



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0115764  
(43) 공개일자 2015년10월14일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*A61B 19/00* (2006.01) *A61B 17/00* (2006.01)  
*A61B 18/14* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*A61B 19/2203* (2013.01)  
*A61B 18/14* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7020997
- (22) 출원일자(국제) 2014년02월04일  
 심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2015년08월03일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2014/014626
- (87) 국제공개번호 WO 2014/121262  
 국제공개일자 2014년08월07일
- (30) 우선권주장  
 61/760,378 2013년02월04일 미국(US)
- (71) 출원인  
 칠드런스 내셔널 메디컬 센터  
 미국 워싱턴주 20010 노스웨스트 미시건 애비뉴  
 111
- (72) 발명자  
 김 피터 씨. 더블유.  
 미국 워싱턴주 20016 #313 메사추세츠 애비뉴 노  
 쓰웨스트 3700  
 김 연재  
 미국 베지니아주 22043 폴스 치치 그린위치 스트  
 리트 2044  
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
 제일특허법인

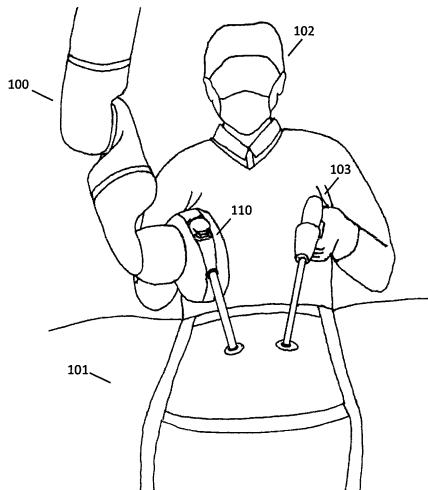
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 하이브리드 제어 수술 로봇 시스템

### (57) 요 약

본 발명은 로봇을 이용한 수술 프로시저를 수행하기 위한 방법 및 시스템을 설명한다. 본 시스템은 로봇 팔 시스템 조립체, 앤드 이펙터 조립체, 및 로봇 수술을 위한 하이브리드 제어 메커니즘을 포함한다. 로봇 팔은 광범위한 모션을 구비하는 경량의 임상 로봇이고, 이것은 내시경 및 수술 기구를 위치시키기 위해 용이하게 조작될 수 있다. 제어반은 로봇 팔이 조작자의 팔의 이동을 추종할 수 있도록, 물리적 지지를 제공하도록, 손의 진동을 필터링 제거하도록, 그리고 모션을 규제하도록 로봇 팔의 원위 단부에 장착된다. 또한 종래의 복강경 도구를 로봇 팔에 연결하기 위한 인터페이스로서의 유니버설 어댑터가 설명되어 있다.

### 대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

*A61B 2017/00477 (2013.01)*  
*A61B 2017/00486 (2013.01)*  
*A61B 2019/2292 (2013.01)*  
*A61B 2019/464 (2013.01)*  
*A61B 2019/5259 (2013.01)*

(72) 발명자

**정 평**

미국 버지니아주 22031 페어팩스 로얄 애스터 웨이  
8935

**크리거 악셀**

미국 버지니아주 22305 알렉산드리아 올드 도미니  
온 블리바드 3407

**옵퍼만 저스틴**

미국 메릴랜드주 20910 실버 스프링 아파트먼트  
201 콜스빌 로드 3820  
**데커 라이언**  
미국 메릴랜드주 21211 볼티모어 웨스트 38번 스트  
리트 1112

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

수술 로봇 시스템에 있어서,  
적어도 하나의 로봇 팔;  
상기 적어도 하나의 로봇 팔의 입력 또는 작동 조건을 검출하기 위한 적어도 하나의 센서; 및  
상기 입력 또는 상기 작동 조건을 처리하기 위한, 그리고 복수의 작동 모드에서 상기 적어도 하나의 로봇 팔을  
작동시키기 위한 제어 유닛을 포함하고,  
상기 제어 유닛은 작업공간 및 수술 요소를 공유하기 위해 상기 적어도 하나의 로봇 팔에 커맨드를 실행하는  
수술 로봇 시스템.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,  
상기 수술 요소는 수동식 수술 도구, 로봇 수술 도구, 전기소작(electrocautery) 도구, 및 작업공간의 디스플레이  
이 중 적어도 하나를 포함하는  
수술 로봇 시스템.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,  
상기 적어도 하나의 센서는 상기 적어도 하나의 로봇 팔에 결합되는 힘 센서 또는 위치 인코더이고,  
상기 힘 센서 또는 상기 위치 인코더는 제어기로부터의 외과의사의 상호작용(interaction) 입력을 검출하는  
수술 로봇 시스템.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,  
상기 복수의 작동 모드는 완전히 자동화된 모드 및 부분적으로 자동화된 모드를 포함하고,  
상기 제어 유닛은 제어기로부터의 외과의사의 상호작용 입력 및/또는 상기 적어도 하나의 센서를 위한 센서 정보에  
기초하여 상기 완전히 자동화된 모드 또는 상기 부분적으로 자동화된 모드로 상기 적어도 하나의 로봇 팔  
을 작동시키는  
수술 로봇 시스템.

#### 청구항 5

제 2 항에 있어서,  
수술 도구 어댑터를 더 포함하고,  
상기 수동식 수술 도구 또는 상기 로봇 수술 도구는 상기 수동식 수술 도구 또는 상기 로봇 수술의 도구 작동을  
위한 적어도 하나의 작동의 정도(degree)를 제공하기 위해 상기 수술 도구 어댑터에 부착될 수 있고, 그리고 상기  
수술 도구 어댑터로부터 분리될 수 있고,  
상기 수술 도구 어댑터는 상기 적어도 하나의 로봇 팔을 통해 또는 수동 작동에 의해 제어될 수 있는  
수술 로봇 시스템.

## 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 수동식 수술 도구는 비모듈식 수술 도구이고,

상기 수술 도구 어댑터는 상기 비모듈식 수술 도구에 고정되는 정지형 부재 및 가동형 부재를 포함하고,

상기 가동형 부재는 복수의 핀홀 및 적어도 2개의 장착용 핀을 포함하고, 상기 적어도 2개의 장착용 핀은 상기 비모듈식 수술 도구의 가동형 부분을 상기 가동형 부재와 맞물림시키도록 상기 복수의 핀홀 상에 재배치될 수 있는

수술 로봇 시스템.

## 청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 수동식 수술 도구 또는 상기 로봇 수술 도구는 모듈식 수술 도구이고,

상기 모듈식 수술 도구는 선형 구동 인터페이스, 관절(articulation) 로터, 또는 기어를 통해 상기 수술 도구 어댑터에 구동하도록 고정되고,

상기 선형 구동 인터페이스, 상기 관절 로터, 또는 상기 기어는 상기 수술 도구 어댑터와 접속되는 회전 모터 또는 선형 모터에 의해 구동되는

수술 로봇 시스템.

## 청구항 8

제 3 항에 있어서,

상기 제어 유닛은 교정(calibration) 단계에서 상기 제어기로부터 상기 외과의사의 상호작용 입력에 기초하여 상기 외과의사의 운동학적 모델을 생성하고,

상기 제어 유닛은 외과의사의 피로를 감소시키기 위해 동적 지지를 제공하도록 상기 운동학적 모델에 기초하여 상기 적어도 하나의 로봇 팔을 작동시키는

수술 로봇 시스템.

## 청구항 9

제 4 항에 있어서,

상기 외과의사의 상호작용 입력은 상기 적어도 하나의 센서에 의해 감지되는 이동 또는 힘을 포함할 수 있고,

상기 적어도 하나의 센서는 힘 센서 및 위치 센서를 포함하고,

상기 제어 유닛은 상기 외과의사의 상호작용 입력에 기초하여 노-플라이(no-fly) 구역의 규정, 조직(tissue) 파지, 조직 절단, 조직 절개, 조직 접합, 및 조직 퇴축 중 적어도 하나를 수행하기 위해 상기 적어도 하나의 로봇 팔을 작동시키는

수술 로봇 시스템.

## 청구항 10

제 5 항에 있어서,

상기 수술 도구 어댑터는 적어도 하나의 회전 모터 또는 선형 모터를 갖는 모터 팩을 포함하고, 상기 모터 팩은 로봇 수술 도구에 구동하도록 연결되고, 상기 로봇 수술 도구는 핀, 스프링, 또는 나사산을 갖는 부분 중 적어도 하나를 통해 상기 도구 어댑터에 착탈 가능하게 결합되는

수술 로봇 시스템.

### 청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 교정 단계는 상기 운동학적 모델을 생성하기 위해 상기 적어도 하나의 센서에 의해 상기 공유의 작업공간에서 하나 이상의 검출된 팔의 위치에 기초하여 그리고 상기 적어도 하나의 센서에 의해 감지된 힘에 기초하여 상기 제어기로부터 외과의사의 상호작용 입력을 수신하는 단계를 포함하는

수술 로봇 시스템.

### 청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 외과의사의 상호작용 입력은 상기 적어도 하나의 로봇 팔의 실행 및 유지를 위한 상기 공유의 작업공간에 서 계획된 위치 또는 힘 벡터를 규정하는

수술 로봇 시스템.

### 청구항 13

제 9 항에 있어서,

상기 외과의사의 상호작용 입력은 적어도 하나의 노-플라이 구역을 규정하고, 상기 적어도 하나의 노-플라이 구역은 종래의 체적 구역이거나, 평면을 포함하는 추상적인 기하학적 형상을 갖는 특정의 과제를 행하는 구역이고,

상기 외과의사의 상호작용 입력은 상기 제어기로부터 경계의 추적을 포함하는

수술 로봇 시스템.

### 청구항 14

제 9 항에 있어서,

상기 외과의사의 상호작용 입력은 상기 적어도 하나의 로봇 팔에 의해 수행되는 상기 조직 절단 또는 상기 조직 절개를 규정하고,

상기 외과의사의 상호작용 입력은 수술 도구가 부착된 상기 제어기로부터 상기 작업공간 상의 추적(trace) 또는 드로잉(drawing)을 포함하는

수술 로봇 시스템.

### 청구항 15

제 9 항에 있어서,

상기 외과의사의 상호작용 입력은 조직 봉합 또는 클리핑(clipping) 방법을 포함하는 조직 접합을 규정하고,

상기 외과의사의 상호작용 입력은 접합될 조직의 영역을 표시하기 위해 상기 제어기로부터 상기 작업공간의 영역 중 하나의 영역의 추적 또는 선택을 포함하는

수술 로봇 시스템.

### 청구항 16

제 4 항에 있어서,

상기 완전히 자동화된 모드 또는 상기 부분적으로 자동화된 모드 중의 자동화된 작동은 상기 제어기로부터 후속 되는 외과의사의 상호작용 입력으로 인해 중단되거나 조절되는

수술 로봇 시스템.

### 청구항 17

제 8 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 로봇 팔은 상기 적어도 하나의 로봇 팔에 가해지는 외부의 힘에 반대의 힘을 행사함으로써 상기 동적 힘을 제공하고,

상기 외부의 힘은 상기 적어도 하나의 로봇 팔에 부착되는 수술 도구에 의해 가해지는 적어도 중력을 포함하는 수술 로봇 시스템.

### 청구항 18

제 9 항에 있어서,

상기 제어 유닛은 촉각 피드백을 제공하기 위해 커맨드를 실행하는 수술 로봇 시스템.

### 청구항 19

제 3 항에 있어서,

상기 제어기는 상기 적어도 하나의 로봇 팔에 착탈 가능하게 부착되는 수술 로봇 시스템.

### 청구항 20

제 2 항에 있어서,

상기 작업공간의 디스플레이에는 적어도 부분적으로 내시경 뷰(view)를 포함하는 수술 로봇 시스템.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 로봇을 이용한 수술의 분야에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 로봇 수술 시스템은 외과의사의 시각 및 손기술을 증진시킴으로써 최소 침습 수술에서 유용하다. 인튜이티브 서지컬(Intuitive Surgical)의 다빈치는 현재 시장에 출시된 연조직 수술용의 유일한 상업용 로봇이다. 다빈치 시스템은 외과의사가 골반 또는 후복막과 같은 도달하기 어려운 깊은 곳에 있는 해부 영역에 접근하여 조작할 수 있도록 함으로써 개방 프로시저(즉, 전립선절제술 또는 자궁적출술)에 대한 저침습적 대안을 제공함으로써 수술의 분야를 전보시켰다. 오늘날 다빈치의 케이스의 90%를 초과하는 것은 전립선절제술, 자궁적출술, 방광절 제술, 신우형성술, 세크로콜포페시(sacrocolpopexy), 근종적출술, 및 자궁내막증 절제술과 같은 골반강 내에서 수행되는 비뇨생식기 프로시저이다. 2011년에, 다빈치 시스템으로 360,000 프로시저가 수행되었고, 이를 프로시저 중의 75%는 전립선절제술 및 자궁적출술이다[Intuitive Surgical Inc. Annual Report 2012].

[0003] 다빈치의 핵심 가치의 명체는 개선된 3D 시각화 및 향상된 손기술로 복강경 수술을 수행하기 위해 도달하기 어려운 깊고 밀착되어 있는 골반 공간에 접근할 수 있도록 하는 것으로, 이것은 종래의 복강경 접근방법을 이용하면 기술적으로 매우 어렵다. 이것은 비교적 작은 영역에서의 수술을 위해, 그리고 제한된 체적에서의 정밀한 절개를 위해 가장 적합하지만, 결장의 모빌라이제이션(mobilization)과 같은 더 큰 치료의 경우 이러한 유형의 프로시저는 통상적으로 광범위한 모션을 필요로 하므로 적절하지 않다. 이전의 연구는 로봇 시스템의 직관적 제어는 관절적 수술 중에 외과의사가 수행하는 모션과 더 유사할 수 있고, 비교적 미숙한 외과의사의 손에서도 프로시저의 핵심 곡선을 단축시킬 수 있다는 것을 보여주었다. 아흘러링(Ahlering) 등은 비뇨기과 수술에서 유사한 조사결과를 입증하였는데, 여기서 로봇 인터페이스에 의해 복강경에 정통하지 않은 외과의사는 최소 침습 발본적 전립선절제술을 수행할 수 있고, 12 회의 케이스를 완수한 후에 숙련된 복강경 외과의사가 수행한 것에 필적하는 결과를 얻었다[Ahlering, et al. J Urol 2003].

[0004] 골반 수술에서 다빈치의 효용에도 불구하고, 현재의 형태의 기술은 일반 외과수술, 특히 결장직장 절제술에 적합하지 않고, 수술 중에 다수의 복부의 4반부(quadrant)가 횡단되고, 외과의사는 표적 조직에의 더 양호한 접근을 달성하기 위해 종종 환자와 수술대를 조정하거나 경사지게 해주어야 한다. 이와 같은 프로시저에서 로봇을 효과적으로 사용하기 위해, 내과의사는 프로시저의 중간에 그들의 기법을 크게 수정하거나 로봇을 도킹(docking) 및 언도킹(undocking)할 필요가 있고, 이것은 수술 시간을 상당히 증가시킬 수 있고, 경우에 따라 환자에게 해를 줄 위험을 증가시킬 수 있다. 예를 들면, 전부 로봇으로 수행되는 S상 결장 결장절제술은 상복부 포트로부터 로봇을 언도킹하고, 환자를 재배치하고, 로봇을 이동시키고, 그리고 하복부 포트로 다시 도킹시키는 것을 필요로 한다. 종래의 복강경검사에서 통상적으로 몇 초 걸리는 작용이 전문화된 보조자에 의해 번잡한 10분 이상의 연습을 수행하게 되었다.

[0005] 현재의 로봇 시스템의 추가의 단점은 마스터 측과 슬레이브 측의 양자모두의 큰 설치면적으로서, 이것은 수술대 상에 누워있는 환자에의 접근을 방해할 수 있고, 또한 적합한 환자의 위치결정 및 포트 배치를 위해 상당한 난제를 제기한다. 포트 배치에서 작은 편차도 로봇 팔의 충돌을 초래할 수 있거나, 의도하는 표적 영역에의 도달에 실패할 수 있다. 이것은 또한 촉각 피드백(촉각성 및 힘 피드백)이 결여되어 있고, 외과적 문합술은 수술후의 문합 파열의 가능성을 경감시키기 위해 수밀(water-tight) 및 무장력(tension-free) 봉합을 필요로 하므로 외과적 문합술용으로 부적절하다. 외과의사에 대한 우리의 조사에 따르면, 최근에 승인된 엔도 리스트 스태플러(Endo Wrist Stapler)의 경우에도 결장직장 수술에서 다빈치는 극히 제한적으로 적용된다. 골반 깊은 곳에서의 저위 전방 직장 절제술과 같은 것을 위해 매우 작은 간극이 존재할 수도 있고, 문합술은 경항문(trans-anal) 원형 스태플러를 이용하여 달성될 수 있다.

[0006] 종래의 최소 침습 결장직장 수술은 다음의 단계를 포함한다:

[0007] (1) 적절한 지혈을 제공하고, 표적 조직에 접근하기 위한 신중한 절개; (2) (천공의 치료에서와 같은) 수복 또는 (결장직장 암에서와 같은) 병변의 우회/제거; (3) 장의 잔존 단부의 문합; (4) 필요한 경우, 복강 및 골반강의 판수; 및 (5) 근막 및 피부의 적절한 폐쇄. 이들 기본적인 단계의 각각은 로봇 시스템을 사용하는 경우에 매우 상이한 설계 요건을 갖는다. 진단검사 단계에서, 이상적인 시스템은 표적 조직을 동정하기 위한, 그리고 수술 도구의 최적의 사용을 위한 광범위한 모션을 제공한다. 제 2 단계 및 제 3 단계는 전형적으로 긴 작업 시간을 필요로 하고, 외과의사에게 다양한 신체적 긴장을 부과한다. 외과의사의 손기술을 증진시킬 뿐만 아니라 팔 지지를 제공하는 시스템이 필요하다.

[0008] 요약하면, 현재의 로봇 시스템은 상당히 수련된 외과의사가 MIS(최소 침습 수술) 프로시저를 수행할 수 있고, 그렇지 않으면 수행하기가 곤란하다. 그러나, 일반 외과수술 분야에서 로봇을 사용하는 MIS의 사용을 촉진하기 위해 가요성이 더 큰 모듈식 지능형 로봇 기능이 요구된다. MIS 프로시저를 수행하기 위한 기술적 장벽을 낮출 뿐만 아니라 수술 결과 및 효율을 향상시키는 시스템에 대한 분명한 임상적 필요성이 존재한다.

[0009] 여러 건의 종래의 특허는 모션을 규제(constraining)하고 지지를 제공함으로써 외과의사를 보조하도록 된 장치를 설명하고 있다. "수술용 원격 센터-오브-모션 로봇"이라는 명칭의 미국 특허 제 5,397,323 호 및 "수술 도구 요소를 제어하기 위한 시스템 및 방법"이라는 명칭의 미국 특허 공개 제 2009/0240259 호는 양자 모두 원격 자유도를 구비하는 도구의 이동을 제한하고, 로봇 마스터-슬레이브 제어를 가능하게 하는 시스템을 설명하고 있다.

[0010] "수술 매니퓰레이터"라는 명칭의 미국 특허 공개 제 2007/0250078 호는 수술 도구를 위치시킬 수 있고, 촉각 피드백을 제공할 수 있는 장치를 설명하고 있다.

[0011] "내시경 보조 로봇용 인간-로봇 공유의 제어"라는 명칭의 미국 특허 공개 제 2012/0283747 호는 프리로드된 프로시저로 작동되거나 가변적 강성으로 수동으로 작동될 수 있는 내시경을 지지할 수 있는 로봇-팔의 위치결정 시스템을 설명한다.

[0012] "외골격 촉각 컴퓨터 인간/컴퓨터 인터페이스 장치"라는 명칭의 미국 특허 제 6,239,784 호는 컴퓨터와 상호작용하기 위해 사용될 수 있는 손-장착식 외골격 글러브형 촉각 인터페이스를 설명한다.

[0013] "손을 위한 힘-피드백 인터페이스 장치"라는 명칭의 미국 특허 제 6,413,229 호는 상이한 방식으로 장착될 수 있고, 가상의 목표물과 물리적 목표물의 양자 모두를 조작하기 위해 사용되는 유사한 촉각 글러브형 인터페이스를 설명한다.

[0014] "내시경 로봇 수술 도구 및 방법"이라는 명칭의 미국 특허 제 5,954,692 호는 수술 기구의 직접적인 제어를 허

용하는 웨어러블 인코더/로봇 인터페이스를 설명한다.

[0015] "촉각 장치 중력 보상"이라는 명칭의 미국 특허 제 8,188,843 호는 중력 보상을 동반하는 촉각 입력 장치를 설명한다.

[0016] "로봇 손 제어기"라는 명칭의 미국 특허 제 8,332,072 호는 힘 피드백을 구비하는 8 개의 자유도를 구비하는 로봇 손 제어기를 설명한다.

[0017] "외골격"이라는 명칭의 미국 특허 공개 제 2008/0009771 호는 인체에 대응하는 링크 및 조인트를 구비하는 웨어러블 구조물을 설명한다. 이 구조물 상의 트랜스듀서에 의해 구조물과 사용자 사이의 모션 및 정보의 교환이 가능하고, 구조물의 이동을 제어할 수 있다.

[0018] "원격로봇 복강경 매니퓰레이터"라는 명칭의 유럽 특허 공개 제 EP 0 774 329 A 호는 조작자로부터 원격의 제어식 손을 갖는, 그리고 적어도 하나의 제어식 손가락을 갖는 복강경 수술에서 사용하기 위한 조작가능한 손을 설명한다.

[0019] "쌍방향성 컴퓨터를 이용한 수술 시스템 및 방법"이라는 명칭의 미국 특허 제 7,813,784 호는 의료 프로시저를 수행하기 위한 컴퓨터 지원을 제공하기 위한 방법 및 시스템을 설명한다.

[0020] "의료 장치의 쌍방향성 촉각 위치결정을 위한 시스템 및 방법"이라는 명칭의 미국 특허 제 7,747,311 호는 쌍방향성 촉각 위치결정을 위한 촉각 장치 및 컴퓨터를 이용한 시스템의 조합체를 설명한다.

[0021] 그러나, 위의 참조문헌의 어느 것도 로봇 팔 및 조작자의 팔에 연결된 엔드-이펙터를 구비하는 로봇을 이용한 수술을 수행하기 위한 본 발명의 특징을 이용하는 것을 포함하고 있지 않다. 로봇 팔 상에 위치되는 제어반 및 내시경 도구를 기계화하는 유니버설 어댑터가 설명되어 있지 않다. 더욱이, 위의 참조문헌 중 어느 것도 수동, 마스터-슬레이브 및 자동의 상이한 작동 모드 사이의 용이한 교환을 가능하게 하는 시스템을 설명하고 있지 않다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0022] 위에서 개괄한 바와 같이, 로봇을 이용하는 시스템을 표준 수술 기법에 통합하기 위해 가요성의 모듈식 시스템을 위한 필요성이 존재한다.

### 과제의 해결 수단

[0023] 본 발명은 외과의사의 팔/손의 외골격 연장부로서 지능형 로봇을 통합함으로써 기존의 로봇 수술 시스템의 작업 흐름 및 인체공학적 난제를 처리한다. 수술 필드(field)에서 외과의사, 로봇, 및 제어반이 함께 통합된 경우, 외과의사는 작업 환경의 더 많은 제어 및 인지(awareness)를 제공받을 수 있고, 자연스러운 작업 흐름을 추종하는 프로시저를 수행할 수 있고, 로봇 도구를 이용함으로써 개선된 시각화, 정확성, 및 손기술에 접할 수 있고, 신체적 긴장의 감소를 경험할 수 있고, 로봇의 지원을 이용하여 작업을 자동화함으로써 수술의 효율 및 안전을 향상시킬 수 있다.

[0024] 본 발명의 작업공간은 큰 작업 영역을 필요로 하는 수술을 수용하기 위해 쉽게 조절될 수 있으나, 그 이동은 또한 필요에 따라 커맨드로 규제될 수 있다(예를 들면, 모션의 원격 중심, "손목" 모션만, 축방향 규제). 외과의사에 의해 프롬프트(prompt)되었을 때, 로봇은 문합술과 같은 향상된 손기술 및 속도로부터 이익을 얻는 다양한 수술 작업을 자동적으로 수행하기 위해 시스템 내의 센서를 이용할 수 있다. 외과의사의 자유재량으로, 자동화된 프로시저는 정지될 수 있고, 이 시점에서 외과의사는 마스터-슬레이브 제어를 이용하여 로봇을 조작함으로써 인계할 수 있다.

[0025] 수동/마스터-슬레이브 수술 모드에서, 외과의사는 종래의 복강경 도구의 핸들을 모방하거나 손의 이동을 도구에 연결하는 글러브형 인터페이스를 사용할 수 있는 제어기를 사용할 수 있다. 제어기는 베드사이드(bedside)에 위치되거나 로봇 자체에 부착될 수 있고, 촉각 피드백 및 중력 보상과 같은 다양한 피드백 및 제어 기법을 이용하여 로봇/제어기는 수동식 복강경 수술을 수행하는 느낌을 재현할 수 있다. 로봇은 또한 기기 및 외과의사의 팔의 중량을 지지하고, 진동을 제거하고, 엄격한 모션의 규제를 제공하는 등에 의해 도구의 수동 제어를 향상시킬 수 있다. 외과의사는 수술 성적을 향상시키기 위해 이러한 수동 모드와 이전에 설명한 자동화된 모드 사이에서 신속하게 스위칭할 수 있다.

[0026] 본 발명의 특징에 의해 외과의사는 적절한 경우 최적화되고 자동화된 로봇 수술 프로시저를 이용함으로써, 그리고 필요한 경우 외과의사의 수동 능력을 향상시키는 마스터-슬레이브 제어로 신속하게 스위칭함으로써 수술 성적을 향상시킬 수 있다. 본 장치의 개시된 실시형태는 유니버설 어댑터를 통해 로봇이 접속되는 교환 가능한 도구를 구비한 로봇 팔을 포함할 수 있다. 도구는 표준 복강경 도구, 개조된/모터를 구비한 도구, 및/또는 특수한 프로시저용의 고도로 전문화된 도구일 수 있다. 종래의 복강경 도구를 접속하기 위해, 로봇은 유니버설 어댑터를 사용하는 부착부를 구비할 수 있고, 대부분의 복강경 도구를 작동시키기 위해 요구되는 모션(예를 들면, 핸들을 좌우하는 것)을 발생할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0027] 예시적 실시형태의 특성 및 이점은 첨부하는 도면을 참조하여 작성된 이하의 설명에서 더 상세히 설명된다.

도 1은 외과의사가 하이브리드 기법용 유니버설 도구 어댑터를 이용하여 협력적 수술을 수행할 수 있는 수술 영역 셋업의 일 실시예를 도시한다.

도 2는 이용가능한 수술 모드의 실시예를 도시한다.

도 3은 마스터-슬레이브 수술 모드를 위한 일반적 작업 흐름의 일 실시예를 도시한다.

도 4a 내지 도 4c는 마스터-슬레이브 수술 모드를 위한 예시적 세트의 규제를 도시한다.

도 5는 자동 수술 모드를 위한 일반적 작업흐름의 일 실시예를 도시한다.

도 6은 제어기가 로봇에 부착된 예시적 실시형태를 도시한다.

도 7은 제어기가 로봇으로부터 분리된 예시적 실시형태를 도시한다.

도 8은 예시적인 제어기 형상을 도시한다.

도 9a 및 도 9b는 외과의사를 위한 로봇 지지체의 실시예를 도시한다.

도 10은 로봇과 외과의사 사이의 협력적 작용의 실시예를 도시한다.

도 11은 로봇 상의 유니버설 도구 포트의 일 실시예를 도시한다.

도 12는 로봇에 부착될 수 있는 도구의 실시예를 도시한다.

도 13 내지 도 15는 유니버설 도구 어댑터로서의 본 발명의 실시형태를 설명한다.

도 16은 모듈식 도구용 유니버설 도구 어댑터의 실시예를 도시한다.

도 17은 모듈식 다중 자유도 도구의 일 실시예를 도시한다.

도 18은 핸들로부터 맞물림해제된 엔드 이펙터를 구비하는 모듈식 손 도구의 일 실시예를 도시한다.

도 19는 유니버설 도구 어댑터 상에 설치되는 엔드 이펙터의 일 실시예를 도시한다.

도 20은 모터 팩 인터페이스를 포함하는 유니버설 도구 어댑터의 일 실시예를 도시한다.

도 21은 모터 팩의 모터를 통해 관절운동될 수 있는 모듈식 엔드 이펙터의 일 실시예를 도시한다.

도 22는 유니버설 도구 어댑터에 장착되는 다축 모터 팩의 일 실시예를 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 본 명세서에서 설명되는 예시적인 하이브리드 제어 수술 로봇 시스템의 목적, 이점 및 특징은 첨부된 도면을 포함한 본 명세서를 검토함으로써 본 기술 분야의 당업자에게 명확해질 것이다.

[0029] 도 1은 하나의 예시적인 수술 영역의 셋업을 나타낸다. 하나의 실시형태에서, 로봇(100)은 수술대(101)의 근처에 장착될 수 있고, 따라서 외과의사(102)는 베드사이드로부터 벗어나지 않고도 수동 작동과 로봇 작동 사이에서 스위칭할 수 있다. 외과의사는 유니버설 도구 어댑터(110)를 통해 한 손으로 로봇(100)을, 그리고 다른 손으로 수동 도구(103)를 사용할 수 있고, 또는 2개의 이상의 로봇을 사용할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 수동 도구(103)는 복강경 도구일 수 있다.

[0030] 하나의 실시형태에서, 도 2는 수동(200), 미세한 모션 마스터-슬레이브(201), 큰 모션 마스터-슬레이브(202),

및 자동(203) 시스템을 사용하는 경우에 얻을 수 있는 예시적인 수술 모드를 도시한다. 외과의사는 이를 모드 중 임의의 하나를 사용하도록 선택할 수 있고, 필요에 따라 이를 사이에서 스위칭할 수 있다.

[0031] 하나의 실시형태에서, 도 3에는 미세한 마스터-슬레이브 수술 모드 및 큰 마스터-슬레이브 수술 모드의 일반적인 작업흐름이 도시되어 있다. 이러한 모드에서, 외과의사(300)는 수술 로봇(302)을 제어하기 위해 제어기(301)와 상호작용할 수 있다. 그러면 제어기 내로의 외과의사의 입력(303)은 로봇을 위한 출력을 발생시키기 위해 입력 처리(304)(예를 들면, 진동 필터링, 모션 스케일링), 물리적 지지(305)(예를 들면, 도구 중력 보상, 팔 중량 지지), 및 이동 제한(306)(예를 들면, 노-플라이(no-fly) 구역, 모션의 원격 중심)을 포함하는 제어 유닛(310), 로봇 프로세서 및/또는 컴퓨터를 통해 처리될 수 있다. 적용되는 일련의 처리 방법은 각 외과의사에 맞춤화될 수 있고, 또는 즉각 변경될 수 있다. 예를 들면, 만일 외과의사가 하나의 최소 침습 수술 포트로부터 다른 최소 침습 수술 포트로 로봇을 이동시키고자 하는 경우, 외과의사는 정위치의 현재의 모션 제한의 원격 중심을 갖는 로봇을 철수시킨다. 일단 이 로봇이 제거되면, 외과의사는 규제를 제거한 후에 이것을 다른 포트로 이동시키고, 다음에 로봇 상에 새로운 모션 제한의 원격 중심을 부과한다. 외과의사가 환자(307)에게 수술을 수행하기 위해 로봇을 사용할 때, 외과의사와 로봇의 양자 모두는 하나 이상 센서(309)를 통해 센서의 피드백(308)을 수신할 수 있다.

[0032] 하나의 실시형태에서, 제어 유닛(310)은 적어도 하나의 로봇 팔을 작동시키기 위해 수술 로봇(302)의 적어도 하나의 로봇 팔의 입력 및/또는 작동 조건을 처리할 수 있다. 제어 유닛(310)은 작업공간 및 수술 요소를 공유하기 위해 적어도 하나의 로봇 팔에 커맨드를 실행할 수 있고, 이것은 이하에서 더 설명한다. 수술 요소는 수동식 수술 도구, 로봇 수술 도구, 전기소작(electrocautery) 도구, 및 작업공간의 디스플레이 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 외과의사의 입력(303) 또는 외과의사의 상호작용 입력은 수술 로봇(302)의 적어도 하나의 로봇 팔의 센서 및/또는 입력 제어기를 통해 검출될 수 있다. 이 센서는 적어도 하나의 로봇 팔에 결합되는 힘 센서 및/또는 위치 센서를 포함할 수 있고, 외과의사의 입력을 검출하기 위해 사용될 수 있다. 외과의사의 상호작용 입력에 기초하여, 수술 로봇(302)은 완전히 자동화된 모드 또는 부분적으로 자동화된 모드 상에서 작동할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 완전히 자동화된 모드 또는 부분적으로 자동화된 모드 중에서 자동화된 작동은 후속되는 외과의사의 상호작용 입력에 기인되어 중단되거나 조절될 수 있다. 하나의 실시형태에서, 제어 유닛(310)은 센서, 외과의사의 상호작용 입력, 및 수술 로봇(302)의 작동 프로그램 중 하나 이상으로부터 수신된 입력에 기초하여 로봇을 작동시키기 위해 커맨드를 실행하기 위한 중앙 처리 유닛(CPU) 및/또는 회로를 포함할 수 있다.

[0033] 도 4a 내지 도 4c는 마스터-슬레이브 모드의 예시적인 모션 규제의 세트를 도시한다. 도 4a는 어떤 규제도 없는 큰-모션 모드를 도시한 것으로서, 여기서 로봇은 수술 영역(400) 내의 임의의 위치까지 이동할 수 있다. 일단 환자에 포트가 형성되면, 로봇은 도 4b에 도시된 다른 규제의 세트로 이동할 수 있고, 이것은 모션의 원격 중심(401) 및 안전-작업 경계(402)를 포함할 수 있다. 필요하면, 외과의사는 미세-모터 제어를 사용하기 위해 스위칭하도록 선택할 수 있고, 이것은 도 4c에 도시된 바와 같이 로봇의 모션을 더욱 제한(403)한다.

[0034] 하나의 실시형태에서, 도 5에 도시된 바와 같이, 감시 하의 자동 수술 모드를 위한 일반적인 작업흐름의 일 실시예가 제공된다. 이러한 모드에서, 외과의사(500)는 자동으로 수술 프로시저를 수행하도록 센서의 정보(504) 및 제한(505)에 기초하여 로봇 모션이 자동적으로 발생(503)될 때 로봇(502)을 감시(501)할 수 있다.

[0035] 하나의 실시형태에서, 외과의사는 자신이 수행할 수 있는 작업을 수행하기 위한 수동식 수술 도구를 이용하여 수동 모드로 로봇 없이 수술을 시작할 수 있다. 일단 외과의사가 피로해지거나 로봇을 이용하는 것이 더 효율적인 시점에 도달하면, 외과의사는 큰 모션 마스터-슬레이브 제어 모드를 이용하여 수술 필드(surgical field) 내로 로봇을 이동시킬 수 있다. 이곳으로부터, 로봇은 상황에 따라 큰 모션 제어와 미세한 모션 제어 사이에서 스위칭될 수 있다. 만일 외과의사가 작은 작업 영역 내에서 고도의 손기술을 필요로 하는 작업을 수행할 필요가 있으면, 미세한 모터 제어를 사용할 수 있다. 만일 외과의사가 큰 모션을 수행할 필요가 있거나 다른 작업 영역으로 이동할 필요가 있으면, 큰 모터 제어를 이용할 수 있다. 만일 로봇이 이를 수행하도록 프로그램되어 있으면, 외과의사는 자동 작업, 특히 문합과 같은 고도의 손기술 및 반복을 필요로 하는 작업을 수행하도록 로봇을 설정할 수도 있다. 자동 루틴 중의 임의의 시간에, 외과의사는 로봇을 중단시킬 수 있고, 2개의 마스터-슬레이브 제어 구성 중 하나를 인계받을 수 있다. 일단 외과의사가 로봇이 더 이상 필요하지 않다고 결정하면, 외과의사는 로봇을 수술 필드로부터 제거할 수 있고, 수동 작업으로 복귀할 수 있다.

[0036] 하나의 실시형태에서, 외과의사는 제어기를 통해 로봇과 접속할 수 있고, 이 제어기에 의해 외과의사는 베이스 로봇의 모션, 도구의 배향 및 도구가 가질 수 있는 임의의 자유도를 제어할 수 있다. 도 6은 마스터-슬레이브

제어기(600)가 로봇(601)에 부착되어 있는 실시형태를 도시한 것으로, 여기서 외과의사는 로봇이 지지체로서의 역할을 하는 상태로 자신이 도구를 직접적으로 제어하는 느낌을 가질 수 있다. 도 7은 마스터-슬레이브 제어기(600)가 로봇(701)으로부터 분리된 시스템의 실시형태를 도시한 것으로, 여기서 외과의사는 로봇을 더욱 인체공학적으로 제어할 수 있고, 제어기와 로봇 출력 사이의 모션 스케일링(scaling)이 가능하다. 다른 실시형태에서, 외과의사는 수술의 과정을 통해 제어기를 탈부착할 수 있다(예를 들면, 큰-모션 마스터-슬레이브 제어를 위해 부착되고, 미세-모션 마스터-슬레이브 제어를 분리된다). 도 8은 다양한 도구를 제어하기 위해 사용될 수 있는 제어기의 형상의 실시예를 도시한다. 제어기의 형상은 그립 레버(grip lever; 800), 웨어러블 글러브 제어기(801), 및 도구 핸들(802)을 포함할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 제어기는 도 6에 도시된 바와 같이 로봇이 일단부에 착탈 가능하게 부착될 수 있다. 하나의 실시형태에서, 제어기는 로봇의 단부로부터 신속하게 부착 또는 분리되도록 구성된다.

[0037] 하나의 실시형태에서, 외과의사의 팔의 운동학적 모델이 생성될 수 있다. 팔의 자세는 운동학적 모델을 고려하여 로봇 엔드-이펙터의 위치에 기초하여 생성될 수 있다. 운동학적 모델과 팔의 자세는 상이한 작업 위치에서 외과의사의 팔을 위해 요구되는 중력 보상의 양을 결정하기 위해 로봇 수술 시스템에 제공될 수 있다. 외과의사의 팔에 대해 가해지는 로봇으로부터의 동적 힘의 형태인 중력 보상의 양은 피로를 감소시키기 위해 팔을 지지하는데 충분할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 중력 보상에 의해 로봇은, 외과의사가 의도하는 이동을 방해하지 않고 실질적으로 중량을 느낄 수 없도록, 외과의사의 팔에 대항하는 반대의 힘을 행사할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 중력 보상에 의해 로봇은 외과의사의 팔 및/또는 부착된 수술 도구에 대항하는 반대의 힘을 행사할 수 있다. 외과의사의 팔 또는 부착된 수술 도구에 의해 가해지는 힘은 팔 또는 도구의 각각에 의해 행사되는 적어도 중력을 포함할 수 있다.

[0038] 하나의 실시형태에서, 도 9a 및 도 9b에 도시된 바와 같이, 외과의사(901)는 자신의 손, 손목, 또는 전박을 이용하여 6 자유도 로봇 팔(902)에 자신을 팔을 부착한다. 교정(calibration)을 개시하기 위해, 외과의사는 적어도 2개의 위치 사이에서 자신의 팔을 이동시키고, 로봇은 로봇 팔(902)의 하나 이상의 인코딩된 조인트(903)로 이들 위치를 기록한다. 외과의사(901)의 팔이 적어도 2개의 위치 사이에서 이동할 때 외과의사(901)의 팔에 의해 가해지는 힘을 검출하기 위해 로봇 팔(902) 내에 또는 로봇 팔(902) 상에 힘 센서(905)가 제공될 수 있다. 하나의 실시형태에서, 외과의사는 외과의사의 작업공간을 규정하는 영역 내에서 자신의 팔을 이동시킴으로써 로봇을 교정할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 외과의사는 작업공간의 경계가 가장자리에 도달되었을 때 로봇에 신호전달할 수 있다. 외과의사는, 예를 들면, 음성 커맨드의 발생, 버튼 누르기, 스위치의 토클링, 소정의 손 또는 팔 동작을 수행하기, 발 페달을 누르기 등에 의해 로봇에 신호전달할 수 있다. 이러한 신호전달은 로봇의 공간 내에서 로봇을 위한 가상의 경계를 형성한다.

[0039] 이러한 교정 후에, 로봇은 외과의사의 팔의 운동학적 모델을 계산하고 규정한다. 다음에, 로봇 엔드-이펙터(904) 위치는 팔의 자세로 변환될 수 있다. 팔의 자세는 팔의 자세를 위해 적절한 힘의 양만큼 하나 이상의 위치에서 외과의사의 팔을 지지하는 중력 보상 모드에 정보를 제공한다. 예를 들면, 펼쳐져 있는 팔은 가슴에 근접하여 유지된 팔보다 더 많은 지지를 필요로 한다. 하나의 실시형태에서, 하나 이상 지지 위치는 손목, 전박, 팔꿈치, 어깨, 또는 기타 위치를 포함할 수 있다.

[0040] 하나의 실시형태에서, 로봇은 제어 유닛을 포함할 수 있고, 작동 모드를 저장하고 실행하기 위한, 그리고 교정 파라미터를 규정하고 저장하기 위한 프로세서, 메인 메모리, 랜덤 액세스 메모리를 포함할 수 있다. 예를 들면, 교정 및 다른 파라미터의 규정 후에, 로봇은 특정의 외과의사 및 작동을 위해 재교정될 필요가 없다.

[0041] 도 10a 내지 도 10c는 로봇과 외과의사 사이의 협력을 수반하는 과제를 도시한다. 예를 들면, 협력적 프로시저는 노-플라이 구역의 규정, 조직 파지, 조직 절단, 조직 절개, 조직 접합, 및/또는 조직 퇴축(retraction)을 포함할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 조작자 또는 외과의사는 자신의 손, 손목 또는 전박을 이동시킴으로써 로봇에 입력, 명령, 또는 커맨드를 제공할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 로봇은 로봇 팔의 힘 센서 및/또는 위치 센서를 통해 조작자 또는 외과의사의 이동 또는 힘을 검출할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 조작자 또는 외과의사의 입력은 제어기를 통한 외과의사의 상호작용 입력의 형태일 수 있다. 하나의 실시형태에서, 제어 유닛은 제어기로부터의 외과의사의 상호작용 입력에 응답하여, 및/또는 로봇의 적어도 하나의 센서에 의해 검출된 입력 또는 작동 조건에 응답하여 촉각 피드백을 제공하기 위해 커맨드를 실행할 수 있다.

[0042] 하나의 실시형태에서, 도 10a에 도시된 바와 같이, 외과의사는 체적의 노-플라이 구역(1015) 및/또는 특정의 과제를 행하는 노-플라이 구역(1016)을 규정할 수 있다. 도 10a에 도시된 바와 같이, 조직(1005)은 2개의 세그먼트로 되어 있고, 경계(1013)는 수술 영역 상 또는 수술 영역의 주위에서 외과의사의 도구(1002)를

추적함으로써, 또는 일반적인 체적의 노-플라이 구역(1015)을 규정하기 위해 로봇에의 신호전달에 의해 그어진다. 로봇은 도구(1002)가 이러한 체적의 노-플라이 구역(1015)영역 내에 진입하는 것을 강제로 방지할 수 있다. 외과의사의 도구(1002)는 추적에 의해 또는 로봇에의 신호전달에 의해 특정의 과제를 행하는 노-플라이 구역(1016)의 가장자리(1014)를 규정할 수 있다. 특정의 과제를 행하는 노-플라이 구역(1016)은 작동 중에 로봇에 의해 강제될 수 있다. 하나의 실시형태에서, 도 10a에 도시된 바와 같이, 특정의 과제를 행하는 노-플라이 구역(1016)은 조직 파지 프로시저 중에 강제될 수 있다. 하나의 실시형태에서, 제어기는 직접적으로 또는 간접적으로 도구(1002)에 연결될 수 있다. 제어기는 도구(1002)를 통해 수행되는 추적(trace) 또는 노-플라이 구역을 규정하기 위해 사용될 수 있는 신호전달을 포함하는 외과의사의 상호작용 입력을 수신할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 특정의 과제를 행하는 노-플라이 구역(1016)은 평면을 포함하는 추상적인 기하학적 형상을 포함할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 특정의 과제를 행하는 구역(1016)은 로봇 또는 외과의사에 의해 수행되는 검출된 수술 장면 또는 과제에 따라 동적으로 변화할 수 있다.

[0043] 하나의 실시형태에서, 작업공간 디스플레이에는 선택되는 가장자리, 경계(1013) 및 다른 가상의 입력(1014)을 표현하기 위해 제공될 수 있다. 하나의 실시형태에서, 일단 경계(1013) 및/또는 가장자리(1014) 선택 프로세스가 완료되면, 작업공간 디스플레이에는 일반적인 체적의 노-플라이 구역(1015) 및/또는 특정의 과제를 행하는 노-플라이 구역(1016)을 표현할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 작업공간 디스플레이는 로봇의 제어기와 연결될 수 있고, 제어기는 다양한 작동 모드를 실행할 때 체적의 노-플라이 구역(1015) 및/또는 특정의 과제를 행하는 노-플라이 구역(1016)을 저장 및 재현할 수 있다.

[0044] 하나의 실시형태에서, 도 10b에 도시된 바와 같이, 작업공간 내측에서 커맨드를 발생시키기 위해 도구(1009)가 사용될 수 있다. 예를 들면, 절단 도구(1009)는 조직(1005) 상에서 원하는 절단 경로를 따라 절단 도구(1009)를 추적함으로써 계획된 절개선(1010)을 규정하기 위해 사용될 수 있다. 다음에 로봇은 도 10b의 하단에 도시된 바와 같이 조직(1005)을 절단하기 위해 절개선(1011)을 조절하고 추종하기 위해 추가의 센서 정보를 고려할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 센서의 정보는 로봇의 광학 힘 센서 및 위치 센서를 통해 획득될 수 있다. 하나의 실시형태에서, 제어기는 도구(1002)에 직접적으로 또는 간접적으로 부착될 수 있다. 제어기는 도구(1009)를 통해 수행되는 추적을 포함하는 외과의사의 상호작용 입력을 수신할 수 있고, 이것은 계획된 절개선(1010)을 규정하기 위해 사용될 수 있다.

[0045] 하나의 실시형태에서, 외과의사의 상호작용 입력은 도구(1009)를 이용한 작업공간의 추적 또는 드로잉(drawing)을 포함할 수 있고, 여기서 도구(1009)는 제어기에 부착될 수 있고, 추적 또는 드로잉은 로봇에 의해 수행될 조직 절단 또는 조직 절개의 파라미터를 규정한다. 다음에 로봇은 센서 정보를 고려하여 자동화된 방식으로 조직 절단 또는 조직 절개를 수행할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 조직 봉합 또는 클리핑(clipping) 방법을 포함하는 조직 접합은 외과의사의 상호작용 입력을 이용하여 규정될 수 있다. 외과의사의 상호작용 입력은 접합될 조직의 영역을 표시하기 위해 제어기를 이용하여 작업공간의 영역을 선택하는 것을 포함할 수 있다. 다음에 로봇은 센서 정보를 고려하여 자동화된 방식으로 조직 접합을 수행할 수 있다.

[0046] 하나의 실시형태에서, 작업공간 디스플레이는 절단 도구(1009)에 의해 추적되는 절개선(1010)을 표현하기 위해 제공될 수 있다. 하나의 실시형태에서, 작업공간 디스플레이는 LCD 디스플레이 스크린 또는 터치스크린 패널일 수 있다. 하나의 실시형태에서, 작업공간 디스플레이에는 환자 상에 직접적으로 또는 작동 위치 내의 적절한 위치에 투사되는 이미지 프로젝션일 수 있다. 하나의 실시형태에서, 작업공간은 적어도 부분적으로 내시경 뷰(view)를 포함할 수 있다.

[0047] 계획된 절개선(1010)을 규정함으로써, 자동화된 또는 반자동 방식으로 로봇에 의해 절단이 수행될 수 있다. 하나의 실시형태에서, 외과의사가 피로한 경우에 또는 예를 들면 절단을 위해 고도의 손기술 또는 반복이 요구되는 경우에 자동화된 또는 반자동 절단이 요구될 수 있다. 하나의 실시형태에서, 로봇의 제어기는 조직(1005)을 적절히 절단하기 위해 로봇 팔을 통해 절단 도구(1009)를 안내하기 위해 커맨드를 실행하도록 계획된 절개선(1010) 및 센서 정보를 수신할 수 있다.

[0048] 하나의 실시형태에서, 도 10c에 도시된 바와 같이, 로봇은 협력적 방식으로 조직의 파지를 보조할 수 있다. 외과의사는 정위치에 조직(1005)을 유지하기 위해 그래스퍼(grasper; 1002)를 사용할 수 있다. 다음에 외과의사는 계획된 위치(1004) 또는 계획된 힘 벡터(1003)를 규정하기 위해 로봇에 커맨드 또는 신호를 줄 수 있다. 다음에 로봇은 계획된 위치(1004) 또는 계획된 힘 벡터(1003)의 각각에 기초하여 이 위치(1007) 또는 일정한 힘(1006)을 유지할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 외과의사가 계획된 힘 벡터(1003)를 규정하기 위해 커맨드를 발생할 때 도구의 선단에서 행사되는 힘을 검출하기 위해 힘 센서(1001)가 제공될 수 있다. 하나의 실시형태에

서, 계획된 위치(1004) 및 계획된 힘 벡터(1003)의 양자 모두가 사용될 수 있다. 위치 정보 및/또는 힘 정보의 조합에 의해 로봇은 외과의사와 협력하여 로봇과 외과의사의 각각에게 적절한 과제를 달성할 수 있다. 로봇이 위치를 유지할 수 있도록 함으로써, 외과의사는 유지 위치를 유지하기 위해 지속적으로 힘을 행사할 필요로부터 자유로워질 수 있다.

[0049] 도 11에 도시된 바와 같은 하나의 실시형태에서, 다양한 수술 도구(1102)와 접속하여 제어하기 위해 도구 포트(1101)를 구비하는 로봇(1100)이 사용될 수 있다. 로봇(1100)의 도구 포트(1101)는 전력 또는 데이터를 전송하기 위한 하나 이상의 기계적 접점 및/또는 전기적 접점을 포함할 수 있다. 도 12는 로봇이 접속될 수 있는 상이한 유형의 도구를 도시한다. 이 도구는 자동 루틴에서 사용하기 위한 전문화된 도구(1200)(예를 들면, 자동 문합술에서 봉합용으로 최적화된 도구), 로봇과 접속하도록 내장된 일종의 표준 복강경 도구(1201)(예를 들면, 모터 장착식 그래스퍼 또는 외과용 메스), 또는 도구를 작동시키기 위해 사용되는 유니버설 도구 어댑터(1203)에 부착되는 수동 복강경 도구(1202)일 수 있다. 이 도구는 다양한 작동 및 자유도를 가질 수 있고, 로봇 상에서 이용될 수 있는 모든 기계적 접점 또는 전기적 접점을 반드시 사용할 필요 없다.

[0050] 협력적 하이브리드 수술 접근방법을 촉진하기 위해, 수동 프로시저로부터 마스터-슬레이브 및 자동 프로시저로의 용이한 이행을 가능하게 하는 유니버설 도구 어댑터가 로봇의 도구 포트에 장착될 수 있다. 도구 어댑터는 임의의 수의 상이한 복강경 손 도구를 수용하도록 설계될 수 있고, 자유도 및 엔드 이펙터 작동을 기계화할 수 있는 플랫폼을 제공한다. 하나의 실시형태에서, 도 1은 유니버설 도구 어댑터(110)로 수동 또는 원격조작 복강경 수술을 수행하는 외과의사를 도시한다. 어댑터(110)의 내측에 손을 위치시킴으로써, 외과의사는 로봇 팔(100)로부터의 지능형 지지 하에서 핸들 및 수동 도구의 관절 링에 접근할 수 있다. 만일 기계화된 제어가 필요한 경우, 외과의사는 수동 도구로부터 자신의 손을 제거할 수 있고, 도구 어댑터에 도구를 연결할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 외과의사가 팔의 지지를 여전히 유지하면서 로봇을 원격조작할 수 있도록 도구 어댑터 상에 직접 위치되는 제어장치가 제공될 수 있다. 유니버설 도구 어댑터(110)는 노 플라이-구역, 도구 메모리, 및/또는 협력적 하이브리드 접근방법을 이용한 경로 플래닝(planning)의 교시를 위한 피드백을 제공하기 위해 힘 센서 및 토크 센서를 장착할 수 있다.

[0051] 하나의 실시형태에서, 도 13 내지 도 15는 회전을 위한 하나의 자유도 및 예를 들면 절단 또는 예를 들면 그래스퍼, 니들 드라이버, 및 가위의 클램핑과 같은 작동을 위한 하나의 자유도를 제공하는 도구(1300)용의 예시적인 유니버설 어댑터를 도시한다. 이러한 유형의 도구(1300)는 표준화된 직경을 구비하는 샤프트, 이 샤프트를 회전시키기 위한 회전 링, 정지형 핸들, 및 샤프트의 선단에서의 작용, 즉 클램핑 또는 가위 작동을 작동시키는 이동형 핸들로 이루어질 수 있다. 핸들의 크기 및 위치는 도구마다 달라질 수 있고, 따라서 유니버설 어댑터는 도구의 구체적인 크기와 동력화의 필요성에 따라 조절되도록 구성될 필요가 있다. 하나의 실시형태에서, 도구(1300)는 수동식 수술 도구 및/또는 로봇 수술 도구를 포함할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 도구(1300)는 복강경 도구 및/또는 전기조작 도구를 포함할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 도구(1300)는 비모듈식 수술 도구를 포함할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 도구(1300)는 모듈식 수술 도구를 포함할 수 있다.

[0052] 하나의 실시형태에서, 도구(1300)는 함께 클램핑되는 2개의 하프(half)로 제작된 원통형 슬리브(1311), 도구(1300)의 회전 특징부와 맞물리는 스프링 클램프(1312), 및 썬 스크류(thumb screw; 1313)로 이루어지는 리밸버 슬리브(revolver sleeve; 1310) 내에 이것을 위치시킴으로써 어댑터(1301) 내에 삽입될 수 있다. 슬리브(1310)의 원통형 개구는 도구 상에 적절한 클램핑 힘을 제공하기 위해 도구보다 작은 직경을 갖도록 설계된다. 리밸버 슬리브(1310)는 도구(1300)의 특정의 표준화된 직경을 위해 조절되도록 교환될 수 있다. 리밸버 슬리브(1310)는 리밸버 슬리브(1310)의 회전 축선과 동심으로 도구(1300)를 정렬시킨다. 썬 스크류(1313)로 도구(1300)를 정위치에 고정하기 전에, 스프링 클램프(1312)는 도구의 회전 특징부의 솔더가 리밸버 슬리브(1310)의 단부에 대해 지지될 때까지 축방향 전방으로 도구를 밀어줌으로써, 도구(1300)를 반복가능한 축방향 및 회전 위치에 설치한다.

[0053] 하나의 실시형태에서, 어댑터(1301)는 정지형 부재(1314) 및 힌지점(1350)을 중심으로 회전하는 가동형 부재(1315)를 포함할 수 있다. 가동형 부재(1315)는 일련의 핀홀을 포함할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 일련의 핀홀은 가동형 부재(1315) 상에 복수의 횡렬 및 종렬의 핀홀을 포함할 수 있다. 핀이 도구(1300)의 가동형 핸들의 내측에 위치하도록 핀홀을 통해 가동형 부재(1315) 상에 적어도 하나의 장착 핀을 고정함으로써, 핀은 가동형 핸들의 측부와 맞물릴 수 있다. 하나의 실시형태에서, 가동형 부재(1315)는 이 가동형 부재(1315)의 핀홀에 고정되는 적어도 2개의 장착용 핀을 구비할 수 있다. 적어도 2개의 핀은 가동형 핸들의 내측 부분과 상호작용할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 적어도 2개의 장착용 핀은 도구(1300)의 가동형 부분과 맞물릴 수 있고, 정지형 부재(1314)는 도구(1300)의 고정된 부분과 맞물릴 수 있다. 하나의 실시형태에서, 도구(1300)는 복강경

도구일 수 있다.

[0054] 핀의 위치를 조절함으로써, 어댑터(1301)는 다수의 도구 크기 및 도구 형상을 수용할 수 있다. 일단 도구(1300)가 어댑터(1301) 내에 위치되면, 2개의 모터(1316, 1317)는 회전 자유도 및 다른 작동, 예를 들면, 절단 또는 클램핑을 작동시킬 수 있다. 대안적으로, 회전 자유도는 로봇 팔을 이용하여 구현될 수 있다. 하나의 실시형태에서, 어댑터(1301)는 본 발명의 로봇 팔에 어댑터(1301)를 착탈 가능하게 부착하기 위해 플랜지(1302)를 포함할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 어댑터(1301)는 신속하고 용이하게 로봇 팔에 부착되거나 로봇 팔로부터 분리되도록 구성된다. 하나의 실시형태에서, 2개의 모터(1316, 1317) 중 적어도 하나는 정지형 부재(1314)에 장착될 수 있고, 2개의 모터(1316, 1317) 중 적어도 하나는 도구(1300)를 구동시키기 위해 도구(1300)의 회전 부분과 결합될 수 있다.

[0055] 하나의 실시형태에서, 도 16은 모듈식 다중 자유도 도구를 위한 예시적인 유니버설 도구 어댑터(1500)를 도시한다. 도 17은 모듈식 도구(1400)의 특징부를 도시한다. 이러한 유형의 기구는 표준화된 직경을 구비하는 샤프트(1401), 엔드 이펙터를 회전시키기 위한 회전 링(1402), 회전될 때 도구의 선단의 굴곡을 제어하는 관절 칼라(1403), 엔드 이펙터의 기능, 즉 파지 또는 절단을 작동시키는 가동형 핸들(1404), 및 핸들로부터 엔드 이펙터를 맞물림 및 맞물림해제시키기 위한 신속 연결 인터페이스(1405)를 포함할 수 있다. 모듈식 도구는 유사한 엔드 이펙터의 기하학적 구조 및 신속 연결 인터페이스를 가지므로 유니버설 도구 어댑터는 완전한 모듈식 도구 세트를 수용할 수 있다. 또한, 단일 및 다중 자유도 도구용 제어를 위해 다중 축선이 제공된다.

[0056] 하나의 실시형태에서, 엔드 이펙터(1406)는 도 18에 도시된 바와 같이 신속 연결 인터페이스(1405)를 조작함으로써 모듈식 도구(1400)의 모듈식 핸들(1407)로부터 맞물림해제될 수 있다. 관절 인터페이스(1502)를 노출시키기 위해 유니버설 도구 어댑터(1500)의 캡(1501)이 제거될 수 있고, 여기서 모듈식 엔드 이펙터(1406)는 유니버설 도구 어댑터(1500)의 내측에 설치될 수 있다. 관절 인터페이스(1502)는 도구 배향 및 토크 전달을 위해 관절 칼라(1403)의 대응하는 그루브와 정렬되는 융기부(1503)를 포함할 수 있다. 모듈식 엔드 이펙터(1406)는 일단 설치되면 나사산을 갖는 캡(1501)을 재설치하여 체결함으로써 도구 어댑터(1500) 내에 고정될 수 있다. 하나의 실시형태에서, 모듈식 도구(1400)는 핀, 스프링, 또는 나사산을 갖는 부분 중 적어도 하나를 통해 도구 어댑터(1500)에 고정될 수 있다. 하나의 실시형태에서, 모듈식 도구(1400)는 복강경 도구일 수 있다.

[0057] 하나의 실시형태에서, 일단 모듈식 엔드 이펙터(1406)가 도 19 및 도 20에 도시된 스프링의 하중을 받는 선형 구동 인터페이스(1505)와 맞물리도록 설치되면 신속 연결 버튼(1504)이 가압될 수 있다. 유니버설 도구 어댑터(1500)는 엔드 이펙터의 기능, 즉 파지 및 절단을 제어하기 위해 도구 어댑터(1500)의 축선 방향을 따라 병진하도록 작동가능한 구동 인터페이스(1505)를 포함할 수 있다.

[0058] 하나의 실시형태에서, 모듈식 엔드 이펙터(1409)의 작동은 모듈식 엔드 이펙터(1406)의 작동 구동 샤프트(1408)를 전방으로 밀어주는 병진 단계를 이동시키고, 모듈식 엔드 이펙터(1406)의 죠(jaw)를 개방시킴으로써 달성을 수 있다. 구동 샤프트가 가압될 때, 내부의 스프링은 압축되어 선형 구동 인터페이스(1505) 상에 압력을 한다. 가압이 반전된 경우, 압축된 스프링은 이완될 수 있고, 작동 구동 샤프트(1408)를 원래의 상태로 복귀시키고 모듈식 엔드 이펙터(1409)의 죠를 폐쇄시킨다. 이러한 작용은 임의의 모듈식 도구의 엔드 이펙터를 작동시키기 위해 반복될 수 있다.

[0059] 하나의 실시형태에서, 모듈식 엔드 이펙터(1406)의 관절운동은 관절 로터(1506)를 회전시킴으로써 달성을 수 있고, 다음에 관절 로터는 구동 샤프트(1508)를 통해 중간 기어(1507)에 토크를 전달할 수 있다. 이 중간 기어(1507)는 유니버설 도구 어댑터(1500)의 관절 인터페이스(1502)와 맞물려서 이것을 회전시키고, 따라서 모듈식 엔드 이펙터(1406)의 관절 칼라(1403)를 회전시킨다. 관절 칼라(1403)가 회전될 때, 엔드 이펙터(1409)는 도 21에 도시된 바와 같이 0 내지 90°로 굴곡될 수 있다.

[0060] 하나의 실시형태에서, 도 22에 도시된 바와 같이, 도구를 기계화하기 위해 유니버설 도구 어댑터(1500)에 다축 모터 팩(1600)이 장착될 수 있다. 모터 팩(1600)은 장착용 플랜지(1601)를 통해 로봇 위치결정 시스템 상에 장착될 수 있다. 하나의 실시형태에서, 유니버설 도구 어댑터(1500) 상의 관절 로터(1506)와 맞물리도록 적어도 하나의 회전 모터(1603) 상에 스프링의 하중을 받는 핀(1602)이 제공될 수 있다. 적어도 하나의 회전 모터(1603)는 관절 로터(1506)에 회전력을 전달하기 위해 회전될 수 있다. 구동 인터페이스(1505)에 축방향 힘을 전달하기 위해 적어도 하나의 선형 모터(1604)가 사용될 수 있다.

[0061] 하나의 실시형태에서, 다축 모터 팩(1600)은 복수의 회전 모터(1603) 및/또는 복수의 선형 모터(1604)를 포함할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 다축 모터 팩(1600)은 모터 팩(1600)의 중심 축선을 중심으로 대칭적으로 배치

되는 복수의 회전 모터(1603)를 포함할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 선형 모터(1604)는 모터 팩(1600)의 중심 축선을 따라 배치될 수 있다. 복수의 회전 모터(1603) 및/또는 복수의 선형 모터(1604)를 구비하는 다축 모터 팩(1600)을 제공함으로써, 다축 모터 팩(1600)은 다중 관절 로터 및/또는 다중 선형 구동 인터페이스를 갖는 임의의 수의 유니버설 도구 어댑터와 양립할 수 있고, 다음에 이것은 다중 자유도를 구비하는 모듈식 엔드 이펙터를 구동하기 위해 사용될 수 있다.

[0062]

위에서 설명된 구체적인 실시형태는 수술의 경우에서 일례로서 설명되었고, 이를 실시형태는 다양하게 개조되고, 대안적으로 변경될 수 있다는 것을 이해해야 한다. 또한 청구항은 개시된 특정의 형태에 제한되는 것을 의도하지 않고, 본 발명의 사상 및 범위 내에 속하는 모든 개조, 등가, 및 변경을 포함하도록 의도된다는 것을 이해해야 한다.

[0063]

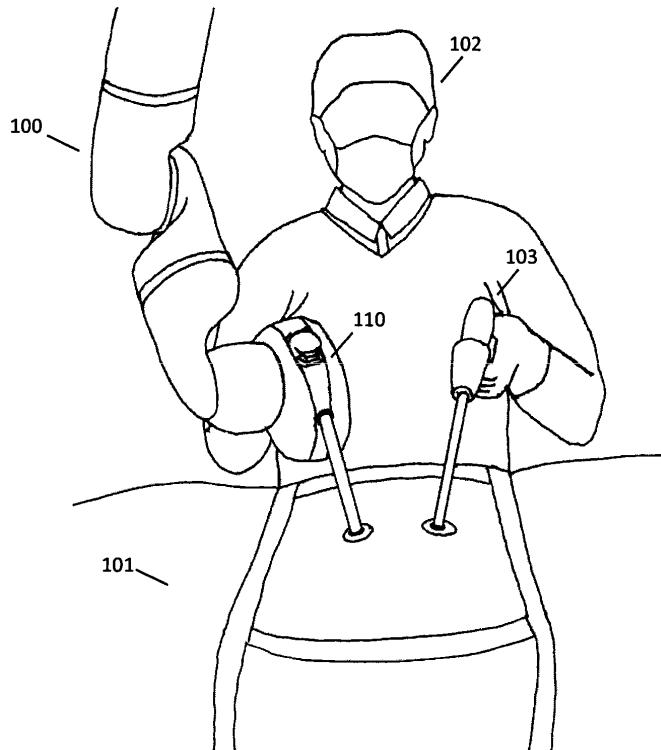
본 명세서에서 사용될 때, 용어 "포함하다" 및 "포함하는"은 포괄적이고, 확장가능한 것으로서 해석되어야 한다. 특히, 본 문서에서 사용될 때, 용어 "포함하다", "포함하는" 및 그 파생어는 본 발명의 설명된 특징 내에 포함되는 구체적인 특징, 단계 또는 구성요소를 의미한다. 이를 용어는 다른 특징, 단계 또는 구성요소를 배제하는 것으로 해석되어서는 안 된다.

[0064]

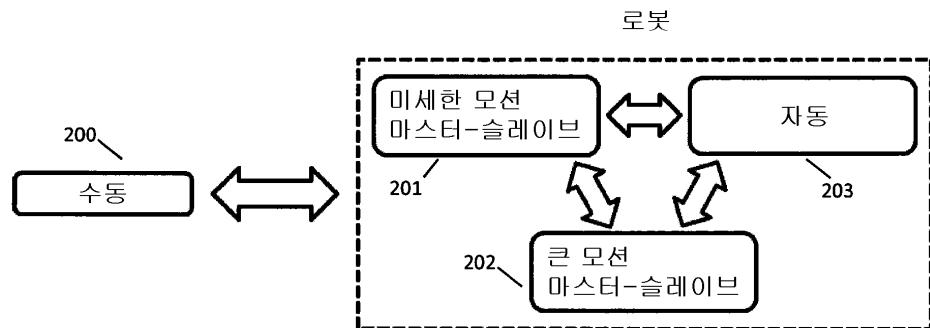
본 발명의 하이브리드 제어 수술 로봇 시스템은 본 명세서에 개시된 특정의 실시형태에 제한되지 않고, 이하의 청구항의 범위 내에 속하는 많은 개조된 형태를 포함한다는 것이 이해된다.

## 도면

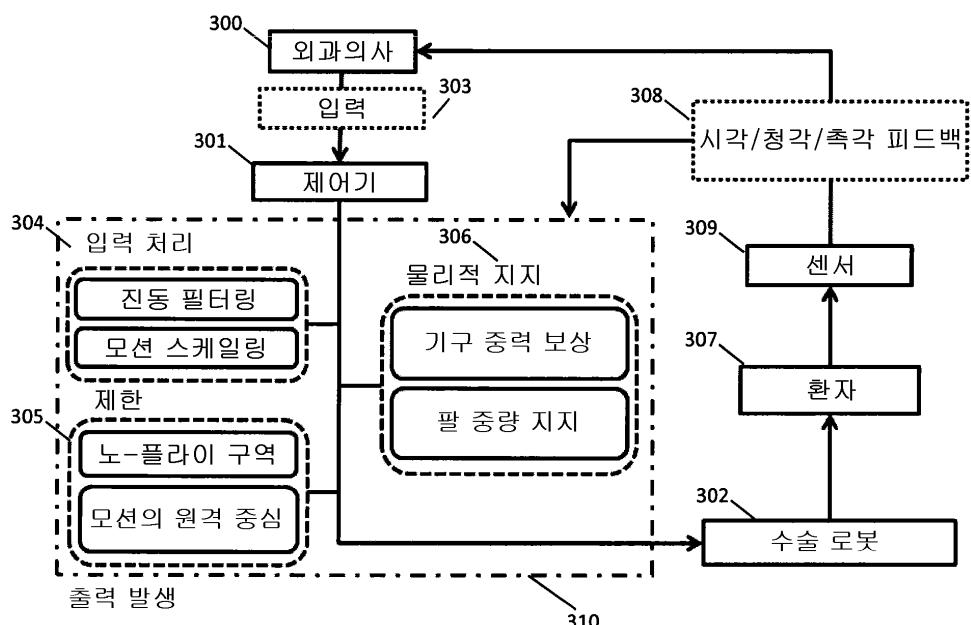
### 도면1



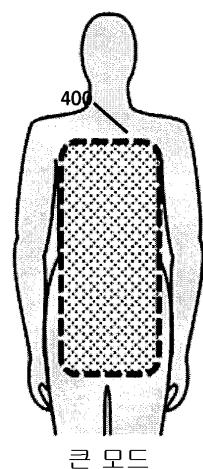
도면2



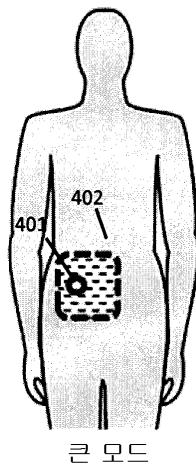
도면3



도면4a

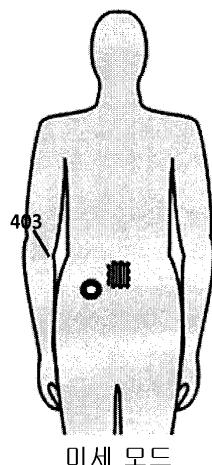


도면4b



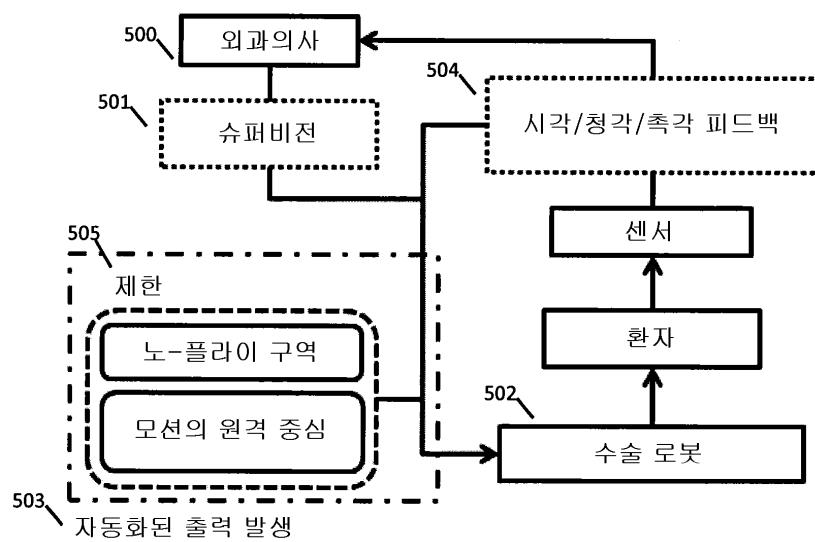
큰 모드

도면4c

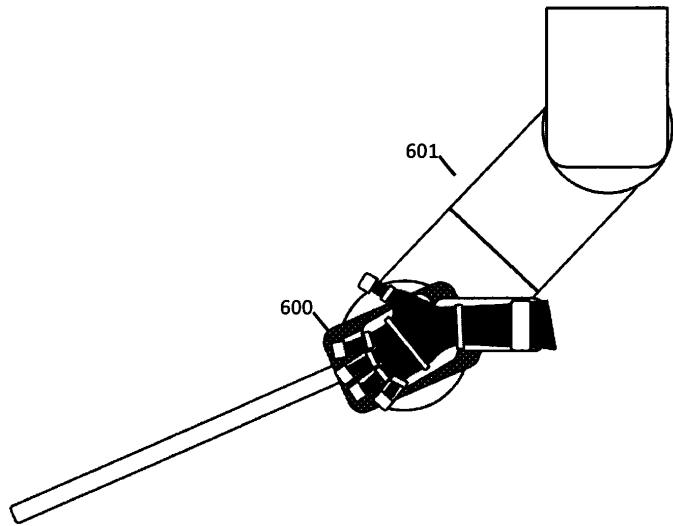


미세 모드

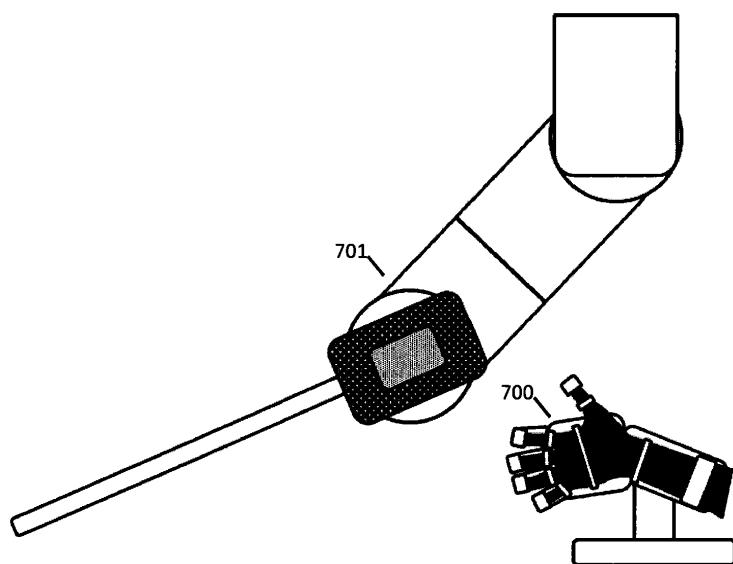
도면5



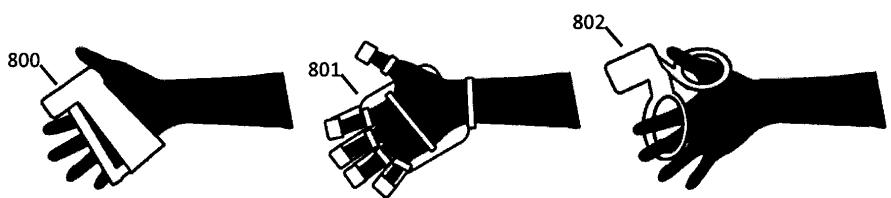
도면6



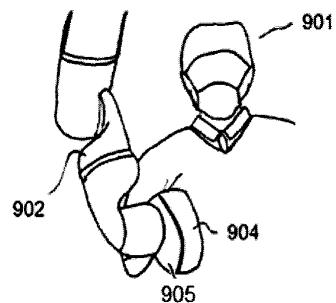
도면7



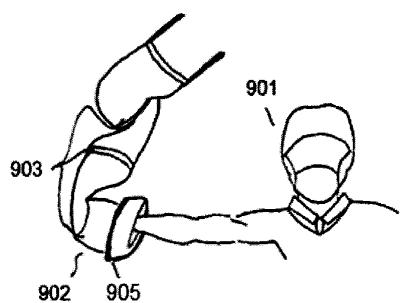
도면8



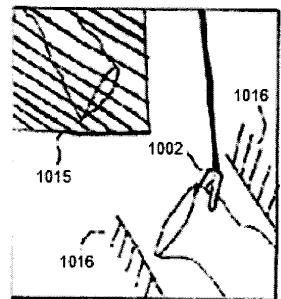
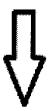
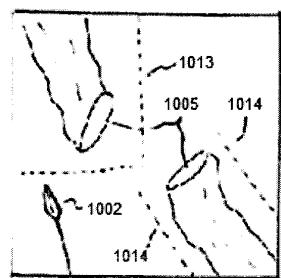
도면9a



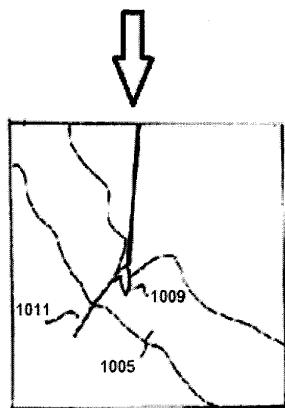
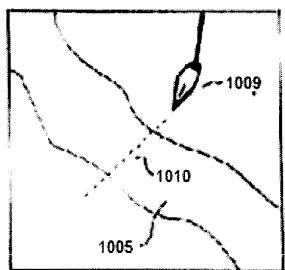
도면9b



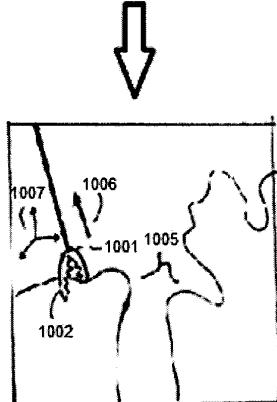
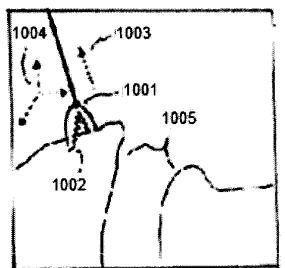
도면10a



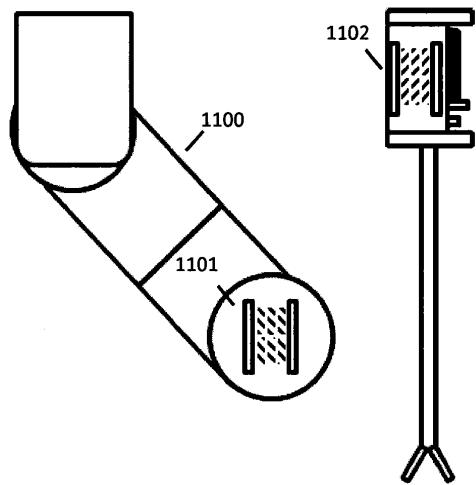
도면10b



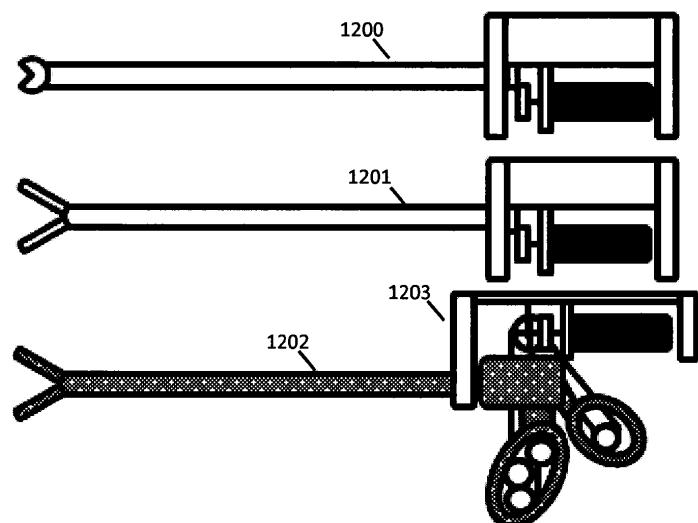
도면10c



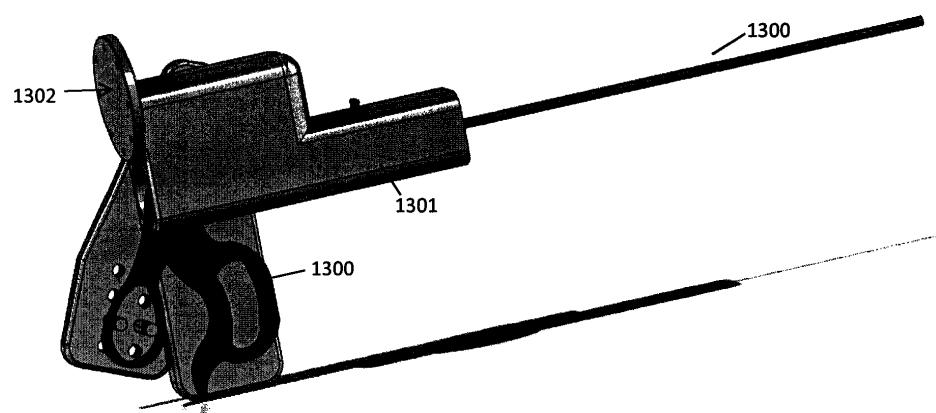
도면11



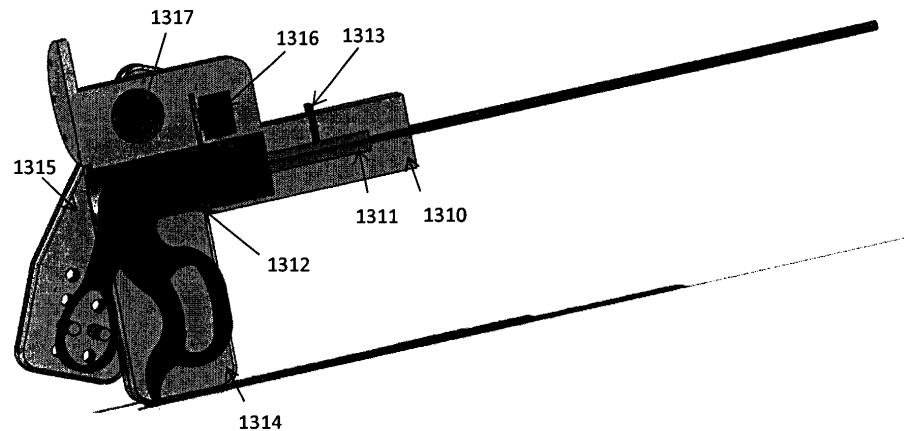
도면12



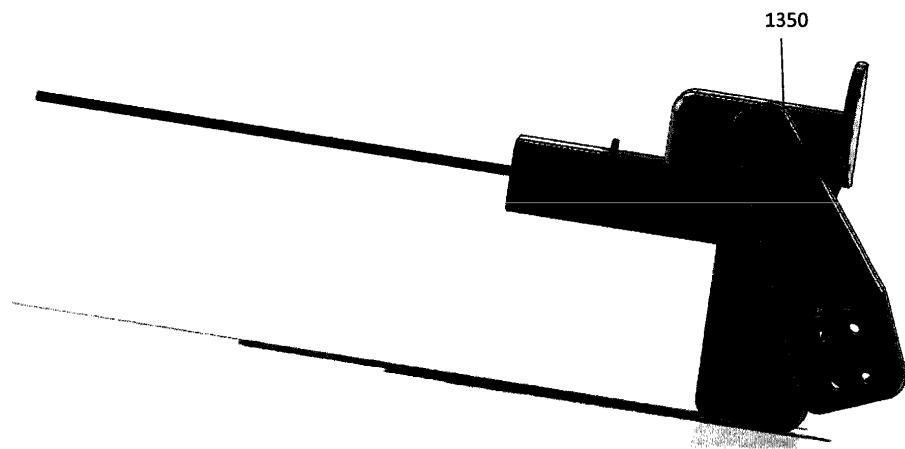
도면13



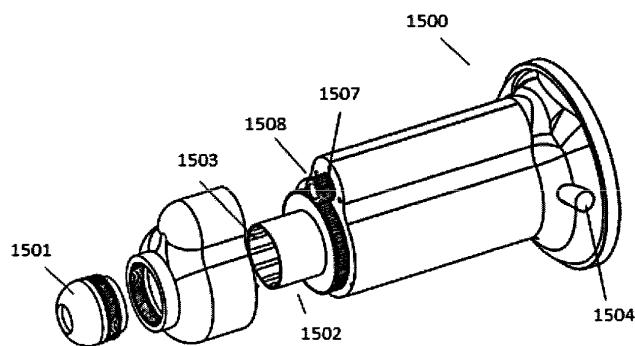
도면14



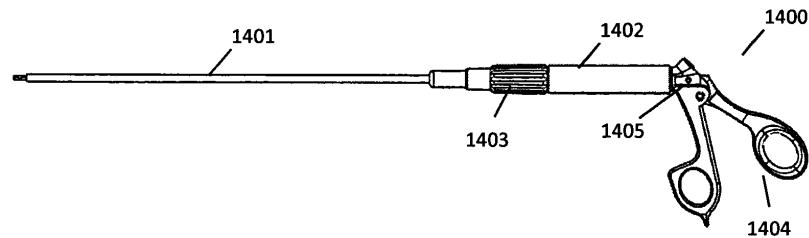
도면15



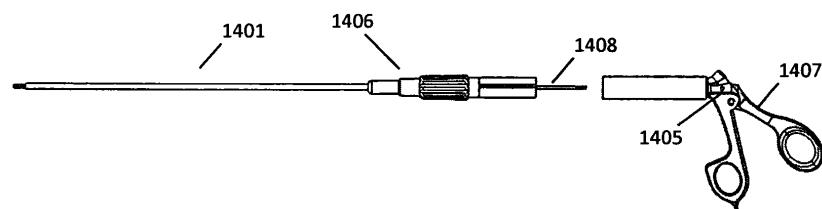
도면16



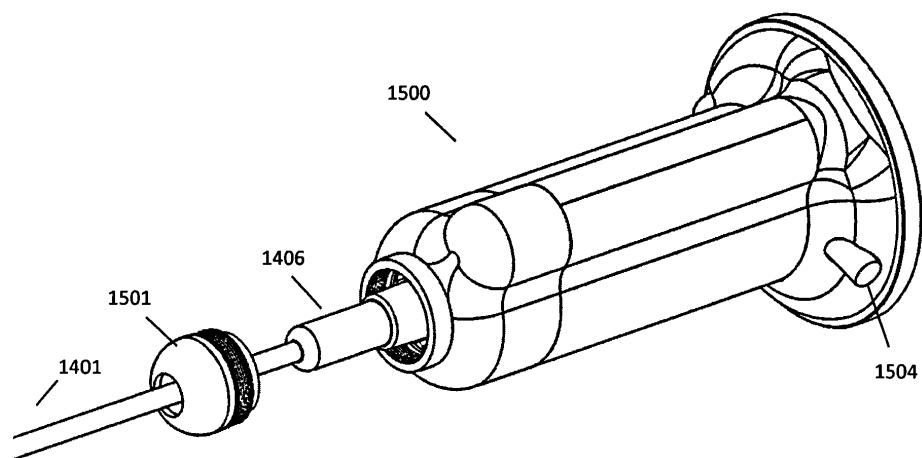
도면17



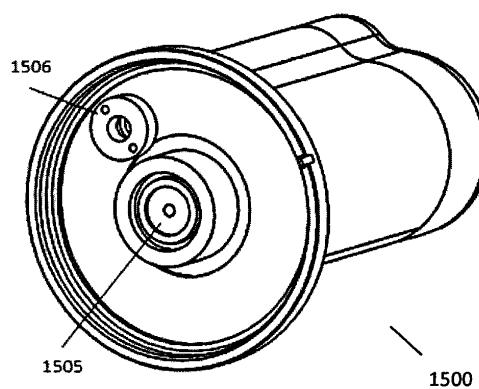
도면18



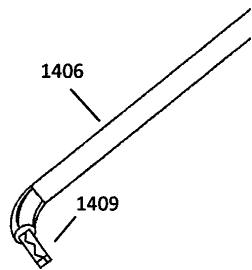
도면19



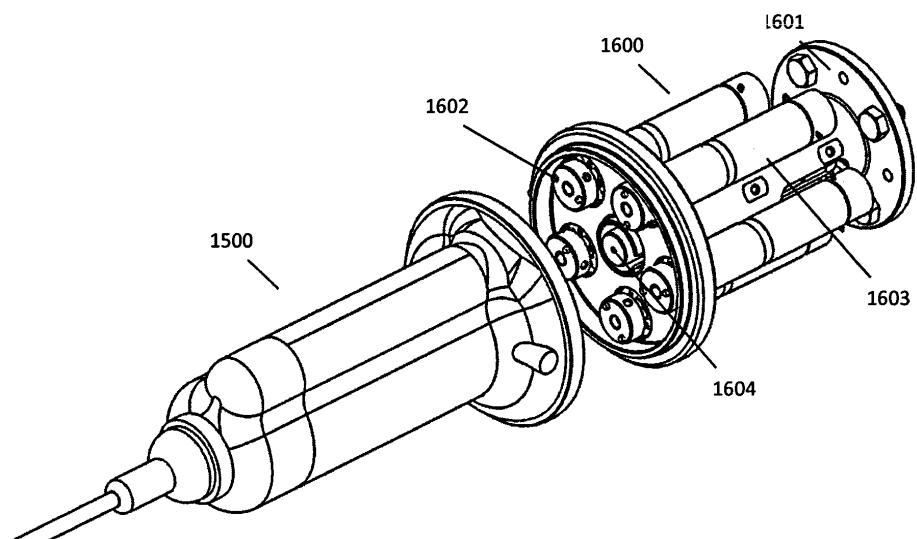
도면20



도면21



도면22



专利名称(译)	发明名称混合控制手术机器人系统		
公开(公告)号	<a href="#">KR1020150115764A</a>	公开(公告)日	2015-10-14
申请号	KR1020157020997	申请日	2014-02-04
[标]申请(专利权)人(译)	儿童国家医疗中心		
申请(专利权)人(译)	国家儿童医学中心		
当前申请(专利权)人(译)	国家儿童医学中心		
[标]发明人	KIM PETER C W KIM YONJAE CHENG PENG KRIEGER AXEL OPFERMANN JUSTIN DECKER RYAN		
发明人	KIM, PETER C.W. KIM, YONJAE CHENG, PENG KRIEGER, AXEL OPFERMANN, JUSTIN DECKER, RYAN		
IPC分类号	A61B19/00 A61B17/00 A61B18/14		
CPC分类号	A61B19/2203 A61B18/14 A61B2017/00477 A61B2017/00486 A61B2019/2292 A61B2019/464 A61B2019/5259 A61B34/30 A61B34/76 A61B2034/2059 A61B2090/064		
优先权	61/760378 2013-02-04 US		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

#### 摘要(译)

本公开描述了用于执行机器人辅助外科手术的方法和系统。该系统包括机器人臂系统组件，末端执行器组件和用于机器人手术的混合控制机构。机器人手臂是一种轻便的床边机器人，具有大范围的运动，可以轻松操作以定位内窥镜和手术器械。控制台安装在机器人臂的远端，以使机器人臂能够跟随操作者的手臂运动，提供物理支撑，过滤掉手震颤并约束运动。通用适配器也被描述为将传统腹腔镜工具连接到机器人臂的接口。

