



등록특허 10-2564587



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년08월10일
(11) 등록번호 10-2564587
(24) 등록일자 2023년08월03일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 34/30 (2016.01) *A61B 17/00* (2022.01)
A61B 34/00 (2016.01) *A61B 34/20* (2016.01)
A61B 34/37 (2016.01) *A61B 90/00* (2016.01)
B25J 9/16 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
A61B 34/30 (2016.02)
A61B 34/20 (2016.02)
- (21) 출원번호 10-2020-7012676
- (22) 출원일자(국제) 2018년09월26일
심사청구일자 2021년09월24일
- (85) 번역문제출일자 2020년04월29일
- (65) 공개번호 10-2020-0071743
- (43) 공개일자 2020년06월19일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2018/052984
- (87) 국제공개번호 WO 2019/070482
국제공개일자 2019년04월11일
- (30) 우선권주장
62/568,733 2017년10월05일 미국(US)
16/141,755 2018년09월25일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현

JP2014511111 A*

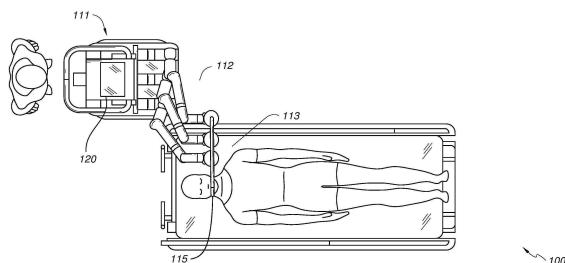
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 20 항

심사관 : 차건숙

(54) 발명의 명칭 **로봇 암을 위한 경계의 표시를 제공하는 로봇 시스템****(57) 요약**

특정 측면들은 수술 로봇 암 설치를 위한 시스템 및 기술에 관한 것이다. 한 측면에서, 의료 기구, 프로세서 및 메모리를 조작하도록 구성된 제 1 로봇 암을 포함하는 시스템이 제공된다. 프로세서는: 경로를 통해 접근 지점에서 목표 부위까지 도달하기 위해 제 1 로봇 암에 의해 의료 기구를 전진시키기 위해 필요한 제1 로봇 암의 최소한의 스트로크 길이를 결정하고, 상기 최소 스트로크 길이 및 메모리에 저장된 매핑을 기반으로 제1 로봇 암의 초기 자세에 대한 경계를 결정하고; 및 시술을 수행하기 전 암 설치 단계 동안, 제1 로봇 암의 움직임 동안의 경계에 대한 표시를 제공하도록 구성될 수 있다.

대 표 도

(52) CPC특허분류

A61B 34/25 (2016.02)

A61B 34/37 (2016.02)

A61B 34/76 (2016.02)

A61B 90/03 (2016.02)

B25J 9/161 (2013.01)

B25J 9/1666 (2013.01)

B25J 9/1676 (2013.01)

B25J 9/1689 (2013.01)

B25J 9/1697 (2013.01)

(72) 발명자

정, 슈-윤

미국, 캘리포니아 95124, 새너제이, 15135 첼시 드
라이브

지양, 알렌

미국, 캘리포니아 94555, 프리몬트, 34532 노스스
타 테라스

(56) 선행기술조사문헌

US20160361122 A1*

US20170252113 A1*

US20140039517 A1

US20160206374 A1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

의료 시술을 수행하는 로봇 시스템으로서,

의료 기구를 조작하도록 구성된 제 1 로봇 암으로서, 상기 의료 기구는 환자의 해부학 구조의 관강내 조직망 (luminal network)을 통해 조작되도록 구성되는, 상기 제 1 로봇 암;

프로세서; 및

환자의 해부학 구조의 매핑을 저장하는 메모리를 포함하고,

상기 매핑은,

(i) 상기 해부학 구조 내의 목표 부위 및 (ii) 환자의 접근 지점에서 상기 목표 부위까지의 상기 관강내 조직망을 통과하는 경로에 관한 데이터를 포함하고,

상기 메모리는 컴퓨터-실행 가능한 명령어를 더 저장하고, 상기 명령어가 실행되면, 상기 프로세서로 하여금:

상기 제 1 로봇 암에 의해 상기 의료 기구를 전진시켜서 상기 관강내 조직망을 통과하는 상기 경로를 통해 상기 접근 지점으로부터 상기 목표 부위에 도달하게 하는, 상기 제 1 로봇 암의 최소 스트로크 길이를 결정하게 하고;

상기 최소 스트로크 길이 및 상기 제 1 로봇 암의 하나 이상의 주어진 초기 자세에서 상기 제 1 로봇 암의 달성 가능한 스트로크 길이를 기반으로 상기 제 1 로봇 암의 초기 자세를 위한 경계를 결정하게 하고; 및

시술을 수행하기 전 암 설치 단계 동안, 상기 제 1 로봇 암의 움직임 동안에 상기 제 1 로봇 암의 초기 자세를 위한 상기 경계의 표시를 제공하게 하는, 로봇 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 메모리는 컴퓨터-실행 가능한 명령어를 더 포함하고, 상기 명령어가 실행되면, 상기 프로세서로 하여금:

햅틱 표시, 시각 표시, 및 오디오 표시 중 적어도 하나를 통해 상기 경계의 표시를 제공하게 하는, 로봇 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 경계는 경계 구역을 포함하고; 및

상기 메모리는 컴퓨터-실행 가능한 명령어를 더 포함하여, 상기 프로세서로 하여금 상기 암 설치 단계 동안 상기 제 1 로봇 암의 움직임을 상기 경계 구역 내로 제한하게 하는, 로봇 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 메모리는 컴퓨터-실행 가능한 명령어를 더 포함하고, 상기 명령어가 실행되면, 상기 프로세서로 하여금:

상기 암 설치 단계 동안, 상기 제 1 로봇 암의 움직임을 상기 경계 내로 제한하게 하는, 로봇 시스템.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 메모리는 컴퓨터-실행 가능한 명령어를 더 포함하고, 상기 명령어가 실행되면, 상기 프로세서로 하여금:

상기 제한을 오버라이드하는 입력을 감지하게 하고,

상기 제 1 로봇 암의 움직임을 감지하게 하고,

상기 제 1 로봇 암의 감지된 움직임을 기반으로 상기 제 1 로봇 암의 위치를 결정하게 하고, 및

상기 제 1 로봇 암의 위치를 기반으로, 상기 의료 기구를 환자 안으로 전진시키는 것을 용이하게 하는, 상기 제 1 로봇 암의 달성 가능한 스트로크 길이를 시뮬레이션하게 하는, 로봇 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 메모리는 컴퓨터-실행가능한 명령어를 더 포함하고, 상기 명령어가 실행되면, 상기 프로세서로 하여금:

환자를 위한 수술 절차를 나타내는 입력을 수신하게 하고;

상기 수술 절차에 기반하여, 상기 의료 기구를 상기 접근 지점에서 상기 목표 부위까지 상기 경로를 통해 전진시키고 상기 목표 부위에서 상기 수술 절차를 수행하는 것을 용이하게 하는, 상기 제 1 로봇 암의 적어도 하나의 목표 움직임을 결정하게 하고;

상기 제 1 로봇 암의 위치에서 상기 적어도 하나의 목표 움직임을 시뮬레이션하게 하고; 및

상기 시뮬레이션된 움직임을 기반으로 상기 제 1 로봇 암의 달성 가능한 스트로크 길이를 산출하게 하는, 로봇 시스템.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 메모리는 컴퓨터-실행가능한 명령어를 더 포함하고, 상기 명령어가 실행되면, 상기 프로세서로 하여금:

상기 시뮬레이션된 움직임으로 인해 상기 제 1 로봇 암이 물체와 충돌한다는 것을 결정하게 하고,

상기 달성 가능한 스트로크 길이의 산출은 상기 시뮬레이션된 움직임으로 인해 상기 제 1 로봇 암이 상기 물체와 충돌한다는 결정 및 상기 시뮬레이션된 움직임의 결과로 상기 제 1 로봇 암이 완전히 연장되는지 여부의 결정에 추가로 기반하는, 로봇 시스템.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 메모리는 컴퓨터-실행가능한 명령어를 더 포함하고, 상기 명령어가 실행되면, 상기 프로세서로 하여금:

상기 시뮬레이션된 움직임의 결과로 상기 제 1 로봇 암이 완전히 연장된다는 것을 결정하게 하고,

상기 달성 가능한 스트로크 길이의 산출은 상기 시뮬레이션된 움직임의 결과로 상기 제 1 로봇 암이 완전히 연장된다는 결정에 추가로 기반하는, 로봇 시스템.

청구항 9

제 5 항에 있어서,

상기 메모리는 컴퓨터-실행가능한 명령어를 더 포함하고, 상기 명령어가 실행되면, 상기 프로세서로 하여금:

상기 달성 가능한 스트로크 길이가 상기 최소 스트로크 길이 보다 작다고 결정하게 하고,

현재 위치에서 상기 경계까지의 방향을 산출하게 하고, 및

상기 현재 위치에서 상기 경계까지의 방향의 표시를 제공하게 하는, 로봇 시스템.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 의료 기구는 쉬스(sheath)를 포함하고;

상기 시스템은 리더를 상기 쉬스를 통해 전진시키도록 구성된 제 2 로봇 암을 더 포함하고;

상기 메모리는 컴퓨터-실행가능한 명령어를 더 포함하고, 상기 명령어가 실행되면, 상기 프로세서로 하여금:

상기 쉬스를 상기 접근 지점에서 상기 목표 부위까지 상기 경로를 통해 전진시키는 것을 용이하게 하는, 상기 제 1 로봇 암의 적어도 하나의 제 1 움직임을 결정하게 하고,

상기 리더를 상기 쉬스를 통해 상기 목표 부위까지 전진시키는 것을 용이하게 하는, 상기 제 2 로봇 암의 적어도 하나의 제 2 움직임을 결정하게 하고,

상기 제 1 및 제 2 로봇 암들의 위치에서 상기 적어도 하나의 제 1 움직임 및 상기 적어도 하나의 제 2 움직임을 시뮬레이션하게 하고, 및

상기 시뮬레이션을 기반하여 상기 제 1 및 제 2 로봇 암들의 적어도 하나의 달성 가능한 스트로크 길이를 산출하게 하는, 로봇 시스템.

청구항 11

명령어가 저장된 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체로서, 상기 명령어가 실행되면, 적어도 하나의 컴퓨터 장치는:

환자의 해부학 구조의 매핑에 기반하여, 목표 부위까지 의료 절차를 수행하기 위한 로봇 시스템의 제 1 로봇 암에 의해 의료 기구를 전진시키도록 허용하는, 상기 제 1 로봇 암의 최소 스트로크 길이를 결정하고, - 상기 의료 기구는 상기 해부학 구조의 관강내 조직망을 통해 조작되도록 구성되고, 상기 매핑은 (i) 상기 해부학 구조의 목표 부위 및 (ii) 환자의 접근 지점에서 상기 목표 부위까지의 상기 관강내 조직망을 통과하는 경로에 관한 데이터를 포함하고, 상기 의료 기구는 상기 관강내 조직망을 통과하는 상기 경로를 통해 상기 접근 지점으로부터 상기 목표 부위에 도달하도록 전진됨- ;

상기 최소 스트로크 길이 및 상기 제 1 로봇 암의 하나 이상의 주어진 초기 자세에서 상기 제 1 로봇 암의 달성 가능한 스트로크 길이를 기반으로 상기 제 1 로봇 암의 초기 자세의 경계를 결정하고; 및

시술을 수행하기 전 암 설치 단계 동안, 상기 제 1 로봇 암의 움직임 동안의 상기 제 1 로봇 암의 초기 자세를 위한 상기 경계의 표시를 제공하는, 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

저장된 명령어를 더 포함하고, 상기 명령어가 실행되면, 적어도 하나의 컴퓨터 장치는:

햅틱 표시, 시각 표시, 및 오디오 표시 중 적어도 하나를 통해 상기 경계의 표시를 제공하는, 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 경계는 경계 구역을 포함하고, 상기 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체는 저장된 명령어를 더 포함하고, 상기 명령어가 실행되면, 적어도 하나의 컴퓨터 장치는:

상기 암 설치 단계 동안 상기 제 1 로봇 암의 움직임을 상기 경계 구역 내로 제한하는, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장 매체.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

저장된 명령어를 더 포함하고, 상기 명령어가 실행되면, 적어도 하나의 컴퓨터 장치는:

상기 암 설치 단계 동안, 상기 제 1 로봇 암의 움직임을 상기 경계 구역 내로 제한하는, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장 매체.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

저장된 명령어를 더 포함하고, 상기 명령어가 실행되면, 적어도 하나의 컴퓨터 장치는:

상기 제한을 오버라이드하는 입력을 감지하고,

상기 제 1 로봇 암의 움직임을 감지하고,

상기 제 1 로봇 암의 감지된 움직임을 기반으로 상기 제 1 로봇 암의 위치를 결정하고, 및

상기 제 1 로봇 암의 위치를 기반으로, 상기 의료 기구를 환자 안으로 전진시키는 것을 용이하게 하는, 상기 제 1 로봇 암의 달성 가능한 스트로크 길이를 시뮬레이션하는, 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 16

제 11 항에 있어서,

저장된 명령어를 더 포함하고, 상기 명령어가 실행되면, 적어도 하나의 컴퓨터 장치는:

환자를 위한 수술 절차를 나타내는 입력을 수신하고;

상기 수술 절차에 기반하여, 상기 의료 기구를 상기 접근 지점에서 상기 목표 부위까지 상기 경로를 통해 전진시키고 상기 목표 부위에서 수술 절차를 수행하는 것을 용이하게 하는, 상기 제 1 로봇 암의 적어도 하나의 목표 움직임을 결정하고,

상기 제 1 로봇 암의 위치에서 상기 적어도 하나의 목표 움직임을 시뮬레이션하고, 및

상기 시뮬레이션된 움직임을 기반으로 상기 제 1 로봇 암의 달성 가능한 스트로크 길이를 산출하는, 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

저장된 명령어를 더 포함하고, 상기 명령어가 실행되면, 적어도 하나의 컴퓨터 장치는:

상기 시뮬레이션된 움직임으로 인해 상기 제 1 로봇 암이 물체와 충돌한다는 것을 결정하고,

상기 달성 가능한 스트로크 길이의 산출은 상기 시뮬레이션된 움직임으로 인해 상기 제 1 로봇 암이 상기 물체와 충돌한다는 결정 및 상기 시뮬레이션된 움직임의 결과로 상기 제 1 로봇 암이 완전히 연장되는지 여부의 결정에 추가로 기반하는, 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

저장된 명령어를 더 포함하고, 상기 명령어가 실행되면, 적어도 하나의 컴퓨터 장치는:

상기 시뮬레이션된 움직임의 결과로 상기 제 1 로봇 암이 완전히 연장된다는 것을 결정하고,

상기 달성 가능한 스트로크 길이의 산출은 상기 시뮬레이션된 움직임의 결과로 상기 제 1 로봇 암이 완전히 연장된다는 결정에 추가로 기반하는, 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 19

제 15 항에 있어서,

저장된 명령어를 더 포함하고, 상기 명령어가 실행되면, 적어도 하나의 컴퓨터 장치는:

상기 달성 가능한 스트로크 길이가 상기 최소 스트로크 길이 보다 작다고 결정하고,

현재 위치에서 상기 경계까지의 방향을 산출하고, 및

상기 현재 위치에서 상기 경계까지의 상기 방향의 표시를 제공하는, 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 20

제 11 항에 있어서,

상기 의료 기구는 쉬스를 포함하고;

상기 시스템은 리더를 상기 쉬스를 통해 전진시키도록 구성된 제 2 로봇 암을 더 포함하고; 및

상기 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체는 저장된 명령어를 더 포함하고, 상기 명령어가 실행되면, 적어도 하나의 컴퓨터 장치는:

상기 쉬스를 상기 접근 지점에서 상기 목표 부위까지 상기 경로를 통해 전진시키는 것을 용이하게 하는, 상기 제 1 로봇 암의 적어도 하나의 제 1 움직임을 결정하고,

상기 리더를 상기 쉬스를 통해 상기 목표 부위까지 전진시키는 것을 용이하게 하는, 상기 제 2 로봇 암의 적어도 하나의 제 2 움직임을 결정하고,

상기 제 1 및 제 2 로봇 암들의 위치에서 상기 적어도 하나의 제 1 움직임 및 상기 적어도 하나의 제 2 움직임을 시뮬레이션하고,

상기 시뮬레이션을 기반하여 상기 제 1 및 제 2 로봇 암들의 적어도 하나의 달성 가능한 스트로크를 산출하는, 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

발명의 설명

기술분야

[0001] 관련 출원과의 상호 참조

[0002] 본 출원은 2017년 10월 5일에 출원된 미국 특허 출원 제 62/568,733호 및 2018년 9월 25일에 출원된 미국 특허 출원 제 16/141,755호의 이익을 주장하며, 각각의 출원은 그 전문이 참조로서 본 명세서에 병합된다.

[0003] 기술분야

[0004] 본 명세서에 개시된 시스템과 방법은 로봇 암(robotic arm) 설치에 관한 것이고, 더욱 상세하게는 로봇 시스템의 로봇 암의 초기 자세를 위한 경계의 표시를 제공하는 것에 관한 것이다.

배경기술

[0005] 내시경 검사 (가령, 기관지 내시경 검사와) 같은 의료 시술은 진단 및/또는 치료를 목적으로 환자의 (가령, 기도와 같은) 관강내 조직망(luminal network) 안으로 의료 도구를 삽입하는 작업을 수반할 수 있다. 수술 로봇 시스템은 의료 시술 동안 예를 들어 내시경과 같은 의료 도구의 삽입 및/또는 조작을 제어하는데 사용될 수 있다. 수술 로봇 시스템은 의료 시술 이전 및 그 동안에 의료 도구의 위치지정(positioning)을 제어하기 위해 사용될 수 있는 조작기 조립체를 포함하는 적어도 하나의 로봇 암을 포함할 수 있다.

발명의 내용

[0006] 본 개시 내용의 시스템, 방법 및 장치는 각각 여러 개의 혁신적인 측면을 갖고 있으며, 이들 중 단일의 하나가 본 명세서에 개시된 원하는 속성들에 대해 단독으로 책임지지 않는다.

[0007] 한 측면에서, 제공되는 시스템은: 의료 기구를 조작하도록 구성된 제 1 로봇 암; 프로세서; 및 환자의 해부 구조의 매핑(mapping)을 저장하는 메모리를 포함한다. 매핑은 (i) 해부 구조 안에 목표 부위 및 (ii) 환자의 접근 지점(access point)에서 목표 부위까지의 경로에 관한 데이터를 포함할 수 있다. 메모리는 컴퓨터-실행 가능 명령어를 더 저장할 수 있고, 상기 명령어가 실행되면, 프로세서는: 상기 제 1 로봇 암에 의해 의료 기구를 전진시켜 상기 경로를 통해 접근 지점에서 목표 부위까지 도달하기 위해 필요한 제1 로봇 암의 최소한의 스트로크(stroke) 길이를 결정하고, 상기 최소 스트로크 길이 및 매핑을 기반으로 제1 로봇 암의 초기 자세를 위한 경계를 결정하고; 및 시술을 수행하기 전 암 설치 단계 동안, 제1 로봇 암의 움직임 동안의 경계에 대한 표시를 제공한다.

[0008] 또 다른 측면에서, 저장된 명령어를 포함하는 비일시적 컴퓨터 관독 가능 저장 매체가 제공되고, 상기 명령어는 실행 시, 적어도 한 개의 컴퓨터 장치는: 환자의 해부 구조의 매핑에 기반하여 목표 부위까지 제 1 로봇 암에 의해 의료 기구를 전진시키도록 허용하는 제 1 로봇 암의 최소 스트로크 길이를 결정하고, -상기 매핑은 (i) 상기 해부 구조의 목표 부위 및 (ii) 상기 환자의 접근 지점에서 목표 부위까지의 경로에 대한 데이터를 포함하고, 상기 의료 기구는 상기 경로를 통해 상기 접근 지점으로부터 목표 부위에 도달하기 위해 전진됨- ; 상기 최소 스트로크 길이 및 매핑을 기반으로 제 1 로봇 암의 초기 자세의 경계를 결정하고; 및 시술을 수행하기 전 암 설치 단계 동안, 제 1 로봇 암의 움직임 동안의 경계의 표시를 제공한다.

[0009] 여전히 또 다른 측면에서, 제 1 로봇 암을 위치시키는 방법이 제공되고, 방법은: 환자의 해부 구조의 매핑에 기반하여 목표 부위까지 제 1 로봇 암에 의해 의료 기구를 전진시키도록 허용하는 제 1 로봇 암의 최소 스트로크 길이를 결정하는 단계, - 상기 매핑은 (i) 상기 해부 구조의 목표 부위 및 (ii) 상기 환자의 접근 지점에서 목표 부위까지의 경로에 관한 데이터를 포함하고, 의료 기구는 경로를 통해 접근 지점에서 목표 부위까지 도달하기 위해 전진됨- ; 상기 최소 스트로크 길이 및 매핑을 기반으로 상기 제1 로봇 암의 초기 자세를 위한 경계를 결정하는 단계; 및 시술을 수행하기 전 암 설치 단계 동안, 제1 로봇 암의 움직임 동안의 경계에 대한 표시를 제공하는 단계를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0010] 본 개시 내용의 측면들은 이후에 첨부 도면과 함께 설명되며, 이는 도시를 위해 제공된 것이고 개시된 측면을 제한하려는 것이 아니며, 동일한 명칭은 동일한 요소를 나타낸다.

도 1은 진단 및/또는 치료 목적의 기관지 내시경 시술(들)을 위해 배치된 카트-기반의(cart-based) 로봇 시스템의 실시예를 도시한다.

도 2는 도 1의 로봇 시스템의 추가 측면들을 도시한다.

도 3은 요관경 시술을 위해 배치된 도1의 로봇 시스템의 실시예를 도시한다.

도 4는 혈관 시술을 위해 배치된 도1의 로봇 시스템의 실시예를 도시한다.

도 5는 기관지 내시경 시술을 위해 배치된 테이블-기반의(table-based) 로봇 시스템의 실시예를 도시한다.

도 6은 도 5의 로봇 시스템의 대안적인 도면을 제공한다.

도 7은 로봇 암(들)을 집어 넣도록 구성된 시스템의 예를 도시한다.

도 8은 요관경 시술을 위해 구성된 테이블-기반의 로봇 시스템의 실시예를 도시한다.

도 9는 복강경 시술을 위해 구성된 테이블-기반의 로봇 시스템의 실시예를 도시한다.

도 10은 도 5 내지 도 9의 테이블-기반의 로봇 시스템의 피치(pitch) 또는 기울기가 조정된 실시예를 도시한다.

도 11은 도 5 내지 도 10의 테이블-기반 로봇 시스템에서 테이블과 기둥 사이의 인터페이스의 상세한 도면을 제공한다.

도 12는 예시적인 기구 드라이버를 도시한다.

도 13은 함께 쌍을 이루는 기구 드라이버가 있는 예시적인 의료 기구를 도시한다.

도 14는 드라이버 구성 요소들의 축이 기구의 세장형 샤프트의 축과 평행을 이루는 기구 드라이버 및 기구의 대안적인 설계를 도시한다.

도 15는 예시적인 실시예에 따라 가령, 도 13 및 14의 기구의 위치와 같이 도 1 내지 도 10의 로봇 시스템의 한 개 이상의 요소들의 위치를 추정하는 국소화 시스템(localization system)을 나타내는 블록도를 도시한다.

도 16은 진단 및/또는 치료 목적의 기관지 내시경 시술(들)을 위해 본 개시내용의 측면에 따라 배치된 수술 로봇 시스템의 실시예를 도시한다.

도 17A는 본 개시내용의 측면에 따른 의료 시술을 위한 예시적인 설치 절차의 단계를 도시하는 흐름도이다.

도 17B는 본 개시내용의 측면에 따른 의료 시술을 위한 또 다른 예시적인 설치 절차의 단계를 도시하는 흐름도이다.

도 18은 본 개시내용의 측면에 따라 사용될 수 있는 기관지경의 실시예를 도시한다.

도 19는 본 개시내용의 측면에 따른 기관지 내시경 시술을 위한 설치 절차의 또 다른 예시를 도시하는 흐름도이다.

도 20은 본 개시내용의 측면에 따른 의료 시술을 시뮬레이션하는 예시적인 방법론을 도시하는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

1. 개요

[0011] 본 개시 내용의 측면들은 복강경술과 같은 최소 침습 시술 및 내시경술과 같은 비침습적 시술을 포함해 다양한 의료 시술을 수행할 수 있는 로봇-구동형 의료 시스템(robotically-enabled medical system)에 통합될 수 있다. 내시경 시술들 중에, 본 시스템은 기관지 내시경 검사, 요관 내시경 검사, 소화기 내시경 검사 등을 수행 할 수 있다.

[0013] 폭넓은 시술을 수행하는 것 이외에도, 본 시스템은 향상된 활상 및 안내(enhanced imaging and guidance)와 같은 추가적인 장점을 제공하여 의사에게 도움을 줄 수 있다. 또한, 본 시스템은 의사가 불편한 팔 동작과 자세를 취할 필요 없이 인체공학적인 자세로 시술을 수행하게 한다. 더욱이, 본 시스템은 단일 사용자에 의해 한 개 이상의 시스템 기구가 제어될 수 있도록 하여 의사가 사용 편리성이 향상된 시술을 수행할 수 있게 한다.

[0014] 이하 다양한 실시예가 예시를 위해 도면과 결합되어 후술 된다. 개시된 개념들의 다양한 다른 구현이 가능하며, 개시된 구현들로 다양한 장점이 달성될 수 있다는 것을 인식할 필요가 있다. 본 명세서에는 참조를 위해 또한 여러 섹션의 위치 파악에 도움을 주기 위해 항목들이 포함되어 있다. 이 항목들은 이에 대해 설명된 개념들의 범위를 한정 지으려는 의도가 아니다. 이러한 개념은 명세서 전반에 걸쳐 적용될 수 있다.

A. 로봇 시스템 - 카트(cart)

[0015] 로봇-구동형 의료 시스템은 특정 시술에 따라 다양한 방식으로 구성될 수 있다. 도 1은 진단 및/또는 치료 목적의 기관지 내시경 시술을 수행하기 위해 배치된 카트 기반 로봇-구동형 시스템(10)의 일 실시예를 도시한다. 기관지 내시경 검사 시, 시스템(10)은 기관지 내시경 검사를 위한 시술-전용 기관지경(procedure-specific bronchoscope) 일 수 있는 조향 가능한 내시경(steerable endoscope: 13)과 같은 의료 기구를, 인체의 개구부 접근 지점(즉, 본 예시에서는 테이블 위 환자의 입)으로 이동시켜 진단 및/또는 치료 도구를 전달할 수 있도록 한 개 이상의 로봇 암(arm)(12)을 갖는 카트(11)를 포함할 수 있다. 도시된 바와 같이, 접근 지점으로의 접근성을 제공하기 위해서 카트(11)는 환자의 상체에 가깝게 위치될 수 있다. 이와 유사하게, 접근 지점에 대해 기관지경을 위치시키도록 로봇 암(12)이 작동될 수 있다. 도 1과 같은 배치는 위내시경, 위장 시술(GI)을 위한 특수 내시경으로 위장(GI) 시술을 수행할 때에도 활용될 수 있다. 도 2는 카트의 실시예의 예를 더 상세하게 도시한다.

[0017] 도 1을 계속 참조하여, 카트(11)를 올바르게 위치시킨 후, 로봇 암(12)은 조향가능한 내시경(13)을 로봇식(robottically)이나 수동식으로 또는 이 두 방식을 결합하여 환자에 삽입할 수 있다. 도시된 바와 같이, 조향가능한 내시경(13)은 내부 리더 부분(inner leader portion)과 외부 쉬스 부분(outer sheath portion), 적어도 2개의 텔레스코핑 부분(telescoping part)을 포함할 수 있고, 각각의 부분은 기구 드라이버의 세트(28)로부터 별개의 기구 드라이버에 결합되며, 각각의 기구 드라이버는 개개의 로봇 암의 원위 단부에 결합된다. 리더 부분을 쉬스 부분과 동축 정렬시킬 수 있는 이러한 기구 드라이버(28)의 선형 배치는 한 개 이상의 로봇 암(12)을 다른 각도 및/또는 위치로 조작해서 공간에 재위치될 수 있는 “가상 레일(29)”을 형성한다. 본 명세서에서 설명되는 가상 레일은 도면에 점선으로 도시되며, 이에 따라 점선은 시스템의 어떠한 물리적인 구조도 나타내지 않는다. 가상 레일(29)을 따른 기구 드라이버(28)의 이동은 외부 쉬스 부분에 대해 내부 리더 부분을 상대적으로 짧아지게(telescope)하거나, 내시경(13)을 전진 또는 환자로부터 후퇴시킨다. 가상 레일(29)의 각도는 임상적 적용이나 의사의 선호방식에 따라 조정, 변환, 및 회전될 수 있다. 예를 들어, 기관지 내시경 검사에서, 도시된 바와 같은 가상 레일(29)의 각도와 위치는 내시경(13)에 대한 의사의 접근성과, 환자의 입안에서 내시경(13)을 구부릴 때 발생하는 마찰의 최소화의 절충을 나타낸다.

[0018] 내시경(13)은 삽입한 후 목표지점 또는 수술 부위에 도달할 때까지 로봇시스템의 정확한 명령을 이용하여 환자의 기관과 폐로 진입될 수 있다. 환자의 폐 조직망(lung network)을 통한 항행(navigation)을 향상시키며 및/또는 의도한 목표지점에 도달하기 위해, 내시경(13)은 외부 쉬스 부분으로부터 내부 리더 부분을 신축적으로(telescopically) 연장되도록 조작될 수 있어, 향상된 연접(articulation) 및 더 큰 곡률 반경(girth 반지름, bend radius)을 얻을 수 있다. 또한 별개의 기구 드라이버(28)를 사용함으로써 리더 부분과 쉬스 부분이 서로 독립적으로 구동될 수 있다.

[0019] 예를 들어, 내시경(13)은 환자의 폐 내의 병변 또는 결절과 같은 표적 부위로 생검바늘을 전달하도록 할 수 있다. 바늘은 내시경의 길이를 따라 이어지는 작업 채널 아래에 배치되어 조직 샘플을 채취할 수 있으며 병리학자에 의해 검사된다. 병리조직검사 결과에 따라, 추가 생검이 필요한 경우 내시경의 작업 채널 아래에 추가 도구를 배치시킬 수 있다. 결절이 악성인 것으로 확인되면, 내시경(13)은 내시경적으로(endoscopically) 도구를 전달하여 암 잠재성이 있는 조직을 절제한다. 어떤 경우에는, 진단과 치료적 처치가 별개의 시술로 진행되어야 할 필요가 있다. 이 상황에서, 내시경(13)은 표적 결절 부위를 “표시하는” 표식을 제공하는 데에도 사용될 수 있다. 다른 상황에서는, 진단과 치료적 처치가 동일 시술 중에 수행될 수 있다.

[0020] 또한, 시스템(10)은 이동식 타워(30)를 포함할 수 있고, 이는 지원 케이블을 통해 카트(11)에 연결될 수 있어, 제어, 전자공학, 유체공학, 광학, 센서를 위한 지원을 제공하고 및/또는 카트(11)에 전력을 공급할 수 있다. 타워(30)에 이러한 기능의 배치는 더 작은 형상 계수(form factor)를 갖는 카트(11)를 허용하며, 이는 수술 담당 의사와 의료진이 더 쉽게 카트를 조정하고 및/또는 재위치시킬 수 있게 한다. 그뿐만 아니라, 카트/테이블과 지원타워(30) 간의 기능의 분리는 수술실 환경이 복잡해지는 것을 줄이고 임상 워크플로우를 개선해 준다. 카트(11)는 환자에 가깝게 놓여 있을 수 있는 반면, 타워(30)는 수술에 방해가 되지 않도록 멀찍하게 놓여있을 수도 있다.

[0021] 상술된 바와 같은 로봇시스템을 지원하기 위해서, 타워(30)는 예컨대 지속형 자기 저장 스토리지 드라이브(persistent magnetic storage drive), 솔리드 스테이트 드라이브(solid state drive) 등과 같은 비일시적 컴퓨터 관독가능 저장 매체 내에, 컴퓨터 프로그램 명령어를 저장하는 컴퓨터 기반 제어 시스템의 구성요소(들)를 포함할 수 있다. 이러한 명령어의 실행은, 이 실행이 타워(30)나 카트(11) 중 어디에서 실행되든지 간에, 전체

시스템 또는 서브시스템(sub-system)(들)을 제어할 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터 시스템의 프로세서를 통해 명령어가 실행되면, 로봇 시스템의 구성요소들은 관련 캐리지와 암 마운트(arm mount)를 작동시키고 로봇 암을 작동시키며 의료 기구를 제어할 수 있다. 예를 들어, 제어 신호의 수신에 응답하여, 로봇 암 조인트(joint)의 모터가 암을 움직여 특정 자세를 취하도록 할 수 있다.

[0022] 또한, 타워(30)는 내시경(13)을 통해 배치될 수 있는 시스템에 제어된 세척(irrigation) 및 흡인 기능을 제공하기 위해 펌프, 유량계, 밸브 제어부 및/또는 액체 액세스를 포함할 수 있다. 이 구성요소들은 또한 타워(30)의 컴퓨터 시스템을 이용하여 제어될 수 있다. 일부 실시예에서, 세척 및 흡인 기능은 별도 케이블(들)을 통해 내시경(13)에 직접 전달될 수도 있다.

[0023] 타워(30)는 필터링되고 보호된 전력을 카트(11)로 공급하도록 설계된 전압 및 서지 보호기(voltage and surge protector)를 포함할 수 있어, 전력 변압기 및 다른 보조 전기 구성요소들을 카트(11)에 구비할 필요성을 없애 주어 더 작고 더 이동가능한 카트(11)를 유도한다.

[0024] 또한, 타워(30)는 로봇시스템(10) 전반에 걸쳐 배치된 센서들을 위한 지원 장비를 포함할 수 있다. 예를 들어, 타워(30)는 로봇시스템(10)에 걸쳐 광센서 또는 카메라로부터 수신되는 데이터를 감지, 수신, 처리하기 위해 광전 장치를 포함할 수 있다. 제어시스템과 결합하여, 이러한 광전 장치는 타워(30)에 포함해 시스템 전반에 걸쳐 배치된 여러 개의 콘솔에 디스플레이하기 위한 실시간 이미지를 생성하는 데 사용될 수 있다. 유사하게, 타워(30)는 배치된 전자기식(EM) 센서로부터 수신된 신호들을 수신하고 처리하는 전자 서브시스템을 포함할 수 있다. 타워(30)는 또한 의료 기구 안팎의 EM 센서 감지를 위해 EM 전자기장 발생기를 수용하고 배치하는데 사용될 수 있다.

[0025] 또한, 타워(30)는 카트 위에 탑재된 콘솔과 같이 시스템 다른 부분에 있는 다른 콘솔과 더불어 콘솔(31)을 포함할 수 있다. 콘솔(31)은 의료진을 위해 사용자 인터페이스와 터치스크린과 같은 디스플레이 스크린을 포함할 수 있다. 시스템(10)의 콘솔들은 일반적으로 로봇 제어뿐 아니라 내시경(13)의 항행 및 국소 정보(navigational and localization information)와 같이 수술 전 그리고 시술의 실시간 정보를 모두 제공하도록 설계된다. 콘솔(31)이 의사가 이용할 수 있는 유일한 콘솔이 아닌 경우, 이는 간호사와 같은 다른 작동자가 환자의 건강상태 또는 바이탈(vitals), 시스템 작동상태를 모니터링하고, 항행 및 국소 정보와 같은 시술-전용 데이터를 제공하는데 사용될 수 있다. 다른 실시예에서, 콘솔(31)은 타워(30)로부터 별개의 본체에 수용된다.

[0026] 타워(30)는 한 개 이상의 케이블이나 커넥션(미도시)을 통해 카트(11) 및 내시경(13)에 결합될 수 있다. 일부 실시예에서는, 타워(30)로부터의 지원기능이 단일 케이블을 통해 카트(11)로 제공될 수 있으며, 이를 통해 수술 실 환경이 간소화되고 정돈될 수 있다. 다른 실시예에서는, 특정 기능이 별도의 케이블이나 커넥션에 결합될 수 있다. 예를 들어, 단일 전력 케이블을 통해서 카트에 전력이 공급될 수 있는 한편, 제어, 광학, 유체공학 및/또는 항행에 대한 지원은 별도 케이블을 통해서 제공될 수 있다.

[0027] 도 2는 도 1의 카트 기반의 로봇-구동형 시스템의 카트의 실시예를 상세하게 도시 한다. 카트(11)는 일반적으로 긴 지지 구조체(elongated support structure: 14) (주로 “컬럼(column)”이라 지칭), 카트 베이스(15), 컬럼(14) 윗부분의 콘솔(16)을 포함한다. 컬럼(14)은 한 개 이상의 로봇 암(12)(도 2에서는 3개가 도시됨)의 배치를 지원하는 한 개 이상의 캐리지, 예컨대 캐리지(17) (대안적으로 “암 지지부(arm support)”라 칭함)을 포함할 수 있다. 캐리지(17)는 환자에 대한 더 좋은 위치설정을 위해 로봇 암(12)의 베이스를 조정하도록 각각 축을 따라 회전하는 개별적으로 구성가능한 암 마운트들을 포함할 수 있다. 또한, 캐리지(17)는 캐리지(17)가 컬럼(14)을 따라 수직으로 이동하게 하는 캐리지 인터페이스(19)를 포함한다.

[0028] 캐리지 인터페이스(19)는 슬롯, 예컨대 슬롯(20)을 통해 컬럼(14)에 연결되어 있고, 이 슬롯은 컬럼(14)의 대향 측면에 위치되어 캐리지(17)의 수직 이동을 안내한다. 슬롯(20)은 카트 베이스(15)에 대해 다양한 수직 높이로 캐리지를 위치시키고 유지하는 수직 이동 인터페이스를 포함한다. 캐리지(17)의 수직 이동은 카트(11)가 로봇 암(12)의 도달점을 조정할 수 있게 하여 다양한 테이블 높이, 환자의 크기, 의사의 선호를 충족시킬 수 있게 한다. 이와 유사하게, 캐리지(17) 상의 개별적으로 구성가능한 암 마운트는 로봇 암(12)의 로봇 암 베이스(21)의 각도를 다양한 구성으로 변경시킬 수 있다.

[0029] 일부 실시예에서, 슬롯(20)은 캐리지(17)가 수직으로 이동될 때 먼지와 액체가 컬럼(14)의 양쪽 공간과 수직 이동 계면에 들어가는 것을 방지하기 위해 슬롯 표면과 동일 평면에 있고 이와 평행한 슬롯 덮개가 추가될 수 있다. 슬롯 덮개는 슬롯(20)의 수직 상부와 하부 부근에 위치된 스팔 스프링 쌍(pairs of spring spools)을 통해 배치될 수 있다. 덮개는 스팔에 감겨있는 상태를 유지하다가 캐리지(17)가 상하로 수직 이동될 때 감겨 있는 상

태(coiled state)로부터 수축 및 연장하도록 배치된다. 스플의 스프링 부하는 캐리지(17)가 스플 쪽으로 이동될 때 덮개를 스플 쪽으로 수축하도록 힘을 제공하면서도, 캐리지(17)가 스플에서 멀어지는 방향으로 이동할 때에는 기밀한 밀폐를 제공한다. 캐리지(17)가 이동할 때 덮개가 적절하게 연장 및 수축할 수 있도록, 예를 들어 캐리지 인터페이스(19)의 브래킷(bracket)을 이용해서 커버를 캐리지(17)와 연결시킬 수 있다.

[0030] 컬럼(14)은 내부적으로, 사용자 입력, 예를 들어 콘솔(16)로부터의 입력에 대해 발생된 제어 신호들에 응답하여, 수직 정렬된 리드 스크루(lead screw)를 이용해 캐리지(17)를 기계적인 방식으로 이동시키도록 설계된 기어와 모터와 같은 기구들을 포함할 수 있다.

[0031] 로봇 암(12)는 일반적으로 로봇 암 베이스(21) 및 앤드 이펙터(end effector)(22)를 포함할 수 있고, 이는 일련의 조인트(24)에 의해 연결되는 일련의 연결장치(23)에 의해 분리되며, 각각의 조인트는 독립적인 액추에이터를 포함하고, 각각의 액추에이터는 독립적으로 제어가능한 모터를 포함한다. 독립적으로 제어가능한 각각의 조인트는 로봇 암에 적용가능한 독립적인 자유도를 나타낸다. 각각의 암(12)은 7개의 조인트를 가지며, 따라서 7 자유도를 제공한다. 다수의 조인트는 그 개수만큼의 자유도를 유도하며, 이는 “잉여(redundant)” 자유도를 허용한다. 잉여 자유도는 로봇 암(12)이 다양한 연결장치의 위치와 조인트의 각도를 이용해서 특정 위치, 방향 및 공간의 궤도에 각각의 앤드 이펙터(22)를 위치시킬 수 있게 한다. 이를 통해 시스템은 공간 내 원하는 지점으로부터 의료 기구를 위치 및 지향시킬 수 있으면서도, 의사가 암 조인트를 환자로부터 멀리 떨어진 임상적으로 유리한 위치로 옮겨, 접근성을 높이고 암의 충돌을 피할 수 있도록 한다.

[0032] 카트 베이스(15)는 지면 위의 컬럼(14), 캐리지(17), 암(12)의 무게 균형을 맞춰준다. 따라서, 카트 베이스(15)는 전자기기, 모터, 전원 장치와 같은 더 무거운 구성요소들뿐 아니라 카트의 이동 및/또는 부동을 가능케 하는 구성요소들을 수용한다. 예를 들어, 카트 베이스(15)는 시술 전 카트가 수술실 주위를 쉽게 이동하게 하는 롤링가능한 바퀴 모양의 캐스터(caster)(25)를 포함한다. 적절한 위치에 도달한 후, 수술 중에는 바퀴 잠금장치를 사용해서 캐스터(25)를 움직이지 않도록 하여 카트(11)를 한 위치에 고정시킬 수 있다.

[0033] 컬럼(14)의 수직 단부에 위치된 콘솔(16)은 사용자 입력을 수신하는 사용자 인터페이스와, 수술 전 그리고 수술 중 데이터를 의사에게 보여주는 디스플레이 스크린(또는 예를 들어 터치스크린(26)과 같은 이중 목적용 기기)을 둘 다 허용한다. 터치스크린(26)상의 잠재적 수술 전 데이터는 수술 전 계획, 수술 전 컴퓨터 단층 촬영(CT) 스캔으로부터 도출되는 항행 및 맵핑 데이터 및/또는 수술 전 환자 면담을 통해 얻은 메모를 포함할 수 있다. 디스플레이 상의 수술 중 데이터로는 도구, 센서로부터 제공되는 광학 정보, 센서로 감지되는 좌표 정보뿐만 아니라, 호흡, 심박수 및/또는 맥박과 같은 환자의 바이탈 수치가 포함될 수 있다. 의사가 캐리지(17) 반대편에서 컬럼(14)의 측면으로부터 콘솔에 접근할 수 있도록 콘솔(16)이 위치되고 경사질 수 있다. 이 위치에서 의사 콘솔(16), 로봇 암(12), 환자를 볼 수 있는 동시에 카트(11) 뒤에서 콘솔(16)을 작동할 수 있다. 또한, 도시된 바와 같이, 콘솔(16)은 카트(11)의 조작과 고정을 돕는 핸들(27)을 포함한다.

[0034] 도 3은 요관경검사를 위해 배치된 로봇-구동형 시스템(10)의 실시예를 도시한다. 요관경 시술시, 카트(11)는 환자의 요도와 요관에서 하복부까지 거쳐갈 수 있도록 설계된 시술전용 내시경인 요관경(32)을 주입하도록 위치될 수 있다. 요관경 검사에서, 민감한 해부 부위의 마찰과 압박이 가해지는 것을 줄이기 위해 요관경(32)을 환자의 요도와 직접적으로 정렬하는 것이 바람직하다. 도시된 바와 같이, 카트(11)는 테이블 아랫부분과 정렬될 수 있어 환자의 요도로의 직접적인 선형 접근을 위해 로봇 암(12)이 요관경(32)을 배치할 수 있다. 테이블의 아랫부분부터, 로봇 암(12)은 가상 레일(33)을 따라 요관경(32)을 요도를 통해 환자의 하복부 내로 바로 주입시킬 수 있다.

[0035] 요도에 삽입한 후, 기관지경검사에서와 유사한 제어 기술을 이용해서, 진단 및/또는 치료적 적용을 위해 요관경(32)이 방광, 요관 및/또는 신장 내로 항행될 수 있다. 예를 들어, 요관경(32)이 요관 및 신장 내로 진입되어 요관경(32)의 작업 채널 아래에 배치된 레이저 또는 초음파 쇄석 기기를 이용하여 신장 결석을 제거할 수 있다. 쇄석술 완료 후, 신장결석의 파편은 요관경(32) 아래에 배치된巴斯켓을 사용해서 제거될 수 있다.

[0036] 도 4는 혈관 시술을 위해 유사하게 배치된 로봇-구동형 시스템의 실시예를 도시한다. 혈관 시술에서, 시스템(10)은 카트(11)가 조향가능한 카테터와 같은 의료 기구(34)를 환자의 다리의 넓다리동맥의 접근 지점으로 전달할 수 있도록 구성될 수 있다. 넓다리동맥은 더 넓은 직경과, 환자 심장까지 비교적 덜 우회되고 굴곡진 경로를 제공하며, 이는 항행을 단순화한다. 요관경 시술에서와 마찬가지로, 카트(11)는 환자의 다리와 하복부 쪽으로 위치될 수 있어 로봇 암(12)이 환자의 허벅지/엉덩이 부위의 넓다리동맥의 접근 지점으로 직접적인 선형 접근을 할 수 있는 가상 레일(35)을 제공할 수 있다. 동맥 안으로 삽입한 후, 기구 드라이버(28)를 이동시켜 의료 기구(34)를 지향시키거나 및 삽입할 수 있다. 대안적으로, 카트를 환자의 상복부 주위에 위치시켜, 예를 들어 어깨

와 손목 부근의 경동맥과, 상완동맥과 같은 다른 혈관의 접근 지점들에 도달하도록 할 수도 있다.

[0037] **B. 로봇 시스템 - 테이블**

[0038] 로봇-구동형 의료 시스템의 실시예는 환자의 테이블에 또한 통합될 수 있다. 테이블의 통합은 카트를 제거함으로써 수술실 내 주요 장비의 양을 줄여서 환자 접근성을 높여준다. 도 5는 기관지 내시경 시술을 위해 배치된 로봇-구동형 시스템의 실시예를 도시한다. 시스템(36)은 바닥 위 ("테이블" 또는 "침대"로 도시된) 플랫폼(38)을 지탱하는 지지 구조체 또는 컬럼(37)을 포함한다. 카트-기반 시스템과 같이, 시스템(36)의 로봇 암(39)의 앤드 이펙터는 기구 드라이버(42)들의 선형 정렬로부터 형성된 가상 레일(41)을 따라 또는 이를 통과해 도 5의 기관지 내시경(40)과 같은 세장형 의료 기구를 조작하도록 설계된 기구 드라이버(42)들을 포함한다. 실제로는 테이블(38) 주변으로 방사기 및 탐지기를 위치시킴으로써 형광 투시 영상을 제공하는 C-암(C-arm)을 환자의 상복부 영역 위로 위치시킬 수 있다.

[0039] 도 6은 설명을 위해 환자 및 의료 기구가 없는 시스템(36)의 대안적인 도면을 제공한다. 도시된 바와 같이, 컬럼(37)은 한 개 이상의 로봇 암(39)이 기반을 둔 링-모양으로 도시된 한 개 이상의 캐리지(43)를 시스템(36) 안에 포함할 수 있다. 캐리지(43)는 컬럼(37)을 따라 이어진 수직의 컬럼 인터페이스(44)를 따라 이동할 수 있어서 환자에 도달하기 좋은 여러 지점으로 로봇 암(39)을 위치시킬 수 있다. 캐리지(들)(43)은 컬럼(37) 안에 위치된 기계식 모터를 이용해 컬럼(37) 주변을 회전함으로써 로봇 암(39)이 가령, 환자의 양 측면과 같은 테이블(38)의 여러 면을 접근할 수 있도록 허용한다. 복수의 캐리지가 있는 실시예에서 캐리지는 개별적으로 컬럼에 위치될 수 있고 서로 다른 캐리지와는 독립적으로 이동 및/또는 회전할 수 있다. 캐리지(43)가 컬럼(37)을 둘러싸거나 원형일 필요는 없지만, 도시된 바와 같은 고리 모양은 캐리지(43)의 컬럼(37) 주변의 회전을 용이하게 해주며 동시에 구조적인 균형을 유지시켜 준다. 캐리지(43)의 회전 및 이동을 통해 시스템은 내시경, 복강경과 같은 의료 기구를 환자의 다른 접근 지점에 정렬시킬 수 있다. 다른 실시예에서 (미도시), 시스템(36)은 옆쪽으로 바 또는 레일 형태의 조정 가능한 암 지지부가 있는 환자 테이블 또는 침대를 포함할 수 있다. 한 개 이상의 로봇 암(39)은 (가령 팔꿈치 조인트가 있는 어깨를 통해) 조정 가능한 암 지지부에 부착될 수 있고 이는 수직으로 조정될 수 있다. 수직 조정이 가능해짐으로써, 로봇 암(39)은 환자 테이블 또는 침대 밑에 간편하게 넣어두었다가 이후 시술 동안에는 끌어 올려질 수 있는 이점이 있다.

[0040] 암(39)은 개별적으로 회전 및/또는 신축적으로 연장할 수 있는 일련의 조인트로 구성된 암 마운트(45) 세트를 통해 캐리지 위에 탑재되어 로봇 암(39)에 추가적인 구성 용이성(configurability)을 제공할 수 있다. 뿐만 아니라, 암 마운트(45)는 캐리지(43) 위에 위치되어, 캐리지(43)가 적당히 회전되었을 때, 암 마운트(45)가 (도 6에 도시된 바와 같이) 테이블(38)의 동일면, (도 9에 도시된 바와 같이) 테이블(38)의 반대면, 또는 테이블(38)의 인접면(미도시) 중 하나로 위치될 수 있다.

[0041] 컬럼(37)은 구조적으로 테이블(38)을 지지해주며 캐리지의 수직 이동을 위한 경로를 제공한다. 내부적으로, 컬럼(37)은 캐리지의 수직 이동을 안내하기 위한 리드 스크루와 상기 캐리지를 리드 스크루 기반의 기계적인 방식으로 이동시키는 모터를 갖출 수 있다. 컬럼(37)은 또한 전력 및 제어 신호를 캐리지(43)와 그 위 장착된 로봇 암(39)으로 전송할 수 있다.

[0042] 테이블 베이스(46)는 도 2에 도시된 카트(11)의 카트 베이스(15)와 유사한 기능을 제공하며, 테이블/침대(38), 컬럼(37), 캐리지(43) 및 로봇 암(39)의 균형을 맞추기 위해 더 무거운 구성요소들을 수용한다. 테이블 베이스(46) 또한 강성 캐스터와 통합되어 시술 중에 안정성을 제공할 수 있다. 캐스터는 테이블 베이스(46)의 맨 아래 배치되어 베이스(46)의 양쪽에서 반대 방향으로 연장되며 시스템(36)이 이동되어야 할 때는 수축할 수 있다.

[0043] 도 6을 계속 참조하여, 시스템(36)은 또한 타워(미도시)를 포함하여 시스템(36)의 기능을 테이블과 타워로 나누어 형상 계수 및 테이블의 규모를 줄일 수 있다. 상기 개시된 실시예와 같이 타워는 프로세싱, 컴퓨팅 및 제어 능력, 전력, 유체공학 및/또는 광학 및 센서 프로세싱과 같은 다양한 지원 기능을 테이블에 제공할 수 있다. 타워는 또한 환자에게서 멀찍하게 놓여있을 수 있도록 이동 가능하여 의사의 접근성을 높이고 수술실을 간소화시킬 수 있다. 또한 구성요소를 타워에 둘으로써 테이블 베이스에 로봇 암을 보관할 수 있는 잠재적인 보관 공간을 확보할 수 있다. 타워는 또한 키보드 및/또는 펜던트와 같은 사용자 입력을 위한 사용자 인터페이스와 실시간 영상, 항행 및 추적 정보와 같은 수술 전 및 수술 중 정보를 보여주기 위한 디스플레이 스크린 (또는 터치스크린)을 모두 제공하는 마스터 제어기 또는 콘솔을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서 타워는 주입을 위해 사용되는 가스탱크 홀더를 또한 포함할 수 있다.

[0044] 일부 실시예에서, 로봇 암이 사용되지 않을 때 테이블 베이스에 넣어 보관할 수 있다. 도 7은 테이블 기반 시스

템의 실시예에서 로봇 암을 넣어둔 시스템(47)을 도시한다. 시스템(47)에서, 캐리지(48)는 베이스(49)안으로 수직으로 이동되어 로봇 암(50), 암 마운트(51) 및 캐리지(48)를 베이스(49)안으로 집어 넣을 수 있다. 베이스 덮개(52)는 캐리지(48), 암 마운트(51), 및 암(50)을 컬럼(53) 주변으로 배치하기 위해 이동 및 수축되어 열릴 수 있으며 사용 중이지 않을 때는 보호를 위해 닫아서 보관할 수 있다. 베이스 덮개(52)는 닫혀 있을 때 먼지나 액체가 들어가는 것을 방지하기 위해 개구부 가장자리를 따라 막(54)으로 밀폐될 수 있다.

[0045] 도 8은 요관경 검사 시술을 위해 구성된 로봇-구동형 테이블-기반 시스템의 실시예를 도시한다. 요관경검사시, 테이블(38)은 회전 부분(55)을 포함하여 환자를 컬럼(37) 및 테이블 베이스(46)로부터 오프각(off-angle)으로 위치시킬 수 있다. 회전 부분(55)은 회전 부분(55)의 아래 부분을 컬럼(37)으로부터 멀리 위치시키기 위해 (가령, 환자의 머리 아래에 위치한) 피벗 점(pivot point)을 중심으로 회전 또는 피벗할 수 있다. 예를 들어, 회전 부분(55)을 피벗시키면, 테이블(38) 밑에 컬럼(미도시)과 공간의 충돌 없이 환자의 하복부 위로 C-암(미도시)을 위치시킬 수 있다. 캐리지(35)(미도시)를 컬럼(37) 주변으로 회전시키면, 로봇 암(39)은 요도에 도달하기 위해 가상 레일(57)을 따라 요관 내시경(56)을 환자의 서혜부 안으로 직접 삽입할 수 있다. 요관 내시경 검사에서, 또한 발걸이(58)는 시술 중 환자의 다리 위치를 지탱하고 환자의 서혜부 영역에 용이한 접근을 제공하기 위해서 테이블(38)의 회전 부분(55)에 고정될 수 있다.

[0046] 복강경 시술 시, 환자의 복벽의 작은 절개(들)을 통해 최소 침습 기구가 환자의 해부부위 안으로 삽입 될 수 있다. 일부 실시예에서, 최소 침습 기구는 환자 안에 해부 부위를 접근하기 위해 사용되는 샤프트와 같은 세장형 강성 부재를 포함한다. 환자의 복강(abdominal cavity)이 팽창된 후에, 주로 복강경이라 지칭되는 기구들이 잡기, 절단, 제거, 봉합 등과 같은 수술 작업을 수행하기 위해 진입될 수 있다. 도 9는 복강 내시경 시술을 위해 구성된 로봇-구동형 테이블-기반 시스템의 실시예를 도시한다. 도 9에서 도시된 바와 같이 시스템(36)의 캐리지(43)는 로봇 암(39) 한 쌍을 테이블(38)의 반대 쪽에 위치시키기 위해 회전 및 수직 조정될 수 있고 암 마운트(45)를 통해 (가령 복강경과 같은) 기구(59)를 환자의 양 측면에서 최소 절개부위를 통과해 환자의 복강에 도달하게 할 수 있다.

[0047] 복강경 시술을 용이하게 하기 위해, 로봇-구동형 테이블 시스템은 또한 플랫폼을 원하는 각도로 기울일 수 있다. 도 10은 피치 또는 기울기가 조정된 로봇-구동형 의료 시스템의 실시예를 도시한다. 도 10에 도시된 바와 같이, 시스템(36)은 테이블의 한 부분이 다른 한 부분보다 바닥에서 더 멀어지도록 테이블(38)을 기울일 수 있다. 뿐만 아니라, 암 마운트(45)는 상기 기울임과 일치하도록 회전하여 암(39)이 테이블(38)과 동일한 평면 관계를 유지하도록 할 수 있다. 더 가파른 각도를 수용하기 위해, 컬럼(37)은 또한 컬럼(37)의 수직 연장을 가능케 하는 텔레스코픽 부분(60)을 포함하여 테이블(38)이 바닥에 닿거나 베이스(46)와 충돌하는 것을 방지한다.

[0048] 도 11은 테이블(38)과 컬럼(37) 사이의 인터페이스를 자세하게 도시한다. 피치 회전 메커니즘(61)은 테이블(38)의 피치 각을 컬럼(37)에 대해 상대적으로 다자유도로 변경하도록 설정될 수 있다. 피치 회전 메커니즘(61)은 직교 축(1, 2)을 컬럼-테이블 인터페이스에 위치시킴으로써 활성화될 수 있고, 각 축은 전자 피치 명령어에 반응하는 별도의 모터(3, 4)에 의해 작동된다. 한 개의 스크루(5)를 따라 회전하면 한 개의 축(1)에서의 기울기 조정이 활성화 되고, 반면 또 다른 스크루(6)를 따라 회전하면 또 다른 축(2)에서의 기울기 조정을 활성화 시킬 수 있다. 일부 실시예에서, 볼 조인트(ball joint)가 테이블(38)의 피치 각을 컬럼(37)에 대해 상대적으로 다자유도로 변경하는데 사용될 수 있다.

[0049] 예를 들어, 피치 조정은 테이블을 트렌델렌버그(Trendelenburg) 자세, 즉 하복부 수술을 위해 환자의 하복부를 환자의 상복부보다 바닥에서 더 높이 위치시켜야 할 때 특히 유용하다. 트렌델렌버그 자세는 중력으로 환자의 내부 기관을 환자의 상복부 쪽으로 쏠리도록 해서 최소 침습 도구가 삽입되어 복강경의 전립선 절제술과 같은 하복부 수술적 절차를 시행할 수 있도록 복강을 비운다.

C. 기구 드라이버 및 인터페이스

[0050] 시스템의 로봇 암의 앤드 이팩터는 (i) 의료 기구를 작동시키기 위한 전기 기계적 수단이 결합된 기구 드라이버(대안적으로는 "기구 드라이브 메커니즘" 또는 "기구 장치 조작기"(IDM)라고 지칭됨) 및 (ii) 모터와 같은 전기 기계적 구성요소가 전혀 없을 수도 있는 제거 가능한 또는 분리 가능한 의료 기구를 포함한다. 이러한 이분법은 의료 시술에 사용되는 의료 기구를 멸균해야 하는 필요성, 및 복잡한 기계 조립체 및 예민한 전기 장치로 인해 고가의 주요 장비를 충분히 멸균하지 못하는 상황으로 인해 추진될 수 있다. 따라서, 의료 기구는 의사 또는 의료진이 개별적인 멸균 또는 처분을 하기 위해 기구 드라이버(및 즉, 시스템)에서 분리, 제거 및 교체될 수 있도록 설계될 수 있다. 그에 반해, 기구 드라이버는 교체 또는 멸균 될 필요가 없으며, 보호하기 위해 드랩(drape) 처리될 수 있다.

[0052]

도 12는 예시적인 기구 드라이버를 도시한다. 로봇 암의 원위 단부에 위치된 기구 드라이버(62)는 드라이브 샤프트(64)를 통해 의료 기구에 제어된 토크를 제공하기 위해 평행 축으로 배치된 한 개 이상의 드라이브 유닛(63)을 포함한다. 각 드라이브 유닛(63)은 기구와 상호 작용하는 개별적인 드라이브 샤프트(64), 모터 샤프트 회전을 원하는 토크로 전환하는 기어 헤드(65), 드라이브 토크를 발생시키는 모터(66), 모터 샤프트의 속도를 측정하고 제어 회로로 피드백을 제공하는 인코더(67) 및 제어 신호를 수신하고 드라이브 유닛을 작동시키는 제어 회로(68)를 포함한다. 각각의 드라이브 유닛(63)은 독립적으로 제어 및 동력화되기 때문에 기구 드라이버(62)는 복수의(도 12에서는 4개로 도시됨) 독립적인 드라이브 출력량을 의료 기구에 제공할 수 있다. 작동 시, 제어 회로(68)는 제어 신호를 수신하고, 모터 신호를 모터(66)로 전송하고, 인코더(67)로 측정된 모터 속도 결과와 원하는 속도를 비교한 후 원하는 토크를 발생시키기 위해 모터 신호를 조절한다.

[0053]

멸균 환경이 요구되는 시술을 위해서 로봇 시스템은 기구 드라이버와 의료 기구 사이에 멸균 드랩과 연결된 멸균 어댑터와 같은 드라이브 인터페이스와 결합할 수 있다. 멸균 어댑터의 주 목적은 드라이브 샤프트와 드라이브 입력 사이의 물리적인 분리, 및 따라서 무균성을 유지하면서도 기구 드라이버의 드라이브 샤프트에서 기구의 드라이브 입력으로 각 운동(angular motion)을 전송하는 것이다. 따라서, 예시적인 멸균 어댑터는 기구 드라이버의 드라이브 샤프트와 기구의 드라이브 입력과 정합하도록 의도된 일련의 회전 입력 및 출력으로 구성될 수 있다. 투명 또는 반투명 플라스틱과 같은 얇고 유연한 소재로 구성된 멸균 드랩은 멸균 어댑터와 연결되어 기구 드라이버, 로봇 암, (카트-기반 시스템에서는) 카트 또는 (테이블 기반 시스템에서는) 테이블과 같은 주요 장비를 덮도록 설계된다. 드랩의 사용은 주요 장비가 멸균이 요구되지 않은 영역(즉, 비살균 현장)에 위치되어 있으면서도 환자에 가깝게 위치될 수 있도록 할 수 있다. 멸균 드랩의 반대쪽은 멸균이 요구되는 영역(즉, 멸균 현장)에서 의료 기구가 환자와 인터페이스 될 수 있다.

[0054]

D. 의료 기구

[0055]

도 13은 예시적인 의료 기구와 함께 쌍을 이루는 기구 드라이버를 도시한다. 로봇 시스템과 함께 사용하기 위해 설계된 다른 기구와 마찬가지로, 의료 기구(70)는 세장형 샤프트(71) (또는 세장형 본체) 및 기구 베이스(72)를 포함한다. 기구 베이스(72)는 의사와 수동적인 상호 작용을 의도한 설계 때문에 "기구 핸들"로 또한 지칭되며, 회전가능한 드라이브 입력(73), 즉, 리셉터클(receptacles), 풀리(pulleys) 또는 스플(spools)을 포함할 수 있으며 이는 로봇 암(76)의 원위 단부에 위치된 기구 드라이버(75) 상의 드라이브 인터페이스를 통해 연장되는 드라이브 출력(74)과 정합되도록 설계된다. 물리적으로 연결되거나, 래치(latched)되거나, 및/또는 결합되면, 기구 베이스(72)의 정합된 드라이브 입력(73)은 기구 드라이버(75)의 드라이브 출력(74)과 회전 축을 공유할 수 있어서, 드라이브 출력(74)으로부터 드라이브 입력(73)으로 토크를 전송할 수 있다. 일부 실시예에서, 드라이브 출력(74)은 드라이브 입력(73) 상의 리셉터클과 정합하도록 설계된 스플라인(splines)을 포함할 수 있다.

[0056]

세장형 샤프트(71)는 가령, 내시경 시술의 경우 해부학적 개구나 내강 또는 가령, 복강 내시경 시술의 경우 최소 침습 절개를 통해 전달될 수 있도록 설계된다. 세장형 샤프트(71)는 (내시경과 유사한 성질을 가진) 연성 또는 (복강경과 유사한 성질을 가진) 강성이거나 연성과 강성 부분의 맞춤 조합으로 이뤄질 수 있다. 복강경을 위한 설계 시, 강성 세장형 샤프트의 원위 단부는 적어도 1자유도를 가진 클레비스(clevis)로 형성된 조인트 팔목에서 연장되는 앤드 이팩터 및 가령, 그래스퍼(grasper) 또는 가위와 같은 수술 도구 또는 의료 기구와 연결될 수 있고, 이는 기구 드라이버(75)의 드라이브 출력(74)으로부터 수신한 토크에 응답하여 드라이브 입력이 회전 할 때 텐던의 힘을 기반으로 작동될 수 있다. 내시경을 위한 설계 시, 연성 세장형 샤프트의 원위 단부는 기구 드라이버(75)의 드라이브 출력(74)으로부터 수신한 토크를 기반으로 연접되며 구부러질 수 있는 조정 가능한 또는 제어 가능한 구부림 부분을 포함할 수 있다.

[0057]

기구 드라이버(75)의 토크는 샤프트(71)를 따라 위치한 텐던을 사용해 세장형 샤프트(71) 아래로 전송된다. 풀 와이어와 같은 이러한 개별 텐던은 기구 핸들(72) 안에 개별적인 드라이브 입력(73)과 각각 고정되어 있다. 텐던은 핸들(72)로부터 세장형 샤프트(71)를 따라 한 개 이상의 풀 내강으로 전달되며 세장형 샤프트(71)의 원위 부분 또는 세장형 샤프트의 원위 부분의 손목에 앵커(anchor)된다. 복강경, 내시경 또는 하이브리드 시술과 같은 시술 동안, 이러한 텐던은 손목, 그래스퍼 또는 가위와 같이 원위 탑재된 앤드 이팩터와 결합될 수 있다. 상술된 배치에서, 드라이브 입력(73)에 가하는 토크는 텐던에 장력을 전달하며, 따라서 앤드 이팩터가 특정 방식으로 작동하게 만든다. 일부 실시예에서, 수술 절차 동안, 텐던은 조인트가 축을 따라 회전하게 만들 수 있으며 따라서 앤드 이팩터가 한 방향 또는 다른 방향으로 움직이도록 만들 수 있다. 대안적으로, 텐던은 세장형 샤프트(71)의 원위 단부에 위치한 그래스퍼의 한 개 이상의 죠(jaw)와 연결될 수 있고, 텐던의 장력은 그래스퍼를 오므리게 만든다.

- [0058] 내시경술에서, 텐던은 접착제, 제어 링(control ring), 또는 다른 기계적인 고정을 통해 세장형 샤프트(71)를 따라 위치된 구부림 또는 연접 부분에 결합될 수 있다. 구부림 부분의 원위 단부에 고정적으로 부착되어 있을 때, 드라이브 입력(73)에 가해진 토크는 텐던을 따라 전송되어 더 부드러운 구부림 부분 (가끔 연접가능한 부분 또는 부위라고 지칭됨) 이 구부러지거나 연접하게 만든다. 구부러지지 않는 부분의 경우, 내시경 샤프트의 벽을 따라 (또는 그 내부에) 개별적인 텐던을 전달하는 개별적인 풀 내강을 와선 또는 나선형으로 하는 것이 풀 와이어의 장력으로 인한 반지를 방향 힘의 균형을 맞추는데 이로울 수 있다. 와선의 각도 및/또는 꼬임의 간격은 특정 목적을 위해 조정 또는 조작될 수 있고, 더 타이트한 와선은 하중 부하 시 샤프트 압축이 덜한 반면, 더 적은 양의 와선은 하중 부하 시 샤프트 압축이 더 크지만 또한 구부림을 제한한다. 이와 반대로, 원하는 구부림 또는 연접 가능 부분에 제어된 연접을 허용하기 위해 풀 내강은 세장형 샤프트(71)의 세로축과 평행으로 지향될 수 있다.
- [0059] 내시경에서, 세장형 샤프트(71)는 로봇식 시술을 지원하기 위해 여러 개의 구성 요소를 수용한다. 샤프트는 수술 도구 (또는 의료 기구), 세척, 및/또는 흡인을 샤프트(71)의 원위 단부에 위치한 수술 부위까지 배포하기 위한 작업 채널을 포함할 수 있다. 샤프트(71)는 또한 원위 선단에 광학 카메라를 포함할 수 있는 광학 조립체 까지/부터 신호를 전송하기 위해 와이어 및/또는 광섬유를 수용할 수 있다. 샤프트(71)는 또한 근위 방향으로 위치된 광원으로부터 발광 다이오드와 같은 광을 샤프트의 원위 단부까지 전달하기 위해 광섬유를 수용할 수 있다.
- [0060] 기구(70)의 원위 단부에서, 원위 선단은 또한 작업채널의 개구부를 포함해 진단 및/또는 치료를 위한 도구, 세척 및 흡인을 수술 부위로 전달할 수 있다. 원위 선단은 또한 내부 해부학적 공간의 영상을 캡처하기 위해 파이버스코프(fiberscope) 또는 디지털 카메라와 같은 카메라를 위한 포트를 포함 할 수 있다. 이와 관련되어, 원위 선단은 또한 카메라 이용 시 해부학적 공간을 비추기 위해 광원을 위한 포트를 포함할 수 있다.
- [0061] 도 13의 예시에서, 드라이브 샤프트 축들, 및 따라서 드라이브 입력 축들은 세장형 샤프트의 축과 직각을 이룬다. 하지만 상기 배치는 세장형 샤프트(71)의 롤 능력을 어렵게 만든다. 드라이브 입력(73)을 고정으로 유지하면서 세장형 샤프트(71)를 자신의 축을 따라 롤하면 텐던이 드라이브 입력(73)을 넘어 연장되어 세장형 샤프트(71) 내 풀 내강으로 들어가면서 텐던의 원치않는 엉킴을 유발 한다. 텐던의 엉킴은 결과적으로 내시경 시술 동안 연성 세장형 샤프트(71)의 움직임을 예측하기 위해 만들어진 제어 알고리즘에 지장을 줄 수 있다.
- [0062] 도 14는 드라이브 유닛의 축이 기구의 세장형 샤프트의 축과 평행을 이루는 기구 드라이버 및 기구의 대안적인 설계를 도시한다. 도시된 바와 같이, 원형의 기구 드라이버(80)는 네 개의 드라이브 유닛을 포함하고 이들의 드라이브 출력(81)은 로봇 암(82)의 단부에 평행으로 정렬된다. 드라이브 유닛 및 이들 각자의 드라이브 출력(81)은 기구 드라이버(80)의 회전 조립체(83) 안에 수용되고 이는 조립체(83) 안에 드라이브 유닛 중 하나에 의해 구동된다. 회전 드라이브 유닛에 의해 제공된 토크에 대응하여 회전 조립체(83)는 기구 드라이버의 비회전 부분(84)에 회전 조립체(83)를 연결하는 원형 베어링(bearing)을 따라 회전한다. 전력 및 제어 신호는 브러쉬 방식의(brushed) 슬립링 연결(미도시)의 회전을 통해 유지될 수 있는 전기 접점을 통해서 기구 드라이버(80)의 비회전 부분(84)에서 회전 조립체(83)로 통신될 수 있다. 다른 실시예에서, 회전 조립체(83)는 비회전 부분(84)에 통합되어 있는 별도의 드라이브 유닛에 반응 할 수 있고 따라서 다른 드라이브 유닛과 평행하지 않는다. 회전 메커니즘(83)은 기구 드라이버(80)가 드라이브 유닛 및 대응되는 드라이브 출력(81)을 하나의 구성으로써 기구 드라이버 축(85)을 중심으로 회전시키도록 허용 한다.
- [0063] 앞서 개시된 실시예와 같이, 기구(86)는 세장형 샤프트 부분(88) 및 기구 드라이버(80) 안에 있는 드라이브 출력(81)을 수신하도록 구성된 (리셉터클, 풀리, 및 스플과 같은) 복수의 드라이브 입력(89)을 포함하는 (설명을 목적으로 투명한 외부 스키드으로 도시된) 기구 베이스(87)로 구성될 수 있다. 이전에 개시된 실시예와는 달리 기구 샤프트(88)는 기구 베이스(87)의 중심으로부터 연장되며 축은 도 13의 설계와 같이 직각을 이루기 보다는 드라이브 입력(89)의 축과 대체적으로 평행을 이룬다.
- [0064] 기구 드라이버(80)의 회전 조립체(83)와 정합되면, 기구 베이스(87) 및 기구 샤프트(88)를 포함하는 의료 기구(86)는 기구 드라이버 축(85)을 중심으로 회전 조립체(83)와 함께 결합하여 회전한다. 기구 샤프트(88)는 기구 베이스(87)의 중앙에 위치되어 있기 때문에, 부착되었을 때, 기구 샤프트(88)는 기구 드라이버 축(85)과 동축이 된다. 따라서 회전 조립체(83)가 회전하면 기구 샤프트(88)는 자신의 세로 축을 중심으로 회전한다. 더욱이, 기구 베이스(87)가 기구 샤프트(88)과 함께 회전하므로, 기구 베이스(87) 안에서 드라이브 입력(89)과 연결된 모든 텐던은 회전 중에 엉키지 않는다. 따라서, 드라이브 출력(81), 드라이브 입력(89), 및 기구 샤프트(88) 축들의 병렬성은 제어 텐던의 어떠한 엉킴 없이 샤프트 회전이 가능하도록 해준다.

E. 항행 및 제어

[0065] E. 항행 및 제어

전통적인 내시경은 관강 내(endoluminal) 안내를 집도의사에게 제공하기 위해 (가령, C-암으로 전달될 수 있는) 형광 투시 및 다른 방사선 기반의 영상기법 방식의 사용을 수반할 수 있다. 반대로, 본 개시내용에서 구상된 로봇 시스템은 비-방사선-기반(non-radiation-based) 항행 및 국소화 방법을 제공하여 의사의 방사선 노출을 감소시키고 수술실 내 장비의 양을 줄여줄 수 있다. 본 명세서에 사용될 때, 용어 "국소화"는 기준 좌표계에서 물체의 위치를 결정 및/또는 관찰하는 것을 지칭할 수 있다. 무 방사선(radiation-free) 수술 환경을 성취하기 위해 수술 전 매핑, 컴퓨터 시각, 실시간 EM 추적 및 로봇 명령 데이터와 같은 기술들이 개별적으로 또는 조합으로 사용될 수 있다. 방사선 기반 영상기법이 여전히 사용되는 다른 경우에는, 수술 전 매핑, 컴퓨터 시각, 실시간 EM 추적 및 로봇 명령 데이터가 개별적으로 또는 조합으로 사용되어 방사선-기반 영상기법만을 통해 취득되는 정보를 향상시킬 수 있다.

도 15는 예시적인 실시예에 따라 기구의 위치와 같이 로봇 시스템의 한 개 이상의 요소의 위치를 추정하는 국소화 시스템(90)을 도시하는 블록도이다. 국소화 시스템(90)은 한 개 이상의 명령어를 실행하도록 구성된 한 개 이상의 컴퓨터 장치의 세트일 수 있다. 컴퓨터 장치는 상술된 한 개 이상의 구성요소 안에서 프로세서 (또는 프로세서들) 및 컴퓨터 판독가능한 메모리로 구현될 수 있다. 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로서 컴퓨터 장치는 도 1에 도시된 타워(30), 도 1 내지 4에 도시된 카트, 도 5 내지 10에 도시된 침대 등에 있을 수 있다.

도 15에 도시된 바와 같이, 국소화 시스템(90)은 입력 데이터(91) 내지 (94)를 처리하는 국소화 모듈(95)을 포함하여 의료 기구의 원위 선단에 대한 위치 데이터(96)를 생성할 수 있다. 위치 데이터(96)는 기준계(frame of reference)에 상대적인 기구의 원위 단부의 위치 및/또는 방향을 나타내는 데이터 또는 로직(logic)일 수 있다. 기준계는 가령, 전자기장 발생기와 같은 (전자기장 발생기에 관해 후술되는 내용 참고) 환자의 해부구조 또는 정해진 물체에 상대적인 기준계일 수 있다.

다양한 입력 데이터 (91) 내지 (94)는 이제부터 매우 자세하게 설명된다. 수술 전 매핑은 저선량(low dose) CT 스캔 수집물의 사용을 통해 성취될 수 있다. 수술 전 CT 스캔은 가령, 환자의 내부 해부구조의 절취도(cutaway view)의 "절편(slices)"으로 시각화된 3차원 영상으로 재건될 수 있다. 종합해서 분석될 때, 해부구조의 체장, 공간 및 환자의 폐 조직과 같은 환자의 해부구조를 위한 영상 기반 모델이 생성될 수 있다. 중심선 기하학("center-line geometry")과 같은 기법이 결정되고 및 CT 영상으로부터 근사화되어(approximated) 모델 데이터(91)라고 지칭되는 (수술 전 CT 스캔만을 사용해 생성될 때는 "수술 전 모델 데이터"로 또한 지칭됨) 환자의 해부구조의 3차원 입체를 만들 수 있다. 중심선 기하학의 사용은 미국 특허 출원 제 14/523,760호에 설명되며, 상기 출원은 그 전문이 본 명세서에 병합된다. 조직망 위상학적 모델 또한 CT 영상으로부터 도출될 수 있으며 특히 기관지경 시술에 적합하다.

일부 실시예에서 기구는 시각 데이터(92)를 제공하기 위해 카메라가 갖춰져 있을 수 있다. 국소화 모듈(95)은 시각 데이터를 처리해 한 개 이상의 시각 기반 위치 추적을 가능케 한다. 예를 들어, 수술 전 모델 데이터가 시각 데이터(92)와 함께 사용되어 (가령, 내시경 또는 내시경의 작업 채널을 통해 전진되는 기구와 같은) 의료 기구의 컴퓨터 시각 기반 추적을 가능케 할 수 있다. 예를 들어, 수술 전 모델 데이터(91)를 사용해, 로봇 시스템은 내시경의 예상 이동 경로를 기반으로 상기 모델로부터 예상되는 내시경 이미지의 라이브러리를 생성할 수 있고, 각 이미지는 모델 내 위치와 연결된다. 수술 중에, 해당 라이브러리는 로봇 시스템에 의해 참조되어 (내시경 원위 단부에 카메라와 같은) 카메라에서 캡처된 실시간 이미지와 이미지 라이브러리의 있는 이미지와 비교해 국소화를 지원할 수 있다.

다른 컴퓨터 시각-기반 추적 기법은 카메라, 및 따라서 내시경의 움직임을 결정하기 위해 특징점 추적(feature tracking)을 사용한다. 국소화 모듈(95)의 일부 기능은 수술 전 모델 데이터(91)에서 해부학적 내강에 대응하는 원형 기하학적 구조를 식별하고 상기 기하학적 구조의 변화를 추적해 어느 해부학적 내강이 선택되었는지 뿐만 아니라 카메라의 상대적인 회전 및/또는 병진 움직임을 결정할 수 있다. 위상 지도의 사용은 시각-기반 알고리즘 또는 기법을 더 향상시킬 수 있다.

또 다른 시각-기반 기법인 광학 흐름은 시각 데이터(92) 내 비디오 시퀀스에서 이미지 픽셀의 변위 및 병진을 분석해서 카메라 움직임을 추론할 수 있다. 광학 흐름 기법의 예시로 움직임 감지, 물체 분할 산출, 휘도(luminance), 동작 보정 인코딩, 스테레오 시차 측정 등을 포함할 수 있다. 복수의 프레임의 다수의 반복 비교를 통해 카메라 (및 따라서 내시경)의 움직임과 위치가 결정될 수 있다.

- [0073] 국소화 모듈(95)은 실시간 EM 추적을 사용해 환자의 해부 구조에 정합된 수술 전 모델로 표현되는 전체 좌표계 내에서 내시경의 실시간 위치를 생성할 수 있다. EM 추적에서, (내시경 도구와 같은) 의료 기구의 한 개 이상의 위치 및 방향에 내장된 한 개 이상의 센서 코일을 포함하는 EM 센서 (또는 트랙커(tracker))는 알려진 장소에 위치된 한 개 이상의 정적 전자기장 발생기에 의해 생성된 전자기장 안에서의 변동을 측정한다. EM 센서에 의해 감지된 위치 정보는 EM 데이터(93)로 저장된다. 전자기장 발생기 (또는 송신기)는 환자와 가깝게 위치되어 상기 내장된 센서가 감지할 수 있는 저강도(low intensity) 전자기장을 생성할 수 있다. 전자기장은 EM 센서의 센서 코일 내 저전류를 유도하며 이는 EM 센서와 전자기장 발생기 사이의 거리와 각도를 결정하기 위해 분석될 수 있다. 좌표계 안에서의 한 위치를 환자의 해부구조의 수술 전 모델 안에서의 위치와 정렬하는 기하학적 변환을 결정하기 위해 상기 거리와 방향은 수술 중 환자의 해부구조 (즉, 수술 전 모델)에 "정합"될 수 있다. 정합이 되면, (가령 내시경의 원위 선단과 같이) 의료 기구의 한 개 이상의 위치에 내장된 EM 트래커가 환자의 해부구조를 통과하는 의료기구의 진행을 실시간으로 표시할 수 있다.
- [0074] 로봇 명령어 및 운동학 데이터(94) 또한 국소화 모듈(95)에서 사용되어 로봇 시스템을 위한 국소화 데이터(96)를 제공할 수 있다. 연접 명령어로 인한 장치의 피치 및 요 결과는 수술 전 교정(calibration)동안 결정될 수 있다. 수술 중에, 상기 교정 측정은 알려진 삽입 깊이 정보와 함께 사용되어 기구의 위치를 추정할 수 있다. 대안적으로 상기 산출은 EM, 시각, 및/또는 위상학적 모델링과 함께 분석되어 조직망 내 의료 기구의 위치를 추정할 수 있다.
- [0075] 도 15에 도시된 바와 같이, 여러 다른 입력 데이터가 국소화 모듈(95)에 의해서 사용될 수 있다. 예를 들어, 도 15에 도시되지는 않았지만, 형상 감지 섬유를 활용하는 기구가 국소화 모듈(95)이 사용할 수 있도록 형상 데이터를 제공하여 기구의 위치와 형상을 결정할 수 있다.
- [0076] 국소화 모듈(95)은 입력 데이터 (91) 내지 (94)의 조합(들)을 사용할 수 있다. 일부 경우에, 상기 조합은 국소화 모듈(95)이 각각의 입력 데이터 (91) 내지 (94)로부터 결정된 위치에 대한 확신 가중치를 부여하는 확률론적 기법을 사용할 수 있다. 따라서, (전자기장 간섭이 있는 경우와 같이) EM 데이터를 신뢰할 수 없을 때, EM 데이터(93)에 의해 결정된 위치의 확신도는 감소할 수 있고 국소화 모듈(95)은 시각 데이터(92) 및/또는 로봇 명령 및 운동학 데이터(94)에 더 많이 의존 할 수 있다.
- [0077] 전술된 바와 같이, 본 명세서에 설명된 로봇 시스템은 한 개 이상의 전술된 기술의 조합을 결합하도록 설계될 수 있다. 로봇 시스템의 컴퓨터-기반 제어 시스템은 타워, 침대 및/또는 카트에 기반하며, 예컨대 지속형 자기 저장 스토리지 드라이브(persistent magnetic storage drive), 솔리드 스테이트 드라이브(solid state drive) 또는 이와 같은 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체 내에 컴퓨터 프로그램 명령어를 저장할 수 있고, 실행 시, 시스템은 센서 데이터와 사용자 명령어를 수신 및 분석하고, 시스템 전반적으로 명령 신호를 생성하고, 및 전체 좌표계 안에서 기구의 위치, 해부학적 지도 등과 같은 항행 및 국소화 데이터를 보여준다.
- 2. 시술 전 로봇 암 설치의 서론.**
- [0078] 본 명세서의 실시예들은 의료 시술을 수행하기 전에 한 개 이상의 로봇 암을 위치시키는 시스템 및 기술에 관한 것이다. 의료 시술의 종류에 따라 수술 시스템의 설치 동안 로봇 암이 위치되거나 또는 움직일 수 있는 범위에 한계가 있을 수 있다. 예를 들어, 의료 기구의 모양 및 (가령 길이와 같은) 면적, 환자의 관강내 조직망의 모양 및 생리적 특징, 시술의 표적 목적지의 위치, 로봇 암(들)의 작업 부위 등과 같은 특정 물리적 또는 기계적인 고려사항들이 설치 동안에 로봇 암(들)이 위치하는 부위 또는 체적(volume)을 제한할 수 있다.
- [0079] 수술 로봇 시스템을 위한 설치 절차는 해당 시술이 달성 가능한지를 보장 및/또는 검증하는 것을 지원할 수 있다. 예를 들어, 표적 목적지 또는 수술 부위는 환자의 신체의 접근 지점에서 특정 거리 떨어져 있을 수 있다. 또한, 의료기구의 길이 및 로봇 암의 스트로크 길이는 해당 수술 로봇 시스템에서 대체로 고정되어 있을 수 있다 (가령, 로봇 암 스트로크의 길이 및 의료 기구의 길이는 표준화되어 있을 수 있다). 본명세서에서 사용될 때, 로봇 암의 스트로크 길이는, 예를 들어 로봇 암의 기준 점의 시작 위치/장소부터 기준점의 끝 위치/장소까지와 같이, 일반적으로 로봇 암이 표적을 향해 기구를 삽입할 수 있는 능력 또는 정도를 지칭한다. 일 실시예에서, 기준점은 로봇 암의 IDM일 수 있고, 스트로크 길이는 의료 시술 초반 (가령, 본 명세서에서 기구 로드 자세로 지정되는 로봇 암에 기구를 수월하게 로드/부착하도록 허용하는 로봇 암의 초기 자세 및 위치와 같은) 로봇 암의 초기 자세의 IDM에서 의료 기구가 최대로 삽입되어 있는 동안의 IDM의 위치까지를 지칭할 수 있다. 예를 들어, 로봇 암의 스트로크 길이는 로봇 암이 해당 환자의 몸에 접근 지점으로부터 표적 부위/영역을 도달할 수 있는지 여부를 결정할 수 있다. 또한 상황에 따라, 로봇 암의 움직임은 의료 기구의 삽입/수축과 직접적인 연관이 있을 수 있기 때문에 "로봇 암의 스트로크 길이"는 "의료 기구의 스트로크 길이"와 혼용해서 사용될 수

있다.

[0081] 의료기구의 길이, 접근 지점에서 표적 목적지까지의 거리, 및 로봇 암으로 달성 가능한 최대 스트로크 길이를 감안할 때 수술 전에 로봇 암의 초기 자세로 사용될 수 있는 위치의 한계가 있다. 즉, 로봇 암(들)의 특정 초기 자세는 의료 기구가 표적 목적지를 도달할 수 있도록 허용하는 반면 다른 초기 자세들은 표적 목적지까지 도달하지 못할 수도 있다. 환자의 접근 지점에 상대적인 카트의 배치, 그러므로 로봇 암(들)이 자유롭게 위치될 수 있는 공간/체적의 위치는 로봇 암(들)의 달성 가능한 스트로크 길이에 영향을 줄 수 있다. 만약 달성 가능한 스트로크 길이가 해당 의료 시술의 접근 지점에서 표적 목적지까지의 거리보다 적게 줄어든다면, 해당 로봇 시스템의 설치를 기반으로는 의료 시술이 수행되지 못할 수도 있다.

[0082] 본 명세서의 측면들은 로봇 암의 해당 초기 자세를 기반으로 원하는 시술이 완료될 수 있는지 여부를 결정하는데 있어서 (기술자 및 외과의사와 같은) 사용자를 지원하는 시스템 및 기술에 관한 것이다. 이러한 기술은 시술 중에 표적 목적지에 도달하지 못하는 것과 관련된 문제를 해결해 줄 수 있다.

A. 기관지 내시경 시스템 예시

[0084] 본 명세서의 측면들은 일반적으로 예시적인 의료 시술로 기관지 내시경을 사용해 설명된다. 하지만, 본 명세서는 비뇨의학, 소화기학 등과 같은 수술 로봇 시스템에 의해 수행될 수 있는 다른 종류의 의료 절차에 또한 적용될 수 있다.

[0085] 도 16은 본 개시내용의 측면에 따른 진단 및/또는 치료 목적의 기관지 내시경 시술(들)을 위해 배치된 로봇시스템의 실시예를 도시한다. 도 16에 도시된 바와 같이, 시스템(100)은 카트(111), 한 개 이상의 로봇 암(들)(112), 및 조향 가능한 내시경(113)과 같은 의료 기구, 및 환자 삽입기(115)를 포함할 수 있다. 카트(111)는 프로세서(미도시), 메모리 (미도시), 및 로봇 암(들)(112)의 위치지정과 관련된 정보를 보여주도록 구성된 디스플레이(120)를 포함할 수 있다. 하지만, 실시예에 따라, 한 개 이상의 프로세서, 메모리 및 디스플레이는 가령, 도 1에 도시된 이동 가능한 타워(30)와 같은 다른 장치 상에 또는 내부에 위치될 수 있다. 추가적으로, 다른 구현에서, 디스플레이(120) 외에 퍼드백 장치가 디스플레이(120)를 대신해 또는 추가적으로 사용될 수 있다. 사용될 수 있는 그 외 퍼드백 장치들로는 햅틱 장치, 스피커, 한 개 이상의 로봇 암(들)(112)을 통해 작동되는 힘 퍼드백 장치, 한 개 이상의 발광 다이오드(들) 등이 포함될 수 있다.

[0086] 로봇 암(들)(112)은 시술 전 및/또는 동안 (조향가능한 내시경(113)과 같은) 의료 기구를 조작하도록 구성될 수 있다. (의료 시술의 시작 전과 같은) 암 설치 단계 동안에, 로봇 암(들)(112)의 위치는 사용자에 의해 조정될 수 있다. 특히, 적어도 한 개의 로봇 암(들)이 환자와 정렬되는 것이 중요할 수 있다. 이러한 정렬은 시스템이 의료 기구의 환자 내 진입/접근 지점을 추적할 수 있도록 해준다. 구현에 따라, 시스템은 사용자가 로봇 암(112)의 부분에 직접 힘을 가함으로써 암(들)(112)을 직접 움직이는 것을 허용하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 시스템은 사용자가 암(112)을 움직이기 위해 로봇 암(들)(112)의 하나를 움켜쥐고 (암을 밀거나 당기는 것과 같이) 힘을 가해서 물리적으로 암(112)을 원하는 위치로 움직이면 이를 감지하도록 구성될 수 있다. 특정 구현에서, 시스템은 사용자로부터 입력을 받아서 암을 어드미턴스 모드(admittance mode)로 들어가거나 나오도록 토글할 수 있고, 암은 상기 모드에서 암의 움직임을 위해 힘을 입력으로 받을 수 있다. 다른 구현에서, 시스템은 로봇 암(112)의 제어를 위해 입력 장치를 통해 사용자가 한 개 이상의 로봇 암(들)의 위치를 조정할 수 있도록 구성된 입력 장치를 포함할 수 있다.

[0087] 더 자세히 후술되는 바와 같이, 메모리는 명령어를 저장하도록 구성될 수 있고, 실행 시, 프로세서가 본 개시내용의 측면에 따른 한 개 이상의 기술을 수행하게 할 수 있다. 메모리는 또한 수술 전 로봇 암 설치와 관련된 데이터를 저장하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 메모리는 환자의 해부구조의 매핑을 저장할 수 있다. 매핑은 (i) 해부구조 안에 목표 부위 및 (ii) 환자의 접근 지점에서 목표 부위까지의 경로와 관련된 데이터를 포함할 수 있다. 매핑은 수행되는 의료 시술과 관련된 시술 데이터를 포함하거나 또는 그에 기반할 수 있다. 시술 데이터는: 수행되는 시술의 종류, (시술의 종류와 관련한 것일 수 있는) 시술에 수반되는 기구의 종류, (기구의 길이, 기구를 조작하는데 요구되는 IDM의 개수 등과 같은) 기구의 특성, (가령, 해부 구조 내 목표 부위의 위치, 환자의 접근 지점으로부터 목표 부위까지의 경로, 환자의 해부 구조의 신체적 특징 또는 면적 등) 시술과 관련된 환자의 해부구조, (시술의 종류, 기구의 종류, 및 기구의 특성과 또한 관련될 수 있는) 암 설치 등과 관련된 데이터를 포함할 수 있다. 예를 들어, 매핑은 해부 구조 내 목표 부위의 위치 및 환자의 접근 지점으로부터 목표 부위까지의 경로를 포함할 수 있고, 시술 데이터에 기반하여 결정될 수 있다.

B. 로봇 암 설치

- [0089] 한 개 이상의 로봇 암(들)(112)의 위치 지정은 의료 시술을 위해 로봇 암 시스템을 준비하는 설치 절차의 한 부분 일 수 있다. 사용되는 특정 설치 절차는 수행되는 의료 시술, 로봇 시스템의 구성 (가령, 암이 카트에 부착되는지 (도 16 참고) 또는 플랫폼을 지탱하는 컬럼에 부착되는지 (도 6 참고)) 등에 의존적일 수 있다.
- [0090] 도 17A는 본 개시내용의 측면에 따른 (기관지경 시술과 같은) 의료 시술을 위한 예시적인 설치 절차의 특징을 도시하는 흐름도이다. 도 17A에 도시된 방법 (1700)은 단지 예시적인 구현이며 방법(1700)은 방법(1700)과 관련된 한 개 이상의 블록을 더하고, 빼고 및 변경함으로써 수정될 수 있다.
- [0091] 방법(1700)은 블록(1701)에서 시작한다. 블록(1705)에서, 방법(1700)은 카트를 초기 위치로 이동시키는 단계를 수반한다. 예를 들어, 사용자는 카트를 환자의 접근 지점과 근접하게 (가령, 설정된 거리 내에) 위치하도록 움직일 수 있다. 카트가 위치로 이동되면, 사용자는 예를 들어, 카트의 캐스터를 잠금으로써 카트를 움직이지 못하게 할 수 있다. 모든 로봇 시스템이 카트를 활용하지는 않는다는 점과 해당 블록은 카트를 활용하는 시스템을 위한 선택사항이라는 점을 이해해야 할 것이다.
- [0092] 블록(1710)은 사용자가 시술이 수행되기 전에 로봇 암(들)이 환자와 정렬된 초기 자세로 한 개 이상의 로봇 암(들)을 위치시키는 암 설치 단계를 수반할 수 있다. 따라서, 암 설치 단계는 한 개 이상의 로봇 암(들)(112)을 환자의 접근 지점과 정렬하는 정렬 단계를 포함할 수 있다. 사용되는 접근 지점은 수행되는 의료 시술의 종류에 따라 다를 수 있기 때문에, 특정 정렬 절차는 의료 시술의 종류에 따라 좌우된다. 기관지경술의 예시에서, (기관지 내시경을 환자의 입안으로 지향하는 장치인) 환자 삽입기가 환자의 입안으로 설치될 수 있다. 기관지경술 설치 절차의 일 구현에서, 사용자는 제 1 로봇 암을 환자의 삽입기와 정렬시킬 수 있다. 나머지 로봇 암(들)은 예를 들어, 사용자에 의해 선택된 제 1 로봇 암의 자세와 자동으로 정렬할 수 있다. 상술된 바와 같이, 사용자는 로봇 암을 직접 움직이기 위해 어드미턴스 버튼을 눌러서 사용자가 (여러) 힘을 가해 로봇 암의 움직임을 직접 지향하도록 허용할 수 있다. 다른 구현에서, 제 1 로봇 암은 한 개 이상의 위치 추적 장치를 통해 환자 삽입기를 추적할 수 있고, 시스템에 의해 제 1 로봇 암이 자동으로 환자의 삽입기와 정렬되게 할 수 있다.
- [0093] 시스템은 제1 로봇 암의 초기 자세의 경계를 사용자를 위해 표시할 수 있다. 특정 실시예에서, 시스템은 의료 시술을 수행하기 전 암 설치 단계 동안, 제 1 로봇 암이 움직이는 동안의 경계를 제공할 수 있다. 상기 경계는 제1 로봇 암의 자세가 의료 시술을 방해하지 않도록 보장하기 위해 시스템에 의해 설정될 수 있다. 일 구현에서, 경계는 로봇 암의 스트로크 길이를 임계치 보다 더 많이 줄이지 않고도 제 1 로봇 암이 자유롭게 위치될 수 있는 영역 또는 체적으로 설정될 수 있다. 기관지경술의 예시에서, 경계는 로봇 암이 환자 삽입기와 정렬되는 공간으로 로봇 암의 초기 자세 (가령 환자 삽입기와 정렬을 이루는 로봇 암의 자세)와 기구 로드 자세 사이의 거리가 임계치 스트로크 길이와 같거나 더 크도록 정의할 수 있다. 특정 실시예에서 임계치 스트로크 길이는 로봇 암에 의해 도달할 수 있는 스트로크 길이가 임계치 스트로크 길이보다 더 긴 경우 의료 시술과 관련된 목표 부위가 도달 될 수 있도록 선택 될 수 있다.
- [0094] 제 1 로봇 암이 환자 삽입기와 정렬 된 후에, 블록(1715)에서, 방법은 로봇 암(들)을 로드 기구(들) 자세로 수축하는 단계를 수반한다. 일부 실시예에서, 시스템은 가령 사용자로부터 로드 기구 자세 입력 또는 명령을 수신하면 그에 반응하여 로봇 암(들)을 로드 기구(들) 자세로 수축시킬 수 있다. 이러한 입력은 정렬 단계가 완료되었으며 (기관지경의 쉬스 및 리더와 같은) 기구(들)이 로봇 암(들) 상에 로드 되었다는 것을 나타낼 수 있다. 블록(1720)에서, 방법은 의료 기구(들)을 상응하는 로봇 암(들) 상에 로드시키는 단계를 수반한다. 방법(1700)은 블록(1725)에서 종료한다.
- [0095] 도 17B는 본 개시내용의 측면에 따른 의료 시술의 또 다른 설치 절차 예시의 특징을 도시한 흐름도이다. 도 17B의 흐름도는 본 개시내용의 측면에 따른 의료 시술을 수행하기 전 한 개 이상의 로봇 암을 위치시키기 위해 수술 로봇 시스템 또는 그 것의 구성요소(들)에 의하여 작동 될 수 있는 예시적인 방법을 도시한다. 예를 들어, 도 17B에 도시된 방법(1750)의 단계들은 수술 로봇 시스템의 프로세서에 의해 수행 될 수 있다. 편의상, 방법(1750)은 시스템의 프로세서에 의해 수행되는 것으로 설명 된다.
- [0096] 방법(1750)은 도 17A에서 도시된 의료 시술(1700)과 같은 의료 시술을 위한 설치 절차의 부분으로 수행될 수 있다. 특정 구현에서, 방법(1750)은 블록(1710)동안 수행되어 로봇 암이 움직이는 동안의 경계의 표시를 제공한다.
- [0097] 방법(1750)은 블록(1751)에서 시작한다. 블록(1755)에서 프로세서는 로봇 암이 의료기구를 전진시켜 목표 부위를 도달 하도록 허용하는 로봇 암의 최소 스트로크 길이를 결정한다. 프로세서는 환자의 해부구조의 매핑에 기반해 최소 스트로크 길이를 결정할 수 있다. 매핑은 (i) 해부 구조 내 목표 부위 및 (ii) 환자의 접근 지점에서

목표 부위까지의 경로와 관련된 데이터를 포함할 수 있다. 의료 기구는 로봇 암에 의해 전진되어 접근 지점으로부터 목표 부위까지 상기 경로를 통해 도달할 수 있다.

[0098] 블록(1760)에서, 프로세서는 최소 스트로크 길이와 매핑을 기반으로 로봇 암의 초기 자세를 위한 경계를 결정한다. 블록(1765)에서, 프로세서는 시술 수행 전 암 설치 단계 동안, 로봇 암의 움직임 동안의 경계의 표시를 제공한다. 방법(1750)은 블록(1770)에서 종료한다.

[0099] 의료 기구의 구조와 로봇 암은 의료 시술 전에 알려져 있기 때문에, 경계는 (암 설치 단계 전) 오프라인 상태에서 결정될 수 있다. 하지만, 의료 시술의 복잡성과 의료 기구에 따라서 경계를 결정하는 것은 상당한 양의 계산 자원이 요구될 수도 있다. 특정 경우에, 계산이 완료되기 위해 대략 몇 시간이 걸릴 수도 있다. 초기 자세 경계를 정의할 때 필요한 고려사항의 예시는 도 18와 관련되어 후술 된다.

[0100] 도 18은 본 개시내용의 측면에 따라 사용될 수 있는 기관지 내시경의 실시예를 도시한다. 도 18에 도시된 바와 같이, 기관지 내시경(200)은 2개의 텔레스코핑 부분(telescoping part) - 즉, 쉬스(210)와 리더(220)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 리더(220)는 카메라/시각 장치, EM 센서들, 및 다른 기구들이 삽입될 수 있는 작업 채널을 포함하는 파트일 수 있다. 쉬스(210)는 제1 로봇 암의 IDM에 결합되도록 구성된 베이스(211)와 베이스(211)에 부착된 세장형 샤프트(213)을 포함할 수 있다. 유사하게, 리더(220)는 제2 로봇 암의 IDM과 결합되도록 구성된 베이스(221)와 베이스(221)에 부착된 세장형 샤프트(223)을 포함할 수 있다. 제 1 및 제 2 로봇 암은 쉬스(210)와 리더(220)를 각각 전진시키도록 구성될 수 있다. 쉬스(210)의 세장형 샤프트(213)는 리더(220)의 세장형 샤프트(223)가 삽입되도록 구성된 작업 채널을 포함한다. 각 세장형 샤프트(213) 및 (223)의 각각의 원위 단부는 해당 세장형 샤프트의 벽을 따라 (또는 안쪽으로) 배치된 텐던에 가해진 장력을 통해 구부러지도록 구성된 연접 부분(articulating section)을 포함할 수 있다.

[0101] 도 18에 도시된 예시에서, 쉬스(210)의 세장형 샤프트(213)의 길이는 683 mm이다. 이와 같이, 세장형 샤프트(213)의 최대 스트로크 길이는 대략 683mm에서 환자 삽입기의 작업 길이를 뺀 것이다. 만약 환자 삽입기의 작업 길이가 대략 150mm라면, 단지 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로서, 쉬스(210)의 세장형 샤프트(213)의 최대 스트로크 길이는 약 533mm이다. 또한, 본 예시에서 리더(220)의 세장형 샤프트(223)는 약 930mm일 수 있다. 여기서, 리더는(220)는 쉬스(210)의 원위 단부를 지나 약 130mm 연장되어, 예를 들어, 의료 시술을 수행하기 위해 리더(220)의 원위 단부가 목표 부위에 접근하도록 허용할 수 있다. 따라서, 리더(220)의 최대 스트로크 길이는 일 예시에서 약 663mm일 수 있다.

[0102] 하지만, 쉬스(210) 및 리더(220) 각각의 최대 스트로크 길이는 카트와 로봇 암의 설치 위치 지정에 따라 감소될 수도 있다. 예를 들어, 만약 (쉬스(210)에 부착된 암과 같은) 제 1 로봇 암이 환자 삽입기에 접촉하기 전에 최대 연장 길이에 도달한다면, 제 1 로봇 암은 쉬스(210)를 더 삽입하지 못할 것이고, 따라서 달성 가능한 스트로크 길이가 감소된다. 또 다른 예시에서, 제 1 로봇 암을 초기 자세 (즉, 부분적으로 연장된 자세)에서, 환자 삽입기와 정렬시킨 후, 제 1 로봇 암은 기구 로드 자세로 수축된다. 하지만 기구 로드 자세와 초기 자세 사이의 거리는 쉬스(210) 전체를 삽입하기에 충분치 않을 수 있다. 비슷한 고려 사항이 리더(220)의 달성 가능한 스트로크 길이에 영향을 준다.

[0103] 쉬스(210) 및/또는 리더(220)의 달성 가능한 스트로크 길이를 제한하는 또 다른 요소는 수술 환경에 존재하는 한 개 이상의 로봇 암(들) 및 다른 물체들 간의 충돌 가능성이다. 예를 들어, 만약 (리더에 부착된) 제 2 로봇 암의 IDM이 제 1 로봇 암의 IDM과 접촉하지 않도록 막는다면, 리더(220)는 쉬스(210)의 원위 단부를 지나는 리더(220)의 스트로크 길이의 일부를 잃게 된다.

[0104] 도 19는 본 개시 내용의 측면에 따른 기관지경 시술을 위한 설치 절차의 또 다른 예시를 도시하는 흐름도이다. 방법(1900)은 사용자가 카트의 한 개 이상의 로봇 암과 환자를 정렬하기 위해 카트를 환자와 인접하게 위치시킨 후 시작한다. 방법(1900)은 블록(1901)에서 시작한다. 블록(1905)에서 시스템은 어드미턴스 모드 입력을 사용자로부터 수신한다. 1개의 로봇 암은 (IDM 상 또는 근처에) 어드미턴스 버튼을 포함해 사용자가 어드미턴스 모드로 전환할 수 있도록 한다. 전술된 바와 같이, 어드미턴스 모드는 사용자가 암을 움직이기 위한 입력으로 로봇 암의 부분에 직접적으로 힘을 작용하도록 허용할 수 있다. 특정 구현에서, 각각의 로봇 암은 어드미턴스 모드에서 사용자가 (한 개 이상의 로봇 암 중에) 제 1 로봇 암을 움직일 때 대체적으로 일정한 분리(constant separation) 및 상호 표정(relative orientation)을 유지할 수 있다.

[0105] 블록(1910)에서 시스템은 사용자를 위한 경계의 표시를 제공한다. 경계는 사용자가 어드미턴스 모드에서 제 1 로봇 암을 움직일 수 있도록 허용된 공간 일 수 있다. 경계는 시스템에 의해 결정되어 제 1 로봇 암이 경계 내

에서 접근 지점과 정렬될 때, 쉬스 및 리더 각각의 스트로크 길이는 기 결정된 임계치 (또한 본 명세서에서 "스트로크 길이 임계치"로 지칭됨) 보다 크다. 일 예시에서, 접근 지점은 가령, 기관지경 시술을 수행할 때 환자의 입 안에 설치 될 수 있는 환자 삽입기를 포함할 수 있다. 하지만, 다른 의료 시술에서, 접근 지점은 의료 기구를 환자 안으로 접근 지점을 통해 안내하도록 설계된 또 다른 장치를 포함할 수 있다. 접근 지점은 또한 안에 설치된 장치 없이 (환자의 입과 같은) 자연적 구멍일 수 있다. 다른 실시예에서, 접근 지점은 기구(들)이 최소 침습 방식으로 환자의 해부 구조를 접근하도록 허용하는 작은 절개(들)일 수 있다.

[0106] 실시예에 따라, 시스템은 햅틱 표시, 시각 표시, 및 오디오 표시 중 적어도 하나를 통해 경계에 대한 표시를 제공할 수 있다. 예를 들어, 시스템은 제 1 로봇 암의 경계 내 위치를 나타내는 시각 표시를 디스플레이를 통해 사용자에게 제공할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 스피커가 사용되어 경계의 가장 가까운 부분까지의 거리를 표시하거나 사용자가 제 1 로봇 암을 경계선의 임계 거리 안으로 움직였다는 것을 표시해서 제 1 로봇 암이 경계에 다가가고 있다는 것에 대한 경고를 제공할 수 있다.

[0107] 또 다른 실시예에서, 시스템은 사용자에게 경계의 햅틱 표시를 제공할 수 있다. 예를 들어, 제 1 로봇 암의 모터는 사용자가 경계 내에서 제 1 로봇 암을 움직이도록 자유롭게 허용할 수 있다, 하지만 제 1 로봇 암의 경계 밖 움직임은 막을 수 있다. 특정 구현에서, 사용자에게 제 1 로봇 암의 IDM이 보이지 않는 벽에 부딪힌것 같은 느낌을 줄 수 있다. 대안적으로, 제 1 로봇 암은 제 1 로봇 암이 경계에 다가갈 때 움직임에 대한 모의 저항을 증가 시켜서 IDM이 경계에 도달하면 더 이상의 움직임을 막을 수 있다. 이에 따라, 시스템은 암 설치 단계 동안, 경계 구역 내 제 1 로봇 암의 움직임을 제한할 수 있다. 다른 실시예에서, 체적으로 경계가 표시되는 경우, 시스템은 암 설치 단계 동안 제 1 로봇 암의 움직임을 경계 체적 내로 제한할 수 있다.

[0108] 특정 실시예에서, 경계는 2차원 영역이며 평면인 경계 안에서의 움직임만 제한한다. 예를 들어, 기관지경술 실시예에서, IDM수직선(Z-축)은 환자의 삽입기의 상응하는 특징과 정렬된다. 이러한 높이는 시술 동안 일반적으로 고정적이며 기관지 내시경을 환자 안으로 삽입하는 것은 Z-축의 움직임을 요구하지 않는다. 따라서 암 설치 단계 동안 제 1 로봇 암의 Z-축의 변화는 달성 가능한 스트로크 길이에 크게 영향을 주지 않을 수 있다. 이러한 실시예에서, 경계는 즉 X-Y 평면 상으로만 정의되어서 Z-축의 움직임의 자유를 허용할 수 있다.

[0109] 하지만, 다른 의료 시술 및/또는 로봇 시스템의 설정은 의료 시술 중 한 개 이상의 로봇 암의 Z-축의 움직임을 포함할 수 있다. 이러한 실시예에서, 경계는 Z-축을 포함한 3차원으로 정의될 수 있다.

[0110] 방법(1900)으로 돌아가서, 블록(1915)에서, 시스템은 사용자로부터 입력을 수신 또는 감지하여 사용자가 이전에 제공한 경계를 오버라이드 override(override)할 수 있다. 예를 들어, 카트는 암 설치 단계 시작 전에는 이상적인 위치에 놓여있지 않을 수 있고, 따라서 접근 지점(가령, 환자 삽입기)은 경계 안에 없을 수 있다. 접근 지점이 제 1 로봇 암의 IDM으로부터 도달될 수 없을 때, 사용자는 제 1 로봇 암이 경계 밖의 접근 지점과 정렬될 수 있는지 여부를 결정하기 위해 경계를 오버라이드하고 싶을 수 있다. 사용자는 예를 들어, 오버라이드 입력 또는 시스템과 결합된 또 다른 입력/출력 장치 (가령, 터치스크린 디스플레이)를 통해 오버라이드 명령어를 시스템에 입력함으로써 경계를 오버라이드 할 수 있다.

[0111] 경계를 오버라이드 하지 않도록 하는 입력을 감지하면 그의 반응으로, 블록(1920)에서 시스템은 사용자로부터 수신한 입력을 기반으로 제 1 로봇 암과 접근 지점을 정렬한다. 예를 들어, 사용자는 어드미던스 모드에서 제 1 로봇 암에 힘을 가할 수 있고, 시스템은 힘을 입력으로 사용해 제 1 로봇 암의 위치를 수정할 수 있다. 이러한 정렬은 제 1 로봇 암의 IDM 상의 마킹 또는 다른 정렬 장치와 (환자 삽입기와 같은) 접근 지점 상의 상응하는 마킹 또는 정렬장치를 맞추는 단계를 수반할 수 있다. 정렬 장치의 예로 서로 정합될 수 있는 IDM과 환자 삽입기의 상응하는 물리적 부재, RFID 태크/리더와 같은 전기 통신 장치, (광학 및/또는 음향 기술을 기반으로 할 수 있는) 위치 추적 시스템 등을 포함한다. 제 1 로봇 암이 접근 지점과 정렬된 후, 블록(1925)에서, 시스템은 사용자로부터 기구 로드 자세 입력을 수신한다. 이러한 입력은 사용자가 정렬 단계를 완료했다는 것과 (기관지 경의 쉬스와 리더와 같은) 기구(들)를 로봇 암(들) 상에 로드 할 준비가 되었다는 것을 나타낼 수 있다.

[0112] 블록(1945)에서, 시스템은 제 1 로봇 암을 기구 로드 자세로 이동시켜서 사용자가 제 1 로봇 암에 의료 기구를 로드할 수 있도록 한다.

[0113] 경계를 오버라이드 하는 사용자의 입력을 감지하면 그에 반응하여, 블록(1930)에서 시스템은 사용자로부터 수신한 입력을 기반으로 로봇 암과 접근 지점을 정렬한다. 예를 들어, 사용자는 어드미던스 모드에서 제 1 로봇 암에 힘을 가할 수 있고, 시스템은 힘을 입력으로 사용해 제 1 로봇 암의 위치를 수정할 수 있다. 이런 경우, 사용자는 블록(1910)에서 사용자가 이전에 제공한 경계 밖으로 제 1 로봇 암을 이동시킬 수 있다. 블록(1935)에서

시스템은 달성 가능한 스트로크 길이를 산출하고, 사용자에게 산출된 결과의 표시를 제공한다. 일 구현에서, 시스템은 상기 표시를 "실시간"으로 산출하여 사용자에게 제공할 수 있다. 예를 들어, 시스템은 샘플링 주파수에서 제1 로봇 암의 움직임을 감지할 수 있다. 시스템은 그 다음 제 1 로봇 암의 감지된 움직임을 기반으로 제 1 로봇 암의 위치를 결정할 수 있다. 그 다음 시스템은 제 1 로봇 암의 위치를 기반으로, 의료 기구를 환자 안으로 전진하는 것을 용이하게 하는 제 1 로봇 암의 달성 가능한 스트로크 길이를 시뮬레이션할 수 있다. 달성 가능한 스트로크 길이를 시뮬레이션하는 하나의 기법이 도 20과 연결해 더 자세하게 후술 될 것이다.

[0114] 사용자에게 달성 가능한 스트로크 길이의 표시를 제공하기 위해 사용될 수 있는 많은 다른 기법들이 있다. 일 구현에서, 시스템은 시뮬레이션된 달성 가능 스트로크 길이를 나타내는 수치를 사용자에게 제공할 수 있다. 또 다른 구현에서, 시스템은 환자에 특정 의료 시술을 수행하기 위해 필수적인 스트로크 길이를 (예를 들어 메모리에) 저장할 수 있다. 특정 실시예에서, 상기 필수 스트로크 길이는 의료 기구를 로봇 암에 의해 전진 시켜 환자의 접근 지점에서 목표 부위 까지 둘 사이 기 설정된 경로를 통해 도달할 수 있도록 허용하는 로봇 암의 최소 스트로크 길이일 수 있다.

[0115] 예를 들어, 암 설치 단계 이전에 환자의 관강내 조직망의 이미지가 캡쳐 될 수 있다. 특정 의료 시술에서, 환자의 관강내 조직망의 수술 전 매핑은 저선량 CT 스캔 수집물을 이용해 진행될 수 있다. 매핑을 기반으로, 시스템은 선정된 접근 지점에서 표적 목적지까지의 경로를 결정하고 결정된 경로를 통해 표적 목적지에 도달하기 위해 필요한 스트로크 길이를 산출할 수 있다. 시스템은 그 다음 필수 스트로크 길이를 달성 가능한 스트로크 길이와 비교해 제 1 로봇 암의 자세에 기반해 표적 목적지가 도달 될 수 있을지 여부의 표시를 사용자에게 제공한다. 예를 들어, 시스템은 달성 가능 스트로크 길이가 최소 스트로크 길이 보다 큰지 또는 같은지를 결정하고 달성 가능 스트로크 길이가 최소 스트로크 길이 보다 큰지 또는 같은지 여부에 대한 표시를 제공할 수 있다. 시스템의 연산 대역폭에 따라 시스템은 지속적으로 시술의 시뮬레이션을 갱신하고 사용자가 어드미턴스 모드에서 제1 로봇 암을 이동시킬 때 원하는 표적 목적지가 도달되었는지 여부를 나타낼 수 있다.

[0116] 특정 구현에서, 시스템은 사용자가 어드미턴스 모드 버튼을 해제하면 그에 반응하여 달성 가능 스트로크 길이가 최소 스트로크 길이보다 큰지 또는 동일한지 결정할 수 있다. 예를 들어, 어드미턴스 모드 동안에, 사용자는 여전히 로봇 암을 정렬로 이동시킬 수 있고, 따라서 어드미턴스 버튼이 눌러져 있는 동안에는 로봇 암의 초기 자세가 설정되지 않을 수 있다. 사용자가 어드미턴스 버튼을 해제하면 시스템은 제 1 로봇 암의 자세가 접근 지점과 정렬된다고 추론할 수 있고, 따라서 그 후에 달성 가능한 스트로크 길이를 최소 스트로크 길이와 비교할 수 있다. 따라서, 특정 구현에서, 사용자가 어드미턴스 모드 버튼을 해제하면 시스템은 표적 목적지가 달성 가능하지 여부의 표시를 제공 또는 업데이트만 할 수 있다.

[0117] 블록(1940)에서, 시스템은 제공된 스트로크 길이를 수용하는 사용자의 입력을 수신한다. 예를 들어, 시스템은 제공된 달성 가능한 스트로크 길이가 사용자에게 수용 가능한지를 표시하는 사용자 입력을 수신하도록 구성될 수 있다. 사용자가 제공된 달성 가능한 스트로크 길이를 수용하면, 시스템은 블록(1925)에서 시스템을 기구 로드 자세로 이동하는 명령어가 포함된 입력 (즉, 사용자 입력)을 수신할 수 있다. 만약 시스템이 수신된 입력이 사용자가 달성 가능한 스트로크 길이를 수용하지 않았다는 것을 나타내면, 방법은 블록(1950)에서 종료하고 시스템은 달성 가능한 스트로크 길이를 늘리기 위해 카트의 위치를 바꾸라는 명령어를 사용자에게 디스플레이 할 수 있다. 하지만 다른 실시예에서, 시스템은 의료 시술이 수행될 수 있도록 달성 가능한 스트로크 길이를 조정하기 위해 이동되어야 하는 제 1 로봇 암의 방향을 결정할 수 있고, 이러한 실시예에서, 시스템은 달성 가능한 스트로크 길이가 최소 스트로크 길이보다 적은지 결정하고, 현재 위치에서 경계까지의 방향을 산출하고, 및 현재 위치에서 경계까지의 방향의 표시를 제공할 수 있다.

C. 달성 가능한 스트로크 길이의 시뮬레이션

[0119] 특정 실시예에서, 한 개 이상의 로봇 암의 초기 위치의 달성 가능한 스트로크 길이를 결정하기 위해, 시스템은 의료 시술의 시뮬레이션을 수행할 수 있다. 예를 들어, 해당 의료 시술은 특정 관련 시술에 좌우되는 관련 로봇 암의 움직임의 시퀀스 세트를 포함할 수 있다. 또한 의료 시술에 따라 움직임 시퀀스는 환자의 특성에 의존할 수 있다.

[0120] 도 20은 본 개시내용의 측면에 따른 의료 시술을 시뮬레이션하는 방법론의 예시를 도시하는 흐름도이다. 특히, 도 20의 실시예는 기관지 내시경 시술에 관련된다. 시뮬레이션의 세부 사항은 수행되는 의료 시술 및 시술에 수반되는 로봇 암의 개수, 정렬 절차, 환자에 부착된 또는 설치된 모든 추가 장치 등을 포함하는 수술 시스템의 해당 구성에 좌우될 것이다.

- [0121] 방법(2000)은 블록(2001)에서 시작한다. 블록(2005)에서 시스템은 리더를 쉬스 안으로 완전히 삽입하는 단계를 시뮬레이션 한다. 시뮬레이션을 위해 쉬스 로봇 암의 위치가 (환자 삽입기와 같은) 접근 지점과 정렬된다고 추정하기 때문에, 블록(2005)은 쉬스 및 리더가 모두 환자 안으로 완전히 삽입된다는 것에 일치한다. 블록(2010)에서 시스템은 블록(2005)에서 시뮬레이션된 삽입의 결과에 기반해 달성 가능한 리더 스트로크 길이를 결정한다. 즉, 만약 시뮬레이션의 결과로 일종의 충돌 또는 리더가 쉬스 안으로의 완전한 삽입되는 것에 장애물이 생기면, 시뮬레이션된 리더의 달성 가능한 스트로크 길이는 이상적인 상태에서 최대 달성 가능한 리더 스트로크 길이 보다 더 적을 수 있다.
- [0122] 블록(2015)에서 시스템은 리더를 쉬스 작업 채널로부터 수축시키는 것을 시뮬레이션 한다. 이는 블록(2005) 시뮬레이션 전에 리더를 리더 로봇 암의 초기 자세로 수축하는 시뮬레이션 단계를 수반할 수 있다. 블록(2020)에서, 시스템은 쉬스와 리더 둘 다 환자로부터 완전하게 수축하는 시뮬레이션을 한다. 여기서 완전한 수축이란 쉬스와 리더를 환자로부터 완전하게 수축시키고, 하지만 쉬스와 리더가 접근 지점에 머무르고 있는 것을 지칭한다. 블록(2025)에서 시스템은 쉬스의 달성 가능한 스트로크 길이를 블록(2020)의 시뮬레이션 결과를 기반으로 결정한다. 예를 들어, 만약 시스템이 충돌 또는 다른 장애물로 인해 쉬스가 완전히 환자로부터 수축될 수 없다는 것을 결정하면, 시뮬레이션된 쉬스의 달성 가능한 스트로크 길이는 이상적인 상태에서 최대 달성 가능한 쉬스 스트로크 길이보다 적을 수 있다.
- [0123] 블록(2030)에서 시스템은 시뮬레이션된 달성 가능한 리더 및 쉬스 스트로크 길이를 시술에 요구되는 스트로크 길이(들)과 비교한다. 상술된 바와 같이, 시스템은 환자의 관강내 조직망의 수술전 매핑을 기반으로 시술에 요구되는 스트로크 길이를 산출할 수 있다. 방법(200)은 블록(2035)에서 종료한다.
- [0124] 도 20과 연결되어 설명된 방법(2000)은 기관지 내시경 시술의 시뮬레이션을 포함한다. 하지만, 특정 의료 시술 동안의 움직임 시퀀스는 해당 시술 수행의 요구사항 따라 도 20과 연결되어 설명된 시퀀스로부터 수정될 수 있다. 유사하게, 이벤트(event) 시퀀스는 리더와 쉬스의 달성 가능한 스트로크 길이가 시뮬레이션되기만 한다면 도 20에 도시된 것과 다른 순서대로 시뮬레이션 될 수 있다.
- [0125] 또 다른 예시에서, 시스템은 시술 동안 수행되는 동일한 시퀀스로 제 1 및 제 2 로봇 암의 움직임을 시뮬레이션 할 수 있다. 예를 들어, 시스템은 쉬스를 접근 지점에서 목표 부위까지 경로를 통해 전진시키는 것을 용이하게 하는 제 1 로봇 암의 적어도 하나의 제 1 움직임을 결정할 수 있다. 시스템은 또한 리더를 쉬스를 통해 목표 부위까지 전진시키는 것을 용이하게 하는 제 2 로봇 암의 적어도 하나의 제 2 움직임을 결정할 수 있다. 그 이후, 시스템은 제 1 및 제 2 로봇 암의 위치에서 적어도 하나의 제 1 움직임 및 적어도 하나의 제 2 움직임을 시뮬레이션 할 수 있고 시뮬레이션을 기반하여 제 1 및 제 2 로봇 암의 적어도 하나의 달성 가능한 스트로크 길이를 산출할 수 있다.
- [0126] 방법(2000)은 기관지 내시경 예시와 연결되어 설명되었으나, 본 개시 내용의 측면들은 다른 종류의 의료 또는 수술 절차의 한 개 이상의 로봇 암에 대한 달성 가능한 스트로크 길이(들)을 또한 시뮬레이션 할 수 있다. 특정 구현에서, 로봇 시스템은 복수의 수술 절차 중 하나를 수행하기 위해 구성될 수 있다. 이러한 구현에서, 시스템은 환자의 수술 절차를 나타내는 입력을 수신하도록 구성될 수 있다. 수신된 수술 절차 입력에 기반하여, 시스템은 의료 기구를 접근 지점에서 목표 부위까지 경로를 따라 전진 시키고 목표 부위에서 수술 절차를 수행하는 것을 용이하게 하는 제 1 로봇 암의 적어도 한 개의 목표 움직임을 결정할 수 있다. 이는 시술을 수행하기 위해 사용되는 수술 또는 의료 기구 뿐만 아니라 기구를 조작하기 위해 필요한 로봇 암의 개수에 기반할 수 있다. 시스템은 또한 제 1 로봇 암의 위치에서 적어도 한 개의 목표 움직임을 시뮬레이션하고 시뮬레이션된 움직임에 기반하여 제 1 로봇 암의 달성 가능한 스트로크 길이를 산출할 수 있다.
- [0127] 시스템은 시뮬레이션된 움직임의 결과로 제 1 로봇 암이 다른 물체와 충돌할 수 있는지 결정할 수 있다. 물체는 가령 또 다른 로봇 암, 카트 등과 같은 수술 로봇 시스템의 또 다른 부분일 수도 있고 또는 수술 환경 안에 있는 또 다른 물체 일 수도 있다. 다른 물체와의 충돌을 시뮬레이션 하기 위해, 수술 환경 안에 물체(들)의 위치와 모양은 시스템의 메모리에 프로그램될 수도 있다. 예를 들어, C-암은 다양한 의료 시술에서 사용될 수 있고 로봇 암의 작업 구역 안에 위치될 수도 있다. 따라서, 시스템은 해당 시술이, 선택된 초기 자세에 기반하여, C-암과의 충돌을 야기할 수 있을지 시뮬레이션 한다. 달성 가능한 스트로크 길이의 산출은 시뮬레이션된 움직임으로 인해 제 1 로봇 암과 물체의 충돌이 일어날지 여부의 결정 및 시뮬레이션된 움직임의 결과로 제 1 로봇 암이 완전하게 연장될 수 있는지 여부의 결정에 추가로 기반할 수 있다.
- [0128] 한 개 이상의 로봇 암의 완전한 연장은 또한 해당 암의 스트로크 길이를 제한할 수 있다. 따라서, 시뮬레이션 동안, 시스템은 또한 시뮬레이션된 움직임의 결과로 한 개 이상의 로봇 암이 완전히 연장되는지 여부를 또한 결

정할 수 있다. 시스템은 시뮬레이션된 움직임의 결과로 한 개 이상의 로봇 암의 완전히 연장되는지의 결정에 따라 달성 가능한 스트로크 길이를 추가로 산출할 수 있다.

[0129] 대안적인 구현에서, 실시간으로 달성 가능한 스트로크 길이를 산출 또는 시뮬레이션하기 보다, 시스템은 스트로크 길이 검증 모듈을 메모리에 저장하고, 제 1 로봇 암의 여러 초기 자세 각각에 대한 제 1 로봇 암의 달성 가능한 스트로크 길이를 정의할 수 있다. 스트로크 길이 검증 모듈은 메모리에 저장되어 데이터베이스 또는 절차를 포함할 수 있고 이는 제 1 로봇 암의 초기 자세 값과 그에 대응하는 달성 가능한 스트로크 길이를 서로 연결시킨다. 특정 구현에서, 스트로크 길이 검증 모듈은 제 1 로봇 암의 복수의 초기 자세 각각에 대한 달성 가능한 스트로크 길이를 저장하는 대조 테이블(look-up table) 또는 다른 데이터 구조를 포함할 수 있다. 다른 구현에서, 스트로크 길이 검증 모듈은 로봇 암의 해당 초기 자세에 대한 달성 가능한 스트로크 길이를 산출하는 기술을 포함할 수 있다.

[0130] 이는 제 1 로봇 암의 초기 자세를 제외하고는 스트로크 길이를 제한하는 다른 추가적인 요소들 (가령, 물체간의 충돌)이 없고 명확하게 정의된 의료 시술에서 실용적일 수 있다. 이러한 구현은 암 설치 단계 동안 제 1 로봇 암의 초기 자세로의 움직임을 감지하는 단계를 포함할 수 있고, 및 상기 초기 자세를 기반으로 스트로크 검증 모듈로부터 달성 가능한 스트로크 길이를 검색할 수 있다. 시스템은 그 다음 달성 가능한 스트로크 길이가 최소 스트로크 길이보다 크거나 같은지 결정하고 달성 가능한 스트로크 길이가 최소 스트로크 길이보다 크거나 같은지 여부에 대한 표시를 제공할 수 있다. 시스템은 또한 사용자가 시스템이 스트로크 길이 검증 모듈을 사용해서 달성 가능한 스트로크 길이를 결정하도록 지시하는 사용자 입력 같은 사용자-개시 이벤트(user-initiated event)를 감지하면 스트로크 길이 검증 모듈로부터 달성 가능한 스트로크 길이를 검색할 수 있다.

3. 시스템 구현 및 용어.

[0132] 본 명세서에 개시된 구현은 로봇 암의 초기 자세가 의료 시술을 위해 충분한 스트로크 길이를 제공할 것인지 여부를 결정하기 위한 시스템, 방법 및 장치를 제공한다. 이 결정은 특정 실시예에서, 로봇 암의 달성 가능한 스트로크 길이를 결정하기 위한 시술의 시뮬레이션을 포함할 수 있다.

[0133] 본 명세서에서 사용될 때 용어 "결합," "결합하는," "결합된" 또는 단어 결합의 다른 변이는 간접적인 연결 또는 직접적인 연결 중 하나를 나타낸다. 예를 들어, 만약 제1 구성요소가 제2 구성요소에 "결합"되어 있다면, 제1 구성요소는 또 다른 구성요소를 통해 제2 구성요소에 간접적으로 연결되어 있거나 제2 구성요소에 직접적으로 연결되어 있을 수 있다.

[0134] 본 명세서에서 설명된 스트로크 길이를 시뮬레이션하고 결정하기 위한 산출 및 결정 함수들은 프로세서 판독 가능 또는 컴퓨터 판독 가능 매체에 하나 이상의 명령어로 저장될 수 있다. 용어 "컴퓨터 판독 가능 매체"는 컴퓨터나 프로세서에 의해 접근될 수 있는 임의의 이용 가능한 매체를 지칭한다. 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로서, 이러한 매체는 랜덤 액세스 메모리(RAM), 읽기 전용 메모리(ROM), 전기적으로 삭제 가능한 불휘발성 메모리 (EEPROM), 플래시 메모리, 컴팩트 디스크 읽기 전용 메모리 (CD-ROM)이나 다른 광 디스크 저장소, 자기 디스크 저장소 또는 다른 자기 저장 디바이스 또는 컴퓨터에 의해 접근 가능한 명령이나 데이터 구조(data structure) 형태로 원하는 프로그램 코드를 저장하기 위해 사용될 수 있는 임의의 다른 매체를 포함할 수 있다. 주목해야 하는 것은 컴퓨터 판독 가능 매체는 유형이며 비일시적일 수 있다. 본 명세서에서 사용될 때, 용어 "코드"는 컴퓨터 장치나 프로세서에 의해 실행 가능한 소프트웨어, 명령, 코드 또는 데이터를 지칭할 수 있다.

[0135] 본 명세서에서 개시된 방법은 설명된 방법을 달성하기 위한 하나 이상의 단계 또는 동작을 포함한다. 방법 단계 및/또는 동작들은 청구항의 범위를 벗어나지 않고 서로 대체될 수 있다. 즉, 기술된 방법의 올바른 실행에 요구되는 단계 또는 동작의 특정순서가 명시되지 않는 한, 특정 단계 및/또는 동작의 순서 및/또는 사용은 청구항의 범위를 벗어나지 않고 변경될 수 있다.

[0136] 본 명세서에서 사용될 때 용어 "복수"는 두 개 이상을 의미한다. 예를 들어, 복수의 구성요소는 두 개 이상의 구성요소를 나타낸다. 용어 "결정"은 광범위한 동작을 포함하며, 따라서, "결정"은 산출, 컴퓨팅, 처리, 도출, 조사, (표, 데이터베이스 또는 다른 데이터 구조의 검색과 같은) 검색, 확인 등을 포함할 수 있다. 또한 "결정"은 (정보를 수신하는 것과 같은) 수신, (메모리 안의 데이터에 접근하는 것과 같은) 접근 등을 포함할 수 있다. 또한 "결정"은 해결, 설정, 선택, 확보 등을 포함할 수 있다.

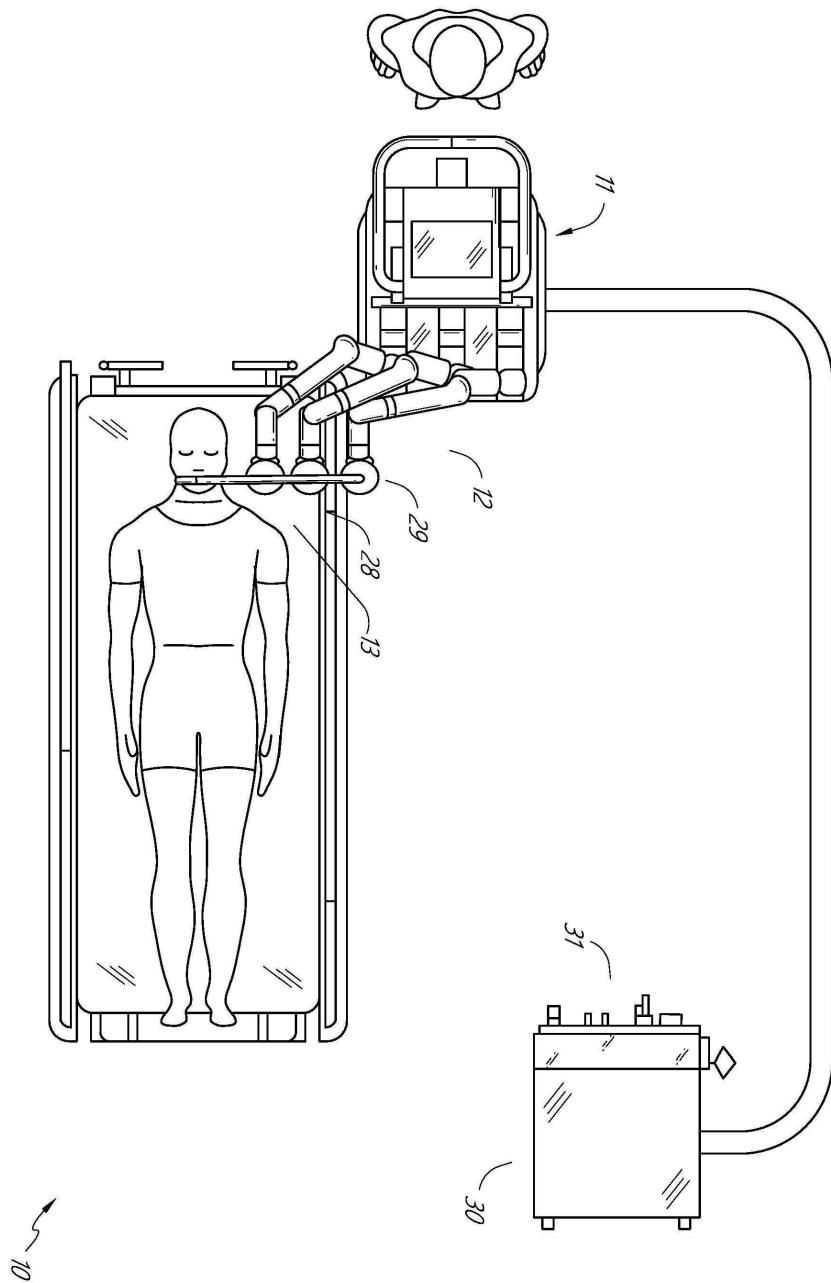
[0137] "기초하여(based on)"라는 구는 달리 언급하지 않는 한 "이에 한하여 기초하여(based only on)"를 의미하지 않는다. 즉, 구 "기초하여"는 "이에 한하여 기초하여" 및 "적어도 이에 기초하여(based at least on)"를 모두 설명한다.

[0138]

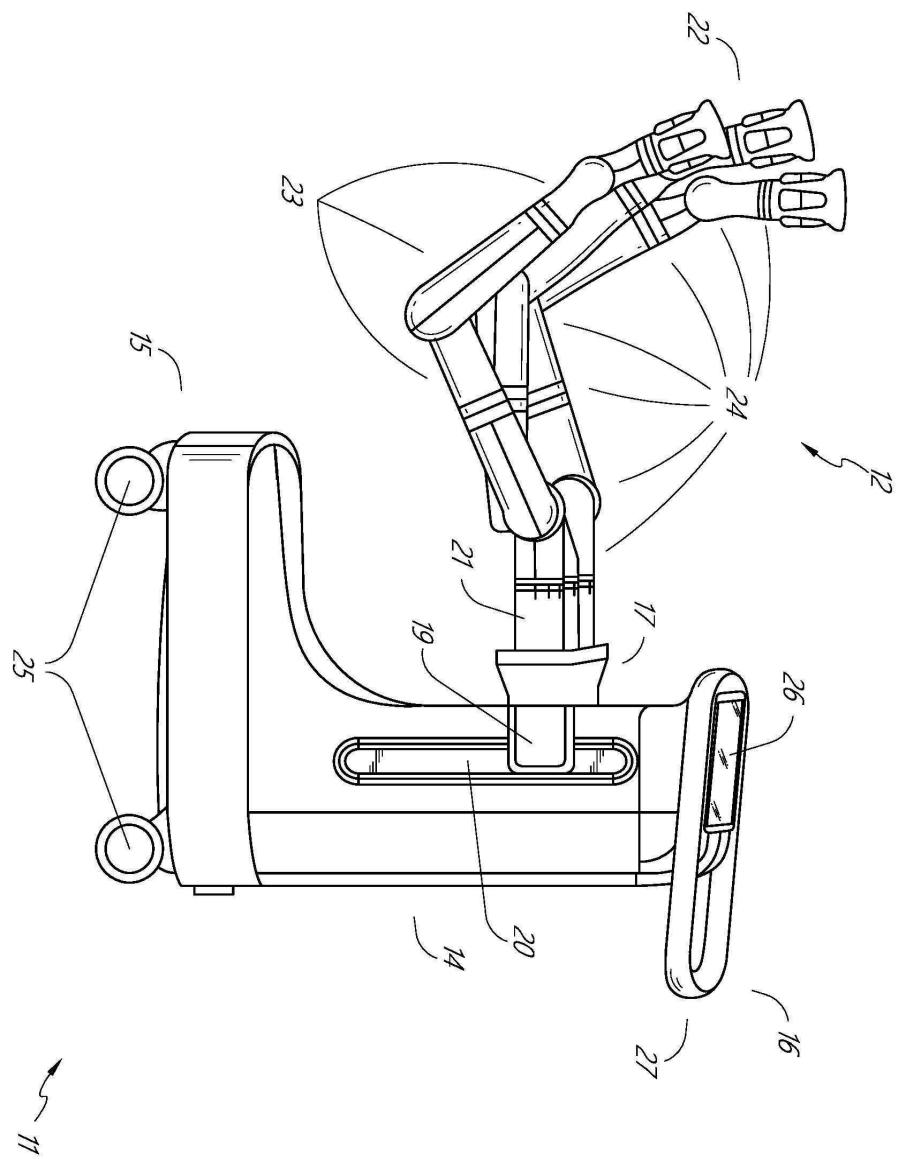
개시된 구현의 이전 설명은 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 만들고 사용할 수 있도록 제공된다. 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기 구현의 다양한 변경이 가능하다는 것을 손쉽게 이해할 것이며, 본 명세서에서 정의된 일반적인 사상은 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 다른 구현에 적용될 수 있다. 예를 들어, 당해 분야에 통상의 지식을 가진 자는 여러 개의 상응하는 대안적 또는 동일한 구조적 세부사항, 가령 도구 구성요소를 고정, 탑재, 결합, 또는 정합하는 동일한 방식, 특정 작동 움직임을 일으키는 동일한 메커니즘, 및 전기 에너지를 전달하기 위한 동일한 메커니즘을 적용할 수 있다는 것을 이해할 것이다. 따라서 본 발명은 본 명세서에 설명된 구현에만 한정 지으려는 의도가 아니며 본 명세서에 개시된 원리 및 새로운 기술과 일관된 폭넓은 범위에 부합하기 위한 것이다.

도면

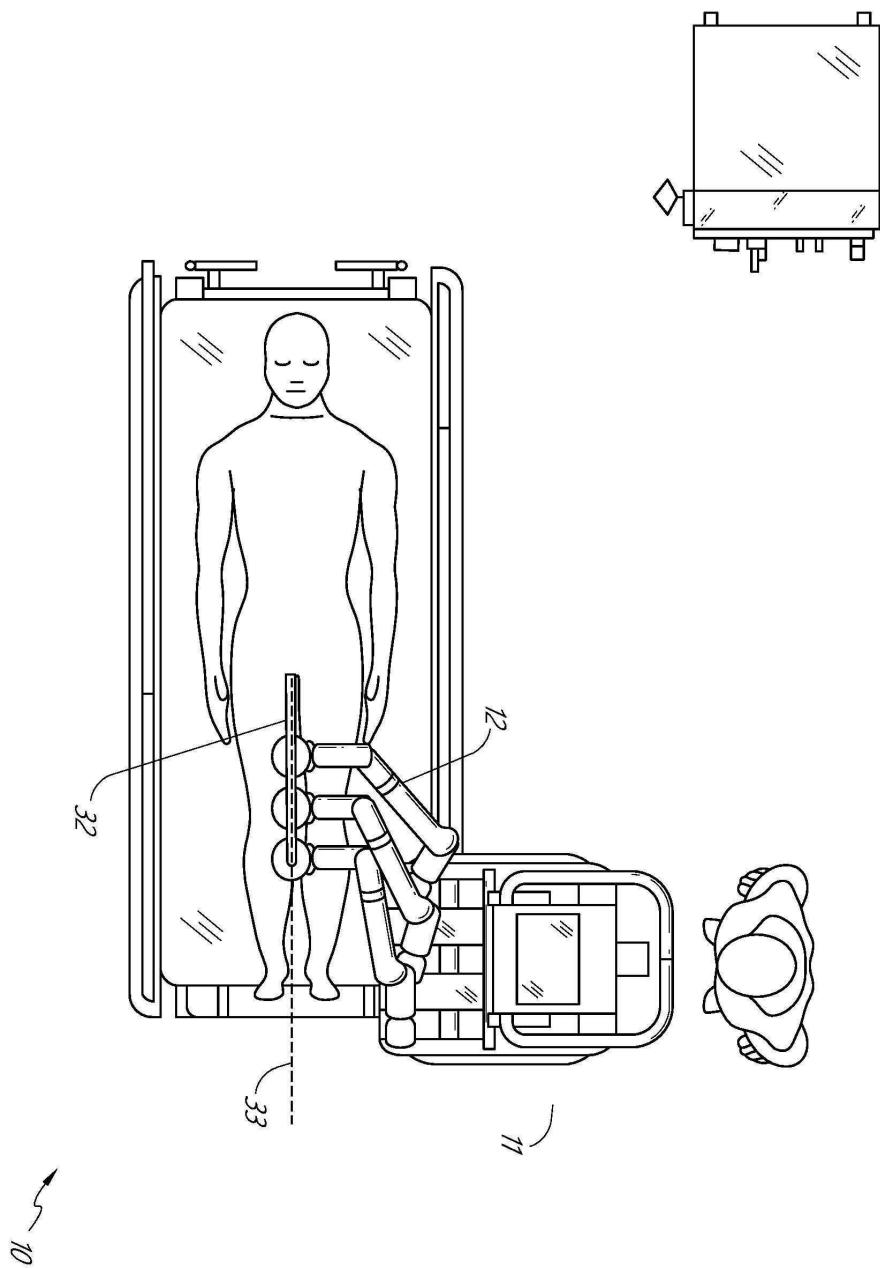
도면1



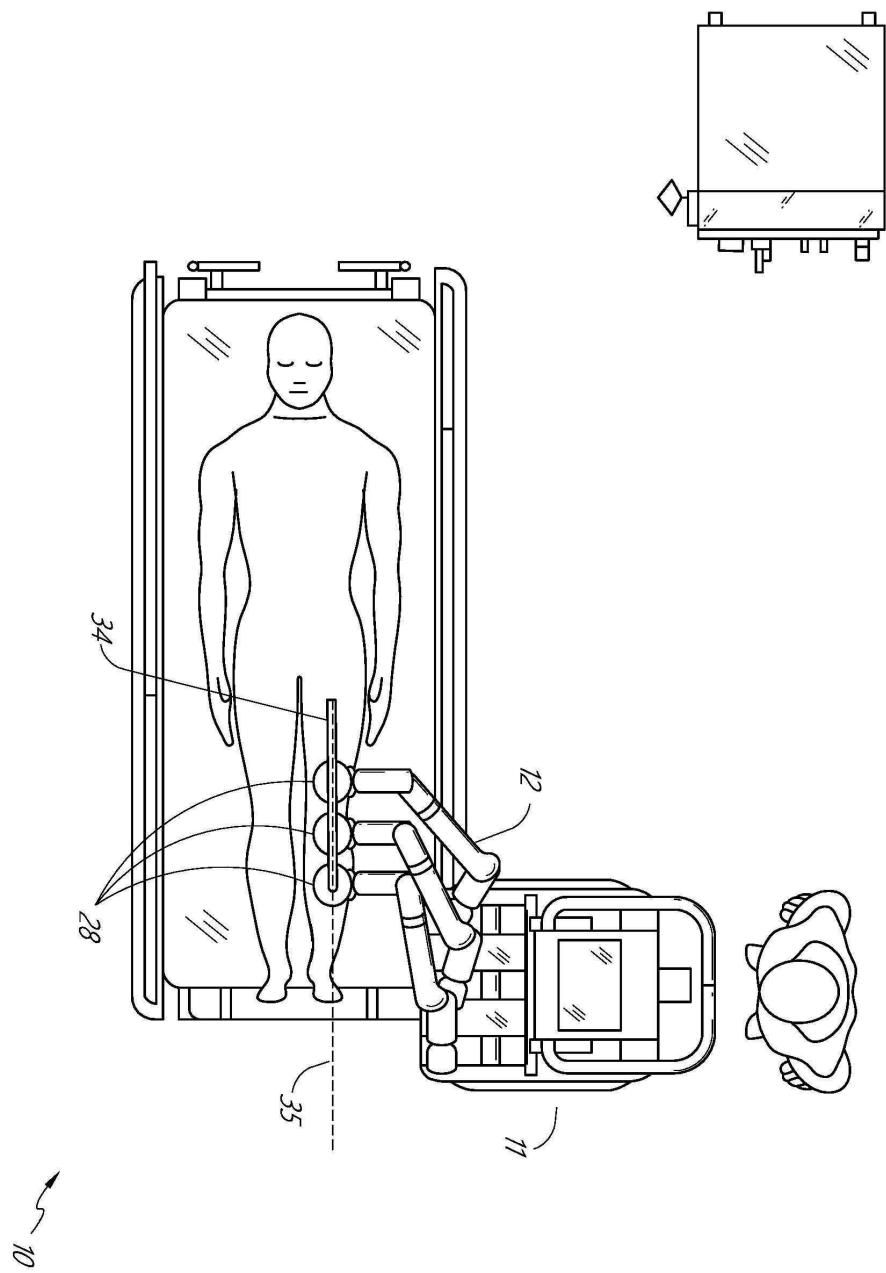
도면2



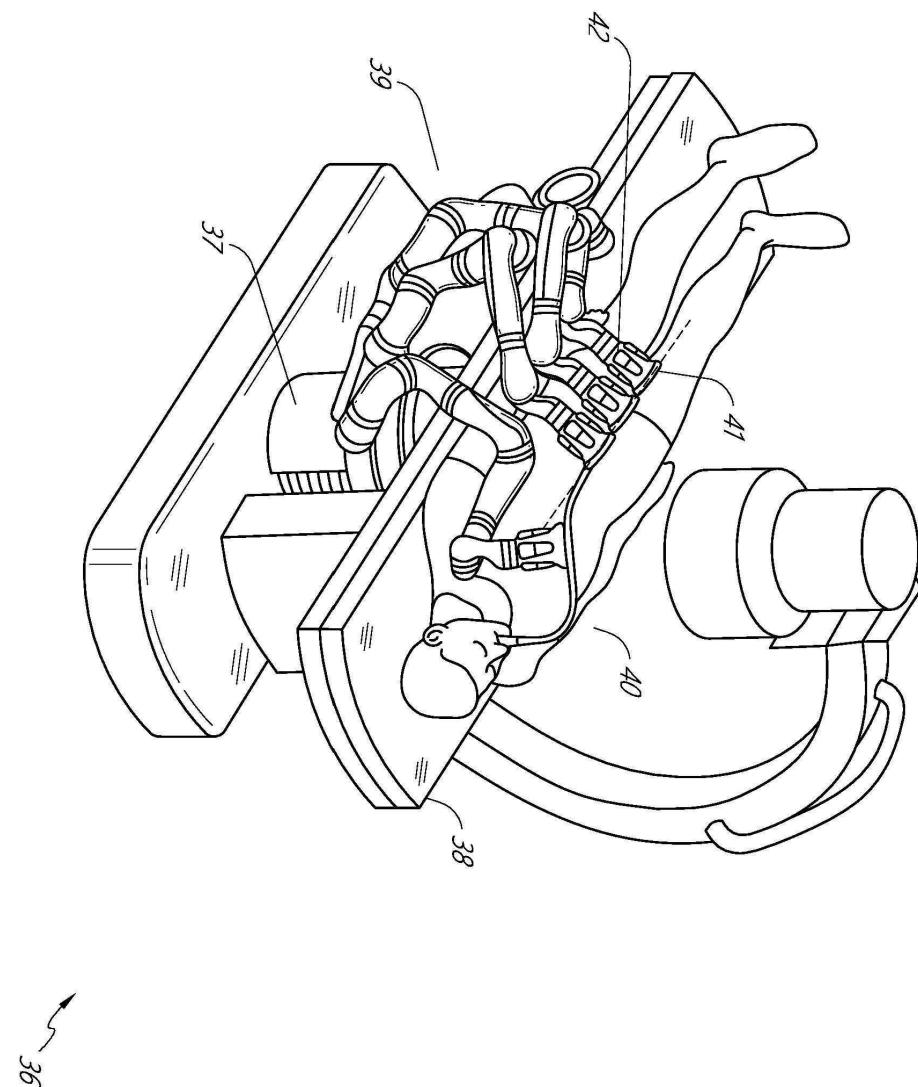
도면3



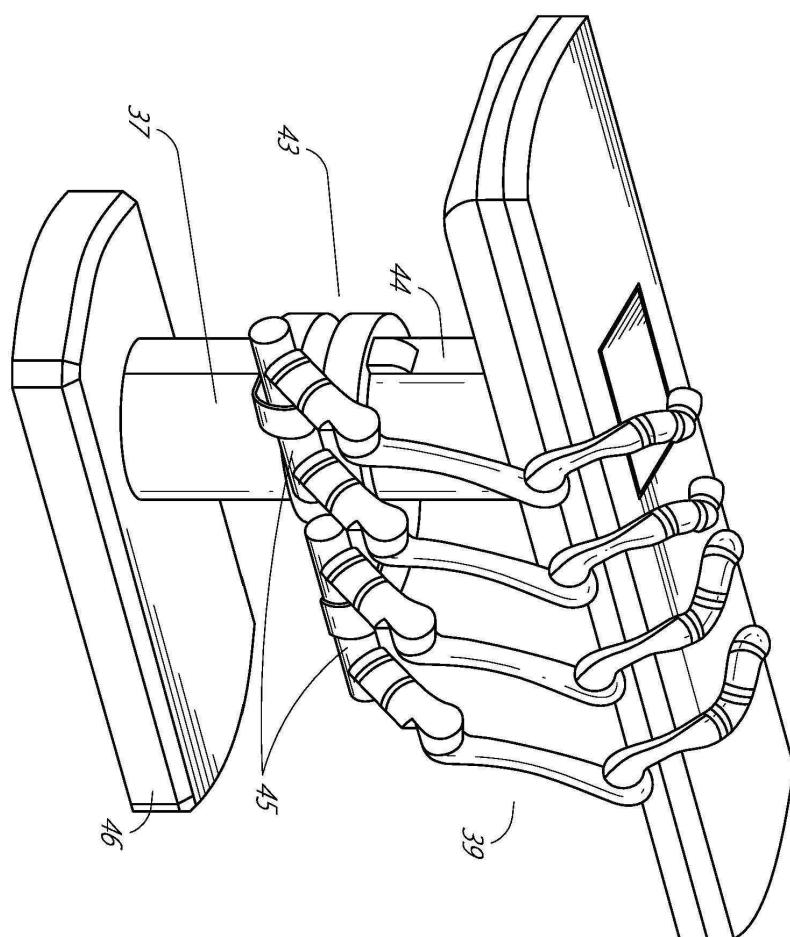
도면4



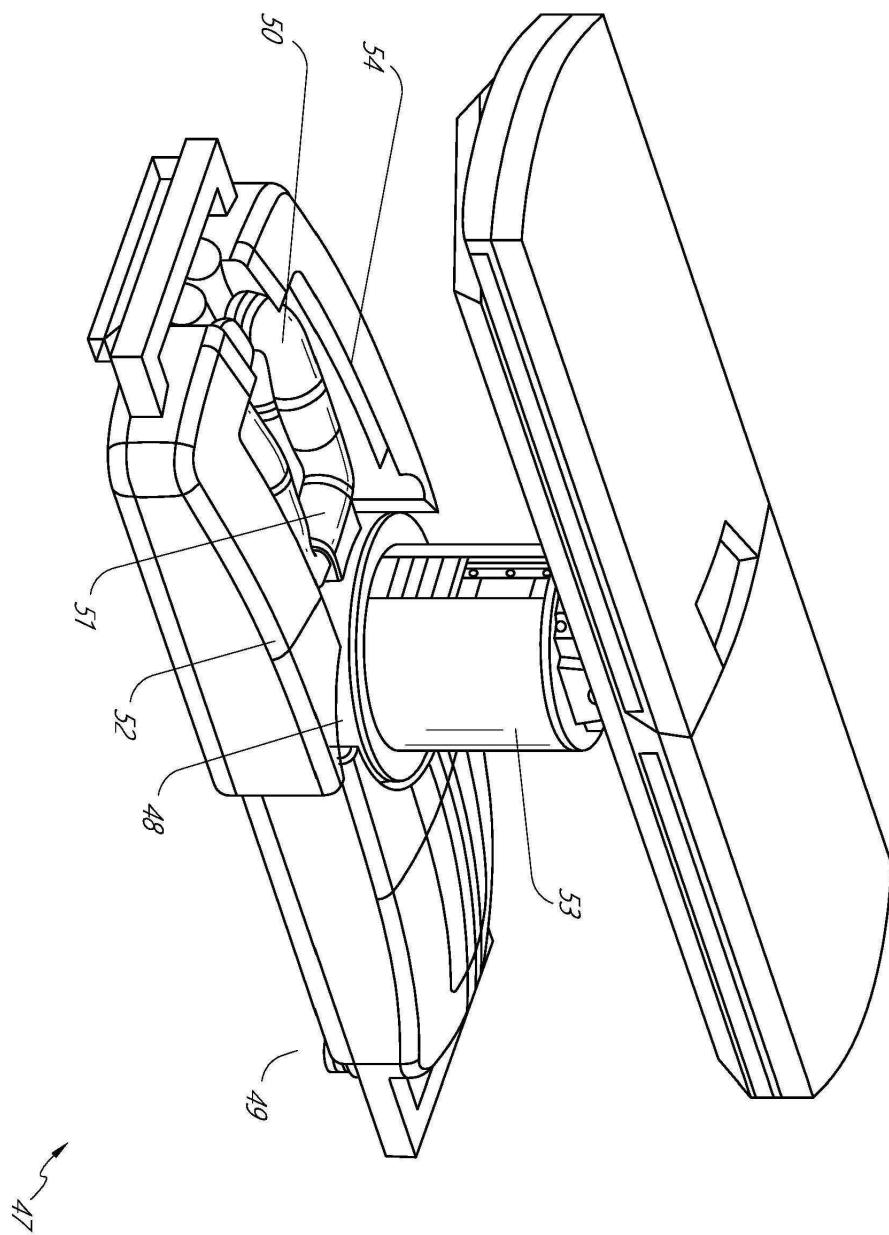
도면5



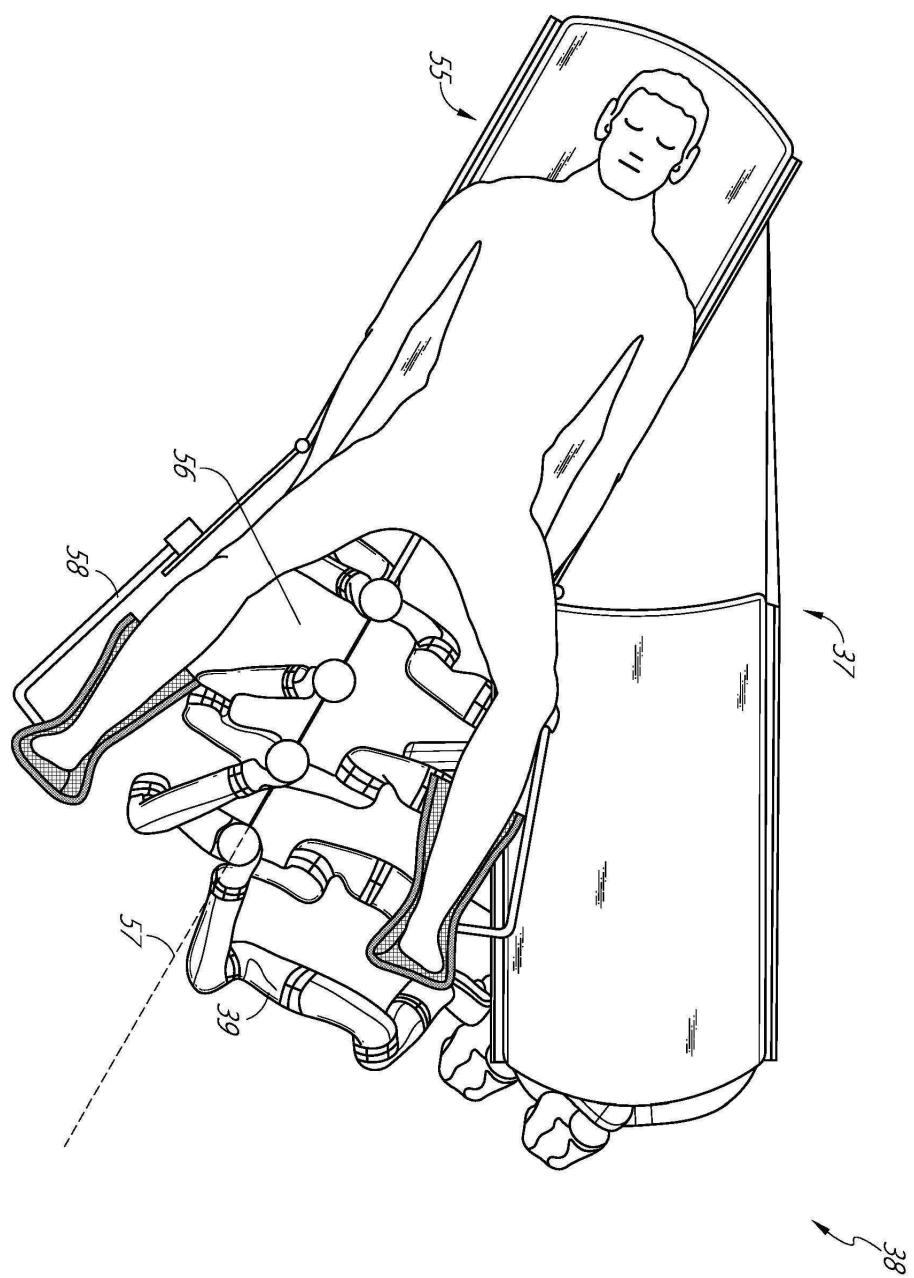
도면6



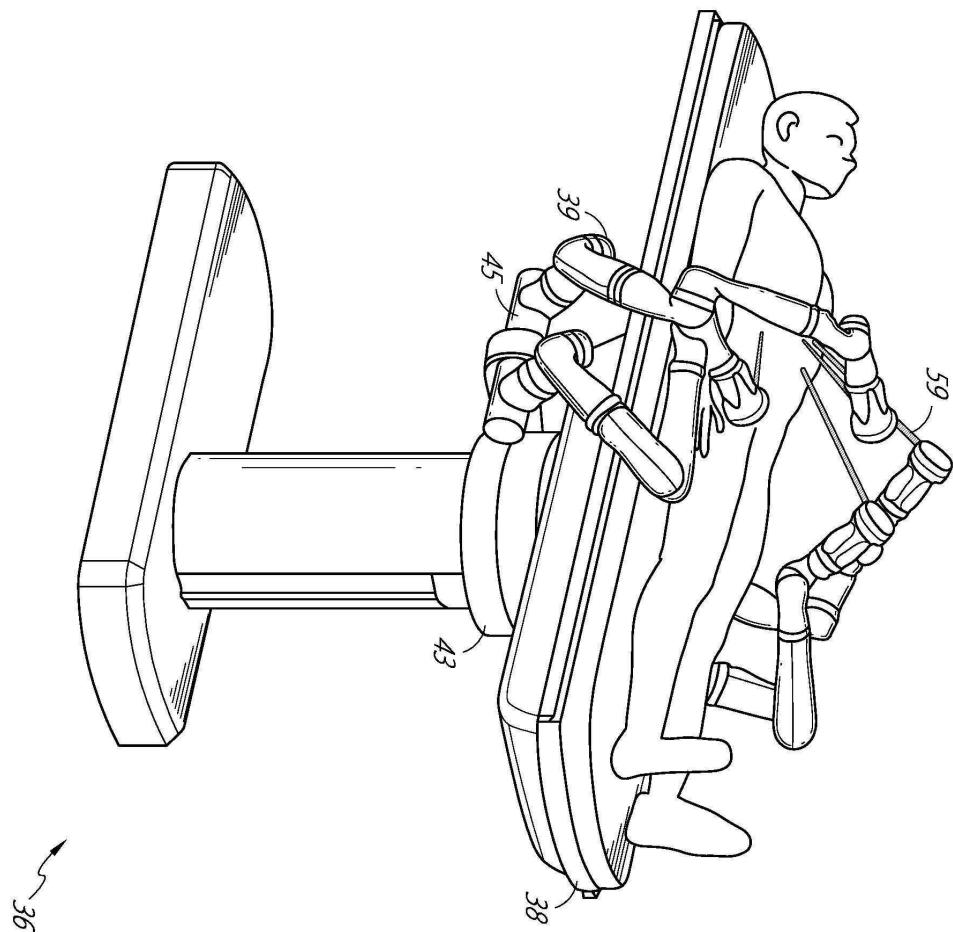
도면7



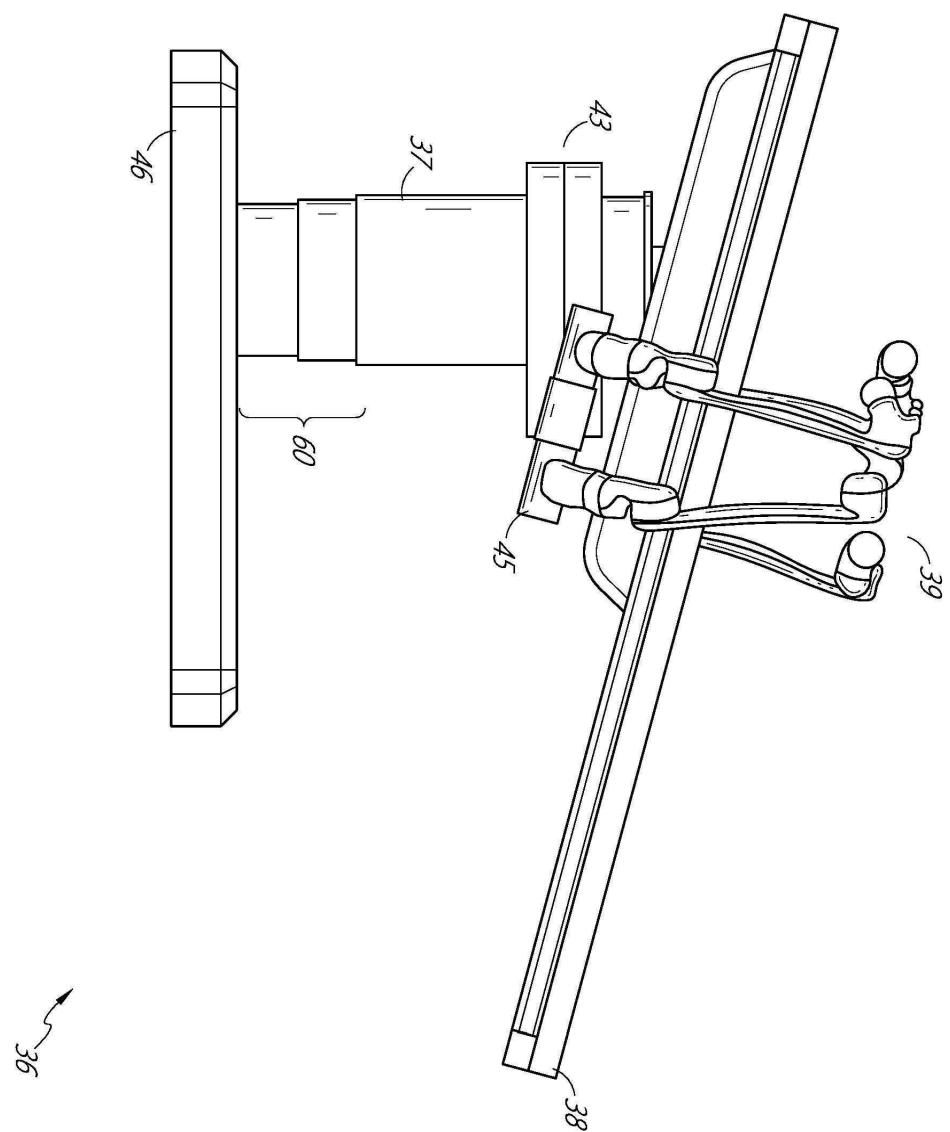
도면8



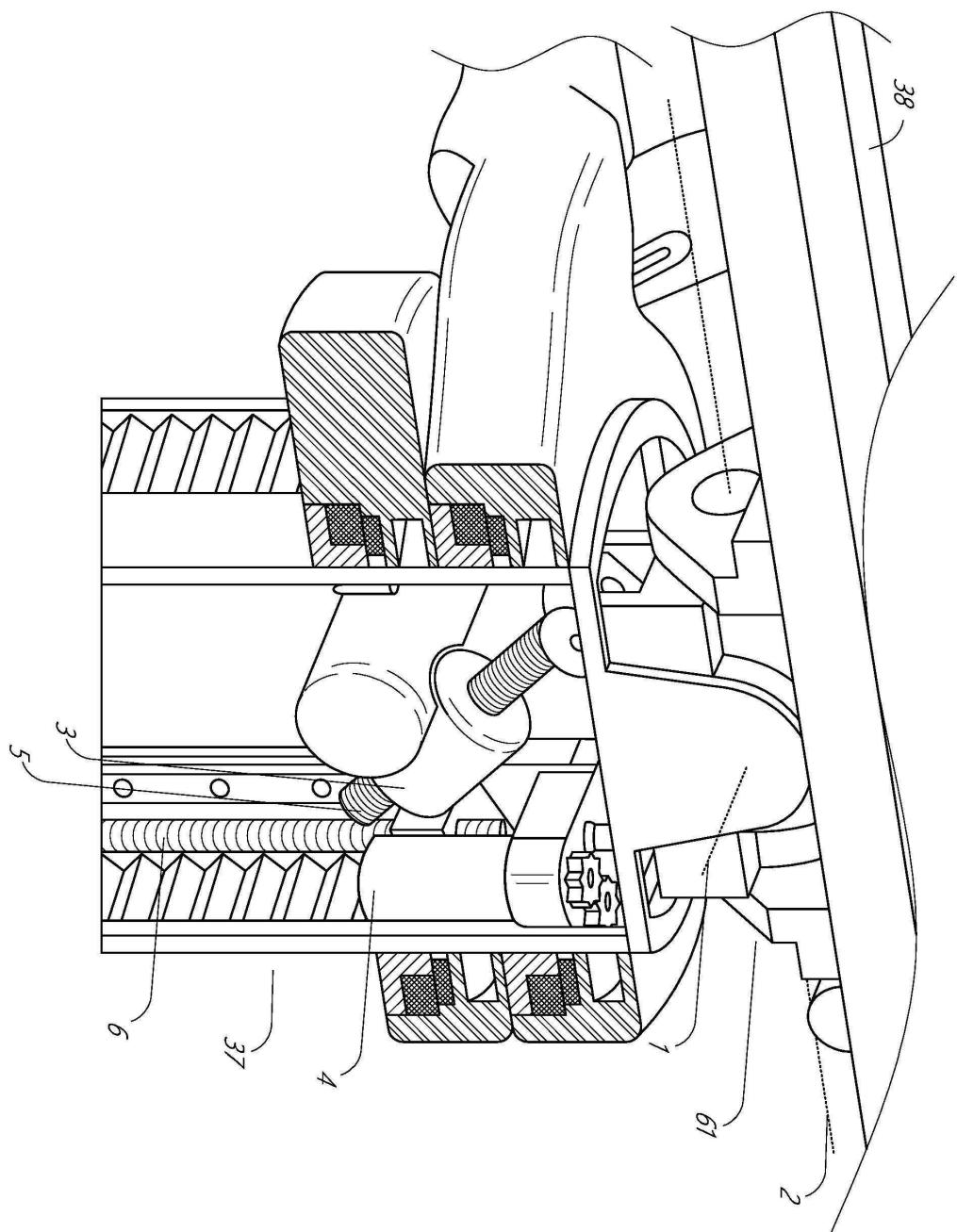
도면9



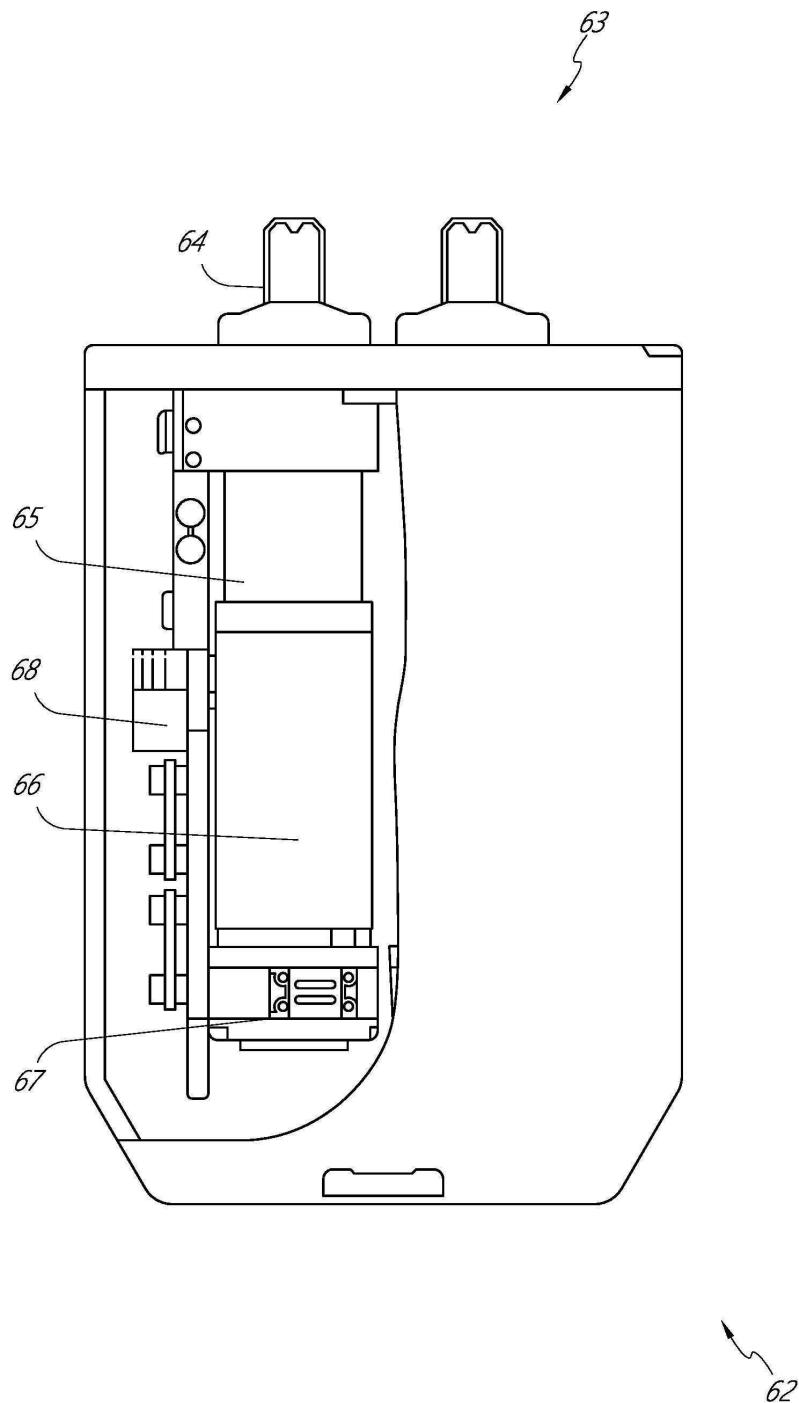
도면 10



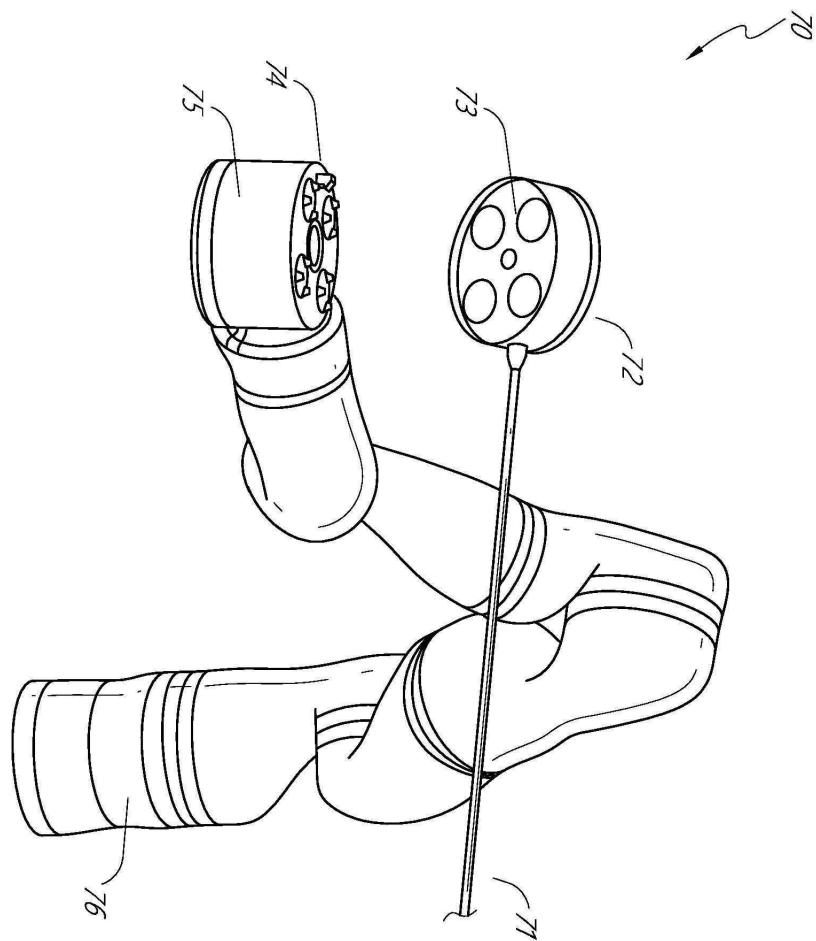
도면11



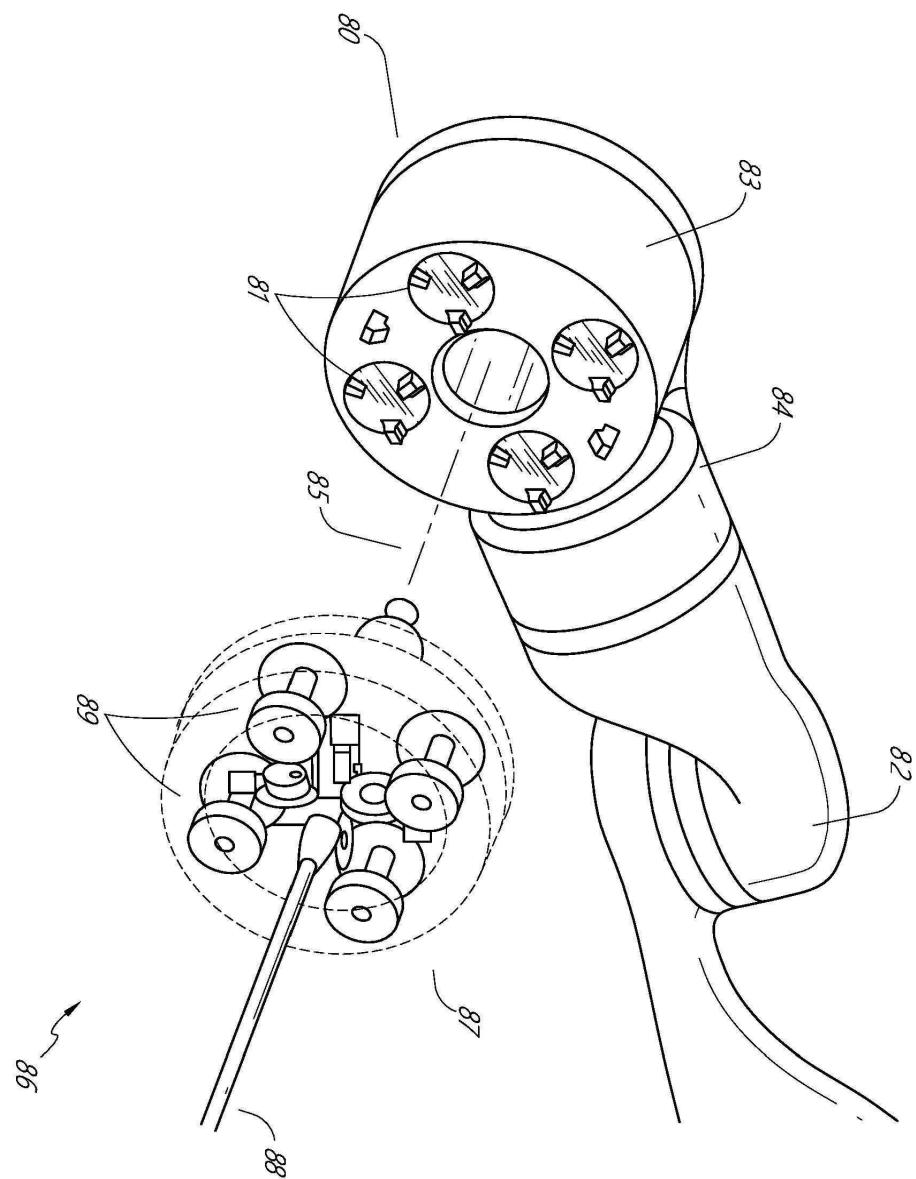
도면12



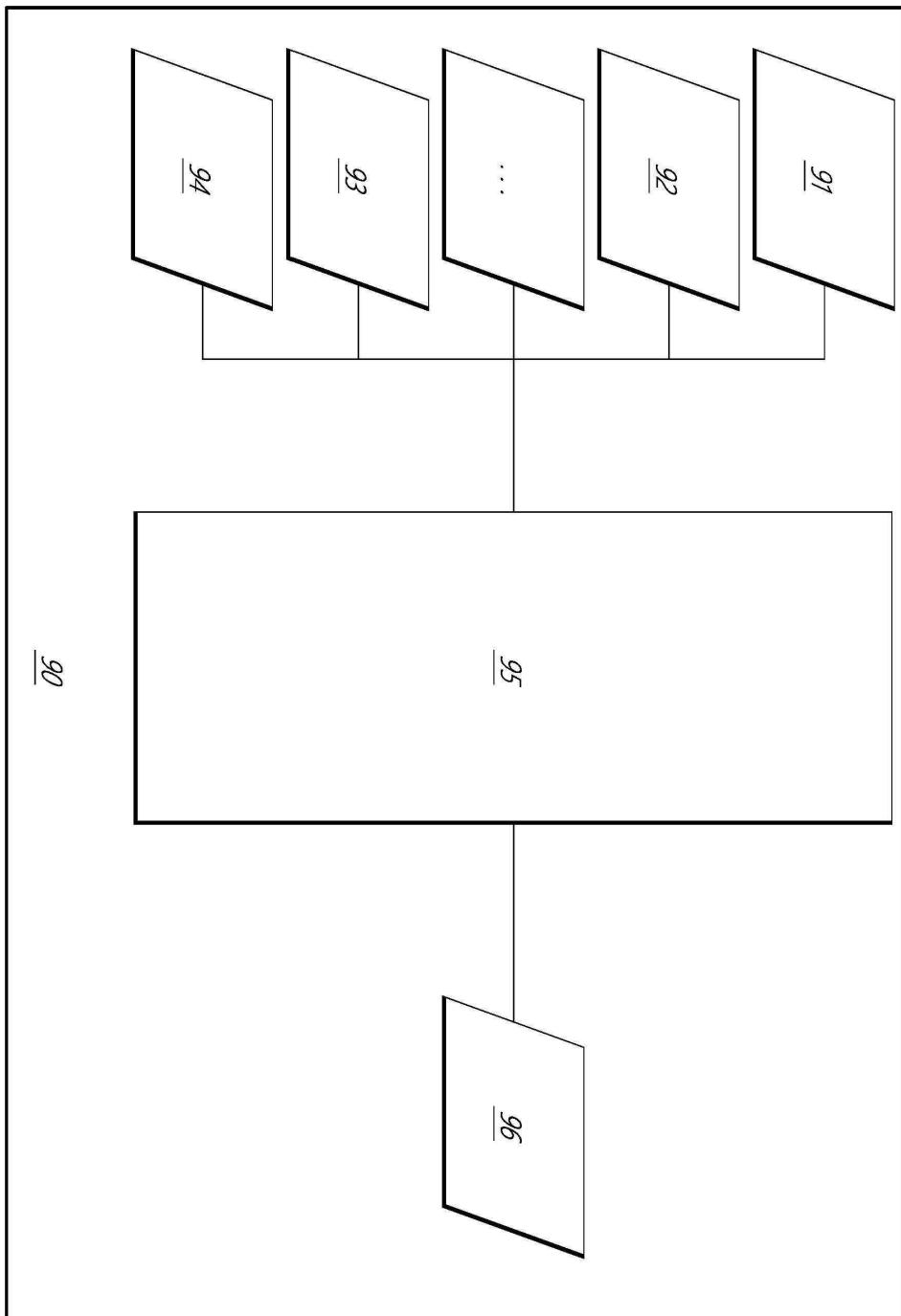
도면13



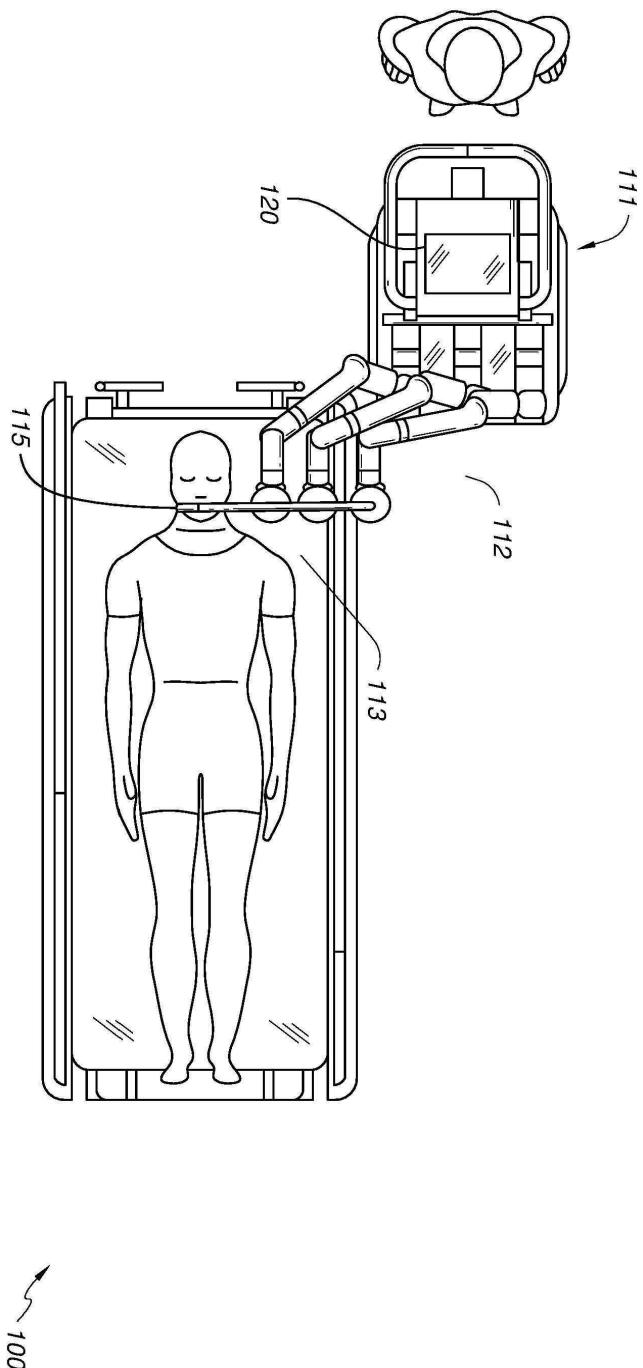
도면14



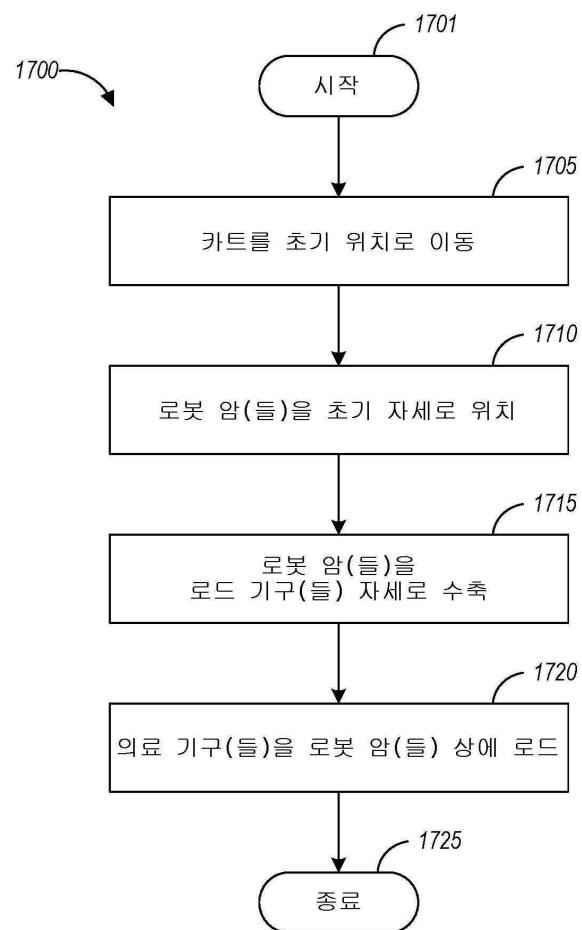
도면15



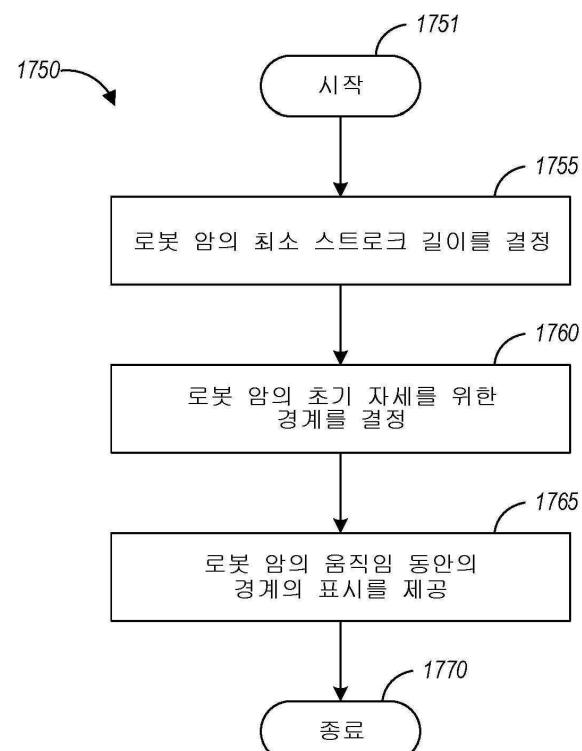
도면16



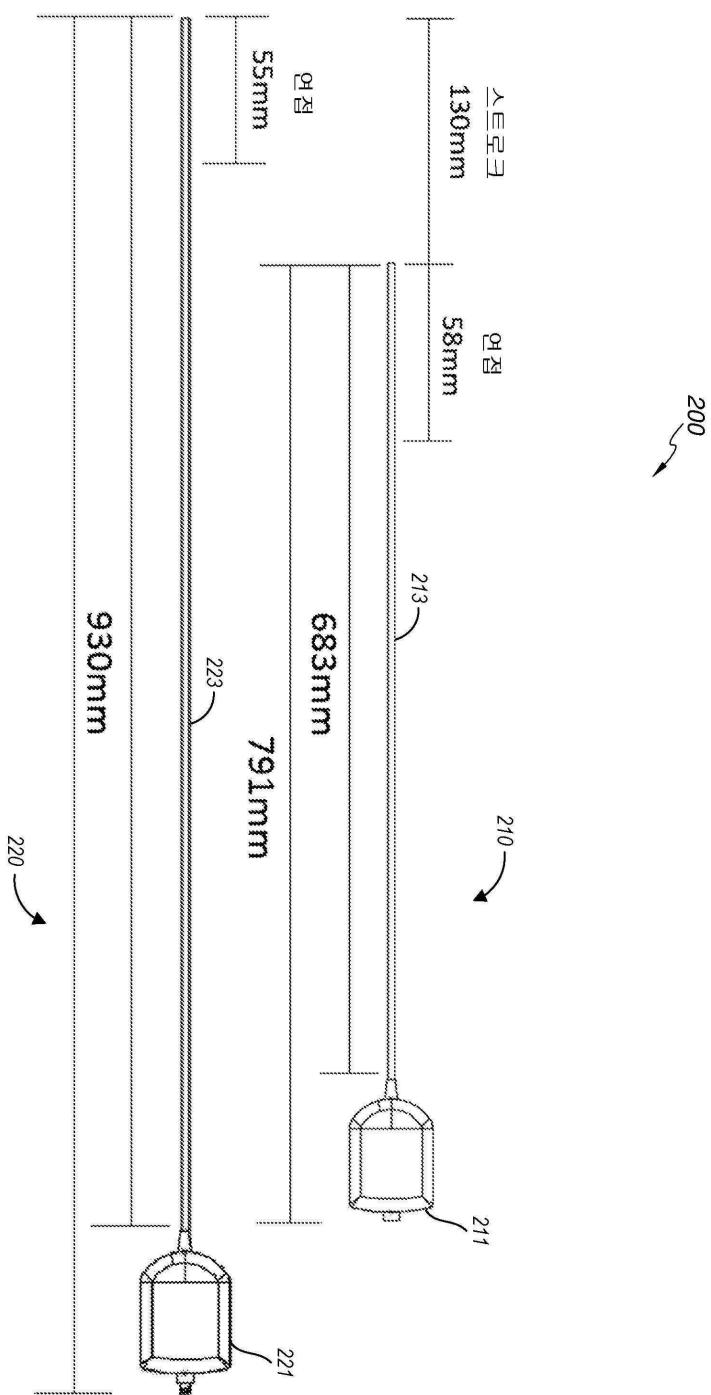
도면17a



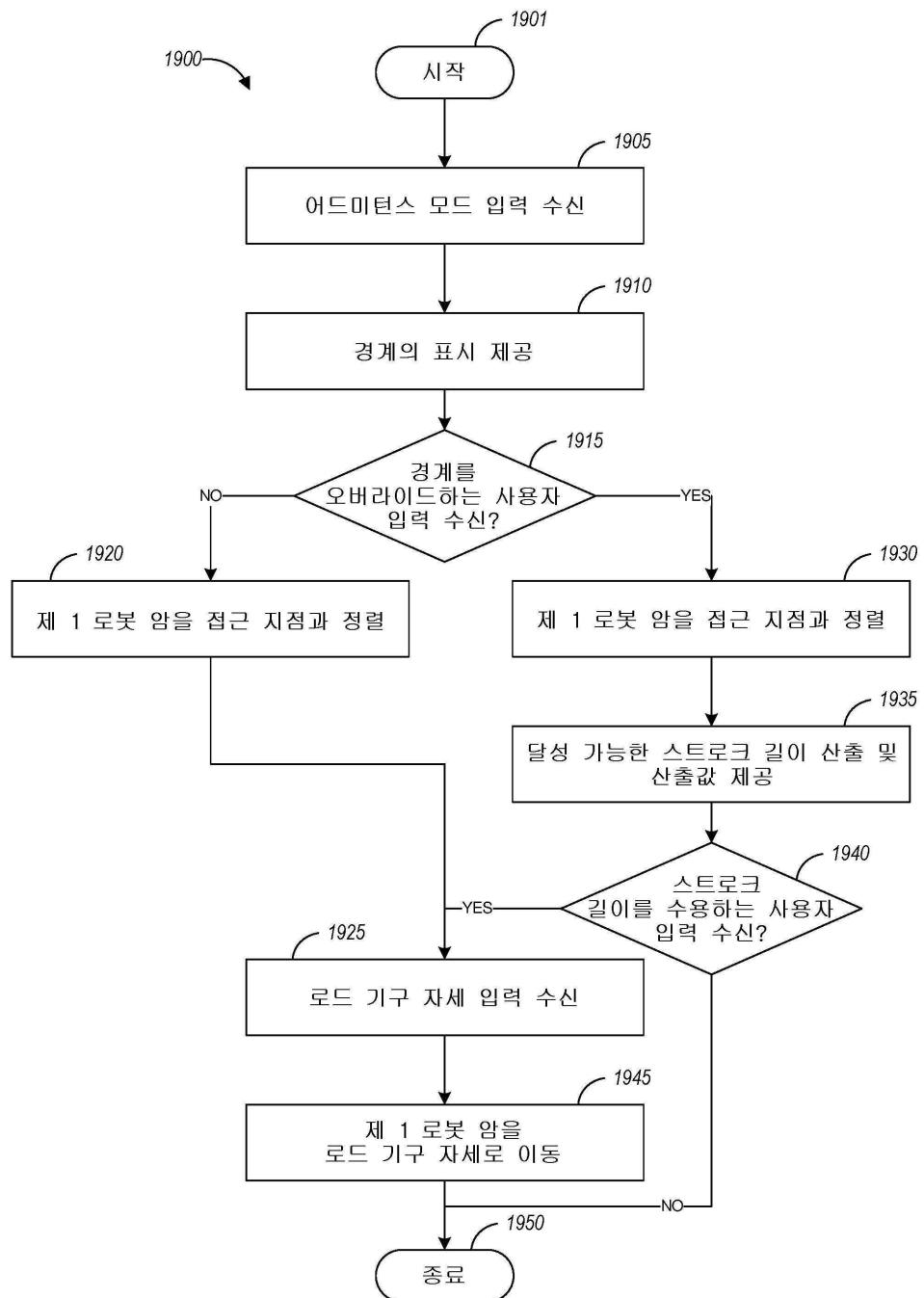
도면17b



도면18



도면19



도면20

