른 통신 매체를 거치는 것이 아니라 어시스턴트와 직접 대화할 수 있다. 그러나, 의사는 다른 방, 완전히 다른 건물, 또는 원격 수술 과정을 허용하는 환자로부터 떨어진 다른 장소에 있을 수도 있다.

[0044] 도 3은 전자 카트(24)의 투시도이다. 전자 카트(24)는 내시경(28)과 연결될 수 있고, 캡처된 영상을 처리할 수 있는 프로세서를 포함할 수 있으며, 캡처된 영상은 의사 콘솔 상에서 또는 국소 및/또는 원격 위치된 다른 적합한 디스플레이 상에서 의사에게 표시된다. 예를 들어, 입체 내시경이 사용된 경우, 전자 카트(24)는 캡처된 영상을 처리해서 수술 부위의 조화된 입체 영상을 의사에게 표시해줄 수 있다. 이러한 조화는 대향하는 영상들 간의 정렬을 포함할 수 있으며, 입체 내시경의 입체 작업 거리를 조정하는 것을 포함할 수 있다. 다른 예로서, 영상 처리는 미리 결정된 카메라 보정 변수의 사용을 포함할 수 있으며, 이로써 광학 수차와 같은 영상 캡처 장치의 영상화 오차를 상쇄할 수 있다.

[0045] 도 4는 로봇 수술 시스템(50)(예를 들어 도 1의 MIRS 시스템(10))을 도식적으로 예시한다. 상기 논의된 대로, 의사는 의사 콘솔(52)(예를 들어 도 1의 의사 콘솔(16))을 사용하여 최소 침습 과정 동안 환자측 카트(수술 로봇)(54)(예를 들어 도 1의 환자측 카트(22))를 제어할 수 있다. 환자측 카트(54)는 영상화 장치, 예를 들어 입체 내시경을 사용하여 수술 부위의 영상을 캡처하고, 캡처된 영상을 전자 카트(56)(예를 들어 도 1의 전자 카트(24))에 출력한다. 상기 논의된 대로, 전자 카트(56)는 캡처된 영상을 다양한 방식으로 처리한 후에 표시할 수 있다. 예를 들어, 전자 카트(56)는 캡처된 영상을 가장 제어 인터페이스에 중첩시킨 다음, 조합된 영상을 의사 콘솔(52)을 통해서 의사에게 나타내준다. 환자측 카트(54)는 캡처된 영상을 출력할 수 있으며, 이것은 전자 카트(56) 밖에서 처리된다. 예를 들어, 환자측 카트(54)는 캡처된 영상을 프로세서(58)에 출력하고, 이 프로세서가 캡처된 영상을 처리할 수 있다. 또한, 영상은 전자 카트(56)와 프로세서(58)의 조합에 의해서 처리될 수 있는데, 이것은 함께 연결되어 캡처된 영상을 동시에, 순차적으로 및/또는 이들의 조합 방식으로 처리할 수 있다. 또한, 1개 이상의 별도의 디스플레이(60)가 프로세서(58) 및/또는 전자 카트(56)와 연결될 수 있고, 이것은 수술 부위의 영상이나 다른 관련 영상 등의 영상을 국소 및/또는 원격 표시할 수 있다.

[0046] 도 5a 및 5b는 환자측 카트(22)와 수술 도구(62)를 각각 도시한다. 수술 도구(62)는 수술 도구(26)의 예이다. 도시된 환자측 카트(22)는 3개 수술 도구(26)와 영상화 장치(28), 예를 들어 수술 부위 영상의 캡처에 사용되는 입체 내시경을 제공한다. 조작은 많은 로봇 조인트를 가진 로봇 메커니즘에 의해 제공된다. 영상화 장치(28)와 수술 도구(26)는 환자의 절개부를 통해서 위치되어 조작될 수 있으며, 이로써 운동학적 원격 중심이 유지되어 절개부의 크기를 최소화할 수 있다. 수술 부위의 영상은 영상화 장치(28)의 시야 안에 위치한 수술 도구(26)의 원단부의 영상을 포함할 수 있다.

[0047] 조직 그립 단부 작동기

[0048] 도 6a는 근위부 새시(72), 기구 샤프트(74), 및 환자 조직을 붙잡을 수 있는 관절식 턱부(78)를 가진 원위부 단부 작동기(76)를 포함하는 수술 도구(70)를 도시한다. 근위부 새시는 환자측 카트(22)의 아웃풋 커플러와 맞닿아 그에 의해 구동되도록 구성된 인풋 커플러를 포함한다. 이 인풋 커플러는 스프링 조립체(80)의 인풋 링크와 연결되어 구동된다. 스프링 조립체(80)는 근위부 새시(72)의 프레임(82)에 장착되고, 기구 샤프트(74) 내에 배치된 구동 샤프트와 연결되어 구동되는 아웃풋 링크를 포함한다. 구동 샤프트는 턱부(78)에 연결되어 구동된다. 도 6b는 단부 작동기(76)의 턱부(78)의 근접도이다.

- [0049] 도 7은 도 6a의 단부 작동기(76)의 분해조립 투시도로서, 구동 샤프트(84)의 회전 동작을 단부 작동기(76)의 마주 향하면서 클램핑하는 턱부의 관절화로 전환하는데 사용된 클램핑 메커니즘을 예시한다. 단부 작동기는 상부 턱부(86), 하부 턱부(88), 프레임(90), 상부 턱부(86)와 하부 턱부(88)를 프레임(90)에 선회 장착하는 핀(92), 및 구동 샤프트(84)와 연결되어 구동되는 리드-스크루 메커니즘(94)을 포함한다. 리드-스크루 메커니즘(94)은 리드-스크루(96)와 짝을 이루는 직동식 너트(98)를 포함하며, 이 직동식 너트(98)는 리드-스크루(96)의 회전을 통해서 프레임(90)의 슬롯(100)을 따라 전진하고 후퇴한다. 직동식 너트(98)는 상부 턱부(86)의 슬롯(102) 및 하부 턱부(88)의 슬롯(104)과 맞닿은 마주 향하며 연장된 돌출부를 포함하며, 이로써 직동식 너트(98)가 슬롯(100)을 따라 전진하거나 후퇴할 때 핀(92)을 중심으로 상부 턱부(86)와 하부 턱부(88)의 관절화가 야기된다.
- [0050] 도 8a 및 도 8b는 도 7의 클램핑 메커니즘과 유사한 클램핑 메커니즘의 작동을 예시한다. 도시된 방향으로 구동 샤프트(84)가 회전하면 직동식 너트(98)가 하부 턱부(88)와 상부 턱부(86)를 단부 작동기의 프레임(90)에 선회 장착시키는 선회 핀(92)을 향해 바깥쪽으로 전진한다. 도 8b에 예시된 대로, 직동식 너트(98)의 돌출부가 상부 턱부(86)의 슬롯(102)과 연동된다. 직동식 너트(98)가 선회 핀(92)을 향해 바깥쪽으로 전진하면 상부 턱부는 도시된 방향으로 회전하게 되고, 반대 방향으로 하부 턱부(88)가 회전하게 되어 이로써 턱부가 열린다. 유사하게, 직동식 너트(98)가 안쪽으로 전진하여 선회 핀(92)으로부터 멀어지면 턱부가 닫히게 된다. 따라서, 턱부는 관절화될 수 있으며 환자 조직을 붙잡을 수 있다.
- [0051] 도 7, 도 8a 및 도 8b에 도시된 리드-스크루 타입 클램핑 메커니즘은 구동 샤프트에 의해서 전달된 비교적 적은 토크를 비교적 높은 클램핑 힘으로 전환한다는 실질적인 기계적 이점을 제공한다. 이러한 실질적인 기계적 이점을 가진 메커니즘을 통해 과도한 클램핑 힘에 조직이 노출되는 것을 피하기 위해서 구동 샤프트에 의해서 클램핑 메커니즘으로 전달되는 토크가 제어될 수 있다.
- [0052] 교대형 단부 작동기 메커니즘
- [0053] 구동 샤프트(84)를 사용해서 어떤 적합한 단부 작동기 메커니즘이라도 작동시킬 수 있다. 예를 들어, 구동 샤프트(84)를 사용해서 조직 스테플링 메커니즘, 조직 커팅 메커니즘과 같은 메커니즘과 일반적으로 회전 인풋에 의해서 작동될 수 있는 적합한 단부 작동기 메커니즘을 작동시킬 수 있다.
- [0054] 기구 샤프트 감김과 단부 작동기 작동의 해제
- [0055] 도 9는 수술 기구에서 기구 샤프트 감김과 단부 작동기 작동의 해제를 논의하기 위한 적절한 시작점을 제공한다. 도 9는 어떤 것(예를 들어, 환자 조직, 봉합 바늘 등)을 붙잡을 수 있는 관절식 턱부(112)를 포함하는 단부 작동기(110)를 도시한다. 단부 작동기(110)는 관절식 턱부(112)와 같은 단부 작동기(110)의 메커니즘을 작동시키기 위한 작동 메커니즘을 포함한다. 이 작동 메커니즘은 구동 샤프트(114)에 연결되어 구동된다. 단부 작동기(110)는 기구 샤프트(116)의 원단부에서 지지된다. 기구 샤프트(116)는 기구 샤프트(116)를 지지하는 근위부 새시 베이스에 대해 회전 범위 내에서 회전할 수 있다. 마찬가지로, 구동 샤프트(114)도 근위부 새시 베이스에 대해 회전 범위 내에서 회전할 수 있다.
- [0056] 구동 샤프트(114)가 기구 샤프트(116)의 회전과 무관하게 구동될 경우, 단부 작동기 턱부(112)를 작동시키는데 사용될 수 있는 근위부 새시 베이스에 대한 구동 샤프트(114)의 회전 범위 부분은 근위부 새시 베이스에 대한 기구 샤프트(116)의 회전 범위만큼 감소한다. 예를 들어, 베이스에 대한 기구 샤프트(116)의 회전 범위가 2 회전수이고, 베이스에 대한 구동 샤프트(114)의 회전 범위가 10 회전수일 때, 단부 작동기(110)에 대한 구동 샤프트(114)의 순 회전 범위는 8 회전수가 된다. 다시 말해서, 이러한 두 분리된 2 회전수는 조합되었을 때 단부 작동기(110)의 작동 메커니즘에 대한 구동 샤프트(114)의 순 회전을 0으로 만들므로 베이스에 대한 구동 샤프트(114)의 회전수 중 2는 베이스에 대한 기구 샤프트(116)의 2 회전수에 의해 유효하게 무효가 된다.
- [0057] 도 10은 단차(118)를 사용해서 제1 인풋 동작(120)을 기구 샤프트 회전(122)과 조합하여 아웃풋 동작(124)을 생성함으로써 단부 작동기 작동 메커니즘을 구동시키는 것을 도식적으로 예시한다. 단차(118)는 근위부 새시 베이스에 대한 구동 샤프트(114)의 회전량과 단부 작동기 작동 메커니즘에 대한 구동 샤프트(114)의 상응하는 회전량의 차이가 생기는 것에 대한 기구 샤프트의 상기 논의된 영향을 상쇄하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 단차(118)는 근위부 새시 베이스에 대한 시계방향 2 회전수의 제1 인풋 동작(120)과 근위부 새시 베이스에 대한 시계방향 1 회전수의 기구 샤프트 동작(122)을 조합하도록 구성될 수 있고, 이로써 근위부 새시 베이스에 대한 시계방향 3 회전수의 아웃풋 동작(124)이 야기되며, 이것은 단부 작동기에 대한 시계방향 2 회전수의 아웃풋 동작을 효과적으로 제공한다. 또한, 이러한 단차 구성은 구동 샤프트(114)와 기구 샤프트(116)가 반대 방향으로 회전될 때 기구 샤프트 회전의 상기 논의된 영향을 상쇄하는데 쓰인다. 예를 들어, 이러한 단차 구성에

있어서, 근위부 새시 베이스에 대한 제1 인풋 동작(120)의 시계방향 2 회전수가 베이스에 대한 기구 샤프트(122)의 반시계방향 1 회전수와 조합되어 베이스에 대한 시계방향 1 회전수의 아웃풋 동작(124)이 야기되며, 이것은 단부 작동기에 대한 아웃풋 동작에서 시계방향 2 회전수의 아웃풋 동작을 효과적으로 야기한다.

[0058] 단차는 근위부 새시 베이스에 대한 구동 샤프트의 회전량과 단부 작동기 작동 메커니즘에 대한 구동 샤프트의 상응하는 회전량의 차이가 생기는 것에 대한 기구 샤프트 회전의 상기 논의된 영향을 전부 실질적으로 상쇄하도록 구성되는 것이 바람직하지만, 이 단차는 또한 적당한 정도로만 기구 샤프트 회전의 영향을 상쇄하도록 구성될 수도 있다. 예를 들어, 단차는 수술 기구의 원하는 작동 특징을 달성하기에 적합하도록 기구 샤프트 회전의 상기 논의된 영향에서 이 영향을 덜 상쇄하고, 더 상쇄하고, 고르게 증폭하도록 구성될 수 있다.

[0059] 단차는 어떤 적합한 방식으로도 실행될 수 있다. 예를 들어, 단차는 케이블과 도르래를 사용하여 실행될 수 있다. 또 다른 예로서, 단차는 행성형 기어 박스 조립체와 같은 기어 장치를 사용하여 실행될 수 있다.

[0060] 케이블에 의한 단차

[0061] 도 11a는 여러 구체예에 따른, 로봇 수술 기구에서 기구 샤프트 감김과 단부 작동기 작동을 해제하기 위해 사용되는 케이블에 의한 단차(130)를 예시한다. 이 단차(130)는 근위부 새시 베이스에 대해 기구 샤프트와 함께 회전하도록 연결된 롤 도르래(132), 작동 기원과 함께 회전하도록 연결된 단부 작동기 작동 도르래(134), 및 단부 작동기 턱부 작동 메커니즘과 함께 회전하도록 연결된 리드-스크루 드라이브 도르래(136)를 포함한다. 롤 도르래(132)와 리드-스크루 드라이브 도르래(136) 양자와 연동된 제1 케이블(138)은 롤 도르래(132)의 회전에 응해서 리드-스크루 드라이브 도르래(136)의 회전을 제공한다. 단부 작동기 작동 도르래(134)와 연동된 제2 케이블(140)은 제1 도르래 블록(142) 및 제2 도르래 블록(144)과 연결된다. 제1 도르래 블록(142)은 제1 무빙 도르래(146)를 포함한다. 그리고 제2 도르래 블록(144)은 제2 무빙 도르래(148)를 포함한다. 제1 및 제2 무빙 도르래(146, 148)는 제1 케이블(138)과 연동된다.

[0062] 롤 도르래(132)와 리드-스크루 드라이브 도르래(136) 사이에서 제1 케이블이 4개의 고정된 가이드 도르래와 연동된다. 이들 고정된 가이드 도르래는 제1 가이드 도르래(150), 제2 가이드 도르래(152), 제3 가이드 도르래(154) 및 제4 가이드 도르래(156)를 포함한다.

[0063] 도 11b는 케이블에 의한 단차(130)의 측면도이다. 롤 도르래(132)가 나선형 기어(158)를 통해 기구 샤프트와 함께 회전하도록 연결된다. 롤 도르래(132)와 나선형 기어(158)는 회전축(160)을 중심으로 회전한다. 기구 샤프트는 나선형 기어 회전축(160)을 횡단하는 방향의 회전축을 중심으로 회전한다. 기구 샤프트와 함께 회전하도록 부착된 짝을 이루는 나선형 기어와 나선형 기어(158)는 기구 샤프트의 회전을 롤 도르래(132)의 회전으로 전달한다.

[0064] 4개의 고정된 가이드 도르래(150, 152, 154, 156)는 제1 케이블(138)의 위치를 수평, 수직 양쪽으로 구속하는데 쓰인다. 제1 및 제3 가이드 도르래(150, 154)는 제2 및 제4 가이드 도르래(152, 156) 밑에 위치하며, 제1 케이블(138)의 중첩된 부분들 사이에 수직 분리를 제공한다. 제1 및 제3 가이드 도르래(150, 154)는 또한 수평으로 위치되며, 제1 무빙 도르래(146)가 이동하는 전 범위에서 제1 무빙 도르래(146)와 제1 케이블(138)의 180도 연동을 제공한다. 마찬가지로, 제2 및 제4 가이드 도르래(152, 156)도 역시 수평으로 위치되어 제2 무빙 도르래(148)가 이동하는 전 범위에서 제2 무빙 도르래(148)와 제1 케이블(138)의 180도 연동을 제공한다.

[0065] 케이블에 의한 단차(130)는 롤 도르래(132)의 동작과 단부 작동기 작동 도르래(134)의 동작을 조합해서 리드-스크루 드라이브 도르래(136)의 동작을 야기한다. 예를 들어, 단부 작동기 작동 도르래(134)가 회전하지 않을 때는 롤 도르래(132)의 회전이 리드-스크루 드라이브 도르래(136)에 상응하는 회전을 일으키고, 결과적으로 리드-스크루 드라이브 도르래(136)의 순 회전은 단부 작동기 턱부 작동 메커니즘에 대응하지 않게 된다. 롤 도르래(132)가 회전하지 않을 때는 단부 작동기 작동 도르래(134)의 회전이 제1 및 제2 무빙 도르래(146, 148)에 상응하는 동작을 일으키고, 이로써 리드-스크루 도르래(136)가 회전하게 된다. 롤 도르래(132)와 단부 작동기 작동 도르래(134) 양자가 동시에 회전하여 제1 케이블(138)과 제2 케이블(140)의 상응하는 움직임이 리드-스크루 드라이브 도르래(136)에 회전을 일으키며, 이것은 롤 도르래(132)와 단부 작동기 작동 도르래(134)의 회전이 조합된 것이다.

[0066] 도 12는 여러 구체예에 따른, 케이블에 의한 단차(170)를 가진 로봇 수술 기구의 근위부 새시의 투시도이다. 케이블에 의한 단차(170)는 수평 및 수직으로 제1 케이블(184)을 구속하기 위해 6개의 고정된 가이드 도르래(172, 174, 176, 178, 180, 182)를 포함하는 것을 제외하면 케이블에 의한 단차(130)와 유사하게 구성된다.

[0067] 어떤 적합한 케이블에 의한 단차라도 사용될 수 있다. 예를 들어, 케이블에 의한 단차(130)의 변형에서는 제1

케이블(138)이 단부 작동기 작동 도르래(134)에 의해서 구동되고, 제2 케이블(140)이 롤 도르래(132)에 의해서 구동된다.

[0068] 기어에 의한 단차

[0069] 도 13은 여러 구체예에 따른, 기어에 의한 단차(192)를 포함하는 로봇 수술 기구의 근위부 새시(190)의 투시도이다. 기어에 의한 단차(192)는 중심 기어, 캐리어에 연결된 행성 기어, 및 링 기어를 가진 행성형 기어 조립체를 포함한다. 캐리어는 인풋 샤프트를 통해 근위부 새시의 인풋 커플러와 함께 회전하도록 연결된다. 인풋 샤프트는 인풋 커플러와 정렬되며 기구 샤프트를 횡단한다. 중심 기어는 나선형 기어(194, 196)를 통해 기구 샤프트(116)와 함께 회전하도록 연결된다. 캐리어와 중심 기어의 회전은 링 기어의 회전으로 이어진다. 링 기어는 나선형 기어(198, 200), 아웃풋 샤프트(202), 및 기구 샤프트(116)의 내부로 이어진 구동 샤프트를 통해 단부 작동기 작동 메커니즘과 함께 회전하도록 연결된다. 도 14는 근위부 새시(190)와 기어에 의한 단차(192)의 평면도이다. 도 15는 또한 근위부 새시(190)와 기어에 의한 단차(192)의 측면도이다.

[0070] 도 16 및 도 17은 여러 구체예에 따른, 기어에 의한 단차(210)를 상세히 예시하는 분해조립도이다. 기어에 의한 단차(210)는 행성형 기어 박스 조립체(212)를 포함한다. 도 16은 기어에 의한 단차(210)와 측로에 배치되어 부착된 인풋 샤프트 및 인풋 커플러(214)를 도시하며, 이들은 측로로부터 기구 샤프트(116)를 가진 로봇 수술 기구의 근위부 새시(216)에 설치된다. 기어에 의한 단차(210)의 설치 중심선(218)과 중심축(220)은 설치 위치로부터의 오프셋을 예시한다.

[0071] 도 17은 기어에 의한 단차(210), 인풋 샤프트, 및 인풋 커플러(214)의 분해조립 투시도이다. 단차(210)는 행성 기어(224)와 연결된 캐리어(222), 인풋 기어(228)에 의해 회전 구동되는 중심 기어(226), 내부 링 기어를 가진 링 기어 부재(230) 및 외부 나선형 아웃풋 기어(232)를 포함한다. 캐리어(222)는 인풋 샤프트(234)에 연결되어 그에 의해 회전 구동되고, 인풋 샤프트는 인풋 커플러(214)와 연결되어 그에 의해 회전 구동된다. 인풋 커플러(214)는 근위부 새시(216)가 로봇 암에 장착되었을 때 수술 로봇의 로봇 암에서 상응하는 아웃풋 커플러와 맞닿아 그에 의해 회전 구동된다. 캐리어(222)의 회전은 중심축(220)을 중심으로 행성 기어(224)의 중심선의 회전으로 이어진다. 인풋 기어(228)는 기구 샤프트(116)와 함께 회전하도록 연결된다. 중심축(220)을 중심으로 행성 기어(224)의 중심선과 중심 기어(226)의 조합된 회전은 중심축(220)을 중심으로 링 기어 부재(230)의 상응하는 회전으로 이어진다. 링 기어 부재(230)는 외부 나선형 아웃풋 기어(232)를 통해 단부 작동기 작동 메커니즘과 연결되어 구동된다.

[0072] 기어에 의한 단차(210)는 캐리어(222)와 근위부 새시(216) 사이에 연결된 토션 스프링(236)을 포함한다. 토션 스프링은 로봇 암에서 캐리어와 작동 기원의 연결이 해제된 후 캐리어를 정해진 위치로 되돌리며, 이로써 단부 작동기 작동 메커니즘도 정해진 구성으로 되돌아 간다.

[0073] 작동 중에 기어에 의한 단차(210)는 상기 논의된 단차(118)와 유사하게 작동한다. 공지된 접근법에 따른 추가의 기어 장치를 사용하여 기구 샤프트(116)와 외부 나선형 아웃풋 기어(232)의 결과의 아웃풋 동작 사이의 방향 및 회전 속도 차이를 설명할 수 있다.

[0074] 행성형 기어 박스 변수의 예

[0075] 다음 식은 중심 기어(226)와 캐리어(222)와 링 기어 부재(230)의 회전 사이의 관계를 제공한다.

[0076] (식 1)

$$(2+n)\omega_a + n\omega_s - 2(1+n)\omega_c = 0 \quad \text{식 (1)}$$

$$n = N_s / N_p \quad \text{행성형 기어 박스의 형태 인수}$$

$$N_s = \text{중심 기어 톱니수}$$

$$N_p = \text{행성형 기어의 기어 톱니수}$$

$$\omega_a = \text{링 기어 부재의 각속도 ('고리'라고도 한다)}$$

$$\omega_s = \text{중심 기어의 각속도}$$

$$\omega_c = \text{캐리어의 각속도}$$

[0077]

[0078] 식 (1)에 나타난 대로, 링 기어 부재(230)의 각속도는 중심 기어(226)의 각속도와 캐리어(222)의 각속도의 선형 조합이다. 따라서, 기어에 의한 단차(210)에 있어서(이 경우 중심 기어(226)가 기구 샤프트(116)의 회전에 의해 구동되어 회전되고, 캐리어(222)는 인풋 커플러(214)에 의해 구동되어 회전되며, 링 기어 부재(230)는 단부 작동기 작동 메커니즘과 연결되어 회전된다), 기구 샤프트(116)의 회전은 링 기어 부재(230)의 상응하는 추가 회전으로 이어지고, 이로써 기구 샤프트 회전이 단부 작동기 작동 메커니즘의 작동으로부터 해제된다.

[0079] 다음 변수들은 기어에 의한 단차(210)에서 행성형 기어 박스 구성의 일례를 제공한다.

$$N_s = 24 \quad N_p = 12 \quad n = N_s / N_p = 2$$

$$N_a = N_s + 2N_p = 48 \text{ 링 기어 톱니수}$$

$$DP = 64 \text{ 기어 톱니수/피치 직경 (톱니/인치)}$$

$$PD_s = N_s / DP = 0.375 \text{ 인치 - 중심 기어의 피치 직경}$$

$$PD_p = N_p / DP = 0.1875 \text{ 인치 - 행성 기어의 피치 직경}$$

$$PD_a = N_a / DP = 0.75 \text{ 인치 - 링 기어 부재의 링 기어의 피치 직경}$$

[0080]

[0081] 캐리어 각속도가 0인 경우(인풋 커플러(214)를 통한 회전 인풋이 없을 때에 해당한다) 식 (1)은 다음과 같이 줄어든다:

$$(2+n)\omega_a + n\omega_s = 0 \quad \text{식 (1)에서 } \omega_c = 0$$

[0082]

[0083] 행성형 기어 박스 변수들의 상기 예에서 $n=2$ 인 경우 링 기어 부재의 각속도(ω_a)와 중심 기어의 각속도(ω_s) 사이에는 다음 관계가 성립한다:

$$\omega_a = -\frac{n}{(2+n)}\omega_s = -\frac{2}{(2+2)}\omega_s = -0.5\omega_s$$

[0084]

[0085] 중심 기어(226)와 링 기어 부재(230)의 회전 방향 차이를 설명하고, 단부 작동기 작동 메커니즘에 연결되어 회전되는 구동샤프트의 회전량을 기구 샤프트(116)의 회전량과 같게 하기 위해서, 공지된 접근법을 이용한 추가의 기어 장치가 기구 샤프트(116)와 중심 기어(226) 사이에, 및/또는 링 기어 부재(230)와 단부 작동기 작동 메커니즘에 연결되어 회전되는 구동 샤프트 사이에 사용될 수 있다.

[0086] 수술 조립체 적용

[0087] 여기 개시된 수술 조립체는 어떤 적합한 용도에 이용될 수 있다. 예를 들어, 여기 개시된 수술 조립체는 개복 또는 최소 침습(단일 또는 멀티-포트) 과정을 위한 수동 또는 전기 방식 핸드헬드 또는 로봇 방식 직접 제어 또는 원격조종 방식의 여러 수술 기구들에 이용될 수 있다. 이러한 기구들의 예는 인풋을 작동시키는 토크를 사용하는 원위부 구성요소를 가진 것들을 포함한다(예를 들어, 그립 제어 기능, 구성요소 배향 제어 기능, 구성요소 배치 기능 등을 위한). 예시적인 비제한적 예들은 스테이플링, 커팅, 조직 표징, 영상화 장치 배향 및 배치 제어, 강한 힘의 그래스핑, 바이오피시, 및 단부 작동기 및 배향 제어를 포함하는 원격조종 또는 핸드헬드 기구들을 포함한다.

[0088] 기구 샤프트 감김과 단부 작동기 작동을 해제하는 방법

[0089] 도 18은 많은 구체예에 따른, 수술 기구 샤프트에 의해 지지된 단부 작동기의 메커니즘과 연결되어 구동되는 구동 샤프트의 회전으로부터 수술 기구 샤프트의 회전을 해제하는 방법(250)의 단계들을 예시한다. 이 방법(250)은, 예를 들어 어떤 적합한 단차, 예를 들어 상기 설명된 단차(118), 케이블에 의한 단차(130), 케이블에 의한 단차(170) 및 기어에 의한 단차(192) 중 어느 것을 사용함으로써 실시될 수 있다. 상기 방법(250)은 소정의 단부 작동기 구성과 관련된 제1 인풋 동작을 생성하는 단계(단계 252); 베이스에 인접한 근단부와 단부 작동기를 지지하는 원단부 사이에서 연장된 수술 기구 샤프트를 베이스에 대해 회전시키는 단계(단계 254); 베이스에 대한 수술 기구 샤프트의 회전에 응하여 제2 인풋 동작을 생성하는 단계(단계 256); 제1 인풋 동작과 제2 인풋 동작을 조합해서 아웃풋 동작을 생성하는 단계(단계 258); 및 아웃풋 동작에 응하여 구동 샤프트를 회전시키는

단계(단계 260)를 포함한다. 많은 구체예에서, 제1 인풋 동작과 제2 인풋 동작은 제1 인풋 동작이 제로일 때는 수술 기구에 대한 구동 샤프트의 실질적인 회전이 일어나지 않도록 조합된다.

[0090] 도 19는 여기 설명된 것들 중 어느 것과 같은, 케이블에 의한 단차를 이용하여 방법(250)을 실시하는데 사용될 수 있는 단계들을 예시한다. 이 단계들은 베이스에 대한 수술 기구 샤프트의 회전에 응하여 제1 케이블을 움직이는 단계(단계 262); 제2 케이블을 움직이는 단계(단계 264); 제2 케이블의 움직임에 응하여 제1 도르래 및 제2 도르래를 움직이는 단계(단계 266); 제1 케이블을 제1 및 제2 도르래와 각각 연동되는 단계(단계 268); 및 제1 케이블의 움직임에 응하여 구동 샤프트를 회전시키는 단계(단계 270)를 포함한다. 많은 구체예에서, 제1 케이블은 각 도르래에서 약 180도 구간에 걸쳐서 제1 및 제2 도르래와 각각 연동된다.

[0091] 도 20은 여기 설명된 것들 중 어느 것과 같은, 케이블에 의한 단차를 이용하여 방법(250)을 실시하는데 사용될 수 있는 단계들을 예시한다. 이 단계들은 제1 케이블을 움직이는 단계(단계 272); 베이스에 대한 수술 기구 샤프트의 회전에 응하여 제2 케이블을 움직이는 단계(단계 274); 제2 케이블의 움직임에 응하여 제1 도르래 및 제2 도르래를 움직이는 단계(단계 276); 제1 케이블을 제1 및 제2 도르래와 각각 연동되는 단계(단계 278); 및 제1 케이블의 움직임에 응하여 구동 샤프트를 회전시키는 단계(단계 280)를 포함한다. 많은 구체예에서, 제1 케이블은 각 도르래에서 약 180도 구간에 걸쳐서 제1 및 제2 도르래와 각각 연동된다.

[0092] 도 21은 여기 설명된 것들 중 어느 것과 같은, 기어에 의한 단차를 이용하여 방법(250)을 실시하는데 사용될 수 있는 단계들을 예시한다. 이 단계들은 제1 인풋 동작에 응하여 단차 기어 조립체의 제1 인풋 링크를 회전시키는 단계(단계 282), 제2 인풋 동작에 응하여 단차 기어 조립체의 제2 인풋 링크를 회전시키는 단계(단계 284), 및 단차 기어 조립체의 아웃풋 링크의 회전에 응하여 구동 샤프트를 회전시키는 단계(단계 286)를 포함한다.

[0093] 방법 적용

[0094] 여기 개시된 방법은 어떤 적합한 용도에 이용될 수 있다. 예를 들어, 여기 개시된 방법은 개복 또는 최소 침습(단일 또는 멀티-포트) 과정을 위한 수동 또는 전기 방식 핸드헬드 또는 로봇 방식 직접 제어 또는 원격조종 방식의 수술 기구들에 이용될 수 있다. 이러한 기구들의 예는 인풋을 작동시키는 토크를 수용하는 원위부 구성요소를 가진 것들을 포함한다(예를 들어, 그립 제어 기능, 구성요소 배향 제어 기능, 구성요소 배치 기능 등을 위한). 예시적인 비제한적 예들은 스테이플링, 커팅, 조직 푸싱, 영상화 장치 배향 및 배치 제어, 강한 힘의 그래스핑, 바이오피시, 및 단부 작동기 및 배향 제어를 포함하는 원격조종 또는 핸드헬드 기구들을 포함한다.

[0095] 회전가능한 샤프트 내의 구동 샤프트(들)

[0096] 도 22는 회전가능한 메인 샤프트 내에 2개의 오프셋 구동 샤프트를 가진 로봇 조립체(370)를 도식적으로 예시한다. 로봇 조립체(370)는 회전가능한 메인 샤프트(374)의 원단부와 연결된 단부 작동기(372), 및 메인 샤프트(374)와 단부 작동기(372)와 모두 연결된 작동 조립체(376)를 포함한다.

[0097] 단부 작동기(372)는 단부 작동기 베이스, 제1 작동 메커니즘(378), 제2 작동 메커니즘(380) 및 제어 케이블 메커니즘(들)(382)을 포함한다. 단부 작동기 베이스는 회전가능한 메인 샤프트(374)에 연결되어 선회된다. 제1 작동 메커니즘(378)과 제2 작동 메커니즘(380)은 샤프트 구동되며, 여러 단부 작동기 특징부 및/또는 장치, 예를 들어 클램핑 특징부, 움직이는 커팅 특징부, 커팅 및 스테이플링 장치, 또는 샤프트 구동 메커니즘에 의해 작동되고/되거나 관절화될 수 있는 다른 적합한 단부 작동기 특징부 및/또는 장치를 작동시키고/시키거나 관절화하는데 사용될 수 있다. 제어 케이블 메커니즘(들)(382)도 또한 여러 단부 작동기 특징부 및/또는 장치, 특히 빠른 반응이 바람직한 것들, 예를 들어 그래스핑 특징부, 메인 샤프트에 대한 단부 작동기 베이스를 관절화하는데 사용되는 단부 작동기 베이스 리스트에 대한 메인 샤프트, 또는 하나 이상의 제어 케이블을 통해서 작동되고/되거나 관절화될 수 있는 다른 적합한 특징부 및/또는 장치를 작동시키고/시키거나 관절화하는데 사용될 수 있다.

[0098] 단부 작동기 베이스는 회전가능한 메인 샤프트(374)와 연결되며, 이로써 메인 샤프트 회전축을 중심으로 한 메인 샤프트(374)의 회전이 단부 작동기 베이스의 상응하는 회전을 생성한다. 상기 논의된 대로, 메인 샤프트(374)를 독립적으로 회전시키는 능력은 비-회전성 메인 샤프트에 비해 단부 작동기 조작능을 증가시키며, 이것은 특정한 수술 과정 동안, 예를 들어 특정한 최소 침습 수술 과정 동안 유리할 수 있다. 또한, 단부 작동기 베이스는 추가의 단부 작동기 조작능을 제공하는 적합한 리스트 메커니즘(384)을 가진 회전가능한 메인 샤프트(374)와 연결될 수 있다.

[0099] 2개의 구동 샤프트를 사용해서 단부 작동기 샤프트 구동 작동 메커니즘을 구동시킨다. 제1 구동 샤프트(386)는 메인 샤프트 회전축으로부터 오프셋된 제1 구동 샤프트 회전축을 중심으로 한 회전을 위해 장착된다. 제1 구동

샤프트(386)는 제1 작동 메커니즘(378)과 연결되어 작동된다. 마찬가지로, 제2 구동 샤프트(388)는 메인 샤프트 회전축으로부터 오프셋된 제2 구동 샤프트 회전축을 중심으로 한 회전을 위해 장착된다. 제2 구동 샤프트(388)는 제2 작동 메커니즘(380)과 연결되어 작동된다.

[0100] 작동 조립체(376)는 회전가능한 메인 샤프트(374), 제1 구동 샤프트(386), 제2 구동 샤프트(388) 및 제어 케이블 메커니즘(들)(382)과 연결된다. 회전가능한 메인 샤프트(374)는 작동 조립체(376)의 베이스에 대한 회전을 위해 장착된다. 작동 조립체(376)는 베이스에 대한 회전가능한 메인 샤프트(374)의 회전을 생성하도록 작동된다. 또한, 작동 조립체(376)는 베이스에 대한 회전가능한 메인 샤프트(374)의 회전, 회전가능한 메인 샤프트(374)에 대한 제1 구동 샤프트(386)의 회전, 및 회전가능한 메인 샤프트(374)에 대한 제1 구동 샤프트(388)의 회전의 어떤 조합을 생성하도록 작동된다. 이와 같이, 제1 작동 메커니즘(378) 및/또는 제2 작동 메커니즘(380)은 독립적으로 및/또는 회전가능한 메인 샤프트(374)의 회전과 동시에 작동될 수 있다.

[0101] 작동 조립체(376)는 제1 구동 샤프트(386)와 제2 구동 샤프트(388)가 베이스에 대한 회전가능한 메인 샤프트(374)가 회전하는 동안에도 회전가능한 메인 샤프트(374)에 대해 독립적으로 회전될 수 있는 상기 설명된 기능성을 제공하도록 구성된다. 작동 조립체(376)는 메인 샤프트 인코더(392) 및 메인 샤프트 인터페이스(394)와 연결된 메인 샤프트 모터(390), 제1 인코더(398) 및 제1 인터페이스(400)와 연결된 제1 모터(396), 제2 인코더(404) 및 제2 인터페이스(406)와 연결된 제2 모터(402), 및 제어 케이블 인코더(들)(410) 및 제어 케이블 인터페이스(들)(412)와 연결된 제어 케이블 모터(들)(408)를 포함한다. 메인 샤프트 인터페이스(394)는 회전가능한 메인 샤프트(374)와 연결되며, 이로써 회전 동작을 메인 샤프트 모터(390)로부터 회전가능한 메인 샤프트(374)로 전달할 수 있다. 메인 샤프트 모터(390)는 베이스에 고정 연결될 수 있으며, 이로써 전달된 회전 동작이 베이스에 대한 회전가능한 메인 샤프트(374)의 회전을 일으킨다. 메인 샤프트 인코더(392)는 메인 샤프트 모터(390), 메인 샤프트 인터페이스(394) 및/또는 회전가능한 메인 샤프트(374)의 배향을 측정하며, 컨트롤러(도 22에는 미도시)와 연결되어 컨트롤러에 측정된 배향을 제공할 수 있다. 제1 인터페이스(400)는 제1 구동 샤프트(386)와 연결되어 회전가능한 메인 샤프트(374)의 어떤 배향 및/또는 회전 동작 동안 회전 동작을 제1 모터(396)로부터 제1 구동 샤프트(386)에 전달하도록 작동될 수 있다. 제1 인코더(398)는 제1 모터(396), 제1 인터페이스(400) 및/또는 제1 구동 샤프트(386)의 배향을 측정하며, 컨트롤러와 연결되어 컨트롤러에 측정된 배향을 제공할 수 있다. 제2 인터페이스(406)는 제2 구동 샤프트(388)와 연결되어 회전가능한 메인 샤프트(374)의 어떤 배향 및/또는 회전 동작 동안 회전 동작을 제2 모터(402)로부터 제2 구동 샤프트(388)에 전달하도록 작동될 수 있다. 제2 인코더(404)는 제2 모터(402), 제2 인터페이스(406) 및/또는 제2 구동 샤프트(388)의 배향을 측정하며, 컨트롤러와 연결되어 컨트롤러에 측정된 배향을 제공할 수 있다. 제어 케이블 인터페이스(들)(412)는 제어 케이블 메커니즘(들)(382)과 연결되어 작동되는 제어 케이블(들)(414)과 연결된다. 제어 케이블(들)(414)은 회전가능한 메인 샤프트(374)의 회전 배향 범위를 허용하도록 이어질 수 있으며, 예를 들어 메인 샤프트 회전축 부근에서 이어짐으로써 회전가능한 메인 샤프트(374)의 회전에 의한 제어 케이블 길이의 변화를 최소화할 수 있고, 제어 케이블(들)의 어떤 꼬임 및/또는 제어 케이블들 간의 꼬임을 허용하도록 구성됨으로써 메인 샤프트(374)의 어떤 회전 배향을 가져올 수 있다(예를 들어, 케이블간 마찰을 견디는 구성을 가짐으로써). 제어 케이블 인코더(들)(410)는 제어 케이블 모터(들)(408) 및/또는 제어 케이블 인터페이스(들)(412)의 배향을 측정하며, 컨트롤러와 연결되어 컨트롤러에 측정된 배향(들)을 제공할 수 있다.

[0102] 도 23은 많은 구체예에 따른, 컨트롤러(416)와 로봇 조립체(370)의 구성요소들의 통합을 예시하는 단순화된 블록도이다. 컨트롤러(416)는 적어도 하나의 프로세서(418)를 포함하며, 이것은 버스 서브시스템(420)을 통해서 주변 장치들과 통신한다. 이들 주변 장치들은 전형적으로 저장 서브시스템(422)을 포함한다.

[0103] 저장 서브시스템(422)은 컨트롤러(416)의 기능성을 제공하는 기본 프로그래밍과 데이터 구축을 유지한다. 상기 논의된 로봇 조립체 기능성을 실시하기 위한 소프트웨어 모듈이 전형적으로 저장 서브시스템(422)에 저장된다. 저장 서브시스템(422)은 전형적으로 메모리 서브시스템(424)과 파일 저장 서브시스템(426)을 포함한다.

[0104] 메모리 서브시스템(424)은 전형적으로 프로그램 실행 동안 명령 및 데이터를 저장하는 주 랜덤 액세스 메모리(RAM)(428) 및 고정적인 명령이 저장되는 읽기 전용 메모리(ROM)(430)를 포함하는 많은 메모리를 포함한다.

[0105] 파일 저장 서브시스템(426)은 프로그램과 데이터 파일의 영구적인(비휘발성) 저장을 제공하며, 하드 드라이브, 디스크 드라이브, 또는 플래시 메모리와 같은 다른 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 입력 장치, 예를 들어 디스크 드라이브를 사용하여 상기 논의된 소프트웨어 모듈을 입력할 수 있다. 또는 달리, USB 포트와 같은 다른 공지된 구조들을 대신 사용하여 소프트웨어 모듈을 입력할 수 있다.

[0106] 이 맥락에서, 용어 "버스 시스템"은 본질적으로 다양한 구성요소들과 서브시스템이 의도된 대로 서로 통신하도록

록 하는 어떤 메커니즘을 포함하도록 사용된다. 버스 시스템(420)은 단일 버스로서 도식적으로 도시되지만, 전형적인 시스템은 로컬 버스 및 하나 이상의 확장형 버스(예를 들어 ADB, SCSI, ISA, EISA, MCA, NuBus 또는 PCI)는 물론 연속 및 평행 포트와 같은 많은 버스를 가진다.

[0107] 컨트롤러(416)는 입력제어 장치(들)(36)(도 2에 도시된)로부터의 신호는 물론 메인 샤프트 인코더(392), 제1 인코더(398), 제2 인코더(404) 및 제어 케이블 인코더(들)(410)로부터의 신호를 포함해서 여러 수신된 신호에 응하여 로봇 조립체(370)의 구성요소들을 제어한다. 제어되는 구성요소들은 메인 샤프트 모터(390), 제1 모터(396), 제2 모터(402), 및 제어 케이블 모터(들)(408)를 포함한다. 디지털/아날로그 변환기와 같은 추가의 구성요소(미도시)는 컨트롤러(416)와 구성요소들의 인터페이스에 사용될 수 있다.

[0108] 도 24는 많은 구체예에 따른, 로봇 수술 시스템 내에 로봇 수술 도구(432)의 통합을 예시하는 단순화된 블록도이다. 도구(432)는 근위부 도구 새시(434)를 포함하며, 이것은 근위부 도구 새시(434)와 맞닿도록 구성된 도구 인터페이스를 가진 조작기(436) 상에 탈착 가능하게 장착될 수 있도록 구성된다. 도구(432)는 연장된 메인 샤프트(374)를 더 포함하며, 이것은 상기 논의된 대로 메인 샤프트 모터에 의해 회전되었을 때 근위부 도구 새시(434)에 대해 회전하도록 장착된다. 단부 작동기(440)는 메인 샤프트(374)의 원단부와 연결되어 메인 샤프트와 함께 회전한다. 주 제어 시스템(442)은 조작기(436)와 연결되어 작동된다. 보조 제어 시스템(444)도 조작기(436)와 연결되어 작동될 수 있다. 주 제어 시스템(442)과 보조 제어 시스템(444)의 조합을 사용하여 조작기(436)를 통해 도구(432)의 모든 가능한 관절화를 제어할 수 있다. 예를 들어, 보조 제어 시스템(444)은 제1 구동 샤프트 회전과 제2 구동 샤프트 회전을 위한 구동 모터를 제어할 수 있다. 주 제어 시스템(442)은 메인 샤프트 회전을 위한 구동 모터와 하나 이상의 제어 케이블 구동 모터를 제어할 수 있다. 이러한 보조 컨트롤러를 사용하여 기존의 로봇 수술 시스템 구성을 보강함으로써 하나 이상의 오프셋 구동 샤프트가 독립적으로 회전하는 메인 샤프트 내에서 이어진 현재 개시된 로봇 도구를 사용할 수 있게 된다.

[0109] 메인 샤프트의 의도치 않은 회전을 피하기 위한 단부 작동기 및 단부 작동기를 지지하는 메인 샤프트와 구동 모터(들)의 커플링

[0110] 도 25는 많은 구체예에 따른, 수술 조립체(500)를 도식적으로 예시하며, 여기서 단부 작동기 회전 메커니즘을 작동시키는데 사용된 구동 모터가 메인 샤프트/단부 작동기 조립체와 연결되며, 이로써 단부 작동기 회전 메커니즘의 작동 동안 메인 샤프트/단부 작동기 조립체의 의도치 않은 회전을 피할 수 있다. 수술 조립체(500)는 베이스(예를 들어, 도 24에 예시된 조작기(436))에 장착되어 회전되는 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502), 베이스에 대해 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)를 회전 구동시키는 메인 샤프트 드라이브(504), 및 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)와 연결되어 회전되는 반대작용 작동 조립체(506)를 포함하며, 이로써 단부 작동기 회전 메커니즘에 작동 토크가 제공되고, 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)에 반대작용 토크(507)가 제공된다.

[0111] 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)는 베이스에 장착되어 회전되고 메인 샤프트 드라이브(504)에 의해 회전 구동되는 메인 샤프트(508)와 메인 샤프트(508)에 의해 지지된 단부 작동기(510)를 포함한다. 단부 작동기(510)는 제1 회전 메커니즘(512)과 제2 회전 메커니즘(514)을 포함한다. 제1 및 제2 회전 메커니즘(512, 514)을 사용하여 단부 작동기 구성요소, 예를 들어 클램핑 턱부, 스테이플링 장치, 컷팅 장치 등을 관절화할 수 있다.

[0112] 최소 침습 수술 도구에 부여된 치수적 제한 때문에 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)의 외부의 공급원으로부터 제1 및 제2 회전 메커니즘(512, 514)에 작동 토크를 제공하는 것이 바람직하다. 그러나, 이러한 구성에서는 제1 및 제2 회전 메커니즘(512, 514)이 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)의 메인 샤프트(508)에 의해 지지되는 단부 작동기(510)의 일부이기 때문에 작동 토크가 외부 공급원으로부터 제1 및 제2 회전 메커니즘(512, 514)에 전달되었을 때 전달된 작동 토크의 일부 또는 전부에 메인 샤프트(508)가 반응할 수 있다. 또한, 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)가 반응하는 작동 토크에는 메인 샤프트 드라이브(504)도 반응한다. 결과적으로, 메인 샤프트 드라이브(504)는 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)가 반응하는 충분한 크기의 토크를 통해 역 구동될 수 있다. 다시 말해서, 메인 샤프트 드라이브(504)는 역 구동 토크 역치를 가질 수 있으며, 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)가 역 구동 토크 역치를 넘는 순 토크(마찰 유도 제한을 극복하는데 필요한 어떤 토크를 포함하는)를 받을 때는 메인 샤프트를 역 구동시키고, 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)가 역 구동 토크 역치 이하의 순 토크를 받을 때는 역 구동시키지 않을 수 있다. 또한, 메인 샤프트(508)에 의한 메인 샤프트 드라이브(504)의 회전 구동(역 구동이라고도 한다)을 방지하는 어떤 메커니즘, 예를 들어 토크 브레이크, 비가역적 기어 구조 등과 같은 메커니즘의 사용을 피하는 것이 바람직할 수 있으며, 이로써 관련된 비용, 크기,

중량, 관련된 유해한 특성 및/또는 경비를 피할 수 있다.

- [0113] 수술 조립체(500)에서, 반대작용 작동 조립체(506)는 제1 및 제2 회전 메커니즘(512, 514)에 전달되는 작동 토크를 생성하는 외부 공급원이다. 또한, 반대작용 작동 조립체(506)는 메인 샤프트(508)에 전달되는 밸런싱 토크를 생성하며, 이로써 메인 샤프트 드라이브(504)의 역 구동을 방지할 수 있다. 반대작용 작동 조립체(506)는 제1 구동 모터(516), 제2 구동 모터(518), 제1 트랜스미션(520), 제1 회전 커플링(522), 제2 트랜스미션(524), 및 제2 회전 커플링(526)을 포함한다.
- [0114] 제1 구동 모터(516)는 제1 트랜스미션(520)과 제1 회전 커플링(522)을 통해서 제1 회전 메커니즘(512)과 메인 샤프트(508)와 연결되어 회전된다. 제1 구동 모터(516)는 제1 트랜스미션의 제1 인풋 링크(528)와 연결되어 회전되며, 제1 인풋 토크를 제1 인풋 링크(528)에 전달한다. 제1 트랜스미션(520)은 제1 트랜스미션(520)의 제1 인풋 링크(528)와 제1 아웃풋 링크(530) 사이에 제1 기어 비를 제공한다. 제1 아웃풋 링크(530)는 제1 회전 메커니즘(512)과 연결되어 회전된다. 제1 회전 커플링(522)은 제1 트랜스미션(520)의 제1 베이스 링크(532)와 메인 샤프트(508) 사이에 연결된다. 제1 회전 커플링(522)은 제1 베이스 링크(532)와 메인 샤프트(508) 사이에 제2 기어 비를 제공한다. 제1 베이스 링크(532)는 회전 접지되지 않는다(예를 들어, 메인 샤프트(508)가 장착되어 회전되는 베이스에 회전 접지되지 않는다).
- [0115] 제1 트랜스미션(520)에 의해 제공된 제1 기어 비는 제1 아웃풋 링크(530)가 제1 인풋 토크를 초과하는 토크를 전달할 수 있도록 하는 것보다 충분히 더 크다. 제1 트랜스미션(520)의 제1 베이스 링크(532)가 회전 접지되지 않기 때문에 제1 아웃풋 링크(530)에 의해 전달된 토크와 제1 인풋 토크 사이의 차이는 제1 베이스 링크(532)로부터 제1 회전 커플링(522)으로 전달되는 반대 방향의 토크와 균형을 이룬다. 많은 구체예에서, 제1 기어 비는 제1 아웃풋 링크(530)에 의해 전달된 토크와 제1 베이스 링크(532)로부터 제1 회전 커플링(522)으로 전달되는 반대 방향의 토크가 대략 동일한 크기를 갖도록 하는 것보다 충분히 더 크다. 예를 들어, 제1 기어 비가 9대 1인 구체예에서, 제1 아웃풋 링크(530)에 의해 전달된 토크는 제1 인풋 토크의 9배이다. 제1 베이스 링크(532)에 의해 제1 회전 커플링(522)으로 전달된 반대 방향의 토크는 제1 인풋 토크의 크기의 8배인 크기를 가진다.
- [0116] 제1 회전 커플링(522)에 의해 제공된 제2 기어 비는 제1 회전 커플링(522)에 의해 메인 샤프트(508)에 전달된 토크가 제1 아웃풋 링크(530)에 의해 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)에 전달된 토크와 충분히 균형을 이루어 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)에 의한 메인 샤프트 드라이브(504)의 회전 구동을 억제할 수 있도록 선택된다. 메인 샤프트 드라이브(504)가 비-제로 역-구동 토크 역치를 가질 경우, 제2 기어 비는 일정 범위의 기어 비로부터 선택되며, 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)에 의한 메인 샤프트 드라이브의 회전 구동은 여전히 억제된다. 이상적으로, 제2 기어 비는 제1 회전 커플링에 의해 메인 샤프트에 전달된 토크가 제1 아웃풋 링크(530)에 의해 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)에 전달된 토크와 실질적으로 균형을 이루도록 선택된다. 도 9에는 예시되지 않았지만, 제1 트랜스미션(520)의 제1 아웃풋 링크(530)는 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)에 직접 연결되어 회전할 필요는 없으며, 대신 제1 아웃풋 링크(530)와 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502) 사이에 비-단위 기어 비를 제공하는 방식으로 연결될 수 있다. 이러한 비-단위 기어 비가 존재할 경우, 제1 회전 커플링(522)에 의해 제공된 제2 기어 비는 추가의 비-단위 기어 비를 고려하여 구성될 수 있다.
- [0117] 유사한 방식으로, 제2 구동 모터(518)는 제2 트랜스미션(524)과 제2 회전 커플링(526)을 통해서 제2 회전 메커니즘(514)과 메인 샤프트(508)에 연결되어 회전한다. 제2 구동 모터(518)는 제2 트랜스미션의 제2 인풋 링크(534)와 연결되어 회전하여 제2 인풋 토크를 제2 인풋 링크(534)에 전달한다. 제2 트랜스미션(524)은 제2 트랜스미션(524)의 제2 인풋 링크(534)와 제2 아웃풋 링크(536) 사이에 제3 기어 비를 제공한다. 제2 아웃풋 링크(536)는 제2 회전 메커니즘(514)과 연결되어 회전한다. 제2 회전 커플링(526)은 제2 트랜스미션(524)의 제2 베이스 링크(538)와 메인 샤프트(508) 사이에 연결된다. 제2 회전 커플링(526)은 제2 베이스 링크(538)와 메인 샤프트(508) 사이에 제4 기어 비를 제공한다. 제2 베이스 링크(538)는 회전 접지되지 않는다(예를 들어, 메인 샤프트(508)가 장착되어 회전되는 베이스에 회전 접지되지 않는다).
- [0118] 제2 트랜스미션(524)에 의해 제공된 제3 기어 비는 제2 아웃풋 링크(536)가 제2 인풋 토크를 초과하는 토크를 전달할 수 있도록 하는 것보다 충분히 더 크다. 제2 트랜스미션(524)의 제2 베이스 링크(538)가 회전 접지되지 않기 때문에 제2 아웃풋 링크(536)에 의해 전달된 토크와 제2 인풋 토크 사이의 차이는 제2 베이스 링크(538)로부터 제2 회전 커플링(526)으로 전달되는 반대 방향의 토크와 균형을 이룬다. 많은 구체예에서, 제3 기어 비는 제2 아웃풋 링크(536)에 의해 전달된 토크와 제2 베이스 링크(538)로부터 제2 회전 커플링(526)으로 전달되는 반대 방향의 토크가 대략 동일한 크기를 갖도록 하는 것보다 충분히 더 크다. 예를 들어, 제3 기어 비가 9대 1

인 구체예에서, 제2 아웃풋 링크(536)에 의해 전달된 토크는 제2 인풋 토크의 9배이다. 제2 베이스 링크(538)에 의해 제2 회전 커플링(526)으로 전달된 반대 방향의 토크는 제2 인풋 토크의 크기의 8배인 크기를 가진다.

[0119] 제2 회전 커플링(526)에 의해 제공된 제4 기어 비는 제2 회전 커플링(526)에 의해서 메인 샤프트(508)에 전달된 토크가 제2 아웃풋 링크(536)에 의해 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)에 전달된 토크와 충분히 균형을 이루어 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)에 의한 메인 샤프트 드라이브(504)의 회전 구동을 억제할 수 있도록 선택된다. 메인 샤프트 드라이브(504)가 비-제로 역-구동 토크 역치를 가질 경우, 제4 기어 비는 일정 범위의 기어 비로부터 선택될 수 있으며, 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)에 의한 메인 샤프트 드라이브의 회전 구동을 여전히 억제한다. 이상적으로, 제4 기어 비는 제2 회전 커플링에 의해 메인 샤프트에 전달된 토크가 제2 아웃풋 링크(536)에 의해 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)에 전달된 토크와 실질적으로 균형을 이루도록 선택된다. 도 25에 예시되지는 않았지만, 제2 트랜스미션(524)의 제2 아웃풋 링크(536)는 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)와 직접 연결되어 회전을 필요는 없으며, 대신 제2 아웃풋 링크(536)와 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502) 사이에 비-단위 기어 비를 제공하는 방식으로 연결될 수 있다. 이러한 비-단위 기어 비가 존재할 경우, 제2 회전 커플링(524)에 의해서 제공된 제4 기어 비는 추가의 비-단위 기어 비를 고려하여 구성될 수 있다.

[0120] 제1 및 제2 아웃풋 링크(530, 536)는 제1 및 제2 회전 메커니즘(512, 514)과 각각 직접 연결되어 회전할 수 있지만, 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)는 제1 아웃풋 링크(530)와 제1 회전 메커니즘(512)과 연결되어 회전하는 제1 구동 샤프트(542) 사이에 기어 비를 제공하는 제1 기어 조립체(540)와 제2 아웃풋 링크(536)와 제2 회전 메커니즘(514)과 연결되어 회전하는 제2 구동 샤프트(546) 사이에 기어 비를 제공하는 제2 기어 조립체(544)를 포함한다. 제1 기어 조립체와 제2 기어 조립체(540, 544)의 경우 모두 이들의 인풋과 아웃풋 사이의 토크 단차가 메인 샤프트(508)에서 반응된다. 제1 및 제2 기어 조립체(540, 544)에 의해 제공된 기어 비와 무관하게 제1 및 제2 기어 조립체(540, 544)가 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)의 일부이기 때문에 제1 및 제2 기어 조립체(540, 544)의 비-단위 기어 비에 의해 생성된 어떤 토크 단차는 제1 및 제2 회전 메커니즘(512, 514)에 전달되는 토크가 그런 것과 마찬가지로 메인 샤프트(508)에 의해 반응된다. 결과적으로, 제1 및 제2 기어 조립체(540, 544)의 기어 비는 제1 및 제2 아웃풋 링크(530, 536)에 의해 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)에 전달된 작동 토크를 상쇄하는데 사용된 반대작용 토크(507)의 크기와 관련하여 반대작용 작동 조립체(506)의 구성(예를 들어, 기어 비)에 영향을 미치지 않는다.

[0121] 제1 및 제2 아웃풋 링크(530, 536)를 통해서 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)에 전달되는 토크(들)는 메인 샤프트 드라이브(504)의 역-구동 토크 역치를 초과할 수 있지만, 반대작용 작동 조립체(506)를 통해 메인 샤프트(508)에 전달된 반대작용 토크가 메인 샤프트 드라이브(504)의 회전 구동을 억제한다. 반대작용 작동 조립체(506)는 제1 및 제2 아웃풋 링크(530, 536)에 의해서 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)에 전달된 토크가 역-구동 토크 역치를 초과할 때도 반대작용 토크는 메인 샤프트 드라이브(504)의 역-구동 토크 역치 미만인 순 토크 크기만큼 제1 및 제2 아웃풋 링크(530, 536)에 의해 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)에 전달된 토크(들)의 크기와 다르도록 구성된다. 바람직하게, 순 토크 크기는 제1 및 제2 아웃풋 링크(530, 536)에 의해 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)에 전달된 토크가 역-구동 토크 역치를 초과할 때도 역-구동 토크 역치의 50 퍼센트 미만이다. 더 바람직하게, 순 토크 크기는 제1 및 제2 아웃풋 링크(530, 536)에 의해 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)에 전달된 토크가 역-구동 토크 역치를 초과할 때도 역-구동 토크 역치의 25 퍼센트 미만이다. 더욱 바람직하게, 순 토크 크기는 제1 및 제2 아웃풋 링크(530, 536)에 의해 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)에 전달된 토크가 역-구동 토크 역치를 초과할 때도 역-구동 토크 역치의 10 퍼센트 미만이다. 이상적으로, 순 토크 크기는 제1 및 제2 아웃풋 링크(530, 536)에 의해 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)에 전달된 토크가 역-구동 토크 역치를 초과할 때도 역-구동 토크 역치의 2 퍼센트 미만이다. 예를 들어, 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)가 메인 샤프트 드라이브(504)와 연결되어 회전하지 않는 시나리오에서(예를 들어, 고장 시나리오 또는 수술 조립체(500)와 수술 로봇 사이의 연결이 적절히 확립되지 않는 경우), 베이스에 대한 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)의 회전을 제한하는 작용을 하는 수술 조립체(500)의 마찰은 순 토크 크기가 역-구동 토크 역치의 2 퍼센트 미만인 경우 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)의 회전을 방지하기에 충분할 수 있다.

[0122] 제1 회전 커플링(522)과 제2 회전 커플링(536)은 메인 샤프트(508)와 연결되어 회전하는 하나 이상의 공통 구성요소를 공유할 수 있다. 예를 들어, 공통 구동 샤프트가 메인 샤프트(508)와 연결되어 회전하면서 베이스 링크(532, 538) 중 한쪽 또는 양쪽으로부터의 반대작용 토크를 메인 샤프트(508)에 전달할 수 있다.

[0123] 어떤 적합한 타입의 트랜스미션(들)도 제1 및 제2 트랜스미션으로 사용될 수 있지만, 행성형 기어 박스가 사용

될 수 있고, 적합한 기어 비를 제공하도록 구성될 수 있다. 이러한 행성형 기어 박스는 반대작용 작동 조립체(506)에 사용될 수 있는 만큼 적합한 작은 크기를 갖도록 구성될 수 있다. 도 26은 예시적인 행성형 기어 세트(550)를 예시한다. 행성형 기어 세트(550)는 인풋 링크(554)에 부착된 중심 기어(552), 링 기어(556), 중심 기어(552) 주변에 분포되어 링 기어(556)와 중심 기어(552)를 회전 연결하는 4개의 행성 기어(558), 및 각각의 행성 기어(558)를 지지하며 이들과 연결되어 회전하는 캐리어를 포함한다.

[0124] 더욱이, 행성형 기어 박스는 제1 및 제2 트랜스미션(520, 524)의 제1 및 제2 인풋 링크(528, 534), 제1 및 제2 아웃풋 링크(530, 536), 및 제1 및 제2 베이스 링크(532, 538)로서 어떤 가능한 조합으로도 사용될 수 있는 적합한 특징을 제공한다. 예를 들어, 중심 기어는 제1 및 제2 인풋 링크, 제1 및 제2 아웃풋 링크, 및 제1 및 제2 베이스 링크 중 어느 하나에 상응할 수 있다. 마찬가지로, 캐리어도 제1 및 제2 인풋 링크, 제1 및 제2 아웃풋 링크, 및 제1 및 제2 베이스 링크 중 어느 하나에 상응할 수 있다. 링 기어는 제1 및 제2 인풋 링크, 제1 및 제2 아웃풋 링크, 및 제1 및 제2 베이스 링크 중 어느 하나에 상응할 수 있다. 적합한 조합의 특정한 예로서, 중심 기어가 제1/제2 인풋 링크에 상응할 수 있고, 캐리어가 제1/제2 아웃풋 링크에 상응할 수 있으며, 링 기어가 제1/제2 베이스 링크에 상응할 수 있다. 다른 예로서, 중심 기어가 제1/제2 아웃풋 링크에 상응할 수 있고, 캐리어가 제1/제2 인풋 링크에 상응할 수 있으며, 링 기어가 제1/제2 베이스 링크에 상응할 수 있다. 추가의 예시로서, 캐리어 또는 중심 기어가 제1/제2 베이스 링크에 상응할 수 있다.

[0125] 도 27a 내지 도 29c는 도 9의 수술 조립체(500)에 따른 최소 침습 로봇 수술 기구 조립체(600)의 구체예를 예시한다. 따라서, 수술 조립체(500)에 관한 상기 논의는 수술 기구 조립체(600)에도 적용되므로 여기서는 상기 논의가 일부 생략될 수도 있다. 기구 조립체(600)는 기구 조립체의 근단부에 배치된 작동 조립체(602)를 포함한다. 메인 샤프트(604)가 작동 조립체(602)에 장착되어 회전된다. 제1 구동 샤프트(606)와 제2 구동 샤프트(608)가 메인 샤프트(604) 내에 회전하도록 장착되고, 기구 조립체의 원단부에 지지된 단부 작동기(미도시)의 제1 회전 메커니즘과 제2 회전 메커니즘에 각각 토크를 전달한다. 도 11a는 작동 조립체의 외부 투시도이다. 도 11b는 기구 조립체(600)의 분해조립 투시도로서, 제1 및 제2 구동 모터가 메인 샤프트(604) 및 제1 및 제2 구동 샤프트(606, 608)와 연결되어 회전되도록 하는 구동 커플링(612)으로부터 해제된 모터 팩(610)을 도시한다.

[0126] 도 28a는 기구 조립체(600)의 내부 구성요소들의 투시도이다. 도 28b는 도 27b에 상응하는 해제된 상태에서 도 28a의 내부 구성요소들을 예시한 분해조립 투시도이다. 도 29a는 기구 조립체(600)의 내부 구성요소들의 투시도로서, 나머지 구성요소들이 잘 보이도록 제2 구동 모터, 제2 행성형 기어 트랜스미션 및 제2 커플링 샤프트가 제거되어 있다. 도 29b는 도 29a의 내부 구성요소들의 단부도이다. 도 29c는 도 29b의 단면 A-A를 예시한다. 기구 조립체(600)는 제1 구동 모터(614), 제1 행성형 트랜스미션(616), 제2 구동 모터(618), 제2 행성형 트랜스미션(620), 제1 커플링 샤프트(622), 제2 커플링 샤프트(624), 및 공통 피드백 샤프트(626)를 포함한다. 제1 및 제2 행성형 기어 트랜스미션(616, 618)이 메인 샤프트(604)에 접지되어 회전되기 때문에 제1 및 제2 행성형 기어 트랜스미션(616, 618)은 메인 샤프트(604)의 회전에 응하여 각각 제1 및 제2 구동 모터(614, 618)에 대해 회전하게 된다.

[0127] 제1 커플링 샤프트(622)는 제1 행성형 트랜스미션(616)의 캐리어와 제1 구동 샤프트(606) 사이의 토크 경로 부분을 형성한다. 제1 구동 모터(614)는 제1 인풋 토크를 제1 행성형 트랜스미션(616)의 중심 기어에 전달한다. 제1 행성형 트랜스미션(616)의 캐리어가 인터메싱 피니언 기어를 통해서 제1 커플링 샤프트(622)와 연결되어 회전된다. 도 29a 및 도 29c에 예시된 대로 제1 커플링 샤프트(622)는 한 쌍의 피니언 기어와 링 기어를 통해 제1 구동 샤프트(606)와 연결되어 회전되는데, 이는 상기 참고자료로서 포함된 2009년 11월 3일자 제출된 미국 가 출원 제61/260,919호, 발명의 명칭 "독립적으로 회전하는 부재 내의 평행한 구동 샤프트들의 모터 인터페이스"(대리인 서류 번호 No. ISRG02360PROV)에 설명된다.

[0128] 마찬가지로 제2 커플링 샤프트(624)가 제2 행성형 트랜스미션(620)의 캐리어와 제2 구동 샤프트(608) 사이의 토크 경로 부분을 형성한다. 제2 구동 모터(618)가 제2 인풋 토크를 제2 행성형 트랜스미션(620)의 중심 기어에 전달한다. 제2 행성형 트랜스미션(620)의 캐리어가 인터메싱 피니언 기어를 통해서 제2 커플링 샤프트(624)와 연결되어 회전된다. 제2 커플링 샤프트(624)는 한 쌍의 피니언 기어와 링 기어를 통해 제2 구동 샤프트(608)와 연결되어 회전되는데, 이는 상기 참고자료로서 포함된 2009년 11월 3일자 제출된 미국 가 출원 제61/260,919호, 발명의 명칭 "독립적으로 회전하는 부재 내의 평행한 구동 샤프트들의 모터 인터페이스"(대리인 서류 번호 No. ISRG02360PROV)에 설명된다.

[0129] 공통 피드백 샤프트(626)가 제1 행성형 트랜스미션(616)의 베이스 링크와 메인 샤프트(604) 사이의 토크 경로

부분과 제2 행성형 트랜스미션(620)의 베이스 링크와 메인 샤프트 사이의 토크 경로 부분을 형성한다. 제1 행성형 트랜스미션(616)의 베이스 링크는 한 쌍의 피니언 기어를 통해 공통 피드백 샤프트(626)와 연결되어 회전되며, 기어 중 하나가 제1 행성형 트랜스미션(616)의 베이스 링크의 일부를 형성한다. 마찬가지로, 제2 행성형 트랜스미션(620)의 베이스 링크는 한 쌍의 피니언 기어를 통해 공통 피드백 샤프트(626)와 연결되어 회전되며, 기어 중 하나가 제2 행성형 트랜스미션(620)의 베이스 링크의 일부를 형성한다. 공통 피드백 샤프트(626)는 한 쌍의 피니언 기어를 통해 메인 샤프트(604)와 연결되어 회전되며, 기어 중 하나가 메인 샤프트와 직접 연결되어 회전된다. 메인 샤프트(604)는 한 쌍의 나선 기어(628, 630)를 통해 메인 구동 모터(미도시)와 연결되어 회전된다.

[0130] 작동 중 메인 샤프트가 회전하고 있지 않을 때는 메인 샤프트와 연결되어 회전되는 제1 및 제2 트랜스미션의 베이스 링크와 공통 피드백 샤프트(626)도 회전하지 않는다. 제1 및 제2 행성형 트랜스미션의 베이스 링크는 작동 조립체의 베이스에 접지되어 회전되지 않기 때문에 베이스 링크는 구동 모터로부터의 인풋 토크에 응하여 메인 샤프트에 반대작용 토크를 전달하는데 필요한 만큼 자유롭게 방향을 바꿔 회전하며, 베이스 링크는 메인 구동 모터에 의한 메인 샤프트의 회전에 의해 지시된 대로 공통의 구동 샤프트의 회전에 의해 지시된 대로 자유롭게 회전할 수 있다.

[0131] 기구 조립체(600)는 작동 토크가 단부 작동기의 회전 메커니즘으로 전달됨에 따른 바람직하지 않은 메인 샤프트 회전을 방지할 수 있다고 평가된 대안적인 접근법들에 비해 수많은 장점을 제공한다. 예를 들어, 기구 조립체(600)는 독립적으로 회전가능한 메인 샤프트에 의해 지시된 단부 작동기의 제1 및 제2 회전 메커니즘의 한쪽 또는 양쪽에 높은 수준의 토크를 전달하고, 동시에 메인 샤프트에 반대작용 토크를 전달함으로써, 결과적으로 메인 샤프트를 회전시키는데 사용된 메인 구동 모터를 역 구동시킬 수 있는 메인 샤프트에 적용되는 순 토크를 실질적으로 제로로 만들 수 있다. 반대작용 토크의 전달은 수동적으로 달성되며, 이로써 능동적 접근법에서 필요한 구성요소들의 사용을 피할 수 있다. 기구 조립체(600)는 양 회전 방향으로 연속적인 직선 성능을 제공하며, 에너지가 갑자기 방출될 가능성은 없다. 기구 조립체(600)는 메인 샤프트의 크기에 비해 비교적 크기가 큰 모터와 기어 박스를 고려한 현실적인 패키징 해결책과 양립할 수 있다. 기구 조립체(600)는 또한 비슷한 기구 조립체들에 비해 추가적인 힘이 적용될 필요가 없다. 기구 조립체(600)는 또한 마찰, 마모, 백래시, 제조 정밀도, 및 메커니즘에 사용된 구성요소들의 강성에 실질적인 불변성을 나타낸다. 기어 구조가 트랜스미션과 메인 샤프트 사이에 운동학적으로 단힌 시스템을 만들기 때문에 백래시가 이 단힌 시스템에 흡수되어 메커니즘의 계산된 잔류 토크를 넘는 순 토크는 절대 메인 샤프트/단부 작동기 조립체에 적용되지 않게 된다. 전술한 장점들이 전부 단부 작동기의 제1 및 제2 회전 메커니즘 중 한쪽 또는 양쪽에 토크가 전달되는 동안 메인 구동 모터에 의해 메인 샤프트의 자유 회전을 제공하는 기구 조립체에 제공된다.

[0132] 평가된 대안적인 접근법들은 전술한 장점들 중 한 가지 이상을 제공할 수 없었다. 평가된 대안적인 접근법들은 단방향 평 기어, 역 구동이 불가능한 웜 기어, 마찰 브레이크, 메인 샤프트 회전 락, 메인 구동 모터를 통해 적용된 여분의 힘, 메인 구동 모터를 통한 메인 샤프트 회전의 능동적 보상, 보조 모터를 이용한 발휘된 토크의 보상, 및 메인 샤프트에 모터 및 기어 박스의 장착을 포함했다. 자체 락킹 기어 개념은 특히 하중이 부족할 때 회전 방향의 변화가 갑자기 일어날 수 있고, 기어 세트가 락킹 상태에서 언락킹 상태로 될 때 기계 에너지가 빠르게 방출된다는 문제를 겪는다. 브레이크의 해제시 에너지가 갑자기 방출될 수 있다는 점에서 브레이크도 유사한 결함을 가진다.

[0133] 토크 밸런스 계산, 예를 들어 기어 비

[0134] 도 30은 상기 논의된 수술 조립체(500)에서 사용될 수 있는 예시적인 기어 비에 관해 이후 논의를 위한 참조 식별을 제공한다. 반대작용 작동 조립체(506)는 제1 및 제2 구동 모터(516, 518)를 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)와 연결하는데 유사한 구성을 사용하기 때문에 이후의 논의는 제1 구동 모터(516)를 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)와 연결시키는 것과 관련하여 제시되며, 또한 이 논의는 제2 구동 모터(518)를 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)와 연결시키는 것과 관련해서도 적용될 수 있다는 것이 이해된다.

[0135] 제1 아웃풋 링크(530)에 의해서 메인 샤프트/단부 작동기 조립체(502)로 전달되는 토크(T_c)는 식 (1)에 의해서 계산될 수 있다.

식 (1)

$$Tc = Tm \times P \times (N_{1B} / N_{1A}) \times (N_{1D} / N_{1C})$$

Tm = 모터 1 구동 토크

P = 행성형 기어 박스 P1의 기어비

N_{1A} = 기어 1A의 기어 톱니수

N_{1B} = 기어 1B의 기어 톱니수

N_{1C} = 기어 1C의 기어 톱니수

N_{1D} = 기어 1D의 기어 톱니수

[0136]

[0137]

제1 베이스 링크(532)와 제1 회전 커플링(522)을 통해서 메인 샤프트(508)로 전달되는 반대작용 토크(Tr)는 식 (2)에 의해서 계산될 수 있다.

식 (2)

$$Tr = -Tm \times (P-1) \times (N_{3B} / N_{3A}) \times (N_{3D} / N_{3C})$$

N_{3A} = 기어 3A의 기어 톱니수

N_{3B} = 기어 3B의 기어 톱니수

N_{3C} = 기어 3C의 기어 톱니수

N_{3D} = 기어 3D의 기어 톱니수

[0138]

[0139]

메인 샤프트 위치로부터 단부 작동기 구동 샤프트 위치의 해제

[0140]

상기 설명된 대로 반대작용 토크를 제공하는 것에 더하여, 수술 조립체(500)와 기구 조립체(600)는 메인 샤프트의 위치로부터 단부 작동기 구동 샤프트의 위치를 실질적으로 해제하도록 실시될 수 있다. 예를 들어, 수술 조립체(500)의 구성은 제1 및 제2 인풋 링크(528, 534)가 회전하지 않을 때(즉, 제1 및 제2 구동 모터(516, 518)가 회전하지 않을 때)는 메인 샤프트 드라이브(504)에 의한 메인 샤프트(508)의 회전이 메인 샤프트(508)에 대한 제1 및 제2 구동 샤프트(542, 546)에 상당한 양의 회전을 일으키지 않게 되도록 선택될 수 있다. 제1 및 제2 구동 샤프트(542, 546)의 유도된 회전은 메인 샤프트(508)의 회전의 10 퍼센트 미만일 수 있다. 어떤 구체예에서, 제1 및 제2 구동 샤프트(542, 546)의 유도된 회전은 메인 샤프트의 회전의 5 퍼센트 미만일 수 있다. 이 속성은 매우 유익하다. 예를 들어, 어떤 구체예에서, 제1 및 제2 구동 모터(516, 518)는 제한된 동작 범위를 가진다. 메인 샤프트(508)의 위치로부터 제1 및 제2 구동 샤프트(542, 546)의 위치를 실질적으로 해제함으로써 메인 샤프트 동작 범위가 제1 및 제2 구동 모터(516, 518)의 제한된 동작 범위에 의해 제한되지 않는다. 또한, 이러한 해제는 제1 및 제2 회전 메커니즘(512, 514)과 관련하여 단부 작동기의 작동 특성에 비해 유익한데, 이렇게 이러한 해제는 메인 샤프트의 단순한 회전에 따른 제1 및 제2 회전 메커니즘(512, 514)의 실질적인 작동을 방지한다. 예를 들어, 제1 및 제2 회전 메커니즘(512, 514) 중 하나가 스테이플러 메커니즘을 작동시키는데 사용된 경우, 이 해제는 메인 샤프트(508)의 회전에 의해 유도된 제1 및 제2 회전 메커니즘(512, 514)의 회전으로 인한 부주의한 발사를 방지하는데 도움이 된다. 또한, 이러한 해제가 없을 때는 메인 샤프트(508)의 위치를 모니터링하고, 모니터링된 위치를 사용하여 제1 및 제2 구동 모터(516, 518)의 반대작용 회전을 생성해서 제1 및 제2 구동 샤프트(542, 546)의 유도된 동작을 보정할 필요가 있을 수 있다.

[0141]

메인 샤프트(508)의 회전에 의해서 유도된 제1 구동 샤프트(542)의 회전량은 식 (3)에 의해서 계산될 수 있다. 인정될 수 있는 바대로, 제2 구동 샤프트(546)에 상응하는 변수들로 식 (3)에서 제1 구동 샤프트(542)에 상응하는 변수를 치환하여 메인 샤프트(508)의 회전에 의해서 유도된 제2 구동 샤프트(546)의 회전량을 계산할 수 있다.

식 (3)

$$Ind_{rot} = Main_{rot} \times \left(\frac{\left(\frac{N_{3B}}{N_{3A}} \right) \times \left(\frac{N_{3D}}{N_{3C}} \right) \times \left(\frac{P-1}{P} \right) \times \left(\frac{N_{1A}}{N_{1B}} \right) \times \left(\frac{N_{1C}}{N_{1D}} \right) - 1}{\left(\frac{N_{1F}}{N_{1E}} \right)} \right)$$

N_{1E} = 기어 1E의 기어 톱니수

N_{1F} = 기어 1F의 기어 톱니수

[0142]

[0143] 표 1 내지 3은 실시 구체예에 대한 기어 구조 변수, 결과의 단위 토크 계산, 및 단부 작동기 구동 샤프트에 대해 유도된 회전 수준을 기재한다.

표 1

제1 실시예 - 구체예

| 변수 설명 | 가변 변수 | 변수값 |
|----------------------|----------------------|-----------------------|
| 모터 1 아웃풋 토크 | Tm | 1 |
| 행성형 기어 박스 P1의 기어 비 | P | 25 |
| 기어 1A의 톱니수 | N_{1A} | 32 |
| 기어 1B의 톱니수 | N_{1B} | 40 |
| 기어 1C의 톱니수 | N_{1C} | 23 |
| 기어 1D의 톱니수 | N_{1D} | 55 |
| 기어 1E의 톱니수 | N_{1E} | 43 |
| 기어 1F의 톱니수 | N_{1F} | 13 |
| 결과의 인풋 구동 토크 | Tc | 74.7 |
| 기어 3A의 톱니수 | N_{3A} | 50 |
| 기어 3B의 톱니수 | N_{3B} | 64 |
| 기어 3C의 톱니수 | N_{3C} | 23 |
| 기어 3D의 톱니수 | N_{3D} | 55 |
| 결과의 반대작용 토크 | Tr | -73.5 |
| 토크 불균형 퍼센트 | $((Tc + Tr)/Tc)/100$ | 1.7 퍼센트 |
| 기준 메인 샤프트 회전 | $Main_{rot}$ | 520 도 |
| 유도된 단부 작동기 구동 샤프트 회전 | Ind_{rot} | -25.3 도 (4.9 퍼센트) |

[0144]

표 2

제2 실시예 - 구체예

| 변수 설명 | 가변 변수 | 변수값 |
|-------------------------|----------------------|----------------------|
| 모터 1 아웃풋 토크 | Tm | 1 |
| 행성형 기어 박스 P1의 기어 비 | P | 9 |
| 기어 1A의 톱니수 | N_{1A} | 24 |
| 기어 1B의 톱니수 | N_{1B} | 54 |
| 기어 1C의 톱니수 | N_{1C} | 23 |
| 기어 1D의 톱니수 | N_{1D} | 55 |
| 기어 1E의 톱니수 | N_{1E} | 43 |
| 기어 1F의 톱니수 | N_{1F} | 13 |
| 결과역의 인풋 구동 토크 | Tc | 48.4 |
| 기어 3A의 톱니수 | N_{3A} | 51 |
| 기어 3B의 톱니수 | N_{3B} | 61 |
| 기어 3C의 톱니수 | N_{3C} | 14 |
| 기어 3D의 톱니수 | N_{3D} | 70 |
| 결과역의 반대작용 토크 | Tr | -47.8 |
| 토크 불균형 퍼센트 | $((Tc + Tr)/Tc)/100$ | 1.2 퍼센트 |
| 기준 메인 샤프트 회전 | $Main_{rot}$ | 520 도 |
| 유도된 단부 작동기 구동 샤프트 회전 | Ind_{rot} | -20.6 도 (4.0 퍼센트) |

[0145]

표 3

제3 실시예 - 구체예

| 변수 설명 | 가변 변수 | 변수값 |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| 모터 1 아웃풋 토크 | Tm | 1 |
| 행성형 기어 박스 P1의 기어 비 | P | 25 |
| 기어 1A의 톱니수 | N_{1A} | 23 |
| 기어 1B의 톱니수 | N_{1B} | 56 |
| 기어 1C의 톱니수 | N_{1C} | 23 |
| 기어 1D의 톱니수 | N_{1D} | 55 |
| 기어 1E의 톱니수 | N_{1E} | 43 |
| 기어 1F의 톱니수 | N_{1F} | 13 |
| 결과인 인풋 구동 토크 | Tc | 145.6 |
| 기어 3A의 톱니수 | N_{3A} | 51 |
| 기어 3B의 톱니수 | N_{3B} | 61 |
| 기어 3C의 톱니수 | N_{3C} | 14 |
| 기어 3D의 톱니수 | N_{3D} | 70 |
| 결과인 반대작용 토크 | Tr | -143.5 |
| 토크 불균형 퍼센트 | $((Tc + Tr)/Tc)/100$ | 1.4 퍼센트 |
| 기준 메인 샤프트 회전 | $Main_{rot}$ | 520 도 |
| 유도된 단부 작동기 구동 샤프트 회전 | Ind_{rot} | -24.0 도 (4.6 퍼센트) |

[0146]

[0147] 관련 방법

[0148] 도 31은 많은 구체예에 따라서, 단부 작동기에 전달된 작동 토크가 수술 동안 역 구동가능한 메인 샤프트를 역 구동시키는 것을 방지하는 방법(700)을 예시한다. 상기 설명된 수술 조립체(500)와 기구 조립체(600)를 사용하여 이 방법(700)을 실시할 수 있다. 다음 단계들 중 하나 이상은 생략될 수 있다.

[0149] 단계 702에서, 제1 트랜스미션의 제1 인풋 링크가 회전되어 제1 트랜스미션의 제1 아웃풋 링크가 메인 샤프트와 메인 샤프트에 의해 지지된 단부 작동기를 포함하는 메인 샤프트 조립체에 제1 아웃풋 토크를 전달하고, 단부 작동기에 제1 단부 작동기 토크를 전달한다. 제1 트랜스미션은 제1 인풋 링크와 제1 아웃풋 링크 사이에 제1 기어 비를 제공한다. 제1 아웃풋 토크는 메인 샤프트 조립체가 회전 구동하도록 작동하는 메인 샤프트 드라이브의 역-구동 토크 역치보다 크다.

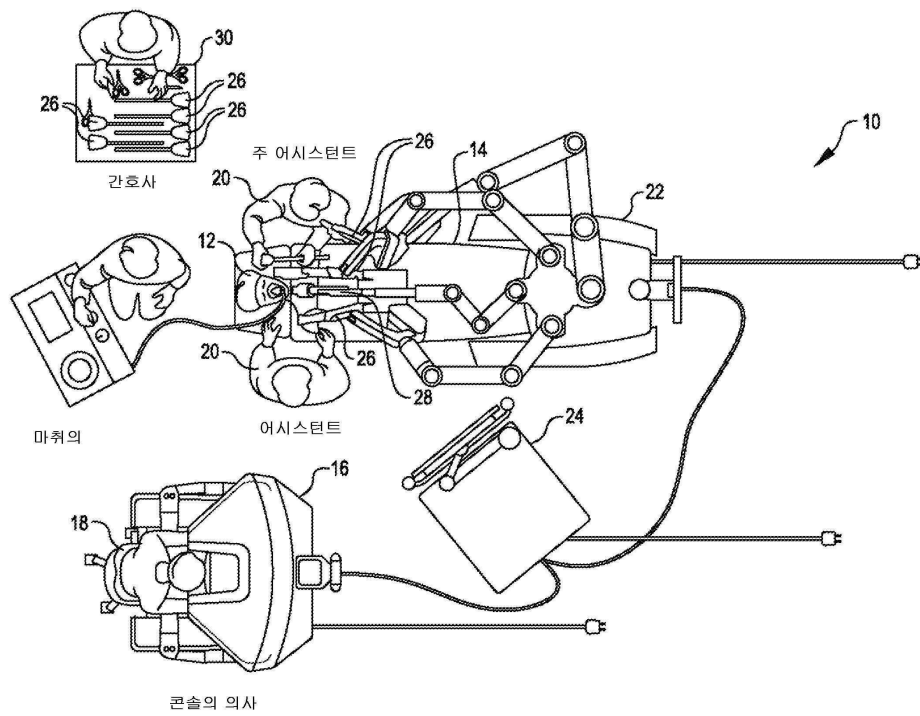
[0150] 단계 704에서, 토크는 제1 회전 커플링을 통해서 제1 트랜스미션의 제1 베이스 링크로부터 메인 샤프트로 전달된다. 제1 회전 커플링은 제1 베이스 링크와 메인 샤프트 사이에 제2 기어 비를 제공하며, 이로써 제1 반대작용 토크가 제1 아웃풋 토크의 반대 방향으로 메인 샤프트에 적용된다. 제1 반대작용 토크는 제1 아웃풋 토크에 의한 메인 샤프트 조립체의 회전 구동을 억제한다.

[0151] 메인 샤프트 드라이브는 메인 샤프트 조립체가 역-구동 토크 역치를 넘는 순 토크를 받을 때는 메인 샤프트가 메인 샤프트 드라이브를 역 구동시키고, 메인 샤프트 조립체가 역-구동 토크 역치 아래의 순 토크를 받을 때는 메인 샤프트 드라이브를 역 구동시키지 않도록 하는 역-구동 토크 역치를 가질 수 있다. 바람직하게, 제1 반대작용 토크의 크기는 역-구동 토크 역치의 50 퍼센트 미만인 제1 순 토크 크기만큼 제1 아웃풋 토크의 크기와 다르다. 더 바람직하게, 제1 순 토크 크기는 제1 아웃풋 토크가 역-구동 토크 역치를 초과할 때도 역-구동 토크 역치의 25 퍼센트 미만이다. 더욱 바람직하게, 제1 순 토크 크기는 제1 단부 작동기 토크가 역-구동 토크 역치를 초과할 때도 역-구동 토크 역치의 10 퍼센트 미만이다. 이상적으로, 제1 순 토크 크기는 제1 단부 작동기 토크가 역-구동 토크 역치를 초과할 때도 역-구동 토크 역치의 2 퍼센트 미만이다.

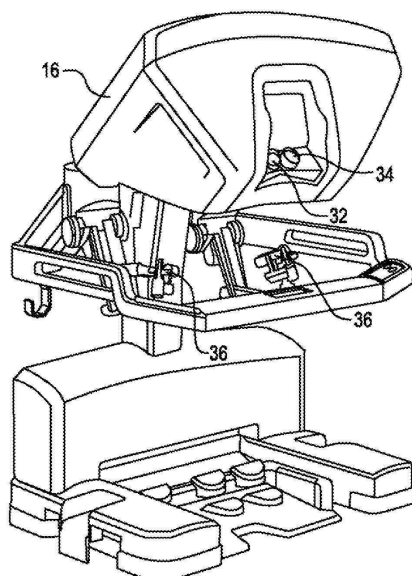
- [0152] 단계 706에서, 제2 트랜스미션의 제2 인풋 링크가 회전되어 제2 트랜스미션의 제2 아웃풋 링크가 메인 샤프트 조립체에 제2 아웃풋 토크를 전달하고, 단부 작동기에 제2 단부 작동기 토크를 전달한다. 제2 트랜스미션은 제2 인풋 링크와 제2 아웃풋 링크 사이에 제3 기어 비를 제공한다. 제2 아웃풋 토크 링크는 메인 샤프트 드라이브의 역-구동 토크 역치보다 크다.
- [0153] 단계 708에서, 토크는 제2 회전 커플링을 통해서 제2 트랜스미션의 제2 베이스 링크로부터 메인 샤프트로 전달된다. 제2 회전 커플링은 제2 베이스 링크와 메인 샤프트 사이에 제4 기어 비를 제공하며, 이로써 제2 반대작용 토크가 제2 아웃풋 토크의 반대 방향으로 메인 샤프트에 적용된다. 제2 반대작용 토크는 제2 아웃풋 토크에 의한 메인 샤프트 조립체의 회전 구동을 억제한다.
- [0154] 제1 및 제2 회전 커플링은 하나 이상의 공통 구성요소를 공유할 수 있다. 예를 들어, 제1 및 제2 회전 커플링은 공통 구동 샤프트를 공유할 수 있다.
- [0155] 다른 변형들도 본 발명의 사상 내에 들어간다. 따라서, 본 발명은 다양한 변형과 대안적인 구성이 이루어질 수 있으며, 이들의 특정한 예시된 구체예들이 도면에 도시되고 상기 상세히 설명되었다. 그러나, 본 발명은 개시된 특정한 형태 또는 형태들에 제한되지 않으며, 모든 변형, 대안적인 구성 및 등가물도 첨부된 청구항들에 정의된 바와 같은 본 발명의 사상 및 범위 내에 들어간다는 것이 이해되어야 한다.
- [0156] 본 발명을 설명하는 문장에서(특히 이후 청구항의 문장에서) 용어 "한" 및 "그"와 유사한 지시어의 사용은 다른 언급이 없거나 문맥상 명백히 모순되지 않는다면 단수와 복수를 모두 아우르는 것으로 해석되어야 한다. 용어 "포함하는", "갖는" 및 "함유하는"은 다른 언급이 없다면 개방적인 용어로서 해석되어야 한다(즉, "포함하지만 제한은 없는"의 의미). 용어 "연결된"은 개재된 것이 있다 해도 부분적으로 또는 전체적으로 내부에 함유되거나, 부착되거나, 또는 함께 이어진 것으로 해석되어야 한다. 다른 언급이 없다면 값의 범위의 인용은 단순히 해당 범위 내에 들어가는 각 개별 값을 개별적으로 언급하는 것을 줄여 쓰기 위해 사용되며, 각 개별 값은 그것이 개별적으로 언급된 것과 마찬가지로 본 명세서에 포함된다. 여기 설명된 모든 방법은 다른 언급이 없거나 문맥상 명백히 모순되지 않는다면 어떤 적합한 순서로 수행될 수 있다. 여기 제공된 임의의 및 모든 예들, 또는 예시적인 단어(예를 들어, "와 같은")의 사용은 단순히 본 발명의 구체예를 더 잘 조명하기 위한 것이며, 다른 청구된 바가 없다면 본 발명의 범위를 제한하지 않는다. 명세서의 모든 말은 본 발명의 실시예 필수적인 모든 청구되지 않은 요소들도 나타내는 것으로서 해석되어야 한다.
- [0157] 본 발명을 수행하기 위한 본 발명자들이 알고 있는 최상의 방식을 포함해서 본 발명의 바람직한 구체예들이 여기 설명된다. 바람직한 구체예들의 변형도 전술한 설명을 읽는다면 당업자에게 자명해질 수 있다. 본 발명자들은 이러한 변형을 적절히 이용할 수 있는 숙련된 기술자들이며, 본원에 구체적으로 설명된 것과 다르게 본 발명을 실시할 수도 있다. 따라서, 본 발명은 적용되는 법이 허락하는 한 첨부된 청구항에 인용된 주제들의 모든 변형 및 등가물을 포함한다. 또한, 모든 가능한 변형들에서 상기 설명된 요소들의 어떤 조합도 다른 언급이 없거나 문맥상 명백히 모순되지 않는다면 본 발명에 포함된다. 간행물, 특허출원 및 특허를 포함해서 여기 인용된 모든 참고자료들은 각 참고자료가 참고자료로 포함된다고 개별적으로 그리고 구체적으로 제시된 바와 그 전문에서 제시된 바에 따라 동일한 정도로 참고자료로 본원에 포함된다.

도면

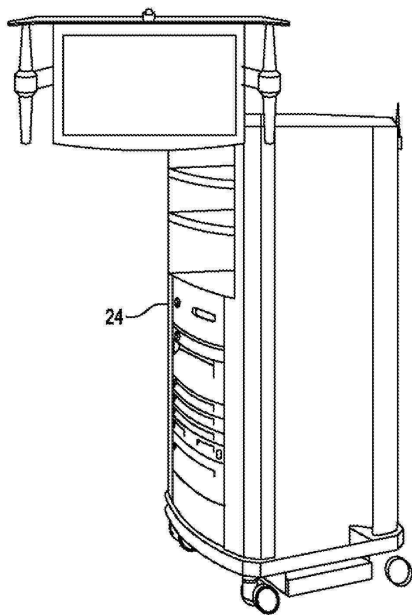
도면1



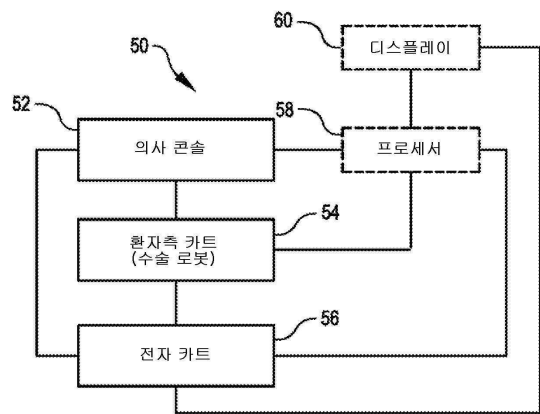
도면2



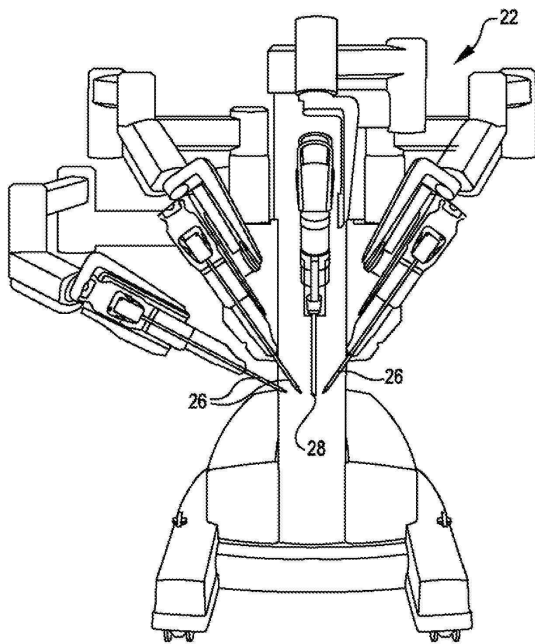
도면3



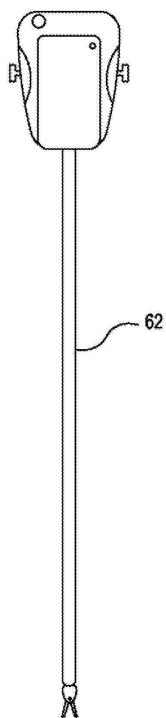
도면4



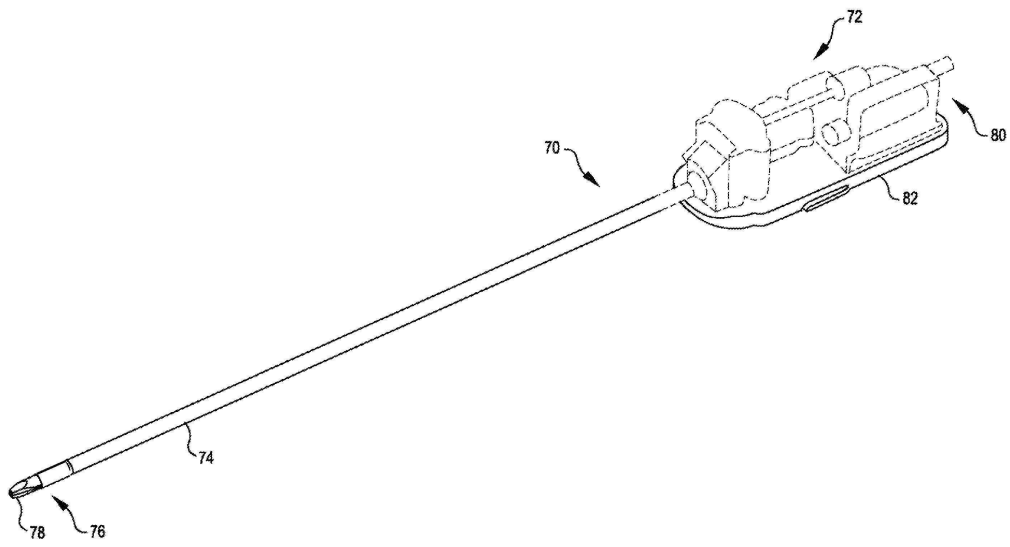
도면5a



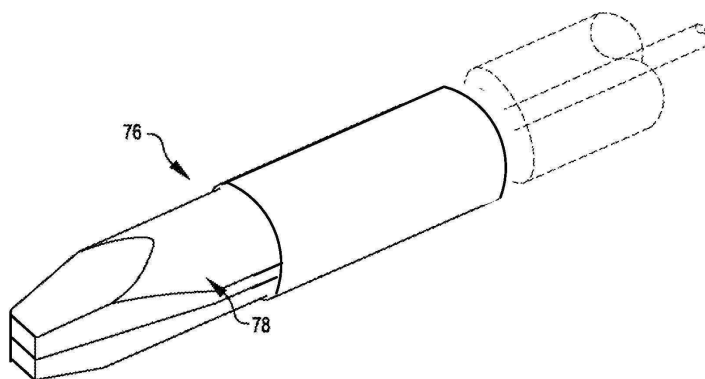
도면5b



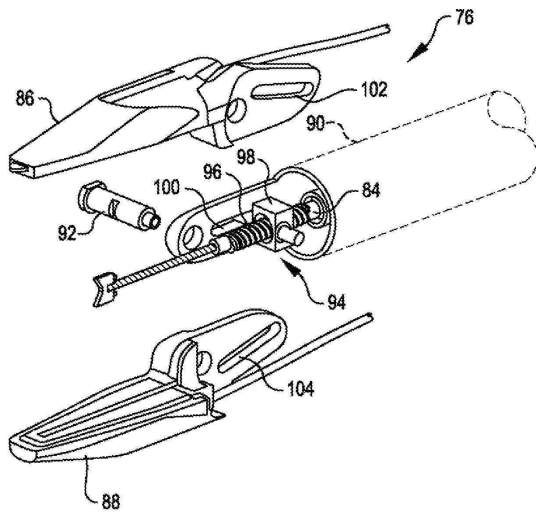
도면6a



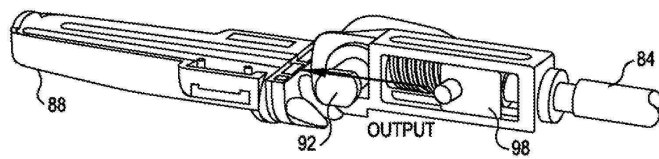
도면6b



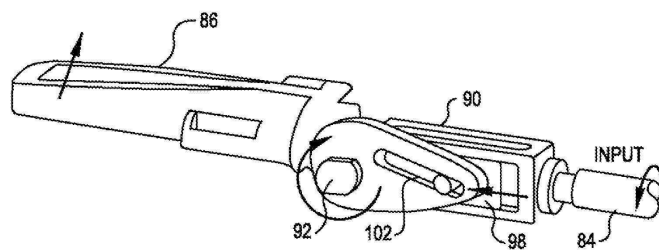
도면7



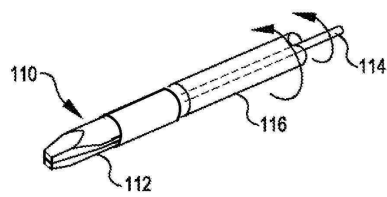
도면8a



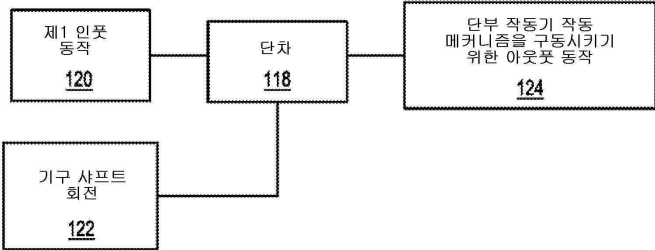
도면8b



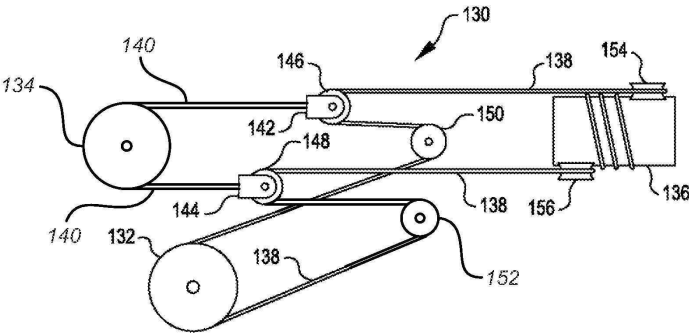
도면9



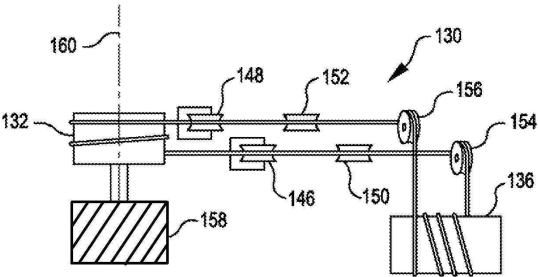
도면10



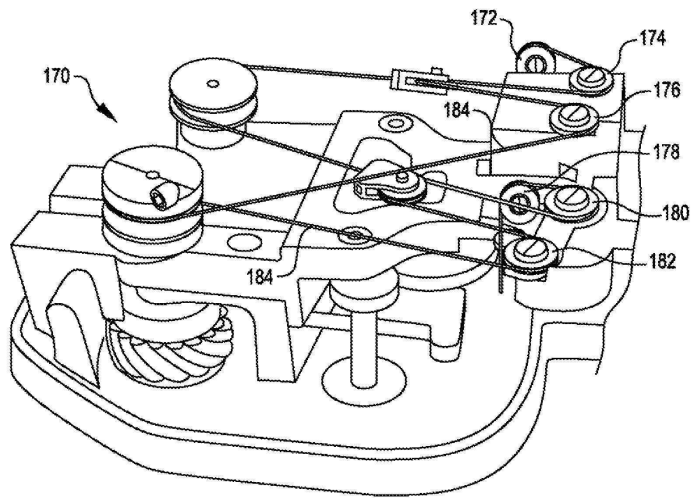
도면11a



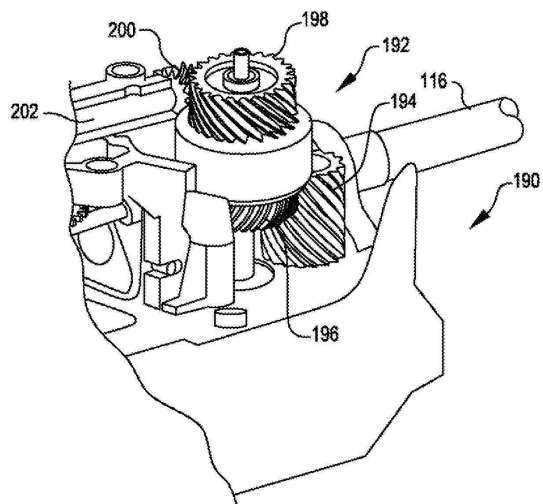
도면11b



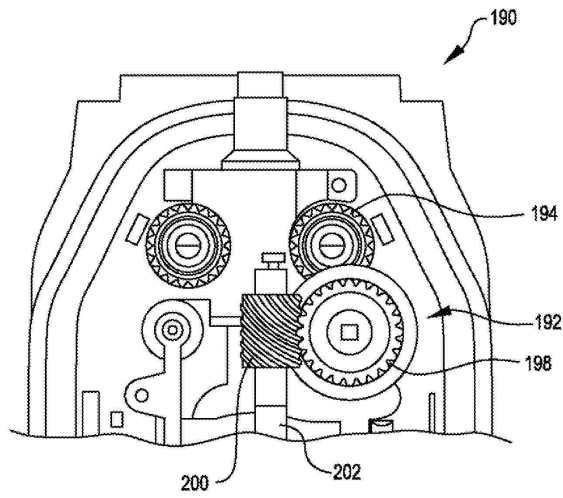
도면12



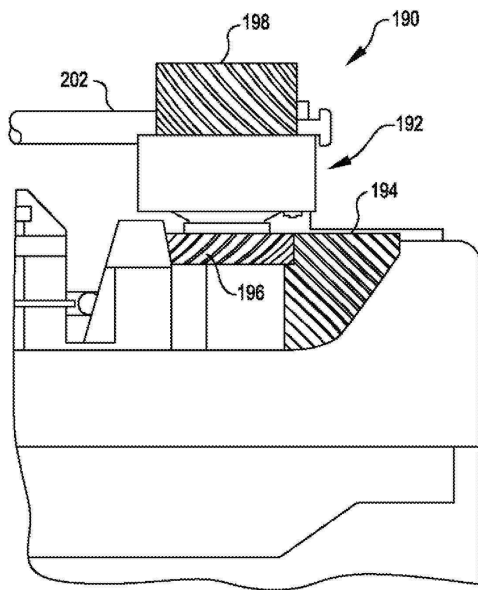
도면13



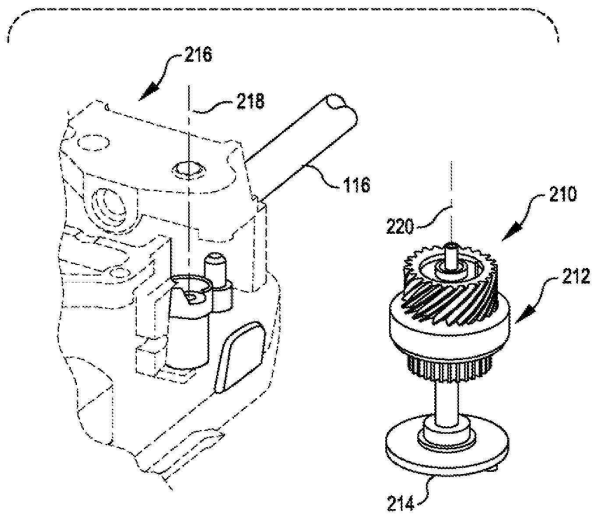
도면14



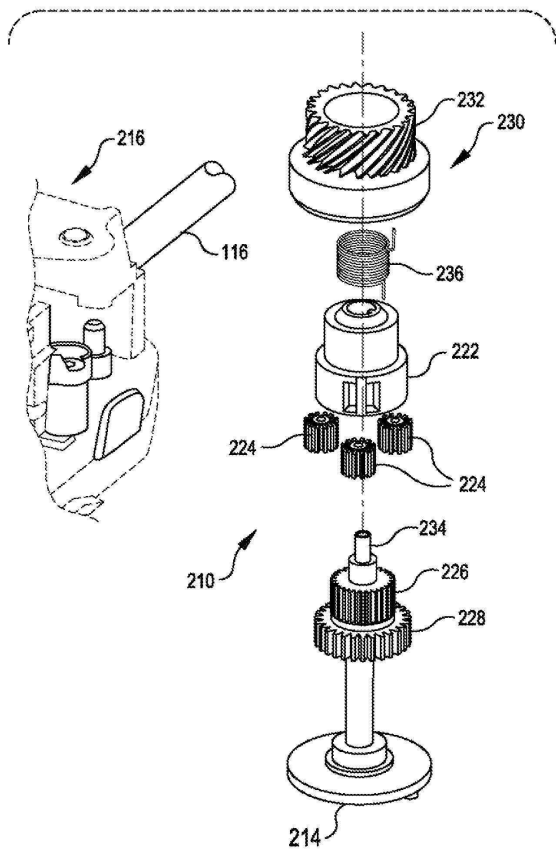
도면15



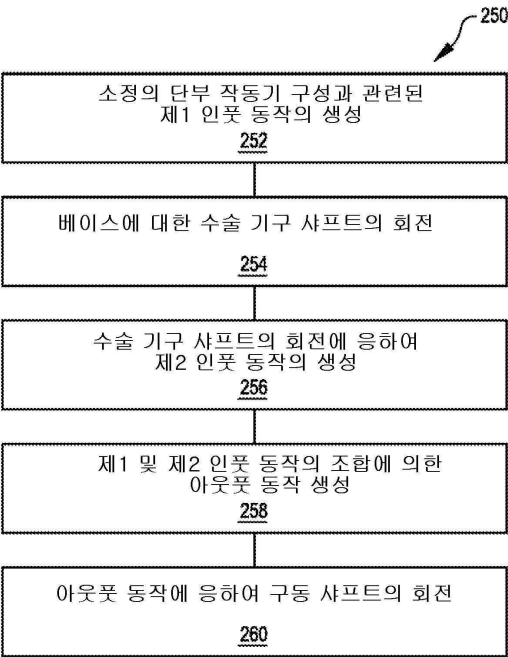
도면16



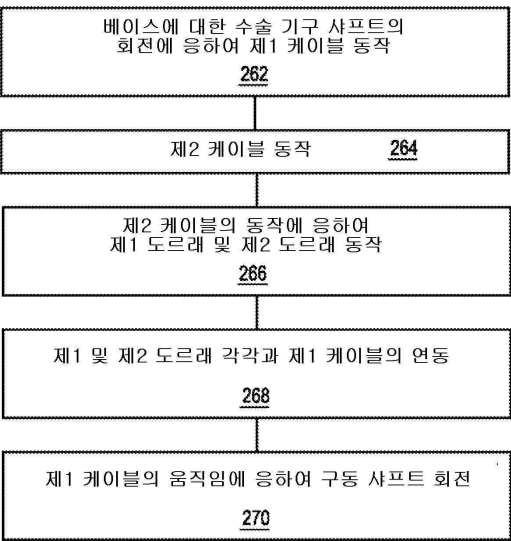
도면17



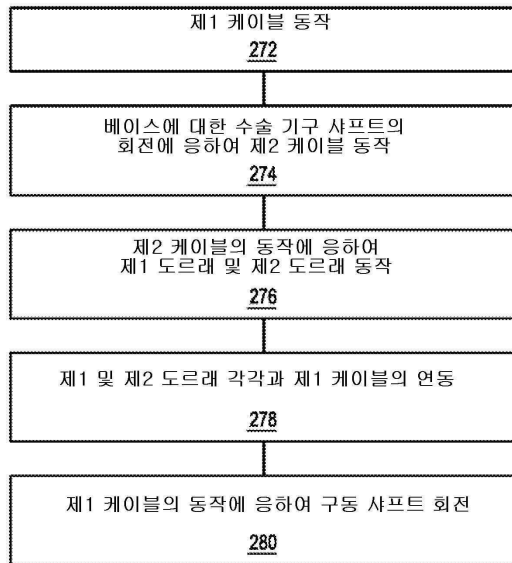
도면18



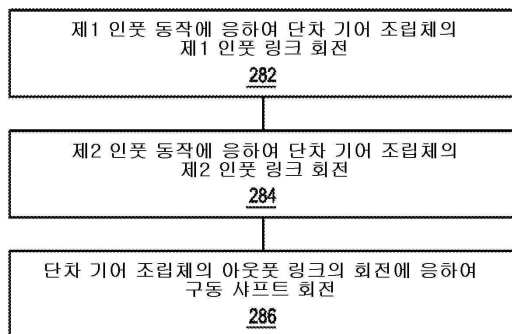
도면19



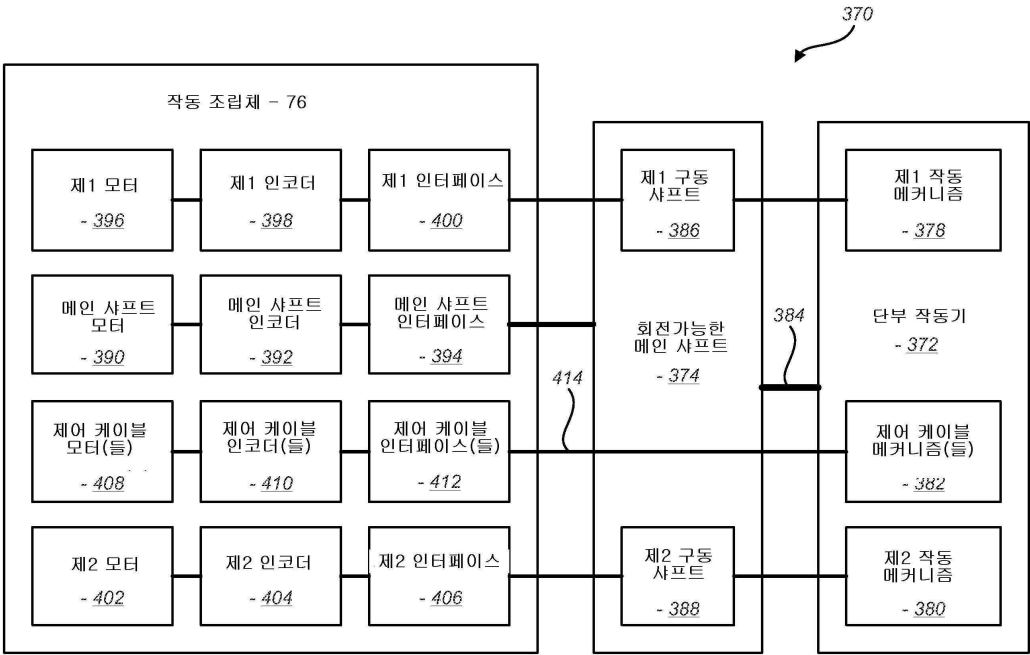
도면20



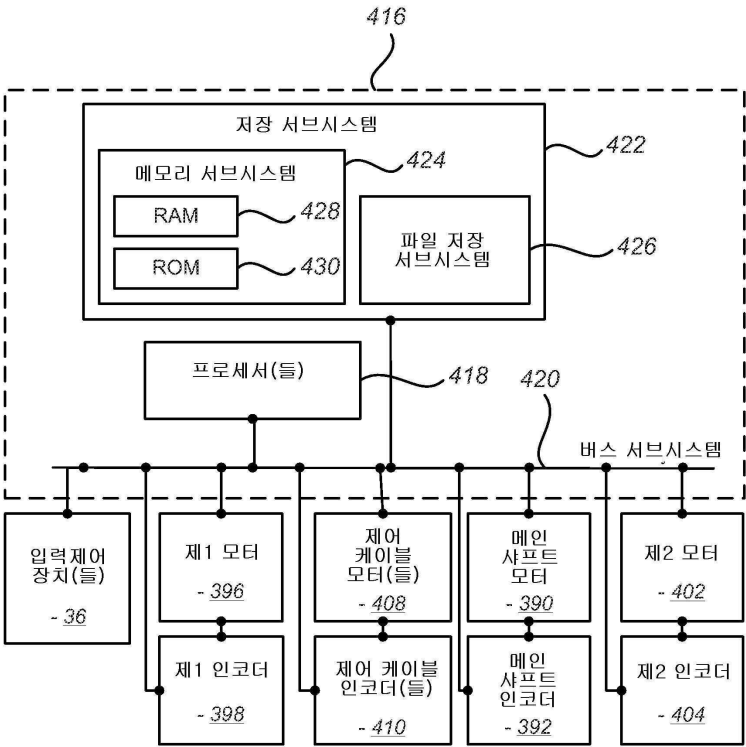
도면21



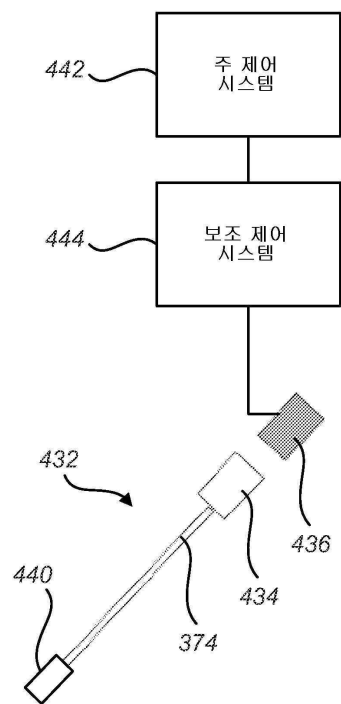
도면22



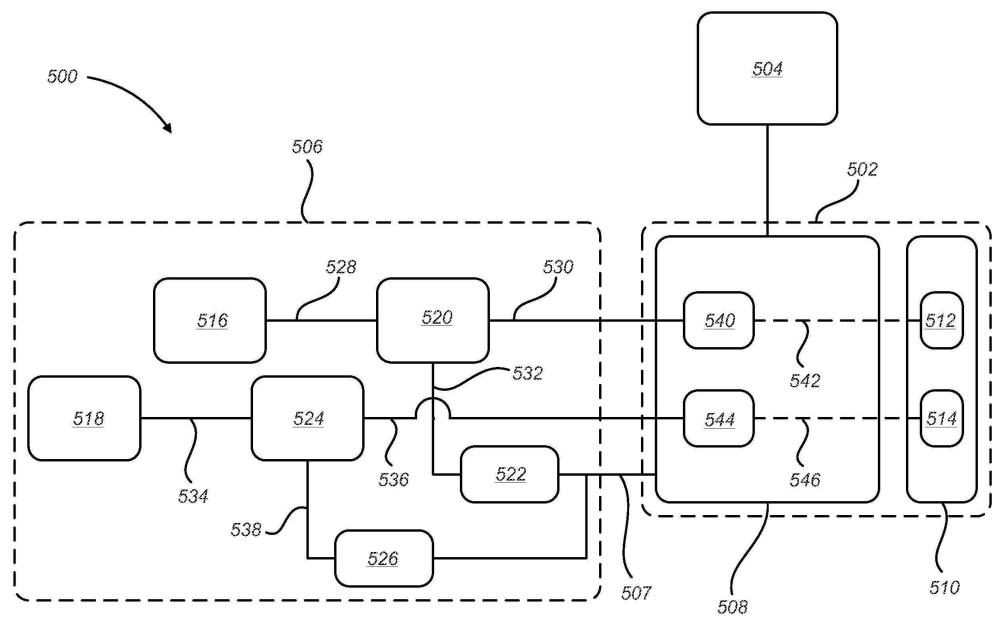
도면23



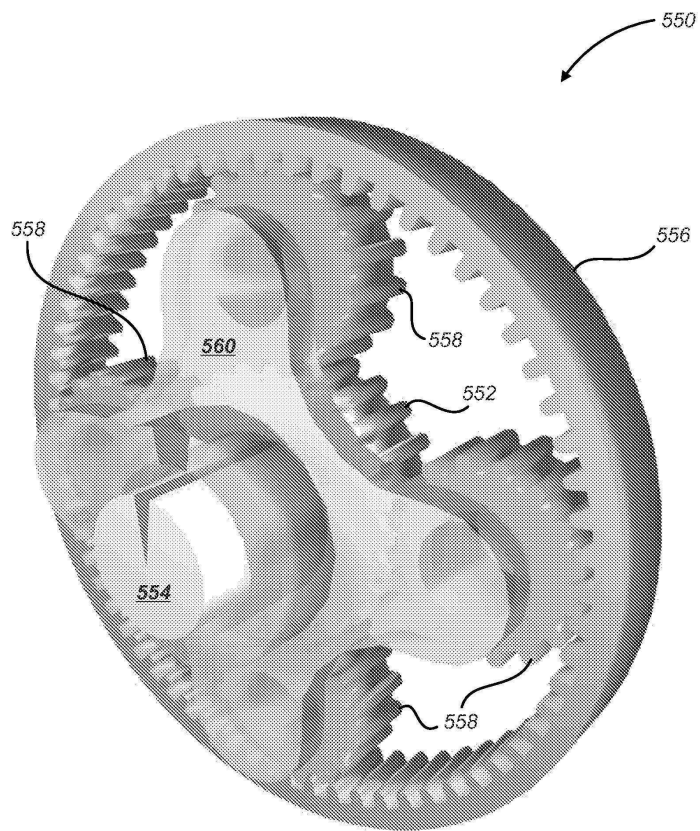
도면24



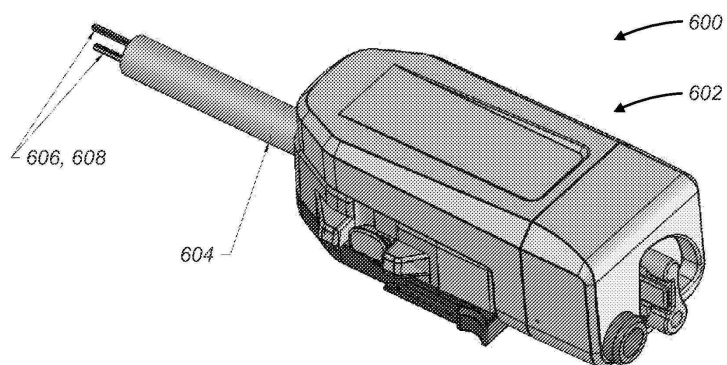
도면25



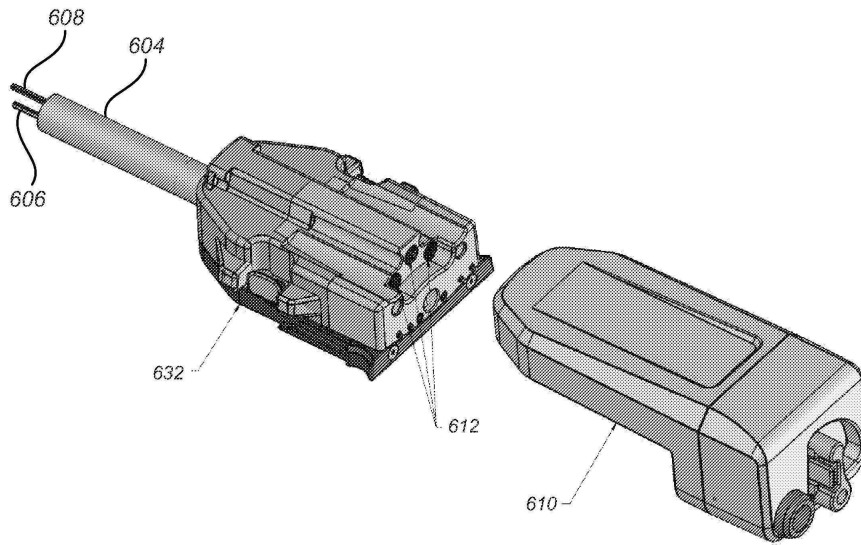
도면26



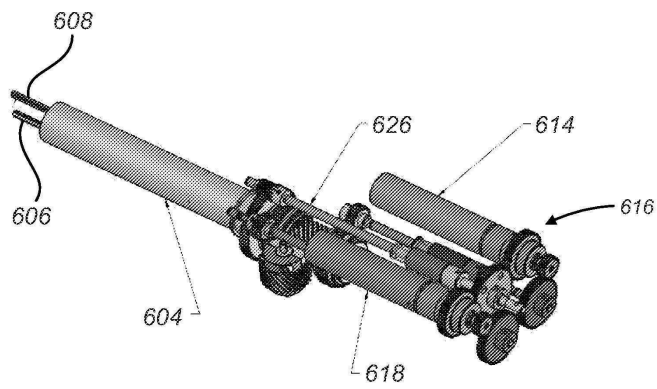
도면27a



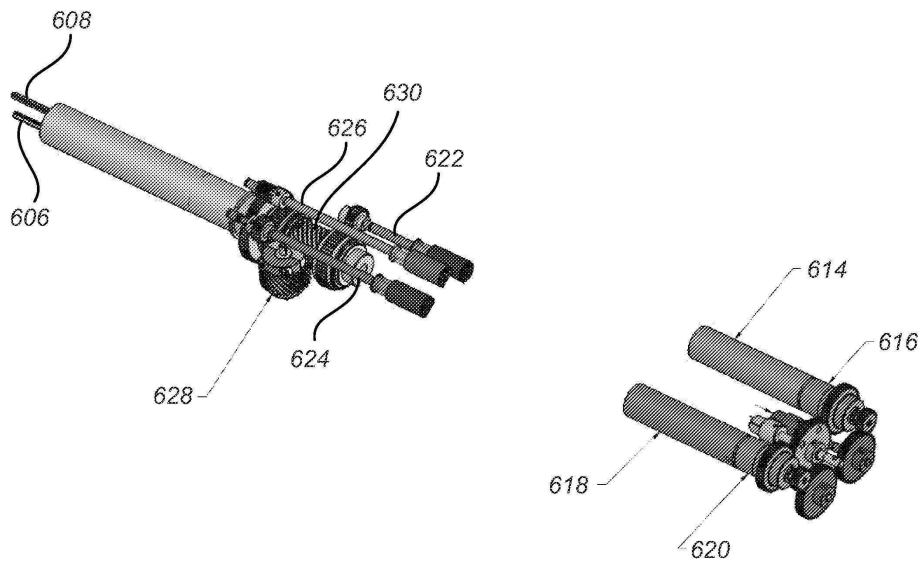
도면27b



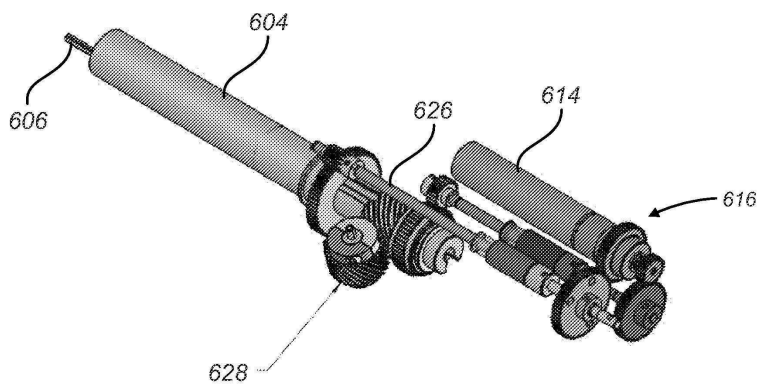
도면28a



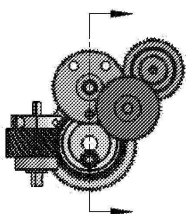
도면28b



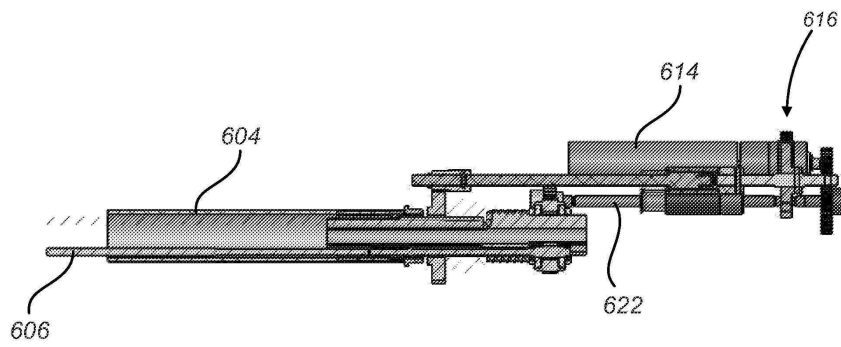
도면29a



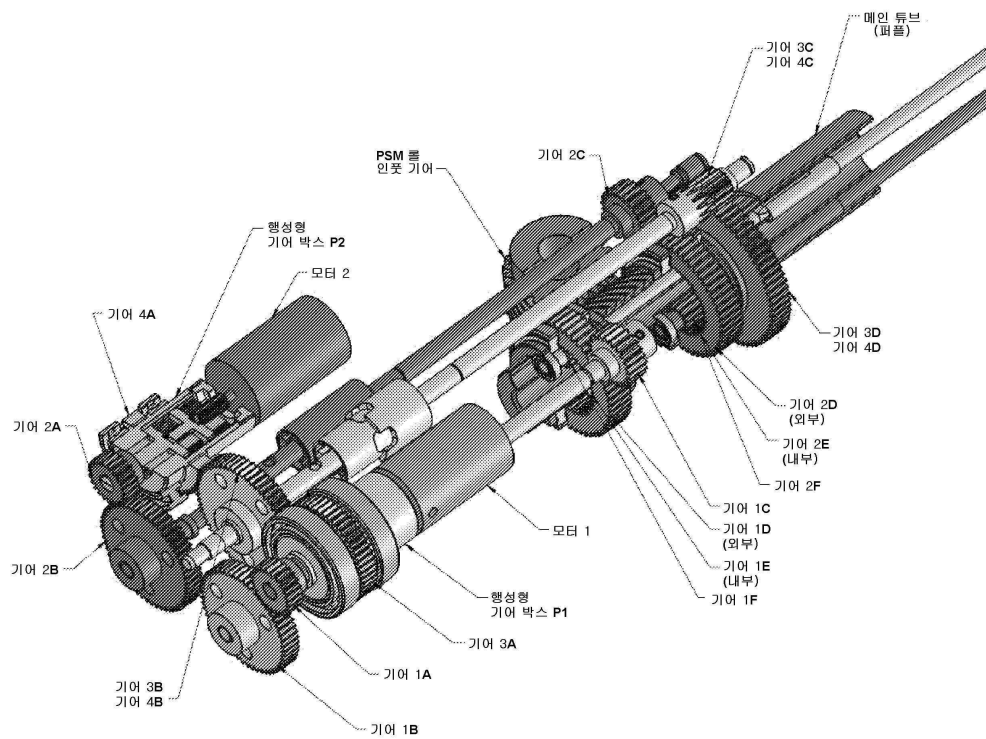
도면29b



도면29c



도면30



도면31

