



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0023640
(43) 공개일자 2020년03월05일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 34/00 (2016.01) *A61B 1/00* (2017.01)
A61B 1/005 (2006.01) *A61B 1/018* (2006.01)
A61B 34/20 (2016.01) *A61B 34/30* (2016.01)
A61B 5/06 (2006.01) *A61B 90/00* (2016.01)
A61B 90/30 (2016.01) *A61B 90/60* (2016.01)
- (52) CPC특허분류
A61B 34/71 (2016.02)
A61B 1/00149 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7002273
- (22) 출원일자(국제) 2018년06월26일
 심사청구일자 2020년01월22일
- (85) 번역문제출일자 2020년01월22일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2018/039604
- (87) 국제공개번호 WO 2019/005872
 국제공개일자 2019년01월03일
- (30) 우선권주장
 62/526,008 2017년06월28일 미국(US)

- (71) 출원인
아우리스 헬스, 인코포레이티드
 미국, 캘리포니아 94065, 레드우드 시티, 150 쇼어라인 드라이브
- (72) 발명자
코넬리, 라이언, 제프리
 미국, 캘리포니아 94065, 레드우드 시티, 150 쇼어라인 드라이브
랜디, 케이시, 톨
 미국, 캘리포니아 94065, 레드우드 시티, 150 쇼어라인 드라이브
그래첼, 천시, 에프.
 미국, 캘리포니아 94065, 레드우드 시티, 150 쇼어라인 드라이브
- (74) 대리인
특허법인(유)화우

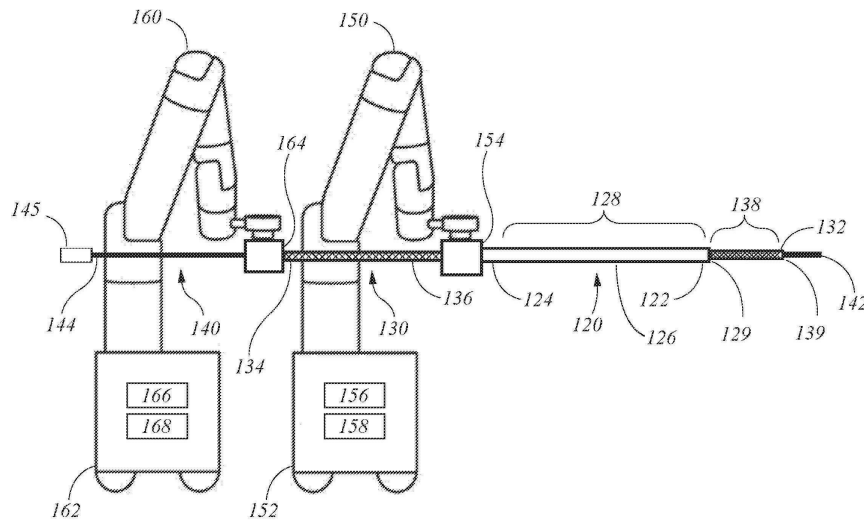
전체 청구항 수 : 총 25 항

(54) 발명의 명칭 기기의 삽입 보상

(57) 요약

본 명세서에는 외과 시스템에서 다른 기기의 작업 채널 내로의 기기의 삽입을 보상하기 위한 시스템 및 기술이 개시된다. 일 실시예에 따르면, 보상 방법은: 가요성 기기의 작업 채널 내로의 삽입 가능 기기의 삽입을 검출하는 단계; 적어도 하나의 센서로부터의 데이터 신호에 기초하여, 초기 위치로부터의 가요성 기기의 원위 부분의 위치 변화를 검출하는 단계; 검출된 위치 변화에 기초하여 제어 신호를 생성하는 단계; 및 원위 부분을 초기 위치로 복귀시키기 위해 제어 신호에 기초하여 풀 와이어의 인장을 조정하는 단계를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

A61B 1/0016 (2013.01)

A61B 1/0051 (2013.01)

A61B 1/018 (2013.01)

A61B 34/20 (2016.02)

A61B 34/30 (2016.02)

A61B 5/062 (2013.01)

A61B 5/067 (2013.01)

A61B 90/361 (2016.02)

A61B 90/60 (2016.02)

명세서

청구범위

청구항 1

로봇 시스템으로서,

근위 부분 및 원위 부분을 포함하는 샤프트 - 상기 원위 부분은 관절 운동 가능 영역(articulable region) 및 원위 단부를 포함하고, 상기 샤프트는 이를 통해 연장되는 작업 채널(working channel)을 포함함 -; 및

적어도 하나의 풀 와이어(pull wire):

를 포함하는, 제1 기기;

상기 샤프트의 원위 단부의 위치를 검출하도록 구성된 적어도 하나의 센서;

실행 가능 명령들이 저장된 적어도 하나의 컴퓨터 가독 메모리;

상기 적어도 하나의 컴퓨터 가독 메모리와 통신하며 상기 시스템이 적어도:

상기 적어도 하나의 센서로부터의 데이터 신호에 기초하여, 상기 샤프트의 작업 채널 내로의 제2 기기의 삽입에 응답하여 상기 샤프트의 원위 단부의 위치 변화를 검출하고; 및,

검출된 상기 위치 변화에 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하도록:

상기 명령들을 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서; 및,

상기 샤프트의 근위 부분에서 상기 적어도 하나의 풀 와이어에 연결된 구동 메커니즘 - 상기 구동 메커니즘은 상기 적어도 하나의 제어 신호에 기초하여 상기 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하도록 구성되고, 조정된 상기 인장은 상기 샤프트의 원위 단부를 상기 위치 변화가 발생하기 전의 초기 위치 쪽으로 복귀시키는 것을 용이하게 함 -;

을 포함하는, 로봇 시스템.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 구동 메커니즘은 로봇 아암의 엔드 이펙터(end effector)에 연결되고,

상기 로봇 아암 및 상기 구동 메커니즘은 환자의 루멘 네트워크(luminal network)를 통해 치료 부위로 상기 샤프트의 원위 부분을 내비게이션시키도록 구성되는,

로봇 시스템.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 로봇 시스템은 전자기(electromagnetic: EM) 필드 발생기를 더 포함하고,

상기 적어도 하나의 센서는 상기 샤프트의 원위 단부에 제1 세트의 하나 이상의 EM 센서를 포함하며,

상기 하나 이상의 프로세서는 상기 시스템이: 상기 제1 세트의 EM 센서로부터의 데이터에 기초하여 EM 필드 내의 상기 제1 세트의 EM 센서의 제1 위치를 계산하고; 계산된 상기 제1 위치에 기초하여 상기 샤프트의 원위 단부의 상기 위치 변화를 검출하도록, 상기 명령들을 실행하도록 구성되는,

로봇 시스템.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 제2 기기는 상기 원위 단부에 제2 세트의 하나 이상의 EM 센서를 더 포함하고,

상기 하나 이상의 프로세서는 상기 시스템이: 상기 제2 세트의 EM 센서로부터의 데이터에 기초하여 상기 EM 필드 내의 상기 제2 세트의 EM 센서의 제2 위치를 계산하고; 계산된 상기 제2 위치에 또한 기초하여 상기 적어도 하나의 제어 신호를 생성하도록, 상기 명령들을 실행하도록 구성되는,

로봇 시스템.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 센서는 상기 샤프트의 원위 단부에 하나 이상의 관성 센서의 세트를 포함하고,

상기 하나 이상의 프로세서는 상기 시스템이: 상기 하나 이상의 관성 센서의 세트로부터의 데이터에 기초하여 상기 하나 이상의 관성 센서의 세트의 제1 위치를 계산하고; 계산된 상기 제1 위치에 또한 기초하여 상기 적어도 하나의 제어 신호를 생성하도록, 상기 명령들을 실행하도록 구성되는,

로봇 시스템.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 센서는 하나 이상의 스트레인 게이지(strain gauges)의 세트를 포함하고,

상기 하나 이상의 프로세서는 상기 시스템이: 상기 하나 이상의 스트레인 게이지의 세트로부터의 데이터에 기초하여 상기 샤프트의 원위 단부의 제1 위치를 계산하고; 계산된 상기 제1 위치에 또한 기초하여 상기 적어도 하나의 제어 신호를 생성하도록, 상기 명령들을 실행하도록 구성되는,

로봇 시스템.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 구동 메커니즘은 상기 하나 이상의 스트레인 게이지의 세트를 포함하는,

로봇 시스템.

청구항 8

제1 항에 있어서,

상기 제1 기기는 리더(leader)를 포함하고,

상기 적어도 하나의 센서는 상기 리더의 원위 단부에 하나 이상의 카메라의 세트를 포함하는,

로봇 시스템.

청구항 9

제1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 제어 신호의 명령들은 상기 샤프트의 원위 단부가 상기 적어도 하나의 센서로부터의 데이터 신호에 의해 측정됨에 따라 상기 초기 위치로 복귀될 때까지, 상기 구동 메커니즘이 상기 풀 와이어들 중 하나 이상의 풀 와이어의 장력을 증가시키도록 하는 커맨드(commands)를 포함하는,

로봇 시스템.

청구항 10

제1 항에 있어서,

상기 하나 이상의 프로세서는 상기 시스템을 제어하기 위한 사용자 인터페이스를 포함하는 워크스테이션의 일부

인,

로봇 시스템.

청구항 11

제1 항에 있어서,

상기 로봇 시스템은 적어도 하나의 호흡 센서를 더 포함하고,

상기 하나 이상의 프로세서는 상기 시스템이:

상기 적어도 하나의 호흡 센서로부터의 데이터에 기초하여, 상기 적어도 하나의 센서로부터 상기 데이터 신호의 획득 중에 환자의 호흡 패턴을 결정하고;

상기 작업 채널 내로의 상기 제2 기기의 삽입에 의해 야기되는 상기 샤프트의 원위 단부의 상기 위치 변화와 상기 환자의 호흡 패턴에 의해 야기되는 상기 샤프트의 원위 단부의 위치 변화를 구별하도록;

상기 명령들을 실행하도록 또한 구성되는,

로봇 시스템.

청구항 12

제1 항에 있어서,

상기 하나 이상의 프로세서는 상기 시스템이: 상기 제2 기기 상의 식별자를 검출하고; 검출된 상기 식별자에 또한 기초하여 상기 적어도 하나의 제어 신호를 생성하도록, 상기 명령들을 실행하도록 구성되는,

로봇 시스템.

청구항 13

제12 항에 있어서,

상기 하나 이상의 프로세서는 상기 시스템이 상기 제2 기기의 무선 주파수 식별(RFID) 태그를 판독하는 것에 기초하여 상기 식별자를 검출하도록 상기 명령들을 실행하도록 구성되는,

로봇 시스템.

청구항 14

제1 기기의 적어도 하나의 풀 와이어를 제어하는 방법으로서,

상기 제1 기기의 초기 위치를 결정하는 단계 - 상기 제1 기기는:

근위 부분 및 원위 부분을 포함하는 샤프트 - 상기 원위 부분은 관절 운동 가능 영역 및 원위 단부를 포함하고, 상기 샤프트는 이를 통해 연장되는 작업 채널을 포함함-; 및

적어도 하나의 풀 와이어:

를 포함함 -;

적어도 하나의 센서로부터의 데이터 신호에 기초하여, 상기 제1 기기의 작업 채널 내로의 제2 기기의 삽입에 응답하여 상기 샤프트의 원위 단부의 위치 변화를 검출하는 단계;

상기 샤프트의 원위 단부의 검출된 상기 위치 변화에 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하는 단계; 및,

상기 적어도 하나의 제어 신호에 기초하여 상기 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하는 단계 - 조정된 상기 인장은 상기 샤프트의 원위 단부를 상기 초기 위치로 복귀시키는 것을 용이하게 함 -;

을 포함하는, 방법.

청구항 15

제14 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 센서는 상기 샤프트의 원위 단부에 제1 세트의 하나 이상의 EM 센서를 포함하고,
상기 샤프트의 원위 단부의 위치 변화를 검출하는 단계는 상기 제1 세트의 하나 이상의 EM 센서로부터 데이터를 수신하는 것을 또한 기초로 하는,
방법.

청구항 16

제14 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 센서는 상기 샤프트의 원위 단부에 하나 이상의 관성 센서의 세트를 포함하고,
상기 샤프트의 원위 단부의 위치 변화를 검출하는 단계는 상기 하나 이상의 관성 센서의 세트로부터의 데이터를 기초로 하는,
방법.

청구항 17

제14 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 센서는 하나 이상의 스트레인 게이지의 세트를 포함하고,
상기 샤프트의 원위 단부의 위치 변화를 검출하는 단계는 상기 하나 이상의 스트레인 게이지의 세트로부터의 데이터를 기초로 하는,
방법.

청구항 18

제14 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 센서는 상기 제1 기기의 원위 단부에 하나 이상의 카메라의 세트를 포함하고,
상기 샤프트의 원위 단부의 위치 변화를 검출하는 단계는 상기 하나 이상의 카메라의 세트로부터의 데이터를 기초로 하는,
방법.

청구항 19

제14 항에 있어서,
적어도 하나의 호흡 센서로부터의 데이터에 기초하여, 상기 적어도 하나의 센서로부터 상기 데이터 신호의 획득 중에 환자의 호흡 패턴을 결정하는 단계; 및
상기 작업 채널 내로의 상기 제2 기기의 삽입에 의해 야기되는 상기 샤프트의 원위 단부의 상기 위치 변화와 상기 환자의 호흡 패턴에 의해 야기되는 상기 샤프트의 원위 단부의 위치 변화를 구별하는 단계:
를 더 포함하는, 방법.

청구항 20

실행될 때, 적어도 하나의 풀 와이어를 포함하는 제1 기기에 대해 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 적어도:
상기 제1 기기의 원위 단부의 초기 위치를 결정하고;
적어도 하나의 센서로부터의 데이터 신호에 기초하여, 상기 제1 기기의 작업 채널 내로의 제2 기기의 삽입에 응답하여 상기 제1 기기의 원위 단부의 위치 변화를 검출하고;
검출된 상기 위치 변화에 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하며; 및,
상기 적어도 하나의 제어 신호에 기초하여 상기 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하도록 - 조정된 상기 인장은 상기 제1 기기의 원위 단부를 상기 위치 변화가 발생하기 전의 상기 초기 위치로 복귀시키는 것을 용이

하계 함 -:

하는 명령들이 저장된, 비밀시적 컴퓨터 가독 저장 매체.

청구항 21

제20 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 센서는 상기 제1 기기의 원위 단부에 하나 이상의 EM 센서의 세트를 포함하고,

상기 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 상기 위치 변화를 검출하도록 하는 상기 명령들은 상기 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 상기 하나 이상의 EM 센서의 세트로부터의 데이터에 기초하여 상기 제1 기기의 원위 단부의 상기 위치를 검출하도록 하는,

비밀시적 컴퓨터 가독 저장 매체.

청구항 22

제20 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 센서는 상기 제1 기기의 원위 단부에 하나 이상의 관성 센서의 세트를 포함하고,

상기 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 상기 위치 변화를 검출하도록 하는 상기 명령들은 상기 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 상기 하나 이상의 관성 센서의 세트로부터의 데이터에 기초하여 상기 제1 기기의 원위 단부의 상기 위치 변화를 검출하도록 하는,

비밀시적 컴퓨터 가독 저장 매체.

청구항 23

제20 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 센서는 상기 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 측정하도록 구성된 하나 이상의 스트레인 게이지의 세트를 포함하고,

상기 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 상기 위치 변화를 검출하도록 하는 상기 명령들은 상기 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 상기 하나 이상의 스트레인 게이지의 세트로부터의 데이터에 기초하여 상기 제1 기기의 원위 단부의 상기 위치 변화를 검출하도록 하는,

비밀시적 컴퓨터 가독 저장 매체.

청구항 24

제20 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 센서는 상기 제1 기기의 원위 단부에 하나 이상의 카메라의 세트를 포함하고,

상기 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 상기 위치 변화를 검출하도록 하는 상기 명령들은 상기 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 상기 하나 이상의 카메라의 세트로부터의 데이터에 기초하여 상기 제1 기기의 원위 단부의 상기 위치 변화를 검출하도록 하는,

비밀시적 컴퓨터 가독 저장 매체.

청구항 25

제20 항에 있어서,

실행될 때, 상기 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가:

적어도 하나의 호흡 센서로부터의 데이터에 기초하여, 상기 적어도 하나의 센서로부터 상기 데이터 신호의 획득 중에 환자의 호흡 패턴을 결정하고;

상기 작업 채널 내로의 상기 제2 기기의 삽입에 의해 야기되는 상기 제1 기기의 원위 단부의 상기 위치 변화와 상기 환자의 호흡 패턴에 의해 야기되는 상기 제1 기기의 원위 단부의 위치 변화를 구별하도록;

하는 명령들이 또한 저장된, 비밀시적 컴퓨터 가독 저장 매체.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 관련 출원에 대한 상호 참조
- [0002] 본 출원은 2017년 6월 28일자로 제출된 미국 가특허 출원 제62,526,008호의 권익을 주장하며, 상기 특허 문헌은 그 전체가 본 명세서에 참조로 통합되어 있다.
- [0003] 기술 분야
- [0004] 본 발명은 일반적으로 의료 장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 로봇 보조 수술에 관한 것이다.

배경 기술

- [0005] 내시경 검사(예를 들면, 기관지 내시경 검사)와 같은 의료 시술에는 진단 및/또는 치료 목적으로 환자의 루멘(lumen)(예를 들면, 기도)의 내부에 액세스하여 시각화하는 것이 포함될 수 있다. 시술 중에, 예를 들면 내시경과 같은 가요성 관형 튜(flexible tubular tool)이 환자의 신체 내로 삽입될 수 있으며, 기기가 내시경을 통해 진단 및/또는 치료를 위해 식별된 조직 부위로 통과될 수 있다. 예를 들어, 내시경은 조직 부위로의 경로를 제공하는 내부 루멘(예를 들면, "작업 채널")을 가질 수 있으며, 다양한 튜/기기가 내부 루멘을 통해 조직 부위로 삽입될 수 있다. 시술 중에 내시경 및/또는 튜/기기의 삽입 및/또는 조종을 제어하는 데 로봇 시스템이 사용될 수 있으며, 시술 중에 내시경 및/또는 튜/기기의 포지셔닝을 제어하도록 구성된 매니퓰레이터 어셈블리(manipulator assembly)를 포함하는 적어도 하나의 로봇 아암을 포함할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명의 시스템, 기술, 및 장치는 각각 몇 가지 혁신적인 양태를 가지며, 이들 중 어느 것 하나도 본 명세서에 기술된 바람직한 속성들을 단독으로 감당하지는 않는다.
- [0007] 의료 시술에는 조작자로부터 원격에 위치된 가요성 기기의 조종이 포함될 수 있다. 예를 들어, 원하는 조직 부위에 대응하는 환자 내의 타겟 위치로의 루멘 또는 루멘 네트워크 내에서 이미징, 생검 샘플링, 치료제의 전달, 및/또는 수술이 수행될 수 있으며, 원하는 조직 부위에 액세스하기 위해 가요성 기기의 작업 채널을 통해 다른 기기를 삽입한다.
- [0008] 외과용의 기존의 가요성 기기와 연관된 하나의 과제는, 가요성 기기의 작업 채널을 통해 삽입 가능 기기를 전진 시키거나 연장시키는 것은 그 원위 단부가 타겟 위치로부터 이동되도록 가요성 기기의 디플렉션을 야기할 수 있다는 것이다. 이러한 디플렉션의 결과로, 가요성 기기의 원위 단부는 조직 부위에 대해 오정렬될 수 있다.
- [0009] 따라서, 본 발명의 특정 양태들은 다른 기기가 가요성 기기의 작업 채널을 통해 삽입될 때 가요성 기기의 디플렉션을 방지, 최소화, 및/또는 보상하는 것을 용이하게 하는 시스템 및 기술에 관한 것이다. 본 발명의 다른 양태는 디플렉션의 근원에 관계없이 이러한 가요성 기기의 디플렉션을 방지, 최소화, 및/또는 보상하는 것을 용이하게 하는 시스템 및 기술에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 따라서, 본 발명의 제1 양태는 로봇 시스템에 관한 것이다. 로봇 시스템은 제1 기기를 포함하고, 제1 기기는 근위 부분 및 원위 부분을 갖는 샤프트를 포함한다. 원위 부분은 관절 운동 가능 영역 및 원위 단부를 포함한다. 샤프트는 이를 통해 연장되는 작업 채널을 포함한다. 로봇 시스템은 또한 적어도 하나의 풀 와이어(pull wire) 및 샤프트의 원위 단부의 위치를 검출하도록 구성된 적어도 하나의 센서를 포함한다. 로봇 시스템은 또한 실행 가능 명령들이 저장된 적어도 하나의 컴퓨터 가독 메모리 및 적어도 하나의 컴퓨터 가독 메모리와 통신하는 하나 이상의 프로세서를 포함한다. 하나 이상의 프로세서는 명령들을 실행하도록 구성된다. 명령들은 시스템이 적어도 하나의 센서로부터의 데이터 신호에 기초하여, 샤프트의 작업 채널 내로의 제2 기기의 삽입에 응답하여 샤프트의 원위 단부의 위치 변화를 검출하게 한다. 명령들은 또한 시스템이 검출된 위치 변화에 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하게 한다. 로봇 시스템은 또한 샤프트의 근위 부분에서 적어도 하나의 풀

와이어에 연결된 구동 메커니즘을 포함한다. 구동 메커니즘은 적어도 하나의 제어 신호에 기초하여 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하도록 구성된다. 조정된 인장은 샤프트의 원위 단부를 위치 변화가 발생하기 전의 초기 위치 쪽으로 복귀시키는 것을 용이하게 한다.

[0011] 일 실시예에 따른 로봇 시스템은 다음의 특징들 중 하나 이상을 임의의 조합으로 포함할 수 있다: 구동 메커니즘은 로봇 아암의 엔드 이펙터(end effector)에 연결되고, 로봇 아암 및 구동 메커니즘은 환자의 루멘 네트워크(luminal network)를 통해 치료 부위로 샤프트의 원위 부분을 내비게이션시키도록 구성되며; 전자기(electromagnetic: EM) 필드 발생기를 구비하고, 적어도 하나의 센서는 샤프트의 원위 단부에 제1 세트의 하나 이상의 EM 센서를 포함하고, 하나 이상의 프로세서는 시스템이 제1 세트의 EM 센서로부터의 데이터에 기초하여 EM 필드 내의 제1 세트의 EM 센서의 제1 위치를 계산하고 계산된 제1 위치에 기초하여 샤프트의 원위 단부의 위치 변화를 검출하도록 명령들을 실행하도록 구성되며; 제2 기기는 원위 단부에 제2 세트의 하나 이상의 EM 센서를 더 포함하고, 하나 이상의 프로세서는 시스템이 제2 세트의 EM 센서로부터의 데이터에 기초하여 EM 필드 내의 제2 세트의 EM 센서의 제2 위치를 계산하고 계산된 제2 위치에 또한 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하도록 명령들을 실행하도록 구성되며; 적어도 하나의 센서는 샤프트의 원위 단부에 하나 이상의 관성 센서의 세트를 포함하고, 하나 이상의 프로세서는 시스템이 하나 이상의 관성 센서의 세트로부터의 데이터에 기초하여 하나 이상의 관성 센서의 세트의 제1 위치를 계산하고, 계산된 제1 위치에 또한 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하도록, 명령들을 실행하도록 구성되며; 적어도 하나의 센서는 하나 이상의 스트레인 게이지(strain gauges)의 세트를 포함하고, 하나 이상의 프로세서는 시스템이 하나 이상의 스트레인 게이지의 세트로부터의 데이터에 기초하여 샤프트의 원위 단부의 제1 위치를 계산하고, 계산된 제1 위치에 또한 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하도록, 명령들을 실행하도록 구성되며; 구동 메커니즘은 하나 이상의 스트레인 게이지의 세트를 포함하고; 제1 기기는 리더(leader)를 포함하고, 적어도 하나의 센서는 리더의 원위 단부에 하나 이상의 카메라의 세트를 포함하며; 적어도 하나의 제어 신호의 명령들은 샤프트의 원위 단부가 적어도 하나의 센서로부터의 데이터 신호에 의해 측정됨에 따라 초기 위치로 복귀될 때까지, 구동 메커니즘이 풀 와이어들 중 하나 이상의 장력을 증가시키도록 하는 커맨드(commands)를 포함하고; 하나 이상의 프로세서는 시스템을 제어하기 위한 사용자 인터페이스를 포함하는 워크스테이션의 일부이며; 적어도 하나의 호흡 센서를 구비하고, 하나 이상의 프로세서는 시스템이 적어도 하나의 호흡 센서로부터의 데이터에 기초하여, 적어도 하나의 센서로부터 데이터 신호의 획득 중에 환자의 호흡 패턴을 결정하고, 작업 채널 내로의 제2 기기의 삽입에 의해 야기되는 샤프트의 원위 단부의 위치 변화와 환자의 호흡 패턴에 의해 야기되는 샤프트의 원위 단부의 위치 변화를 구별하도록, 명령들을 실행하도록 또한 구성되며; 하나 이상의 프로세서는 시스템이 제2 기기 상의 식별자를 검출하고, 검출된 식별자에 또한 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하도록, 명령들을 실행하도록 구성되고; 및/또는, 하나 이상의 프로세서는 시스템이 제2 기기의 무선 주파수 식별 태그를 판독하는 것에 기초하여 식별자를 검출하도록 명령들을 실행하도록 구성된다.

[0012] 본 명세서에서 논의되는 실시예들은 제1 기기를 포함하는 로봇 시스템에 관한 것일 수 있다. 제1 기기는 근위 부분 및 원위 부분을 포함하는 샤프트를 포함한다. 원위 부분은 관절 운동 가능 영역을 포함한다. 샤프트는 이를 통해 연장되는 작업 채널을 포함한다. 로봇 시스템은 적어도 하나의 풀 와이어를 포함한다. 로봇 시스템은 작업 채널 내로의 제2 기기의 삽입에 응답하여, 작업 채널 내의 제2 기기의 원위 단부의 위치를 검출하도록 구성된 적어도 하나의 센서를 포함한다. 로봇 시스템은 실행 가능 명령들이 저장된 적어도 하나의 컴퓨터 가독 메모리를 포함한다. 로봇 시스템은 적어도 하나의 컴퓨터 가독 메모리와 통신하며 명령들을 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서를 포함한다. 명령들은 시스템이 적어도 하나의 센서로부터의 데이터 신호에 기초하여 작업 채널 내의 제2 기기의 원위 단부의 위치를 계산하게 한다. 명령들은 또한 시스템이 계산된 위치에 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하게 한다. 로봇 시스템은 샤프트의 근위 부분에서 적어도 하나의 풀 와이어에 연결된 구동 메커니즘을 포함한다. 구동 메커니즘은 적어도 하나의 제어 신호에 기초하여 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하도록 구성될 수 있으며, 조정된 인장은 샤프트의 원위 부분의 위치를 유지하는 것을 용이하게 한다.

[0013] 본 명세서에서 논의되는 실시예들은 다음의 특징들 중 하나 이상을 임의의 조합으로 포함할 수 있다: 구동 메커니즘은 제2 기기의 원위 단부가 관절 운동 가능 영역과 관련하여 결정 가능한 위치로 전진할 때 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하도록 구성되고; 구동 메커니즘은 제2 기기의 원위 단부가 결정 가능한 위치로 전진하기 전에 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하도록 구성되며; 구동 메커니즘은 제2 기기의 원위 단부가 결정 가능한 위치로 전진한 후에 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하도록 구성되고; 하나 이상의 프로세서는 시스템이 제2 기기 상의 식별자를 검출하고, 검출된 식별자에 또한 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하도록, 명령들을 실행하도록 구성되며; 하나 이상의 프로세서는 시스템이 검출된 식별자에 기초하여 제2 기

기의 적어도 하나의 물리적 특성을 결정하도록 명령들을 실행하도록 구성되고, 제2 기기의 적어도 하나의 물리적 특성은 굽힘 강성(flexural rigidity) 값을 포함하며, 하나 이상의 프로세서는 시스템이 굽힘 강성 값에 또한 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하도록 명령들을 실행하도록 구성되고; 하나 이상의 프로세서는 시스템이 샤프트의 관절 운동 가능 영역의 관절 각도를 결정하도록 명령들을 실행하도록 구성되고, 하나 이상의 프로세서는 시스템이 관절 각도에 또한 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하도록 명령들을 실행하도록 구성되며; 하나 이상의 프로세서는 시스템이 제2 기기의 무선 주파수 식별(RFID) 태그를 판독하는 것에 기초하여 식별자를 검출하도록 명령들을 실행하도록 구성되고; 및/또는, EM 필드 발생기를 구비하고, 적어도 하나의 센서는 제2 기기의 원위 단부에 하나 이상의 EM 센서의 세트를 포함하고, 하나 이상의 프로세서는 시스템이 EM 센서의 세트로부터의 데이터에 기초하여 EM 필드 내의 EM 센서의 세트의 위치를 계산하고, 계산된 위치에 또한 기초하여 작업 채널 내의 제2 기기의 원위 단부의 위치를 계산하도록, 명령들을 실행하도록 구성된다.

[0014] 본 발명의 일부는 제1 기기의 적어도 하나의 풀 와이어를 제어하기 위한 방법의 실시예들을 논의할 수 있다. 이 방법은 제1 기기의 초기 위치를 결정하는 단계를 포함한다. 제1 기기는 근위 부분 및 원위 부분을 포함하는 샤프트를 포함한다. 제1 기기는 또한 관절 운동 가능 영역 및 원위 단부를 포함하는 원위 부분을 포함한다. 제1 기기는 또한 작업 채널이 연장되는 샤프트를 포함한다. 제1 기기는 또한 적어도 하나의 풀 와이어를 포함한다. 본 방법은 또한 적어도 하나의 센서로부터의 데이터 신호에 기초하여, 제1 기기의 작업 채널 내로의 제2 기기의 삽입에 응답하여 샤프트의 원위 단부의 위치 변화를 검출하는 단계를 포함한다. 본 방법은 또한 샤프트의 원위 단부의 검출된 위치 변화에 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하는 단계를 포함한다. 본 방법은 또한 적어도 하나의 제어 신호에 기초하여 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하는 단계를 포함하고, 조정된 인장은 샤프트의 원위 단부를 초기 위치로 복귀시키는 것을 용이하게 한다.

[0015] 적어도 하나의 풀 와이어를 제어하기 위한 로봇 시스템은 다음의 특징들 중 하나 이상을 임의의 조합으로 포함할 수 있다: 적어도 하나의 센서는 샤프트의 원위 단부에 제1 세트의 하나 이상의 EM 센서를 포함하고, 샤프트의 원위 단부의 위치 변화를 검출하는 단계는 제1 세트의 하나 이상의 EM 센서로부터 데이터를 수신하는 것을 또한 기초로 하며; 적어도 하나의 센서는 샤프트의 원위 단부에 하나 이상의 관성 센서의 세트를 포함하고, 샤프트의 원위 단부의 위치 변화를 검출하는 단계는 하나 이상의 관성 센서의 세트로부터의 데이터를 기초로 하며; 적어도 하나의 센서는 하나 이상의 스트레인 게이지의 세트를 포함하고, 샤프트의 원위 단부의 위치 변화를 검출하는 단계는 하나 이상의 스트레인 게이지의 세트로부터의 데이터를 기초로 하며; 적어도 하나의 센서는 제1 기기의 원위 단부에 하나 이상의 카메라의 세트를 포함하고, 샤프트의 원위 단부의 위치 변화를 검출하는 단계는 하나 이상의 카메라의 세트로부터의 데이터를 기초로 하며; 및/또는, 적어도 하나의 호흡 센서로부터의 데이터에 기초하여, 적어도 하나의 센서로부터 데이터 신호의 획득 중에 환자의 호흡 패턴을 결정하는 단계, 및 작업 채널 내로의 제2 기기의 삽입에 의해 야기되는 샤프트의 원위 단부의 위치 변화와 환자의 호흡 패턴에 의해 야기되는 샤프트의 원위 단부의 위치 변화를 구별하는 단계.

[0016] 본 발명의 일부는 제1 기기의 적어도 하나의 풀 와이어를 제어하기 위한 방법의 실시예들을 논의할 수 있다. 이러한 방법들은 제1 기기의 작업 채널 내로의 제2 기기의 삽입을 검출하는 단계를 포함할 수 있다. 제2 기기는 근위 단부 및 원위 단부를 포함한다. 제1 기기는 근위 부분 및 원위 부분을 갖는 샤프트를 포함하고, 원위 부분은 관절 운동 가능 영역을 구비한다. 제1 기기는 또한 적어도 하나의 풀 와이어를 포함한다. 본 방법은 또한 관절 운동 가능 영역 내의 제2 기기의 원위 단부의 위치를 계산하는 단계를 포함한다. 본 방법은 또한 계산된 위치에 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하는 단계를 포함한다. 본 방법은 또한 적어도 하나의 제어 신호에 기초하여 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하는 단계를 포함하며, 조정된 인장은 샤프트의 원위 부분의 위치를 유지하는 것을 용이하게 한다.

[0017] 적어도 하나의 풀 와이어를 제어하기 위한 방법을 구현하는 로봇 시스템은 다음의 특징들 중 하나 이상을 임의의 조합으로 포함할 수 있다: 제2 기기의 원위 단부가 관절 운동 가능 영역과 관련하여 결정 가능한 위치로 전진할 때 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하는 단계; 제2 기기의 원위 단부가 결정 가능한 위치로 전진하기 전에 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하는 단계; 제2 기기의 원위 단부가 결정 가능한 위치로 전진한 후에 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하는 단계; 제2 기기 상의 식별자를 검출하는 단계, 및 검출된 식별자에 또한 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하는 단계; 검출된 식별자에 기초하여 제2 기기의 적어도 하나의 물리적 특성을 결정하는 단계 - 적어도 하나의 제어 신호는 적어도 하나의 물리적 특성에 또한 기초하여 생성됨 -; 적어도 하나의 물리적 특성은 제2 기기의 굽힘 강성 값을 포함하고; 식별자를 검출하는 단계는 제2 기기의 RFID 태그를 판독하는 단계를 포함하며; 및/또는, 관절 운동 가능 영역 내의 제2 기기의 원위 단부의 계산된 위치는 제1 기기의 원위 단부 상의 적어도 하나의 EM 센서로부터의 데이터를 기초로 한다.

[0018] 본 발명의 일부는 비밀시적 컴퓨터 가독 저장 매체의 실시예들을 논의할 수 있다. 비밀시적 컴퓨터 가독 저장 매체에는 명령들이 저장될 수 있다. 이들 명령은 실행될 때, 적어도 하나의 폴 와이어를 포함하는 제1 기기에 대해 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 적어도 제1 기기의 원위 단부의 초기 위치를 결정하게 한다. 명령들은 또한 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 적어도 하나의 센서로부터의 데이터 신호에 기초하여, 제1 기기의 작업 채널 내로의 제2 기기의 삽입에 응답하여 제1 기기의 원위 단부의 위치 변화를 검출하게 한다. 명령들은 또한 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 검출된 위치 변화에 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하게 한다. 명령들은 또한 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 적어도 하나의 제어 신호에 기초하여 적어도 하나의 폴 와이어의 인장을 조정하게 하며, 조정된 인장은 제1 기기의 원위 단부를 위치 변화가 발생하기 전의 초기 위치로 복귀시키는 것을 용이하게 한다.

[0019] 본 명세서에서 논의되는 실시예들과 일치하는 비밀시적 컴퓨터 가독 저장 매체는 다음의 특징들 중 하나 이상을 임의의 조합으로 포함할 수 있다: 적어도 하나의 센서는 제1 기기의 원위 단부에 하나 이상의 EM 센서의 세트를 포함하고, 명령들은 실행될 때 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 하나 이상의 EM 센서의 세트로부터의 데이터에 기초하여 제1 기기의 원위 단부의 위치를 검출하게 하며; 적어도 하나의 센서는 제1 기기의 원위 단부에 하나 이상의 관성 센서의 세트를 포함하고, 명령들은 실행될 때 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 하나 이상의 관성 센서의 세트로부터의 데이터에 기초하여 제1 기기의 원위 단부의 위치 변화를 검출하게 하며; 적어도 하나의 센서는 적어도 하나의 폴 와이어의 인장을 측정하도록 구성된 하나 이상의 스트레인 게이지의 세트를 포함하고, 명령들은 실행될 때 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 하나 이상의 스트레인 게이지의 세트로부터의 데이터에 기초하여 제1 기기의 원위 단부의 위치 변화를 검출하게 하며; 적어도 하나의 센서는 제1 기기의 원위 단부에 하나 이상의 카메라의 세트를 포함하고, 명령들은 실행될 때 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 하나 이상의 카메라의 세트로부터의 데이터에 기초하여 제1 기기의 원위 단부의 위치 변화를 검출하게 하며; 및/또는, 명령들은 실행될 때 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 적어도 하나의 호흡 센서로부터의 데이터에 기초하여, 적어도 하나의 센서로부터 데이터 신호의 획득 중에 환자의 호흡 패턴을 결정하고, 작업 채널 내로의 제2 기기의 삽입에 의해 야기되는 제1 기기의 원위 단부의 위치 변화와 환자의 호흡 패턴에 의해 야기되는 제1 기기의 원위 단부의 위치 변화를 구별하게 한다.

[0020] 본 발명의 일부는 폴 와이어들의 인장을 조정하기 위한 명령들을 저장하는 비밀시적 컴퓨터 가독 저장 매체의 실시예들을 논의할 수 있다. 이들 명령은 실행될 때, 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 적어도 하나의 폴 와이어 및 관절 운동 가능 영역을 포함하는 제1 기기에 대해 적어도, 제1 기기의 작업 채널 내로의 제2 기기의 삽입을 검출하게 한다. 명령들은 또한 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 관절 운동 가능 영역 내의 제2 기기의 원위 단부의 위치를 계산하게 한다. 명령들은 또한 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 계산된 위치에 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하게 한다. 명령들은 또한 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 적어도 하나의 제어 신호에 기초하여 적어도 하나의 폴 와이어의 인장을 조정하게 하고, 조정된 인장은 제1 기기의 원위 부분의 위치를 유지하는 것을 용이하게 한다.

[0021] 제6 양태의 비밀시적 컴퓨터 가독 저장 매체는 다음의 특징들 중 하나 이상을 임의의 조합으로 포함할 수 있다: 제2 기기의 원위 단부가 관절 운동 가능 영역과 관련하여 결정 가능한 위치로 전진할 때 적어도 하나의 폴 와이어의 인장을 조정하고; 제2 기기의 원위 단부가 결정 가능한 위치로 전진하기 전에 적어도 하나의 폴 와이어의 인장을 조정하며; 제2 기기의 원위 단부가 결정 가능한 위치로 전진한 후에 적어도 하나의 폴 와이어의 인장을 조정하고; 제2 기기 상의 식별자를 검출하고 검출된 식별자에 또한 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하며; 검출된 식별자에 기초하여 제2 기기의 적어도 하나의 물리적 특성을 결정하고, 적어도 하나의 제어 신호는 적어도 하나의 물리적 특성에 또한 기초하여 생성되며; 및/또는, 적어도 하나의 물리적 특성은 제2 기기의 굽힘 강성 값을 포함한다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 로봇 시스템의 실시예를 도시하는 도면.
- 도 2a는 도 1의 로봇 시스템의 원위 부분을 도시하는 도면.
- 도 2b는 도 2a에 도시된 원위 부분의 디플렉션을 도시하는 도면.
- 도 3은 루멘 네트워크 내의 로봇 시스템의 원위 부분을 도시하는 도면.
- 도 4a는 가요성 기기(예를 들면, 가요성 기기의 쉬드-리더 배열(sheath-and-leader arrangement)의 리더)의 실

시예의 원위 부분을 도시하는 도면.

도 4b는 전자기 센서 시스템 및 생리학적 센서 시스템의 실시예를 포함하는 로봇 시스템을 도시하는 도면.

도 4c는 삽입 가능 기기의 실시예의 원위 부분을 도시하는 도면.

도 5는 가요성 기기를 제어하기 위한 구동 메커니즘의 실시예를 도시하는 도면.

도 6a는 로봇 시스템의 다른 실시예를 도시하는 도면.

도 6b는 기기를 제어하기 위한 기기 매니플레이터의 실시예를 도시하는 도면.

도 7은 로봇 시스템과 함께 사용하기 위한 워크스테이션의 실시예를 도시하는 도면.

도 8은 가요성 기기의 디플렉션을 추적 및 보상하는 예시적인 방법의 흐름도.

도 9는 가요성 기기의 디플렉션을 예측 및 보상하는 예시적인 방법의 흐름도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 서론

[0024] 의료 기술에는 조작자로부터 원격에 위치한 기기의 조종이 포함될 수 있다. 예를 들어, 원하는 조직 부위에 대응하는 환자 내의 타겟 위치로 유연한 기기(예를 들면, 트로카(trocar), 카테터, 내시경 등)를 내비게이션시키고 원하는 조직 부위에 액세스하기 위해 가요성 기기의 작업 채널을 통해 다른 기기를 삽입함으로써, 신체의 루멘 또는 루멘 네트워크(예를 들면, 폐, 장(intestine) 등) 내에서 이미징, 생검 샘플링, 치료제의 전달 및/또는 수술이 수행될 수 있다.

[0025] 가요성 기기로 수행되는 의료 기술의 일례는 TBNA(transbronchial needle aspiration: 경기관지침흡인)라 불리는 기관지 질환의 진단 및 병기 분류를 위한 최소 침습성 기관지경 기술이다. TBNA 기술은 환자의 루멘 내의 조직 부위에서 조직 샘플들을 채취하기 위해 가요성 기기를 통해서 생검 바늘(biopsy needle)을 조종하는 것을 포함할 수 있다. 예를 들어, 의사는 흉부 스캔을 사용하여 생검 대상 종괴(mass)의 위치를 식별하고 그 종괴 쪽으로 환자의 기도(airways) 내에서 가요성 기기의 포지셔닝을 안내할 수 있다. 가요성 기기의 원위 단부가 식별된 종괴 근처의 폐(lung) 내에 위치되고 난 후에, 생검 바늘이 가요성 기기의 작업 채널을 통해 그 조직의 위치로 전진될 수 있다. 그 다음에, 바늘로 조직 부위를 천공하기 위해 바늘을 작업 채널의 외부로 연장시킴으로써 조직이 관통될 수 있다. 샘플 획득 후에, 작업 채널을 통해 바늘이 후퇴될 수 있다.

[0026] 기존의 가요성 기기와 연관된 하나의 과제는, 가요성 기기의 작업 채널을 통해 삽입 가능 기기를 전진시키거나 연장시키는 것은 그 원위 단부가 타겟 위치로부터 디플렉션되도록 가요성 기기의 디플렉션을 야기할 수 있다는 것이다. 타겟 위치는 예를 들면, 적어도 부분적으로는 가요성 기기의 관절 각도(articulation angle)로 표현될 수 있다. 작업 채널을 통해 삽입 가능 기기를 연장함으로써, 삽입 가능 기기는 가요성 기기의 관절 각도의 변화를 야기할 수 있다. 이러한 디플렉션의 결과로, 가요성 기기의 원위 단부는 조직 부위에 대해 오정렬될 수 있다. 의사에 의해 검출되지 않으면, 이러한 디플렉션은 신체 내의 잘못된 위치에서 의료 기술이 수행되는 것을 초래할 수 있다. 이는 폐 내 병변(lesion)과 같이 조직 부위의 직경이 작은 경우에 특히 그러하다. 몇몇 예에서는, 가요성 기기를 다시 타겟 위치로 조종하는 의사에 의해 디플렉션에 대한 수동 보정이 행해질 수 있다. 하지만, 이 프로세스는 특히 복수의 기기의 사용 또는 복수의 조직 부위의 검사를 필요로 하며 리포지셔닝(repositioning)을 안내하기 위해 방사선 기반의 내비게이션 보조구(예를 들면, 형광 투시법(fluoroscopy), x선, 컴퓨터 축방향 단층 촬영 스캔(computerized axial tomography scanning) 등)의 추가적인 컨설팅을 필요로 할 수 있는 의료 기술에서는 시간 소모적이다.

[0027] 그래서, 본 발명의 일 양태는 다른 기기가 가요성 기기의 작업 채널을 통해 삽입될 때 가요성 기기의 디플렉션을 방지, 최소화, 및/또는 보상하는 것을 용이하게 하는 시스템 및 기술에 관한 것이다. 본 발명의 다른 양태는 디플렉션의 근원에 관계없이 이러한 가요성 기기의 디플렉션을 방지, 최소화, 및/또는 보상하는 것을 용이하게 하는 시스템 및 기술에 관한 것이다.

[0028] 몇몇 실시예에서는, 조향 가능한(steerable) 내시경이 의료 기술 중에 사용될 수 있다. 일례에서, 내시경은 내측 리더 부분(본 명세서에서는 "리더(leader)"로 지칭됨) 및 외측 쉬드 부분(본 명세서에서는 "쉬드(sheath)"로 지칭됨)과 같은 적어도 2개의 텔레스코핑(telescoping) 가요성 기기를 포함할 수 있다.

[0029] 본 명세서에서 사용되는 용어 "가요성 기기", "쉬드", "리더", 및 "내시경"은 의료 기술을 행하기 위해 환자의

신체 내에 삽입될 수 있는 임의의 유형의 가요성 기기를 상호 교환적으로 지칭할 수 있다. 모든 실시예에서는 아니지만 몇몇 실시예에서, 가요성 기기는 엔도루미널 경로(endoluminal pathway)를 통한 내비게이션을 용이하게 하도록 구성된 하나 이상의 카메라를 포함할 수 있다. 이들은 기관지경, 방광경, 내시경, 대장 내시경, 신장경, 및 다른 유사한 내비게이션 가능 기기들을 포함할 수 있다. 그래서, 아래에 개시된 실시예들은 환자의 폐 내에 삽입하기 위한 내시경 또는 기관지경의 맥락에서 존재하지만, 본 명세서에서는 가요성 기기들의 다른 적용들도 고려된다. 몇몇 실시예에서, 용어 "제1 기기"는 가요성 기기, 내시경, 리더, 또는 그 확장 작업 채널을 지칭할 수 있으며, 용어 "제2 기기"는 제1 기기의 작업 채널을 통해 수술 부위로 통과되는 삽입 가능 기기(예를 들면, 이미징, 위치 검출, 생검 수집, 치료제의 전달 또는 수술을 수행하는 기기)를 지칭할 수 있다.

[0030] 본 명세서에서 사용되는 "원위(distal)"는 사용 중에 환자의 조직 부위에 가장 가까이 위치한 스코프 또는 튜브의 단부를 지칭하고, "근위(proximal)"는 조작자(예를 들면, 의사 또는 로봇 제어 시스템)에 가장 가까이 위치한 기기의 단부를 지칭한다. 달리 말하면, 본 명세서에서는 로봇 시스템의 컴포넌트들의 상대 위치가 조작자의 견지에서 기술된다.

[0031] 본 명세서에 사용되는 용어 "약" 또는 "대략"은 길이, 두께, 양, 기간, 또는 다른 측정 가능한 값들의 측정치들의 범위를 지칭한다. 이러한 측정치들의 범위는 다음과 같은 변동치들이 개시된 장치, 시스템, 및 기술에서 기능하기에 적합한 한, 특정 값의 및 이 특정 값으로부터 +/- 10% 이하, 바람직하게는 +/- 5% 이하, 보다 바람직하게는 +/- 1% 이하, 더욱 더 바람직하게는 +/- 0.1% 이하의 변동치들을 포함한다.

[0032] 본 명세서에서 사용되는 "통신 가능하게 결합되는"은 무선 광역 네트워크(wireless wide area network: WWAN) (예를 들면, 하나 이상의 셀룰러 네트워크), (예를 들면, IEEE 802.11(Wi-Fi)과 같은 하나 이상의 표준에 대해 구성된) 무선 근거리 통신망(wireless local area network: WLAN), 블루투스, 데이터 전송 케이블 등을 포함하나 이에 국한되지 않는 임의의 유선 및/또는 무선 데이터 전송 매체를 지칭한다.

[0033] 다양한 실시예가 예시의 목적으로 도면들과 연계되어 아래에서 설명될 것이다. 개시된 개념들의 다른 구현예들도 가능하며, 개시된 구현예들로 다양한 이점들이 달성될 수 있음을 이해해야 한다. 참조를 위해서 및 다양한 섹션의 위치 파악을 돕기 위해 제목이 여기에 포함되어 있다. 이들 제목은 이와 관련하여 기술된 개념들의 범위를 제한하고자 함이 아니다. 이러한 개념들은 명세서 전체에 걸쳐서 적용 가능할 수 있다.

[0034] 예시적인 로봇 시스템

[0035] 도 1은 예컨대 환자의 루멘 내에서, 소정 거리에서 의료 시술(들)을 수행하는 것을 용이하게 하도록 구성된 로봇 시스템(100)의 실시예를 도시한다. 시스템(100)은 삽입 가능 기기(140)가 삽입될 수 있는 쉬드(sheath)(120) 및 리더(leader)(130)와 같은 가요성 기기들을 포함할 수 있다. 도시된 바와 같이, 가요성 기기들의 쉬드-리더 배열에 의해, 리더(130)와 쉬드(120)는 각각 별개의 구동 메커니즘(154, 164)에 결합되고, 각 구동 메커니즘은 로봇 아암(150, 160)의 원위 단부에 결합된다.

[0036] 쉬드(120)의 원위 단부(122)는 환자의 루멘(도시되지 않음) 내로 삽입되도록 구성될 수 있으며, 리더(130)의 원위 단부(132)는 쉬드(120)를 통해 작업 채널(129) 내로 삽입될 수 있고 환자의 루멘 내의 타겟 위치로 내비게이션될 수 있으며, 타겟 위치는 의료 시술(들)의 목표인 환자의 루멘의 조직 부위에 해당한다(예를 들면, 도 3 참조). 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)는 리더(130)의 작업 채널(139)을 통해 삽입되어 원위 단부(132)로 전진되어 조직 부위에 액세스하여 의료 시술(들)을 수행하도록 구성될 수 있다.

[0037] 쉬드(120)는 원위 단부(122), 근위 단부(124), 원위 단부(122)와 근위 단부(124) 사이에서 연장되는 샤프트(126), 및 샤프트(126)의 관절 운동 가능 영역(128)을 포함할 수 있다. 관절 운동 가능 영역(128)은 환자의 루멘을 통한 쉬드(120)의 내비게이션을 용이하게 하기 위해 샤프트(126)의 길이 방향 축에 대해 관절 운동될 수 있다. 원위 단부(122)는 원위 단부(122)에 대한 경로를 선택하기 위해 (예를 들면, 아래에서 보다 상세히 설명되는 하나 이상의 폴 와이어의 사용을 통해) 관절 운동 가능 영역(128)을 관절 운동시키고 샤프트(126)와 원위 단부(122)를 근위 단부(124)로부터 환자의 루멘을 통해 전진시킴으로써 환자의 루멘을 통해 안내될 수 있다. 이러한 방식으로, 원위 단부(122)는 환자의 루멘을 통해 조직 부위로 내비게이션될 수 있다. 위에서 언급한 바와 같이, 형광 투시법, x선, 및/또는 컴퓨터 축방향 단층 촬영(CT) 스캐닝을 포함하나 이에 국한되지 않는 다양한 내비게이션 보조구 및 시스템이 이 프로세스를 지원할 수 있다. 관절 운동 가능 영역(128)은 근위 단부(124)와 원위 단부(122) 사이에 위치될 수 있으며, 본 예에서는 원위 단부(122)에 인접해 있다. 이러한 배열은 환자의 루멘 네트워크를 통한 쉬드(120)의 내비게이션을 용이하게 할 수 있다.

[0038] 리더(130)는 원위 단부(132), 근위 단부(134), 원위 단부(132)와 근위 단부(134) 사이에서 연장되는 샤프트

(136), 및 샤프트(136)의 관절 운동 가능 영역(138)을 포함할 수 있다. 관절 운동 가능 영역(138)은 환자의 루멘을 통한 리더(130)의 내비게이션을 용이하게 하기 위해 샤프트(136)의 길이 방향 축에 대해 관절 운동될 수 있다. 관절 운동 가능 영역(138)은 근위 단부(134)와 원위 단부(132) 사이에 위치될 수 있으며, 본 예에서는 원위 단부(132)에 인접해 있다. 이러한 배열은 환자의 루멘 네트워크를 통한 리더(130)의 내비게이션을 용이하게 할 수 있다.

[0039] 위에서 언급한 바와 같이, 리더(130)의 원위 단부(132)는 슈드(120)의 근위 단부(124) 내로 삽입되어 적어도 부분적으로는 이에 의해 지지될 수 있다.

[0040] 리더(130)의 원위 단부(132)는 슈드(120)의 원위 단부(122)로부터 외부로 연장되며, 예를 들면 원위 단부(132)에 대한 경로를 선택하기 위해 (예를 들면, 아래에서 보다 상세히 설명되는 하나 이상의 풀 와이어의 사용을 통해) 관절 운동 가능 영역(138)을 관절 운동시키고 슈드(120)의 샤프트(126)를 통해 리더(130)를 전진시킴으로써 환자의 루멘을 통해 안내될 수 있다. 슈드(120)는 환자의 루멘을 통한 경로를 선택하기 위해 리더(130)가 전진되고 관절 운동될 수 있는 베이스를 제공할 수 있다. 슈드(120)는 또한 리더(130)에 대한 지지를 제공하고 그 조향을 용이하게 할 수 있다. 이러한 전진 기술은 예를 들면, 조직 부위에 인접한 타겟 위치에 도달하기 위해 환자의 루멘 네트워크를 통해 리더(130)의 원위 단부(132)를 전진시키는 데 사용될 수 있다. 전진 기술은 환자의 루멘 네트워크로부터 리더(130) 및 슈드(120)를 후퇴시키기 위해 반전될 수 있다. 이러한 방식으로, 리더(130)의 원위 단부(132)는 환자의 루멘을 통해 조직 부위로/로부터 내비게이션될 수 있다. 위에서 언급한 바와 같이, 형광 투시법, x선, 및/또는 CT 스캐닝을 포함하나 이에 국한되지 않는 다양한 내비게이션 보조구 및 시스템이 이 프로세스를 지원할 수 있다.

[0041] 도 1의 예에도시된 바와 같이, 슈드(120)의 근위 단부(124)는 환자의 루멘을 통해 슈드(120)를 안내 또는 내비게이션시키도록 구성된 제1 로봇 아암(150)에 의해 지지될 수 있다. 제1 로봇 아암(150)은 베이스(152) 및 베이스로부터 연장되는 조인트들에 결합된 복수의 아암 세그먼트를 포함할 수 있으며, 이는 제1 로봇 아암(150)에 복수의 자유도를 제공한다. 예를 들어, 제1 로봇 아암(150)의 일 구현에는 7개의 아암 세그먼트에 대응하는 7의 자유도를 가질 수 있다. 몇몇 실시예에서, 제1 로봇 아암(150)은 브레이크들 및 제1 로봇 아암(150)의 위치를 유지시키기 위한 카운터 밸런스들(counter-balances)의 조합을 이용하는 조인트들을 포함한다. 카운터 밸런스들은 가스 스프링 또는 코일 스프링을 포함할 수 있다. 브레이크들, 예를 들어 페일 세이프(fail safe) 브레이크들은 기계 및/또는 전기 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 또한, 제1 로봇 아암(150)은 중력 보조식 수동 지지형(gravity-assisted passive support type) 로봇 아암일 수 있다.

[0042] 엔드 이펙터(end effector)는 제1 로봇 아암(150)에 결합되어 슈드(120)를 제어하도록 구성된 구동 메커니즘(154)을 포함할 수 있다. 구동 메커니즘(154)은 공압, 전력, 전기 신호들, 및/또는 광 신호들을 제1 로봇 아암(150)으로부터 슈드(120)로 전달하기 위한 커넥터들을 포함할 수 있다. 구동 메커니즘(154)은 직접 구동, 하모닉(harmonic) 구동, 기어 구동, 벨트 및 풀리, 자기(magnetic) 구동 등을 포함하는 기술을 사용하여 슈드(120)의 포지셔닝을 조종하도록 구성될 수 있다. 도 5를 참조하여 아래에서 더 설명되는 바와 같이, 구동 메커니즘(154)은 또한 관절 운동 가능 영역(128)을 관절 운동시키기 위한 풀 와이어의 인장(tensioning)을 조종하도록 구성될 수 있다.

[0043] 제1 로봇 아암(150)의 베이스(152)는 동력원, 공압, 제어 및 센서 전자장치들 - 예를 들면, 중앙 처리 장치(156), 데이터 버스, 제어 회로, 및 메모리(158)와 같은 컴포넌트들을 포함함 - 및 제1 로봇 아암(150)을 동작시키기 위한 모터들과 같은 관련 액추에이터들을 포함할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 베이스(152)는 로봇 시스템(100)을 운반하기 위한 휠들 및 휠들을 위한 휠 락/브레이크(wheel locks/brakes)를 포함한다. 외과용 로봇 시스템(100)의 이동성은 외과 수술실의 공간 제약에 대응할 뿐만 아니라 외과용 장비의 적절한 포지셔닝 및 이동을 용이하게 한다. 또한, 이동성은 제1 로봇 아암(150)이 환자, 의사, 마취의, 또는 다른 장비와 간섭되지 않도록 제1 로봇 아암(150)이 구성될 수 있게 한다. 의료 시술 중에, 사용자는 제어 장치들, 예를 들면 (도 7을 참조하여 아래에서 보다 상세히 설명되는) 커맨드 센터를 사용하여 로봇 아암(150)을 제어할 수 있다.

[0044] (근위 단부(134)를 포함하는) 리더(130)의 근위 부분은 슈드(120)의 작업 채널(129)을 통해서 및 환자의 루멘 내로/을 통해 리더(130)를 안내하도록 구성된 제2 로봇 아암(160)에 의해 지지될 수 있다. 제1 로봇 아암(150)과 마찬가지로, 제2 로봇 아암(160)은 베이스(162), 조인트들에서 결합된 복수의 아암 세그먼트, 브레이크들, 및/또는 제2 로봇 아암(160)의 위치를 유지시키기 위한 카운터 밸런스들을 포함할 수 있다. 제1 로봇 아암(150)의 베이스(152)와 마찬가지로, 제2 로봇 아암(160)의 베이스(162)는 동력원, 공압, 제어 및 센서 전자장치들 - 예를 들면, 중앙 처리 장치(166), 데이터 버스, 제어 회로, 및 메모리(168)와 같은 컴포넌트들을 포함함 -

및 제2 로봇 아암(160)을 동작시키기 위한 모터들과 같은 관련 액추에이터들을 포함할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 제2 로봇 아암의 베이스(162)는 휠들 및 휠들을 위한 락/브레이크를 포함한다. 로봇 시스템(100)의 몇몇 실시예에서, 제1 및 제2 로봇 아암(150, 160)은 동일한 베이스에 장착되거나 환자 수술대에 장착될 수 있다.

[0045] (구동 메커니즘(154)과 유사할 수 있는) 엔드 이펙터 또는 구동 메커니즘(164)이 제2 로봇 아암(160)에 결합되어 리더(130)를 제어하도록 구성될 수 있다. 구동 메커니즘(164)은 공압, 전력, 전기 신호들, 및/또는 광 신호들을 제2 로봇 아암(160)으로부터 리더(130)로 전달하기 위한 커넥터들을 포함할 수 있다. 구동 메커니즘(164)은 직접 구동, 하모닉 구동, 기어 구동, 벨트 및 풀리, 자기 구동 등을 포함하는 기술을 사용하여 리더(130)의 포지셔닝을 조종하도록 구성될 수 있다. 도 5를 참조하여 아래에서 더 설명되는 바와 같이, 구동 메커니즘(164)은 또한 관절 운동 가능 영역(138)을 관절 운동시키기 위한 풀 와이어의 인장을 조종하도록 구성될 수 있다.

[0046] 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)는 리더(130)의 근위 단부(134)에서 작업 채널(139) 내로 수동으로 삽입 되도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(144) 상의 핸들(145)은 사용자(예를 들면, 의사)에 의해 파지되어 작업 채널(139)을 따라 수술 위치로 안내될 수 있다. 핸들(145)은 샘플 또는 치료제를 획득하기 위한 돌입(plunging) 또는 후퇴 운동뿐만 아니라 조준(aiming)을 위한 관절 운동 또는 임의의 다른 적절한 운동과 같은, 원하는 의료 시술을 수행하기 위해 삽입 가능 기기(140)를 조작하기 위한 작동 메커니즘(들)을 포함할 수 있다. 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)는 샤프트들(126, 136)을 따라서 관절 운동 가능 영역들(128, 138)을 통해 리더(130)의 원위 단부(132)로 통과될 수 있다. 리더(130)의 관절 운동 가능 영역(138) 내로의 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)의 통과는, 도 2b를 참조하여 아래에 설명되는 바와 같이, 관절 운동 가능 영역(138)의 바람직하지 않은 디플렉션을 유발할 수 있다. 또한, 쉬드(120)의 관절 운동 가능 영역(128) 내로의 원위 단부(142)의 통과는 관절 운동 가능 영역(138)의 디플렉션과 유사하게, 쉬드(120)의 관절 운동 가능 영역(128)의 바람직하지 않은 디플렉션을 유발할 수 있다.

[0047] 도 2a의 예에 도시된 바와 같이, 샤프트(136)의 관절 운동 가능 영역(138)은 예시의 목적을 위해 외측 케이싱(135)에 의해 덮이지 않은 상태로 도시되어 있다. 리더(130)의 외측 케이싱(135)은 가요성 폴리머 재료(예를 들면, 폴리우레탄 또는 폴리에스테르 엘라스토머 등)를 포함할 수 있고, 리더(130) 내로의 체액의 유입을 방지하며 샤프트(136)를 따라서 환자의 루멘과의 매끄러운 인터페이스를 보장할 수 있다. 또한, 외측 케이싱(135)은 샤프트(136)에 외측 구조를 제공하는 코일형 금속 밴드(137) 위로 배치될 수 있다. 관절 운동 가능 영역(138) 내에서, 코일형 금속 밴드(137)는 예를 들면, 코일형 금속 밴드(137) 내의 코일들의 간격에 기초하여 관절 운동 가능 영역(138)이 샤프트(136)의 나머지 부분보다 더 유연하도록 구조가 이루어질 수 있다.

[0048] 도 2b는 도 2a에 도시된 로봇 시스템(100)의 원위 부분의 일례를 도시한다. 파선으로 도시된 바와 같이, 원위 단부(132)는 환자의 루멘 내의 타겟 위치(118)로 내비게이션되고, 타겟 위치(118)는 의료 시술의 대상인 조직 부위의 소정 거리 내의 및/또는 이와 정렬된 리더(130)의 (원위 단부(132)를 포함하는) 원위 부분의 원하는 위치에 대응하며, 그래서 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)는 조직 부위에 액세스하기 위해 리더(130)의 원위 단부(132)로부터 연장될 수 있다. 예를 들어, 타겟 위치(118)는 적어도 부분적으로는 환자의 루멘 내의 원위 단부(132)의 위치(예를 들면, 좌표계 내의 위치), 환자의 루멘의 내비게이션 모델, 원위 단부(132)의 롤, 피치, 및/또는 요(yaw), 및/또는 관절 운동 가능 영역(138)의 관절 각도(116)로 표현될 수 있다.

[0049] 진술한 바와 같이, 삽입 가능 기기(140)는 조직 부위에 액세스하기 위해 리더(130)의 작업 채널(139)을 통해 진될 수 있다. 관절 운동 가능 영역(138) 내로의 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)의 삽입 시에, 원위 단부(132)는 파선으로 도시된 타겟 위치(118)로부터 실선으로 도시된 디플렉션된 위치(119)로 디플렉션되거나 이동될 수 있다. 타겟 위치(118)와 유사하게, 디플렉션된 위치(119)는 디플렉션 각도(115)의 변화 또는 관절 운동 가능 영역(138)의 새로운 관절 각도(116a)로 나타낼 수 있다.

[0050] 일례에서, 디플렉션된 위치(119)는 더 이상 조직 부위에 대응하지 않으며, 그래서 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)의 연장부는 리더(130)의 원위 단부(132)로부터 연장될 수는 있으나, 조직 부위에 액세스할 수 없거나 조직 부위와 오정렬될 수 있다. 예시적인 일례에서, 생검을 위한 조직 샘플의 수집 중에, 조직 부위는 약 3 cm 미만의 직경을 갖는 잠재적으로 암성의 병변(cancerous lesion)이다. 작업 채널을 통한 생검 바늘의 삽입은 타겟 위치(118)로부터 원위 단부(132)의 이동을 초래할 수 있으며, 이에 의해 로봇 시스템의 조작자에 의한 보정이 필요하게 된다. 그렇지 않으면, 생검 바늘은 병변을 놓칠 수 있고 환자의 루멘 내에서 잘못된 조직 부위를 샘플 채취할 수 있다.

[0051] 다른 예에서, 디플렉션 각도(115)는 리더(130)의 굽힘 강성(flexural rigidity) 및 삽입 가능 기기(140)의 굽

힘 강성에 따라 크기는 15° 이상일 수도 있다. 디플렉션 각도(115)의 크기에 영향을 줄 수 있는 다른 인자는 관절 각도(116), 삽입 가능 기기(140)의 직경, 또는 관절 운동 가능 영역(138)의 굽힘 강성을 포함한다. 따라서, 본 명세서에 기술된 시스템 및 기술의 특정 양태들은 타겟 위치(118)로부터의 리더(130)의 원위 부분의 디플렉션 또는 이동 및/또는 디플렉션을 자동으로 방지, 최소화, 및/또는 보상하는 것에 관한 것이다.

[0052] 관절 운동 가능 영역(138) 내로의 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)의 삽입으로 인한 타겟 위치(118)로부터의 원위 단부(132)의 디플렉션 외에, 원위 단부(132)는 몇몇 실시예에서 슈드(120)의 관절 운동 가능 영역(128)을 통한 원위 단부(142)의 삽입에 의해 타겟 위치(118)를 벗어나서 디플렉션되거나 이동될 수 있다. 예를 들어, (관절 운동 가능 영역(138)의 디플렉션 각도(115)와 유사한) 관절 운동 가능 영역(138)의 각도(도시되지 않음)는 작업 채널(129) 및/또는 관절 운동 가능 영역(128) 내로의 삽입 가능 기기(140)의 삽입에 의해 디플렉션되거나 이동될 수 있다. 원위 단부(132)는 그에 따라 디플렉션되거나 이동될 수 있다. 이 디플렉션 또는 이동은 전술한 바와 같이, 관절 운동 가능 영역(138)의 디플렉션 각도(115)의 변화(있는 경우)로부터의 디플렉션 또는 이동에 추가적일 수 있다. 따라서, 본 명세서에 기술된 시스템 및 기술의 특정 양태들은 슈드(120)의 디플렉션 또는 이동으로 인한 타겟 위치(118)로부터의 리더(130)의 원위 부분의 디플렉션의 검출 및/또는 디플렉션 또는 이동을 자동으로 방지, 최소화, 및/또는 보상하는 것에 관한 것이다.

[0053] 도 3은 환자의 루멘 네트워크 또는 루멘(303), 예를 들면 도시된 바와 같이 폐(lung) 내의 로봇 시스템(100)의 원위 부분을 도시한다. 리더(130)의 원위 단부(132)는, 예컨대 제2 로봇 아암(160)에 의해 근위 단부(134)를 전진시키고 구동 메커니즘(164)으로 관절 운동 가능 영역(138)을 관절 운동시킴으로써 원위 단부(132)로 환자의 루멘(303)을 통한 경로를 선택함으로써, 환자의 루멘(303)을 통해 내비게이션될 수 있다. 리더(130)의 샤프트(136)는 예컨대 제2 로봇 아암(160)에 의해 슈드(120)의 작업 채널(129)을 통해 전진될 수 있고, 원위 단부(132)는 슈드(120)의 원위 단부(122)로부터 연장될 수 있다. 슈드의 샤프트(126) 및 원위 단부(122)는 리더(130)의 샤프트(136)를 따라 전진됨으로써 환자의 루멘을 통해 내비게이션될 수 있다. 슈드(120)는 그에 따라 베이스를 제공할 수 있는데, 이 베이스로부터 리더(130)가 루멘(303)을 통해 다시 전진될 수 있고 루멘(303)을 통한 경로를 선택하도록 관절 운동될 수 있다. 슈드(120)는 또한 구동 메커니즘(154)에 의해 관절 운동됨으로써 리더(130)에 지지 및 추가적인 조향을 제공할 수 있다. 이러한 전진 기술은 리더(130)의 원위 단부(132)가 조직 부위(304)에 인접한 타겟 위치(118)에 도달하도록 루멘(303)을 통해 반복될 수 있다. 전진 기술은 루멘(303)으로부터 리더(130) 및 슈드(120)를 후퇴시키기 위해 반전될 수 있다.

[0054] 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)는 리더(130)의 내부 루멘(139)을 통해서 및 (수동 및/또는 로봇식으로) 원위 단부(132)로부터 외부로 전진될 수 있다. 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부는 이에 의해 조직 부위(304)에 액세스할 수 있다. 도 2b를 참조하여 위에서 설명된 바와 같이, 삽입 가능 기기(140)의 전진은 리더의 관절 운동 가능 영역(138) 및/또는 슈드(120)의 관절 운동 가능 영역(128)의 디플렉션을 초래할 수 있다.

[0055] 따라서, 본 명세서에 기술된 시스템 및 기술의 특정 양태들은 타겟 위치(118)로부터의 리더(130)의 원위 단부(132)의 디플렉션의 검출 및/또는 디플렉션을 자동으로 방지, 최소화, 및/또는 보상하는 것에 관한 것이다. 예를 들어, 본 명세서에 기술된 적어도 몇몇 실시예에서의 자동 특성은 리더(130)의 원위 단부(132)(또는 슈드(120)의 원위 단부(122))의 디플렉션에 대한 수동 보정에 비해 실질적인 시간 절감을 제공할 수 있다는 것이 이해될 것이다. 이러한 시간 절감은 수술 시간의 단축으로 인한 환자의 보다 신속한 회복 시간, 의료 시술을 수행하는 의사, 외과의, 및 직원의 피로도의 감소, 시술을 완료하는 데 필요한 시간을 단축시키고 상기 시술의 정확도를 증가시킴으로써 보다 저비용의 의료 시술, 및 의사의 상대적인 주의 집중에 의한 의료 시술 수행에 대한 오류율의 감소를 촉진할 수 있다.

[0056] 본 시스템 및 기술의 다른 이점은 디플렉션의 보정에 대한 정확도의 개선이다. 이러한 정확도의 개선은 잘못된 위치에서 수행된 의료 시술을 반복할 필요성을 배제함으로써 수술 수행에 필요한 시간을 단축시키고, 잘못된 위치에서 취해진 생검에 대한 위양성(false positives) 및 위음성(false negatives) 비율을 저감시키며, 부정확하게 또는 잘못된 위치에서 수행됨으로 인해 반복되어야 하는 시술의 횟수를 저감시키고, 전반적으로 긍정적인 환자 결과를 증가시킬 수 있다.

[0057] 본 시스템 및 기술의 다른 이점은 디플렉션 검출의 개선이다. 이러한 검출 속도의 개선은 잘못된 위치에서 수행된 의료 시술을 반복할 필요성을 제거할 수 있고, 그로 인해 긍정적인 환자 결과를 증가시킬 수 있다.

[0058] 도 4a는 예를 들면 리더(130)와 같은, 가요성 기기의 원위 부분의 실시예를 도시한다. 원위 부분은 관절 운동 가능 영역(138), 원위 단부(132), 및 작업 채널(139)의 원위 개구를 포함할 수 있다. 리더(130)의 원위 부분은 리더(130)의 원위 단부(132)의 위치를 파악하기 위한 하나 이상의 추적 시스템 또는 센서 모달리티(sensor

modalities)와 함께 사용하기 위한 추적 센서들을 더 포함할 수 있다. 이러한 추적 센서들 및 시스템들에 관한 추가 상세 사항들은 본 명세서의 상세 사항들 외에, 2016년 9월 17일자로 제출되고 발명의 명칭이 "관형 네트워크의 내비게이션"인 미국 출원 제15/268,238호에 기재되어 있으며, 그 전체 내용은 본 명세서에 참조로 포함되어 있다.

[0059] 이들 추적 센서를 모니터링하는 추적 시스템들은 작업 채널(139) 내로의 삽입 가능 기기(140)의 삽입에 의해 또는 원위 단부의 다른 원치 않는 움직임으로부터 야기된 것과 같은 움직임을 포함하여 원위 단부(132)의 움직임을 추적 및 검출하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 추적 시스템은 원위 단부(132)가 시스템(100)에 의해 타겟 위치(118) 내로 내비게이션되었는지 여부, 원위 단부(132)가 타겟 위치(118)로부터 디플렉션되었는지 여부, 및/또는 타겟 위치(118)로부터의 디플렉션의 크기를 검출할 수 있다. 또한, 추적 시스템들 각각은 예를 들면, 도 7을 참조하여 아래에서 논의되는 커맨드 센터(700)와 같은 컨트롤러를 포함하거나 아니면 이와 통신할 수 있다. 컨트롤러는 아래에서 설명되는 추적 시스템들 중 임의의 것으로부터의 데이터를 사용하여 타겟 위치(118)로부터 원위 단부(132)의 측정 또는 검출된 디플렉션을 보상하기 위해 로봇 시스템(100)에 제어 신호를 발생시키기 위한 명령들이 저장된 컴퓨터 가독 매체와 통신 가능하게 결합된 프로세서를 포함할 수 있다.

[0060] 도 4a의 예를 계속 참조하면, 다수의 가능한 추적 시스템이 이제 논의된다. 일례의 추적 시스템에서, 리더(130)의 원위 부분은 가속도계 및/또는 자이로스코프와 같은 하나 이상의 관성 센서(460)를 포함할 수 있다. 관성 센서(460)는 가속도의 변화를 검출 및/또는 측정하고 이들 측정치를 반영한 데이터 신호를 컨트롤러에 출력하도록 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 관성 센서(460)는 가속도계를 갖는 3축 마이크로 전자 기계 시스템(microelectromechanical systems: MEMS) 기반의 센서 칩이며, 예를 들면 도 4에 도시된 바와 같이 카메라(450)와 동일한 인쇄 회로 기판(PCB) 상에 또는 다른 기판 상에 리더(130)의 원위 단부(132) 근처에 결합될 수 있다. 가속도계는 원위 단부(132)의 속도와 방향을 계산하기 위해 3개의 상이한 축을 따라 선형 가속도를 측정할 수 있다. 그래서, 타겟 위치(118)를 벗어난 원위 단부(132)의 움직임은 컨트롤러에 의해 검출 및/또는 측정될 수 있다.

[0061] 일례에서, 관성 센서(460)는 중력을 검출하고 지면(地面)에 대한 내시경 튜의 위치에 관한 정보를 제공한다. 관성 센서(460)가 중력 방향도 또한 측정하면, 관성 센서(460)는 리더(130)의 원위 단부(132)의 배향에 관한 절대 정보(absolute information)를 포함하는 데이터를 제공할 수 있다. 다른 예에서는, 리더(130)가 90도까지 감겨지거나 구부러지지 않으면, 2축 가속도계도 사용될 수 있다. 다른 예에서는, 가속도계의 축이 중력의 방향에 수직으로, 즉 지면에 수직으로 유지되는 경우에, 1축 센서가 유용할 수 있다. 또 다른 예에서, 관성 센서(460)는 원위 단부(132)의 회전 속도를 측정하도록 구성된 자이로스코프를 포함할 수 있으며, 원위 단부(132)의 회전 속도는 그리고 나서 리더(130)의 관절 운동을 계산하는데 사용될 수 있다.

[0062] 관성 센서 판독 값들은 디지털 또는 아날로그 신호들을 사용하여 통신 프로토콜을 통해 컨트롤러로 전송될 수 있다. 신호는 배선을 통해 카테터의 근위 단부로 및 그곳으로부터 처리를 위해 컨트롤러로 전송될 수 있다. 타겟 위치(118)를 벗어난 원위 단부(132)의 움직임은 컨트롤러에 의해 검출 및/또는 측정될 수 있다.

[0063] 다른 예시적인 추적 시스템으로서, 카메라(450)가 또한 광학 추적 시스템의 일부로서 사용될 수 있다. 카메라(450)는 몇몇 실시예에서 전하 결합 소자(charge coupling device: CCD), 또는 원위 단부(132)에 근접하게 연결되는 광섬유 케이블이다. 카메라(450)로부터의 이미지들은 환자의 루멘과 같은 해부학적 공간들을 통해 리더(130)의 원위 단부(132)를 내비게이션시키고 타겟 위치(118)에 도달하는 데 이상적일 수 있다. 원위 단부(132)는 LED와 같은 광원을 또한 포함할 수 있다. LED와 함께, 카메라(450)는 예를 들면, 환자의 루멘 내에서의 내비게이션을 보조하기 위한 실시간 비디오를 캡처하는데 사용될 수 있다. 점액과 같은 내부 체액은 내비게이션시 문제를 일으킬 수 있다. 따라서, 원위 단부(132)는 또한 카메라 렌즈의 관주(irrigation) 및/또는 흡입(aspiration)을 위한 컴포넌트(들)와 같은, 카메라(450)를 클리닝하기 위한 컴포넌트(들)를 포함할 수 있다.

[0064] 내비게이션 외에, 카메라는 원위 단부(132)의 디플렉션을 검출하는데 및/또는 이러한 디플렉션의 크기를 측정하는데 사용될 수 있다. 광학 추적 시스템에서, 카메라(450)로부터의 출력 또는 데이터 신호는 컨트롤러와 결합될 수 있으며, 이에 의해 데이터 신호는 타겟 위치(118)를 벗어난 원위 단부(132)의 디플렉션을 검출 및/또는 측정하기 위해 처리될 수 있다.

[0065] 리더(130)의 원위 부분은 또한 원위 단부(132) 상에 하나 이상의 전자기(electromagnetic: EM) 추적기 또는 센서(484)를 포함할 수 있으며, 이는 도 4b에 도시된 EM 추적 시스템(480)과 함께 사용될 수 있다. EM 추적 시스템(480)은 전자기장 내의 센서의 위치의 실시간 표시를 제공하기 위해 발생된 전자기장(EM 필드)과 함께 EM 센서(484)를 사용할 수 있다. 그래서, 원위 단부(122)의 위치는 EM 추적 시스템으로 추적될 수 있으며, 원위 단

부(132)는 하나 이상의 EM 센서(484)를 포함한다. 게다가, 타겟 위치(118)를 벗어난 임의의 움직임 또는 디플렉션이 검출될 수 있으며 및/또는 디플렉션의 크기는 추적 시스템(480)으로부터의 데이터 신호를 사용하여 측정될 수 있다.

[0066] EM 기반의 추적에서는, 정적 EM 필드 발생기(486)가 EM 필드를 발생시킨다. EM 필드 발생기(486)는 저장도 자기장을 발생시키기 위해 환자(101)에 가깝게 배치될 수 있다. 예를 들어, 도 4b에 도시된 바와 같이, 필드 발생기(486)는 환자(101)의 신체를 지지하기 위한 환자 인터페이스 위치(112) 상에 배치될 수 있다. 예를 들어, 환자 인터페이스 위치(112)는 환자(101)를 위한 지지 플랫폼일 수 있으며, 필드 발생기는 환자의 아래에 배치될 수 있다. 다른 예에서, 필드 발생기는 로봇 아암에 고정될 수 있거나 환자 인터페이스 위치(112)의 측면의 주위에 배치될 수 있다.

[0067] 정적 EM 필드 발생기(486)는 EM 센서(484)의 센서 코일에 소전류(small current)를 유도하며, 이는 센서와 발생기 사이의 거리 및 각도와 상관된다. 그리고 나서 전기 신호는 인터페이스 유닛(온칩(on-chip) 또는 PCB)에 의해 디지털화되어, 케이블/배선을 통해 시스템 카트로 되전송되며 그리고 나서 커맨드 센터로 전송될 수 있다. 데이터는 그리고 나서 현재 데이터를 해석하고 송신기 또는 필드 발생기(486)에 대한 EM 센서(484)의 정확한 위치 및 배향을 계산하기 위해 처리될 수 있다. 이들 EM 센서의 위치들을 또한 계산하기 위해 리더(130)의 상이한 위치에, 예를 들면 관절 운동 가능 영역(138) 상에 복수의 센서가 사용될 수 있다.

[0068] 그래서, 인공적으로 발생된 EM 필드로부터의 관독 값들에 기초하여, EM 센서(484)는 환자의 해부학적 구조를 통해 이동함에 따라 필드 강도의 변화를 검출할 수 있다. EM 센서(484)로부터의 데이터 신호는 해석 및 분석을 위해 리더(130)의 소프트웨어를 따라 컨트롤러(488)로 또는 이와 달리, 컨트롤러 또는 커맨드 센터(700)로 전송될 수 있다. EM 센서(484)로부터의 관독 값들을 사용하여, 디스플레이 모듈들은 조작자가 검토할 수 있도록 미리 생성된 3차원 모델 내에서 EM 센서의 상대 위치를 디스플레이할 수 있다.

[0069] 로봇 시스템(100)의 원위 부분의 디플렉션을 검출 및 측정하기 위해 다양한 센서 및 추적 시스템이 사용될 수 있으나, 센서(들)의 선택은 적어도 부분적으로는 (i) 내시경 톨 내의 센서(들)의 크기 및(ii) 센서(들)의 제조 및 쉬드(120) 내의 통합 비용에 기초할 수 있다.

[0070] 한 세트의 생리학적 센서(490)가 환자의 생리학적 움직임을 추적하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 생리학적 센서들(490)은 호흡 중에 흉부 표면의 변위를 추정하는 것을 돕기 위해 환자의 신체에 위치된 하나 이상의 관성 센서를 포함할 수 있다. 다른 예에서, 생리학적 센서들(490)은 환자의 신체에 배치되어 EM 추적 시스템(480)과 함께 호흡 주기의 흡기(들숨)와 호기(날숨) 단계들을 측정하는데 사용되도록 구성되는 EM 패치 또는 EM 호흡 센서들을 포함할 수 있다. 다른 예에서는, 호흡에 의해 초래되는 변위를 추적하기 위해 환자의 신체에(예를 들면, 환자의 루멘의 영역에) 다수의 추가적인 EM 패치 센서가 제공될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 생리학적 센서들(490)의 데이터는 각 EM 패치 센서에 대해, 시간 경과에 따른 EM 필드에서의 센서의 위치들을 나타내는 시간 종속적인(time-dependent) 위치 데이터를 포함할 수 있다. 이들 위치에서의 상이한 변위를 추적하기 위해 다수의 상이한 EM 패치 센서가 신체 상에서 이격될 수 있다. 예를 들어, 폐의 주변부는 호흡으로 인해 중앙 기도(central airways)보다 더 큰 움직임을 보일 수 있으며, 다수의 EM 패치 센서를 제공하는 것은 이러한 움직임의 영향의 보다 정밀한 분석을 가능케 할 수 있다. 또한, 리더(130)의 원위 단부(132)는 루멘(303)의 상이한 영역들을 통해 이동하며, 그래서 이들 상이한 영역들을 통해 이동함에 따라 환자의 호흡으로 인한 변하는 수준의 변위를 겪게 된다. 데이터 필터링 기술은 리더(130)의 원위 단부(132)의 대략적인 위치를 추가적인 EM 패치 센서들 중 하나 이상과 상관시킬 수 있으며, 예를 들면 내시경 위치 신호의 호흡 움직임 아티팩트 성분(들)의 필터링/제거를 통해, 기도의 움직임으로 인한 내시경 위치 신호 내의 노이즈 또는 아티팩트를 보정하기 위해 이들 특성의 추가적인 EM 패치 센서들의 식별된 변위 크기를 사용할 수 있다. 생리학적 센서들(490)의 이 EM 패치 센서의 실시예는 2017년 3월 31일자로 제출되고 발명의 명칭이 "생리학적 노이즈를 보상하는 루멘 네트워크들의 내비게이션을 위한 로봇 시스템"인 미국 특허 출원 제62/480,257호에 더 기재되어 있으며, 상기 특허 문헌 전체는 본 명세서에 참고로 통합되어 있다.

[0071] 다른 예에서, 생리학적 센서들(490)은 기도의 영역(예를 들면, 루멘의 영역(103))에서 환자의 신체에 배치되어 호흡 주기의 흡기와 호기 단계들을 측정하는 데 사용되도록 구성되는 음향 또는 다른 유형의 호흡 센서를 포함한다. 다른 예에서, 생리학적 센서들(490)은 환자의 신체의 이미지들의 스트림을 캡처할 수 있는 광 센서(예를 들면, 이미징 디바이스)를 포함할 수 있으며, 이들 이미지는 호흡 단계 및/또는 변위를 식별하기 위해 분석될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 환자(101)는 시술 중에 인공 호흡기의 도움으로 호흡하고 있을 수 있으며, 인공 호흡기(및/또는 인공 호흡기와 통신 가능하게 결합된 디바이스)는 호흡 주기의 흡기 및 호기 단계들을 나타내는

데이터를 제공할 수 있다.

- [0072] 생리학적 센서들로부터의 데이터는 전술한 하나 이상의 추적 시스템으로부터의 데이터와 함께 컨트롤러 또는 커맨드 센터(700)에 의해 사용될 수 있다. 생리학적 센서들로부터의 이 데이터를 비교함으로써, 환자의 움직임은 추적 시스템들로부터의 데이터에서 필터링될 수 있으며, 그래서 필터링된 데이터는 (예를 들면, 호흡 주기의 흡기 및 호기 단계들 중의) 환자의 움직임이라기 보다는 기기의 삽입으로 인한 디플렉션으로부터의 리더(130)의 원위 단부(132)의 움직임을 나타낸다.
- [0073] 도 4c는 그 원위 단부(142) 상에 EM 센서(482)를 구비한 삽입 가능 기기(140)의 실시예를 도시한다. 삽입 가능 기기(140)가 리더(130)의 작업 채널(139)을 통해 수동으로 삽입되는 로봇 시스템(100)과 같은 몇몇 실시예에서, EM 센서(482)는 리더(130)를 통해서 및/또는 환자의 루멘 내에서 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)의 진행을 추적하기 위해 EM 추적 시스템(480)과 함께 사용될 수 있다. 원위 단부(142)의 위치를 나타내는 데이터와 같은, EM 센서(482)로부터의 데이터는 또한 본 명세서에 기술된 다른 추적 메커니즘들 중 임의의 것과 함께 사용될 수 있다. 예를 들어, EM 센서(482)로부터의 데이터는 예를 들면, 리더(130) 내의 EM 센서의 위치 또는 원위 단부(132)에 대한 그 근접성에 기초하여 본 명세서에 기술된 추적 시스템들 중 임의의 것을 초기화 또는 종료하는데 사용될 수 있다. 다른 예에서, 센서(482)로부터의 데이터는 도 5 및 도 9를 참조하여 아래에서 설명되는 바와 같이, 관절 운동 가능 영역(138)의 타이밍 조정의 인자(factor)로서 사용될 수 있다. 다른 예에서, 센서(482)로부터의 데이터는 원위 단부(142)가 관절 운동 가능 영역(138)에 언제 진입하게 될 지를 알기 위해 관절 운동 가능 영역(138)으로부터의 원위 단부(142)의 거리를 계산하는데 사용될 수 있다. 다른 예에서, 센서(482)로부터의 데이터는 원위 단부(142)가 관절 운동 가능 영역(138)에 언제 진입하게 될 지를 알기 위해 원위 단부(142)의 궤적을 결정하는데 사용될 수 있다. 몇몇 실시예에서는, EM 센서(482) 대신에 또는 이에 부가하여, 삽입 가능 기기(140)는 종래의 방사선 기반의 내비게이션 보조구(예를 들면, 형광 투시법, x선, 컴퓨터 축방향 단층 촬영 스캔 등)를 사용하여 추적되거나 볼 수 있는 금속제의 방사선 비투과성(radio-opaque) 벤드를 포함할 수 있다.
- [0074] 몇몇 실시예에서, 삽입 가능 기기(140)는 식별 태그(identification tag)를 포함할 수 있으며, 이 태그는 특정 삽입 가능 기기(140)에 관한 정보에 대응하거나 이를 포함하고, 예를 들면 기기의 물리적 특성들과 같은 정보를 포함한다. 몇몇 실시예에서, 로봇 시스템(100)은 태그에 기초하여 삽입 가능 기기(140)를 자동으로 식별할 수 있다. 예를 들어, 태그는 RFID 태그, 바코드 등일 수 있다. 몇몇 실시예에서, 삽입 가능 기기(140)와 연관된 물리적 특성들은 식별자(예를 들면, RFID 태그)에 인코딩될 수 있으며, 작업 채널(139) 내로의 삽입 가능 기기(140)의 삽입으로 인한 리더(130)의 예상되는 디플렉션 응답을 결정하기 위해 로봇 시스템(100)에 의해 고려될 수 있다.
- [0075] 도 5는 하나 이상의 풀 와이어(556)를 제어하도록 구성된 구동 메커니즘(500)의 실시예를 도시한다. 예를 들어, 구동 메커니즘(500)은 구동 메커니즘들(154 또는 164), 또는 본 명세서에 기술된 다른 로봇 시스템들 중 하나 이상에 대응할 수 있다. 여기서는 리더(130)를 참조하여 설명되지만, 구동 메커니즘의 실시예들은 또한 쉬드(120) 또는 임의의 다른 가요성 기기와 함께 사용될 수도 있다.
- [0076] 구동 메커니즘(500)은 근위 단부(134)로부터 리더(130)를 조종하기 위한 하나 이상의 풀 와이어(556)를 제어하도록 구성된다. 원위 단부(132)의 위치 및 관절 운동 가능 영역(138)을 제어하고 환자의 루멘을 통해 리더(130)의 샤프트(136)를 전진시킴으로써, 리더(130)는 예컨대 시스템(100)의 제어 센터에서의 의사의 입력에 응답하여 타겟 위치(118)로 내비게이션될 수 있다. 풀 와이어들(556)은 관절 운동 가능 영역(138)의 관절 각도(116) 및 방향을 제어할 수 있다. 리더(130)의 원위 단부(132)가 일단 타겟 위치(118)에 있게 되면, 몇몇 실시예에서 풀 와이어들(556)은 예를 들면, 도 2b를 참조하여 위에서 설명된 타겟 위치(118)에 대응하는 원하는 위치 또는 배향으로 원위 단부를 유지시키기 위해 제자리에 로킹(locking)될 수 있다. 풀 와이어들을 로킹하는 것은 리더(130)를 움직이는데 필요한 힘이 증가되도록 풀 와이어(556)의 장력을 증가시키는 것을 포함할 수 있다.
- [0077] 풀 와이어들(556)은 리더(130)의 종방향의 길이를 따라 연장될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 풀 와이어들(556)은 리더(130)의 관절 운동 가능 영역에 대해 리더(130) 내에서 원위에 부착된다. 풀 와이어들은 하나의 풀 와이어의 장력을 증가시키면 그 풀 와이어의 방향으로 관절 운동 가능 영역이 관절 운동을 하는 경향이 있도록, 리더(130)의 샤프트(136)의 외주(periphery) 주위에 배치될 수 있다. 예를 들면, 각 기본 방향(cardinal direction)에 하나의 풀 와이어가 있도록 4개의 풀 와이어가 샤프트(136) 주위에 균등하게 이격될 수 있다.
- [0078] 풀 와이어들(556)은 예를 들면, 스테인레스 스틸, 케블라(Kevlar), 텅스텐, 탄소 섬유 등과 같은 금속 및 비금

속 재료 양자 모두를 포함할 수 있다. 리더(130)는 풀 와이어들에 의해 가해지는 힘에 응답하여 비선형 거동을 나타낼 수 있다. 비선형 거동은 리더(130)의 샤프트(126)의 강성 및 압축성뿐만 아니라 상이한 풀 와이어들 사이의 느슨함(slack) 또는 강성의 변동성에 기초할 수 있다.

[0079] 구동 메커니즘(500)은, 각각 기어 박스(552)에 대응하며 이에 회전 가능하게 결합된 모터들(551)을 포함할 수 있다. 풀 와이어들(556)은 기어 박스들(552)로부터 연장되는 샤프트들(553)에 대응되게 결합될 수 있다. 샤프트들(553)은 대응하는 모터들(551)의 회전에 의한 샤프트들(553)의 회전으로부터 풀 와이어들(556)에 인장력을 가하도록 구성될 수 있다. 풀 와이어들(556)은 풀 와이어들의 단부들을 샤프트들에 고정하고 샤프트들(553)의 회전 운동을 통해 풀 와이어들을 따라 인장력을 가하도록 구성된 폴리들(555)을 통해 샤프트들(553)과 연결될 수 있다. 이와 달리, 풀 와이어들(556)은 폴리들(555)의 유무에 관계없이 출력 샤프트들(553)에 직접 부착될 수도 있다.

[0080] 도 5의 예에 도시된 바와 같이, 폴리들(555)은 모터들(551)의 출력 샤프트들(553)과 길이 방향으로 정렬되고 동심(同心)을 이룰 수 있다. 폴리들(555)의 스플라인들(splines)은 출력 샤프트(553) 상의 스플라인들과 정렬되어 로킹되도록 설계될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 스플라인들은 리더(130)가 구동 메커니즘(500)과 정렬되는 단일 배향이 존재하도록 설계된다. 정렬 상태로 로킹되면, 샤프트(553)와 폴리(555)의 회전은 리더(130) 내의 풀 와이어(556)를 인장 상태가 되게 하며, 그에 따라 리더(130)의 관절 운동 가능 영역(138)의 관절 운동을 발생시킨다.

[0081] 몇몇 실시예에서, 구동 메커니즘(500)은 모터들(551)의 회전 및 풀 와이어들(556)의 인장을 제어하기 위한 컨트롤러를 더 포함하거나 외부 컨트롤러(예를 들면, 아래에서 보다 상세히 설명되는 도 7의 커맨드 센터(700))와 통신 가능하게 결합될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 구동 메커니즘(500)은 출력 샤프트들의 회전 위치, 속도, 및/또는 가속도를 측정하기 위해 샤프트들(553)과 결합된 회전 인코더들을 포함한다. 몇몇 실시예에서, 컨트롤러는 구동 메커니즘의 하우징 또는 구동 메커니즘(500)이 장착되는 로봇 아암 내에서 구동 메커니즘(500) 상에 탑재된다. 컨트롤러는 모터들(551)과 결합될 수 있으며, 하나 이상의 풀 와이어(556)의 인장을 제어하기 위해 컴퓨터 가독 매체에 저장된 명령들을 실행하기 위한 프로세서로 구성될 수 있다.

[0082] 컨트롤러는 컴퓨터 가독 매체에 저장된 명령들을 실행하기 위한 프로세서를 포함할 수 있음에 유의하자. 컴퓨터 가독 매체는 전술한 추적 시스템들 중 임의의 것으로부터의 데이터를 사용하여 타겟 위치(118)로부터 원위 단부(132)의 측정 또는 검출된 디플렉션을 보상하기 위해 로봇 시스템에 제어 신호를 발생시키기 위한 명령들이 저장될 수 있다. 예를 들어, 명령들은 프로세서가 데이터를 처리하게 하고 구동 메커니즘들(154, 164) 중 어느 하나 또는 양자 모두를 사용하여 복수의 풀 와이어(556) 중 특정 풀 와이어(들)에 대한 인장을 조정하기 위한 제어 신호를 발생시키게 할 수 있다.

[0083] 몇몇 실시예에서, 제어 신호의 명령들은 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)가 관절 운동 가능 영역(138)을 통해 삽입되기 전에 드라이버(500)에 의해 실행된다. 이러한 선제적 모델 또는 접근법에서, 원위 단부(132)는 타겟 위치(118)를 벗어나서 디플렉션될 수 있으나 기기(140)가 관절 운동 가능 영역을 통해 연장될 때 복수의 풀 와이어(556)의 인장을 조정함으로써 타겟 위치(118)로 결국 복귀하게 된다. 다른 예에서, 제어 신호의 명령들은 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)가 관절 운동 가능 영역(138)을 통해 삽입되고 난 후에 실행될 수도 있다. 이러한 모델 또는 접근법에서, 원위 단부(132)는 복수의 풀 와이어(556)의 인장을 조정함으로써 기기(140)가 관절 운동 가능 영역을 통해 연장되고 난 후에 타겟 위치(118)로 복귀된다. 또 다른 실시예에서, 제어 신호의 명령들은 기기(140)의 원위 단부(142)가 관절 운동 가능 영역(138)을 통해 삽입될 때 실행될 수도 있다. 그래서, 원위 단부(132)는 원위 단부(142)의 전진에 맞춰서 복수의 풀 와이어(556)의 인장을 조정함으로써 삽입 가능 기기(140)의 전진 중에 실질적으로 타겟 위치(118)에 유지될 수 있다. 이들 기술 중 임의의 것이 EM 센서(182)로부터의 데이터와 같은, 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)의 위치를 나타내는 데이터와 함께 수행될 수 있다.

[0084] 일 실시예에서, 제어 신호는 원위 단부(132)가 타겟 위치(118)로 복귀될 때까지 구동 메커니즘(500)에 의해 하나 이상의 풀 와이어(556)의 장력이 점진적으로 증가되도록 하는 명령들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 장력은 원위 단부(132)의 위치를 결정하기 위해 카메라(450)를 사용하는 광학 추적 시스템에 의해 측정 또는 추적됨에 따라 타겟 위치(118)에 도달할 때까지 증가될 수 있다. 다른 예로서, 장력은 원위 단부(132)의 위치를 결정하기 위한 EM 추적 시스템(480) 또는 관성 추적 시스템에 의해 측정 또는 추적됨에 따라 타겟 위치(118)에 도달할 때까지 증가될 수 있다. 몇몇 경우에, 풀 와이어의 인장은 가요성 기기를 축 방향으로 압축할 수 있으며, 그에 따라 가요성 기기의 원위 길이를 단축시킬 수 있다. 이러한 경우에, 제어 신호는 가요성 기기가 축 방향 압축

을 보정하는 거리만큼 해부학적 구조에 삽입되게 함으로써 이러한 단축을 보상할 수 있다.

- [0085] 구동 메커니즘(500)은 리더(130)의 원위 부분의 움직임 및 위치를 모니터링하기 위한 장력 감지 시스템을 포함할 수 있다. 이 장력 감지 시스템은 리더(130)의 원위 단부(132)의 디플렉션에 의해 야기된 폴 와이어들(556)의 인장의 변화를 검출함으로써 이러한 디플렉션 또는 움직임을 검출 및/또는 측정하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 구동 메커니즘(500)은 폴 와이어들(556) 중 특정 폴 와이어들을 장력의 증가 또는 감소에 대해 모니터링하기 위해 이들 특정 폴 와이어들을 모니터링할 수 있다.
- [0086] 예를 들어, 구동 메커니즘(500)은 폴 와이어(들)(556)의 인장에 있어서의 임의의 측정된 변화에 기초하여 폴 와이어(들)(556)의 디플렉션을 검출/측정하기 위한 하나 이상의 전기 스트레인 게이지(554)를 포함할 수 있다. 예를 들면 특정 실시예들에서, 스트레인 게이지(554)는 모터들(551) 각각에 대응하는 모터 마운트(558)와 스트레인 게이지 마운트(557) 사이에 결합된다. 스트레인 게이지들(554)은 스트레인 게이지 마운트(557)에 포팅(potted) 및 납땜(soldered)될 수 있고 각각 모터 마운트들(558)에 스크류들을 사용하여 부착될 수 있다. 스트레인 게이지들(554)은 사이드 스크류들을 사용하여 그 개개의 모터 마운트에 적소에 고정될 수 있다. 스트레인 게이지들(554)의 게이지 배선은 스트레인 게이지 마운트(557)에 대한 모터 마운트(558)에 의한 수평 변위로 측정되는 구동 메커니즘의 임의의 수직 스트레인 또는 플렉스(flex)를 검출하기 위해 수직으로 배치될 수 있다. 스트레인의 양은 스트레인 게이지(554)의 전체 수평 폭에 대한 스트레인 게이지(554)의 팁(tip)의 수평 변위의 비(ratio)로서 측정될 수 있다. 따라서, 스트레인 게이지(554)는 궁극적으로 폴 와이어(556)에 의해 샤프트(553)에 가해지는 힘을 측정할 수 있다.
- [0087] 스트레인 게이지들(554)은 임의의 폴 와이어(556)의 인장의 임의의 변화가 검출 및 측정될 수 있도록 구성될 수 있다. 구동 메커니즘(500)은 스트레인 게이지들(554)에서 측정된 스트레인이 원위 단부(132)의 위치 및/또는 관절 운동 가능 영역(128)의 디플렉션 각도(116)와 같은 리더(130)의 위치와 상관(correlated)될 수 있도록 교정될 수 있다. 그래서 원위 단부(132)의 위치의 임의의 변화가 검출 및/또는 측정될 수 있다.
- [0088] 스트레인 게이지(554) 및/또는 스트레인 게이지(554)와 결합된 회로로부터의 데이터 신호는 (예를 들면, 도 5에 도시된 구동 메커니즘(500) 또는 도 7의 커맨드 센터(700) 내의) 컨트롤러로 전달될 수 있다. 이 데이터 신호는 폴 와이어(들)(556)의 인장, 폴 와이어(들)(556)의 움직임, 및/또는 슈드(120)의 움직임의 변화를 나타내는 데이터를 포함할 수 있다. 따라서, 예컨대 작업 채널(139) 내의 또는 리더(130)의 관절 운동 가능 영역(138)을 통한 삽입 가능 기기(140)의 삽입에 의한 리더(130)의 디플렉션은 구동 메커니즘(500) 또는 그 컴포넌트(들)에 의해 검출 및/또는 측정될 수 있다.
- [0089] 도 6a는 로봇 시스템(600)의 실시예를 도시한다. 로봇 시스템(100)과 유사하게, 시스템(600)은 슈드(620), 리더(630), 및 삽입 가능 기기(640)를 포함할 수 있다. 리더(630)는 환자의 루멘(도시되지 않음) 내에 삽입되어 환자의 루멘 네트워크 내에서 내비게이션되도록 구성된다. 예를 들어, 슈드(620) 및 리더(630)는 각각 전술한 슈드(120) 및 리더(130)와 동일하거나 유사한 구조 및 역학(mechanics)을 가질 수 있다.
- [0090] 리더(630)는 원위 단부(632), 근위 단부(634), 원위 단부(632)와 근위 단부(634) 사이에서 연장되는 샤프트(636), 및 샤프트(636)의 관절 운동 가능 영역(638)을 포함할 수 있다. 관절 운동 가능 영역(638)은 슈드(620)의 원위 단부(622)로부터 연장되고 난 후 환자의 루멘을 통해 리더(630)의 내비게이션을 용이하게 하기 위해 샤프트(636)에 대해 관절 운동되도록 구성된다. 원위 단부(632)는 원위 단부(632)에 대한 경로를 선택하기 위해 관절 운동 가능 영역(638)을 관절 운동시키고 샤프트(636)와 원위 단부(632)를 근위 단부(634)로부터 환자의 루멘을 통해 전진시킴으로써 환자의 루멘을 통해 안내될 수 있다. 상기와 유사하게, 슈드(620)는 리더(630)와 함께 전진될 수 있고, 예컨대 관절 운동 가능 영역(638)을 관절 운동시키고 리더(630)를 더욱 전진시키기 위해 이에 대한 지지를 제공할 수 있다. 이러한 방식으로, 원위 단부(632)는 환자의 루멘을 통해 타겟 위치(예를 들면, 도 2b의 타겟 위치(118) 참조)로 내비게이션될 수 있다. 관절 운동 가능 영역(638)은 근위 단부(634)와 원위 단부(632) 사이에 위치되고, 본 예에서는 원위 단부(632)에 인접해 있다. 이러한 배열은 환자의 루멘 네트워크를 통한 리더(630)의 내비게이션을 용이하게 할 수 있다. 리더(130)의 원위 단부(132)와 같이, 리더(130)는 도 4a 내지 도 5와 관련하여 설명된 것들과 같은, 환자의 루멘을 내비게이션하기 위한 센서들을 포함할 수 있다. 전술한 추적 시스템들 중 임의의 것이 원위 단부(632)의 위치를 추적하거나 위치의 변화를 검출하는데 사용될 수 있다.
- [0091] 도 1a에 도시된 슈드(120)와 유사하게, 도 6a에 도시된 슈드(620)는 원위 단부(622), 근위 단부(624), 원위 단부(622)와 근위 단부(624) 사이에서 연장되는 샤프트(626), 및 샤프트(626)의 관절 운동 가능 영역(628)을 포함할 수 있다. 관절 운동 가능 영역(628)은 환자의 루멘을 통한 슈드(620)의 내비게이션을 용이하게 하고 리더

(630)에 지지를 제공하기 위해 샤프트(626)에 대해 관절 운동될 수 있다.

- [0092] 쉬드(620)의 근위 단부(624)를 포함하는 근위 부분은 환자의 루멘을 통해 쉬드(620)를 안내 또는 내비게이션시키도록 구성되고 구동 메커니즘(654)과 결합된 제1 로봇 아암(650)에 의해 지지될 수 있다. 제1 로봇 아암(650) 및 구동 메커니즘(654)은 로봇 시스템(100)에서 위에서 논의된 제1 로봇 아암(150) 및 구동 메커니즘(154)과 유사한 구조적 및 기능적 특징들을 포함할 수 있다. 제1 로봇 아암(650)은 베이스(652) 및 베이스(652)로부터 연장되는 조인트들에서 결합된 복수의 아암 세그먼트, 동력원, 공압, 제어 및 센서 전자장치들 - 예를 들면, 중앙 처리 장치(656), 데이터 버스, 제어 회로, 및 메모리(658)와 같은 컴포넌트들을 포함함 - 및 제1 로봇 아암(650)을 동작시키기 위한 모터들과 같은 관련 액추에이터들을 포함할 수 있다. 베이스(652)는 로봇 시스템(600)을 운반하기 위한 휠들 및 휠들을 위한 휠 락/브레이크를 포함할 수 있다. 도 5와 관련하여 위에서 더 설명된 바와 같이, 구동 메커니즘(654)은 또한 관절 운동 가능 영역(628)을 관절 운동시키기 위한 폴 와이어들의 인장을 조종할 수 있다.
- [0093] 리더(630)의 근위 단부(634)를 포함하는 근위 부분은 쉬드(620)의 샤프트(626)의 루멘을 통해서 및 환자의 루멘 내로 리더(630)를 안내 또는 내비게이션시키도록 구성된 제2 로봇 아암(660)에 의해 지지될 수 있다. 제1 로봇 아암(650)과 마찬가지로, 제2 로봇 아암(660)은 베이스(662), 조인트들에서 결합된 복수의 아암 세그먼트, 브레이크들, 및/또는 제2 로봇 아암(660)의 위치를 유지시키기 위한 카운터 밸런스들을 포함할 수 있다.
- [0094] 리더(630)를 제어하기 위해 엔드 이펙터 또는 구동 메커니즘(664)이 제2 로봇 아암(660)과 결합될 수 있다. 구동 메커니즘들(154, 164)과 같이, 구동 메커니즘(664)은 리더(630)에 대한 커넥터들을 포함하고 리더(630)의 포지셔닝을 조종할 수 있다. 도 5와 관련하여 위에서 더 설명된 바와 같이, 구동 메커니즘(664)은 또한 관절 운동 가능 영역(638)을 관절 운동시키기 위한 폴 와이어들의 인장을 조종할 수 있다. 제2 로봇 아암(660)의 베이스(662)는 제1 로봇 아암(150)의 베이스(152)와 유사하게, 동력원, 공압, 제어 및 센서 전자장치들 - 중앙 처리 장치(666), 데이터 버스, 제어 회로, 및 메모리(668) - 및 제2 로봇 아암(660)을 동작시키기 위한 모터들과 같은 관련 액추에이터들을 포함할 수 있다. 시술 중에, 사용자는 제어 장치, 예를 들면 커맨드 센터를 사용하여 제2 로봇 아암(660)을 제어할 수 있다.
- [0095] 유사하게, 삽입 가능 기기(640)의 근위 단부(644)는 제3 로봇 아암(670) 및/또는 기기 매니플레이터(674)에 의해 지지될 수 있으며, 삽입 가능 기기(640)를 안내하고 의료 시술을 수행하기 위해 삽입 가능 기기(640)를 제어하도록 구성될 수 있다. 제3 로봇 아암(670) 및 기기 매니플레이터(674)는 제1 및 제2 로봇 아암(650, 660) 및 로봇 시스템(100)의 로봇 아암들과 유사한 구조적 및 기능적 특징들을 포함할 수 있다. 하지만, 여기서 삽입 가능 기기(640)는 리더(630)의 작업 채널(639) 내에 삽입되어 이들 따라 안내된다. 제1 로봇 아암(650)과 마찬가지로, 제3 로봇 아암(670)은 베이스(672), 조인트들에서 결합된 복수의 아암 세그먼트, 브레이크들, 및/또는 제3 로봇 아암(670)의 위치를 유지시키기 위한 카운터 밸런스들을 포함할 수 있다. 제3 로봇 아암(670)의 베이스(672)는 동력원, 공압, 제어 및 센서 전자장치들 - 예를 들면, 중앙 처리 장치(676), 데이터 버스, 제어 회로, 및 메모리(678)와 같은 컴포넌트들을 포함함 - 및 제3 로봇 아암(670)을 동작시키기 위한 모터들과 같은 관련 액추에이터들을 포함할 수 있다. 제3 로봇 아암(670)의 베이스(672)는 휠들 및 휠들을 위한 락/브레이크를 포함할 수 있다.
- [0096] 이와 달리, 삽입 가능 기기(640)는 예를 들면, 의사에 의해 수동으로 작동되도록 구성될 수도 있다. 이러한 실시예에서, 삽입 가능 기기(640)는 EM 센서(482)와 관련하여 전술한 바와 같이, 작업 채널(629) 내에서 또는 환자의 루멘 내로의 삽입 가능 기기(640)의 위치를 추적할 수 있는 데이터를 제공하도록 구성된 EM 센서(482)를 포함할 수 있다.
- [0097] 삽입 가능 기기(640)는 작업 채널(629) 내로 삽입될 수 있을 정도로 작은 직경, 리더(630) 전체에 걸쳐 연장되기에 충분한 길이, 무게, 및 그 길이를 따라서의 굽힘 강성과 같은 다양한 물리적 특성들을 가질 수 있다. 몇몇 실시예에서, 삽입 가능 기기(640)는 식별 태그를 포함하며, 이 태그는 특정 삽입 가능 기기(640)에 관한 정보에 대응하거나 이를 포함하고, 기기의 물리적 특성들과 같은 정보를 포함한다. 몇몇 실시예에서, 로봇 시스템(600)은 태그에 기초하여 삽입 가능 기기(640)를 자동으로 식별할 수 있다. 예를 들어, 태그는 RFID 태그, 바코드 등일 수 있다. 몇몇 실시예에서, 삽입 가능 기기(640)와 연관된 물리적 특성들은 리더(630) 내로의 삽입 가능 기기(640)의 삽입으로 인한 리더(630)의 예상되는 디플렉션 응답을 결정하기 위해 로봇 시스템(600)에 의해 고려된다.
- [0098] 몇몇 실시예에서, 환자의 루멘 내로의 시스템(600)의 도달 범위를 증가시키기 위해, 예를 들면 환자의 폐의 주변부에 액세스하기 위해, 리더(630)보다 작은 직경을 갖는 확장 작업 채널과 같은 삽입 가능 기기가 리더(630)

의 작업 채널(639) 내로 삽입될 수 있으며 리더(630)의 원위 단부(632)에서 환자의 루멘 내로 연장될 수 있다. 확장 작업 채널의 원위 단부는 그리고 나서 의료 시술을 이행하기 위한 환자의 루멘의 조직 부위에 대응하는 타겟 위치(618)로 연장되거나 내비게이션될 수 있다. 삽입 가능 기기(640)의 원위 단부(642)는 확장 작업 채널의 작업 채널을 통해 삽입되어 그 원위 단부로 전진되고 의료 시술을 수행하기 위한 조직 부위에 액세스하도록 구성된다. 확장 작업 채널은 이에 의해 리더(130) 단독의 액세스 또는 도달 범위를 증가시킬 수 있다.

[0099] 몇몇 의료 시술에서, 리더(630) 또는 슈드(620)의 크기 및/또는 가요성은 리더(630)의 통과에 의해 환자의 루멘에 대한 손상 가능성을 증가시킨다. 그래서, 몇몇 의료 시술에서는 슈드(620)없이 리더(630)만을 사용하는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, 리더(630)는 제2 로봇 아암(660)을 사용하여 환자의 루멘 내로 전진될 수 있고 제어될 수 있다. 이러한 실시예의 리더(630)는 슈드(620)와 함께 사용되는 리더(630)보다 큰 직경을 가질 수 있으므로, 리더(630)는 예컨대 환자의 폐의 주변부에 액세스하기 위해 확장 작업 채널과 함께 또는 확장 작업 채널 없이 사용될 수 있다.

[0100] 도 6b는 하나 이상의 기기의 전진 및 작동을 제어하도록 구성된 기기 매니플레이터의 실시예를 도시한다. 예시의 목적으로 로봇 시스템(600)을 참조하여 아래에서 설명되고 있으나, 여기서 설명되는 기기 매니플레이터(674)는 몇몇 실시예에서, 예컨대 삽입 가능 기기(140)의 수동 제어를 대체하기 위해 로봇 시스템(100)과 함께 사용될 수도 있다. 도 6b를 참조하면, 기기 매니플레이터(674)는 삽입 가능 기기(640)의 근위 단부(644)를 지지하도록 및 제3 로봇 아암(670)과 함께 구성될 수 있다. 기기 매니플레이터(674) 및/또는 로봇 아암(670)은 조직 부위에 액세스하기 위해 리더(630)의 작업 채널(639)을 통해 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)를 내비게이션시킬 수 있다.

[0101] 일례에서, 삽입 가능 기기(640)는 바늘 조립체일 수 있다. 바늘 조립체는 재킷(647), 바늘(645), 및 바늘에 연결된 관형의 세장(elongate) 샤프트(649)를 포함한다. 제3 로봇 아암(670)은 바늘 조립체의 위치를 파악하고 그 포지셔닝을 유지하도록 구성될 수 있다. 제3 로봇 아암(670)은 치료제를 제어 및 투여하기 위한 제1 그립 부분(682) 및 샤프트(649)와 재킷(647)을 각각 고정할 수 있는 2개의 추가 그립 부분(684, 886)을 포함할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 제1, 제2, 및 제3 그립 부분(682, 684, 686)은 전술한 바와 같이 동일한 로봇 아암 상에, 또는 임의의 조합으로 상이한 로봇 아암들 상에 있을 수 있다. 제1 그립 부분(682)은 예를 들어, 주사기를 제어하고 및/또는 주사기의 플런저(plunger)를 로봇 제어하기 위한 하나 이상의 액추에이터(688)를 포함할 수 있다. 제3 그립 부분(686)은 재킷(647)의 정지 포지셔닝(stationary positioning)을 유지할 수 있다. 제2 그립 부분(684)은 샤프트(649)의 근위 단부를 근위로 및 원위로 이동시켜서, 바늘(645)을 재킷(647) 내로 및 재킷(647)으로부터 외부로 이동시키고 및/또는 조직 부위의 샘플링을 이행하도록 구성될 수 있다.

[0102] 기기들의 다른 예들은 겸자(forceps), 브러시, 메스(scalpels), 레이저, 오거(augers), 카메라, 및 프로브를 포함하나 이에 국한되지는 않는다. 몇몇 실시예에서, 삽입 가능 기기(640)는 단일 시술로 복수의 치료 측면을 수행하기 위해 수술 중의 기기들의 다른 실시예들을 대체할 수 있다. 다른 예로서, 기기 매니플레이터(674)는 예컨대 적어도 하나의 풀 와이어를 사용하여 겸자를 작동시키기 위해 본 명세서에 기술된 구동 메커니즘들과 유사한 적어도 하나의 풀 와이어를 갖는 구동 메커니즘을 포함할 수 있다. 다른 예들에서, 기기 매니플레이터는 다양한 의료 시술을 수행하기 위해 삽입 가능 기기(640)를 작동시키기 위한 다양한 모터, 압력 조절기, 전기 연결부 등을 포함할 수 있다. 그래서, 기기 매니플레이터(674)는 다양한 기기 유형을 수용할 수 있도록 다양한 구성을 가질 수 있다.

[0103] 도 7은 예를 들면, 전술한 로봇 시스템과 함께 사용될 수 있는 커맨드 센터(700)를 도시한다. 커맨드 센터(700)는 콘솔 베이스(701), 디스플레이 모듈들(702), 예를 들면 모니터들, 및 제어 모듈들, 예를 들면 키보드(703) 및 조이스틱(704)을 포함한다. 몇몇 실시예에서, 커맨드 센터(700)의 기능들 중 하나 이상은 로봇 시스템 또는 로봇 시스템에 통신 가능하게 결합된 다른 시스템 상의 컨트롤러에 통합될 수 있다. 사용자(705), 예를 들면 의사는 커맨드 센터(700)를 사용하여 인체 공학적 위치로부터 로봇 시스템을 원격으로 제어할 수 있다.

[0104] 콘솔 베이스(701)는 중앙 처리 장치, 메모리 장치, 데이터 버스, 및 장력 감지 시스템, 광학 추적 시스템, 관성 추적 시스템, EM 추적 시스템, 및 생리학적 추적 시스템을 포함하나 이에 국한되지 않는 전술한 추적 시스템들 중 임의의 것으로부터의 데이터와 같은 신호를 해석 및 처리하는 것을 담당하는 관련 데이터 통신 포트들을 포함할 수 있다.

[0105] 콘솔 베이스(701)는 또한 제어 모듈들(703 및 704)을 통해 사용자(705)에 의해 제공된 커맨드(commands) 및 명령(instructions)을 처리할 수 있다. 도 7에 도시된 키보드(703)와 조이스틱(704) 외에, 제어 모듈들은 다른 디바이스들, 예를 들면 컴퓨터 마우스, 트랙패드, 트랙볼, 제어 패드, 핸드헬드 리모콘과 같은 시스템 컨트롤러

들, 및 손 제스처와 손가락 제스처를 캡처하는 센서들(예를 들면, 모션 센서들 또는 카메라들)을 포함할 수 있다. 시스템 컨트롤러는 기기의 작동(예를 들면, 관절 운동, 구동, 물 관주(water irrigation) 등)에 매핑된 한 세트의 사용자 입력(예를 들면, 버튼, 조이스틱, 방향 패드 등)을 포함할 수 있다.

[0106] 사용자(705)는 예를 들면, 속도 모드 또는 위치 제어 모드에서 커맨드 센터(700)를 사용하여 가요성 기기(예를 들면, 쉬드(120), 리더(130), 쉬드(620), 또는 리더(630), 하지만 여기서는 리더(130)에 관해서 설명되고 있음)를 제어할 수 있다. 속도 모드에서, 사용자(705)는 제어 모듈들을 사용한 직접 수동 제어에 기초하여 리더(130)의 원위 단부(132)의 피치(pitch) 및 요(yaw) 운동을 직접 제어한다. 예를 들어, 조이스틱(704)의 움직임은 리더(130)의 원위 단부(132)에서의 요 및 피치 운동에 매핑될 수 있다. 조이스틱(704)은 사용자(705)에게 햅틱 피드백을 제공할 수 있다. 예를 들어, 조이스틱(704)은 리더(130)가 특정 방향으로 더 이상 병진 이동하거나 회전할 수 없음을 나타내기 위해 진동할 수 있다. 커맨드 센터(700)는 또한 리더(130)가 최대의 병진 이동 또는 회전에 도달했음을 나타내는 시각적 피드백(예를 들면, 팝업 메시지) 및/또는 오디오 피드백(예를 들면, 비프음(beeping))을 제공할 수 있다. 아래에서 보다 상세히 설명되는 바와 같이 환자의 호기(expiration) 중에 시스템이 안전 모드로 작동하는 것에 기인하여 햅틱 및/또는 시각적 피드백이 또한 제공될 수 있다.

[0107] 위치 제어 모드에서, 커맨드 센터(700)는 외과용 기기, 예를 들면 리더(130)를 제어하기 위해 환자 루멘의 3차원(3D) 맵 및 본 명세서에 기술된 내비게이션 센서들로부터의 입력을 사용할 수 있다. 커맨드 센터(700)는 예컨대, 관절 운동 가능 영역(128)의 관절 각도(116)의 제어에 의해 원위 단부(122)(또는 원위 단부(632))를 타겟 위치(118)로 조종하기 위해 로봇 시스템(100)의 로봇 아암들에 제어 신호들을 제공한다.

[0108] 몇몇 실시예에서, 리더(130)의 모델은 외과 시술의 상태를 나타내는 것을 돕기 위해 3D 모델들로 디스플레이된다. 예를 들어, CT 스캔은 생검이 필요할 수 있는 해부학적 구조의 병변을 식별한다. 작동 중에, 디스플레이 모듈들(702)은 리더(130)의 현재 위치에 대응하는 리더(130)에 의해 캡처된 기준 이미지를 보여줄 수 있다. 디스플레이 모듈들(702)은 사용자 설정 및 특정 외과 시술에 따라 리더(130)의 모델의 상이한 뷰(views)를 자동으로 디스플레이할 수 있다. 예를 들어, 디스플레이 모듈들(702)은 리더(130)가 환자의 수술 영역에 접근함에 따라 내비게이션 단계 중에 리더(130)의 오버헤드 형광 투시도를 보여준다.

[0109] 예시적인 디플렉션 보상 기술

[0110] 본 발명의 하나 이상의 양태에 따르면, 도 8은 가요성 기기의 원위 단부의 디플렉션을 검출 및 보상하기 위한 추적 보상 프로세스(800)의 구현예의 흐름도를 도시한다. 프로세스(800)는 예시의 목적으로 로봇 시스템(100)을 참조하여 설명되고 있다; 하지만, 프로세스(800)는 다른 적합한 로봇 시스템들에서도 구현될 수 있다.

[0111] 프로세스(800)는 로봇 시스템(100)의 상태 및/또는 로봇 시스템(100)에 대한 입력에 기초하여 시작될 수 있다. 예를 들어, 프로세스(800)는 제1 기기, 예를 들면 리더(130)의 작업 채널(139) 내의 삽입 가능 기기(140)의 위치에 기초하거나 이에 응답하여 시작할 수 있다. 예를 들어, 프로세스(800)는 리더(130)의 관절 운동 가능 영역(138) 또는 리더(132)의 원위 단부(132)에 대한 근접도(예를 들면, 약 10 cm 이내)와 같은, 작업 채널(139) 내의 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)의 특정 위치에 기초하여 시작할 수 있다. 다른 예에서, 시스템(100)은 사용자가, 예컨대 커맨드 센터(700)에서, 사용자 인터페이스 또는 사용자 입력 디바이스를 통해 프로세스(800)를 수동으로 트리거하고 있다고 판단할 수 있다. 또 다른 예에서, 프로세스(800)는 시스템(100)이 전술한 추적 시스템들 중 하나를 사용하여 리더(130)의 원위 단부(132)가 타겟 위치(118)로 내비게이션되었음을 인식함에 따라 자동으로 트리거될 수 있다. 또 다른 예에서, 프로세스(800)는 시스템(100)의 제어 가능한 요소들 중 임의의 것을 동작시키거나 조종하기 위한 추가의 사용자 입력 또는 커맨드가 없다는 것에 응답하여 개시된다.

[0112] 블록 810에서, 시스템(100)은 제1 기기의 초기 위치를 결정(예를 들면, 검출 또는 측정)할 수 있다. 제1 기기는: 근위 부분 및 원위 부분을 포함하는 샤프트 - 원위 부분은 관절 운동 가능 영역 및 원위 단부를 포함하고, 샤프트는 이를 통해 연장되는 작업 채널을 포함함 -; 및, 적어도 하나의 풀 와이어를 포함할 수 있다. 블록 810은 가요성 기기의 원위 단부(예를 들면, 리더(130)의 원위 단부(132))의 초기 위치를 결정하는 단계를 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 초기 위치는 타겟 위치(118)에 대응할 수 있다.

[0113] 원위 단부(132)의 위치를 모니터링하기 위한 전술한 추적 시스템들 중 임의의 것이 원위 단부(132)의 초기 위치를 검출하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, EM 추적 시스템(480)은 원위 단부(132)의 초기 위치를 나타내는 센서(484)에 관한 데이터를 컨트롤러로 중계할 수 있고; 및/또는, 관성 추적 시스템은 원위 단부(132)의 초기 위

치를 나타내는 센서(460)에 관한 데이터를 중계할 수 있다. 전기 스트레인 게이지들(554)은 원위 단부(132)의 초기 위치를 나타내는 풀 와이어(들)(556)의 인장에 기초하여 데이터를 중계할 수 있다. 광학 추적 시스템의 카메라(450)는 원위 단부(132)의 초기 위치를 나타내는 광학 포지셔닝에 기초하여 데이터를 중계할 수 있다.

[0114] 블록 820에서, 시스템(100)은 적어도 하나의 센서로부터의 데이터 신호에 기초하여, 제1 기기의 작업 채널 내로의 제2 기기의 삽입에 응답하여 샤프트의 원위 단부의 위치 변화(예를 들면, 디플렉션)를 검출할 수 있다. 예를 들어, 블록 820은 적어도 하나의 센서로부터의 데이터 신호에 기초하여, 예를 들면 리더(130)의 작업 채널(139) 내로의 삽입 가능 기기(140)의 삽입에 응답하여 리더(130)의 원위 단부(132)의 초기 위치로부터의 위치 변화를 검출하는 단계를 포함할 수 있다. 원위 단부(132)의 위치를 모니터링하기 위한 전문 추적 시스템들 중 임의의 것이 원위 단부(132)의 디플렉션을 검출하는데 사용될 수 있다. 컨트롤러는 장력 감지 시스템, 광학 추적 시스템, 관성 추적 시스템, 및/또는 EM 추적 시스템(480)으로부터 디플렉션을 나타내는 데이터를 수신할 수 있다. 예를 들어, EM 추적 시스템(480)은 원위 단부(132)의 위치의 변화를 나타내는 센서(484)에 관한 데이터를 컨트롤러에 중계할 수 있고; 관성 추적 시스템은 원위 단부(132)의 위치의 변화 및/또는 디플렉션된 위치(119)를 나타내는 센서(460)에 관한 데이터를 컨트롤러에 중계할 수 있으며; 광학 추적 시스템은 원위 단부(132)의 위치의 변화를 나타내는 카메라(450)로부터의 데이터를 컨트롤러로 중계할 수 있고; 및/또는, 인장 감지 시스템(500)은 관절 운동 가능 영역(138)의 관절 각도(116)의 변화를 나타내는 스트레인 센서들(554)로부터의 데이터를 컨트롤러로 중계할 수 있다.

[0115] 몇몇 예에서, 위치 변화를 측정하는 것은 원위 단부(132)의 디플렉션(예를 들면, 관절 각도(116)의 변화)과 상이하고 및/또는 원위 단부(132)의 디플렉션을 나타내지 않는 환자의 생리학적 움직임(예를 들면, 호흡 패턴)을 필터링하는 것을 포함할 수 있다. 예를 들면 프로세스(800)의 블록 820에서, 그 전에, 또는 후에, 물리적인 생리학적 움직임 센서들(490)로부터의 데이터 신호가 컨트롤러에 의해 수신될 수 있다. 그래서, 시스템(100)은 환자의 생리학적 움직임에 기인한 원위 단부(132)의 검출된 위치 변화를 고려(예를 들면, 보상)할 수 있다.

[0116] 블록 830에서, 시스템(100)은 샤프트의 원위 단부의 검출된 위치 변화에 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성할 수 있다. 예를 들어, 블록 830은 원위 단부(132)의 위치 변화를 나타내는 추적 시스템으로부터의 데이터에 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 생성된 제어 신호는 적어도 부분적으로는, 초기 위치, 임의의 검출된 디플렉션의 크기, 방향, 및/또는 각도, 및/또는 생리학적 움직임 센서들(490)로부터의 신호를 기초로 할 수 있다.

[0117] 제어 신호는 원위 단부(132)를 초기 위치로 복귀시키기 위한 명령들을 포함할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 제어 신호는 원위 단부(132)를 다시 타겟 위치(118)로 복귀시키기 위한 명령들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제어 신호는 디플렉션을 보상하고 그에 의해 원위 단부(132)를 다시 초기 위치로 복귀시키기 위해 구동 메커니즘(164)이 리더(130)의 풀 와이어들(556) 중 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하게 하는 명령들을 포함할 수 있다. 대체로서 또는 부가적으로, 제어 신호는 리더(130)의 원위 단부(132)를 다시 그 초기 위치로 복귀시키기 위해 구동 메커니즘(154)이 슈드(120)의 풀 와이어들 중 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하게 하는 명령들을 포함할 수 있다.

[0118] 블록 840에서, 시스템(100)은 적어도 하나의 제어 신호에 기초하여 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정할 수 있으며, 조정된 인장은 샤프트의 원위 단부를 초기 위치로 복귀시키는 것을 용이하게 한다. 예를 들어, 블록 840은 적어도 하나의 제어 신호에 기초하여 리더(130) 및/또는 슈드(120)의 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들어, 원위 단부(132)를 초기 위치로 복귀시키고, 그에 따라 삽입 가능 기기(140)의 삽입으로 인한 원위 단부(132)의 임의의 디플렉션을 보상하기 위해 구동 메커니즘(164) 및/또는 구동 메커니즘(154)은 제어 신호 내의 명령들을 실행하고 (리더(130) 및/또는 슈드(120)의) 하나 이상의 풀 와이어의 인장을 조정할 수 있다.

[0119] 시스템(100)은 몇 가지 조건 중 임의의 것에 기초하여 프로세스(800)를 종료할 수 있다. 일례에서, 시스템(100)은 리더(130)의 원위 단부(132)가 검출된 위치 변화 후에 초기 위치로 복귀되었음을 검출하면 프로세스(800)를 종료한다. 다른 예에서, 시스템(100)은 예를 들면, 커맨드 센터(700)를 통해 사용자로부터 오버라이드(overriding) 입력 제어 신호를 수신하는 것에 응답하여 프로세스(800)를 종료한다. 다른 예에서, 시스템(100)은 사용자에게 의한 수동 입력의 검출에 기초하여 프로세스(800)를 종료한다. 다른 예에서, 프로세스(800)는 리더(130)의 작업 채널(139) 내에서의 삽입 가능 기기(140)의 위치 및/또는 움직임 방향(예를 들면, 후퇴)에 의해 종료될 수 있다. 예를 들어, EM 추적 시스템(480)에 의해 검출된 움직임은 관절 운동 가능 영역(138)으로부터 및/또는 작업 채널(139)로부터 삽입 가능 기기(140)의 후퇴를 나타낼 수 있다.

- [0120] 이와 달리, 초기 위치로부터 원위 단부(132)의 하나의 디플렉션이 검출되면, 원위 단부(132)의 위치가 시스템(100)에 의해 계속 추적 또는 모니터링됨에 따라 프로세스(800)가 반복될 수 있다. 원위 단부(132)의 디플렉션의 검출에 이어서, 제어 신호들을 생성하는 단계, 및 리더(130) 및/또는 슈드(120)의 풀 와이어들(556)의 인장을 조정하는 단계가 전술한 바와 같이 계속될 수 있다.
- [0121] 다른 구현예에서, 전술한 프로세스(800)는 로봇 시스템(600)을 사용하고 리더(630)의 원위 단부(632)의 디플렉션을 검출함으로써 수행될 수 있다. 블록 810에서, 시스템(600)은 전술한 추적 시스템들 중 임의의 것을 사용하여 리더(630)의 원위 단부(632)의 초기 위치(예를 들면, 타겟 위치(618))를 검출할 수 있다. 블록 820에서, 시스템(600)은 예를 들면, 장력 감지 시스템 또는 EM 추적 시스템(480), 및/또는 본 명세서에 기술된 임의의 다른 추적 시스템들을 사용함으로써, 리더(630)의 원위 단부(632)의 위치 변화(예를 들면, 디플렉션)를 검출할 수 있다. 대체로서 또는 부가적으로, 전술한 추적 시스템들 중 임의의 것이 슈드(620)의 원위 단부(622)의 디플렉션을 검출하는데 사용될 수 있으며, 이는 보상을 필요로 하는 리더(630)의 원위 단부(632)의 변형을 또한 나타낼 수 있다.
- [0122] 블록 830에서, 시스템(600)은 위치 변화, 검출된 디플렉션, 생리학적 움직임 센서들(490), 및/또는 디플렉션의 크기를 나타내는 추적 시스템으로부터의 데이터에 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성할 수 있다. 제어 신호는 원위 단부(632)를 초기 위치로 다시 복귀시키기 위한 명령들(예를 들면, 구동 메커니즘(664)이 리더(630)의 풀 와이어들(556) 중 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하게 하는 명령들)을 포함할 수 있다. 대체로서 또는 부가적으로, 제어 신호는 리더(630)의 원위 단부(632)를 다시 그 초기 위치로 복귀시키기 위해 구동 메커니즘(654)이 슈드(620)의 풀 와이어들 중 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하게 하는 명령들을 포함할 수 있다.
- [0123] 블록 840에서, 리더(630)의 원위 단부(632)를 초기 위치로 복귀시키기 위해 구동 메커니즘(664) 및/또는 구동 메커니즘(654)은 제어 신호의 명령들을 실행하고 리더(630) 및/또는 슈드(620)의 하나 이상의 풀 와이어의 인장을 조정할 수 있다.
- [0124] 본 발명의 하나 이상의 양태에 따르면, 도 9는 제1 기기의 적어도 하나의 풀 와이어를 제어하는 것에 기초하여 제1 기기, 예를 들어 가요성 기기의 디플렉션을 보상하기 위한 예시적인 프로세스의 흐름도를 도시한다. 프로세스(900)는 예시의 목적으로 로봇 시스템(100)을 참조하여 설명되고 있다; 하지만, 프로세스(900)는 다른 적합한 로봇 시스템들에서도 구현될 수 있다.
- [0125] 프로세스(900)는 시스템(100)의 몇 가지 상태 또는 입력 중 임의의 것에 기초하여 시작될 수 있다. 블록 910에서, 시스템(100)은 제1 기기의 작업 채널 내로의 제2 기기의 삽입을 검출할 수 있고, 제2 기기는 근위 단부 및 원위 단부를 포함할 수 있다. 제1 기기는: 근위 부분 및 원위 부분을 포함하는 샤프트 - 원위 부분은 관절 운동 가능 영역을 포함함 -; 및 적어도 하나의 풀 와이어를 포함할 수 있다. 상태는 리더(130)의 관절 운동 가능 영역(138) 또는 원위 단부(132)에 대한 삽입 가능 기기(140)의 근접도(예를 들면, 약 2 cm, 5 cm, 10 cm, 또는 임의의 다른 문턱값 거리 이내)와 같은, 리더(130)의 작업 채널(139) 내의 삽입 가능 기기(140)의 위치(예를 들면, 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)의 특정 위치)를 기초로 할 수 있다. 부가적으로 또는 대체로서, 시스템(100)은 사용자가 예컨대 커맨드 센터(700)에서 사용자 인터페이스를 통해 프로세스(900)의 시작을 수동으로 트리거하고 있다고 판단할 수 있다. 일례에서, 프로세스(900)는 시스템(100)이 원위 단부(132)가 타겟 위치(118)에 있음을 인식함(예를 들면, 시스템(100)이 이 상태를 자동으로 검출하는 것에 기초하여 및/또는 시스템(100)이 이 상태를 나타내는 사용자 입력을 수신하는 것에 기초함)에 따라 자동으로 개시될 수 있다. 또 다른 예에서, 프로세스(900)는 시스템(100)의 제어 가능한 요소들 중 임의의 것을 동작시키거나 조종하기 위한 추가의 사용자 입력 또는 커맨드가 없다는 것에 응답하여 개시된다.
- [0126] 일 실시예에서, 시스템(100)은 작업 채널(139)을 통해 삽입 가능 기기(140)의 전진을 추적할 수 있다. 예를 들어, EM 추적 시스템(480)은 작업 채널(139) 내의 원위 단부(142)의 위치를 나타내는 삽입 가능 기기(140)의 센서(482)에 관한 데이터를 컨트롤러로 중계할 수 있다. 작업 채널(139)에 대한 위치는 리더(130)의 관절 운동 가능 영역(138) 및/또는 원위 단부(132)에 대한 원위 단부(142)의 근접도 및/또는 리더(130)의 관절 운동 가능 영역(138) 및/또는 원위 단부(132)에의 도달을 포함할 수 있다.
- [0127] 블록 920에서, 시스템(100)은 관절 운동 가능 영역 내에서의 제2 기기의 원위 단부의 위치를 계산할 수 있다. 예를 들어, 블록 920은 EM 추적 시스템(480)으로부터의 데이터 및/또는 로봇 제어 데이터에 기초하여 관절 운동 가능 영역 내에서의 제2 기기의 원위 단부의 위치를 계산하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0128] 블록 930에서, 시스템(100)은 관절 운동 가능 영역 내에서의 제2 기기의 원위 단부의 계산된 위치에 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성할 수 있다. 다른 실시예들에서, 적어도 하나의 제어 신호는 관절 운동 가능 영역 내에서의 제2 기기의 원위 단부의 계산된 위치로부터 발생하는 제1 기기의 예측된 디플렉션을 기초로 할 수 있다. 제어 신호는 예측된 디플렉션에 기초하여 원위 단부(132)가 타겟 위치(118)로부터 디플렉션되는 것을 방지하거나 아니면 타겟 위치에 원위 단부(132)를 달리 복귀시키기 위한 명령들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제어 신호는 달리 발생할 수 있는 임의의 디플렉션을 방지하거나 최소화하기 위해 구동 메커니즘(164)이 리더(130)의 풀 와이어(556)들 중 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하게 하는 명령들을 포함할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 제어 신호는 원위 단부(132)를 타겟 위치(118)에 유지하기 위해 구동 메커니즘(154)(또는 구동 메커니즘(154, 164) 양자 모두)이 풀 와이어들 중 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하게 하는 명령들을 포함할 수 있다. 몇몇 경우에는, 풀 와이어들에 대한 인장의 증가의 결과로 리더가 압축될 수 있음을 이해해야 한다. 이러한 경우에, 제어 신호는 또한 리더를 제어하는 로봇 아암에 리더가 받게 될 압축과 관련된 특정 거리만큼 리더가 삽입되게 하도록 지시할 수 있다. 이러한 방식으로, 리더의 길이를 따라서의 삽입과 압축의 조합은 리더의 원위 단부가 해부학적 구조 내에서 그 위치(예를 들면, 타겟 위치(118))를 유지하게 한다.
- [0129] 블록 940에서, 시스템(100)의 구동 메커니즘(500)은 적어도 하나의 제어 신호에 기초하여 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정할 수 있으며, 조정된 인장은 샤프트의 원위 부분의 위치를 유지하는 것을 용이하게 한다. 예를 들어, 블록 940은 제어 신호 내의 명령들을 실행하는 단계 및 리더(130)의 풀 와이어(들)(556)의 인장을 조정하는 단계를 포함할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 제어 신호에 포함된 명령들은 작업 채널(139) 내의 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)의 결정 가능한 위치(determinable position)와 협조하여 실행된다. 예를 들어, 결정 가능한 위치는 삽입 가능 기기(140) 상의 EM 센서(482)로부터의 데이터를 사용하여 계산될 수 있다. 예컨대 전술한 시스템(600)을 이용하는, 본 방법의 다른 구현예들에서, 결정 가능한 위치는 로봇 아암들의 알려진 위치들 및 이들의 서로의 관계에 기초하여 계산될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 제어 신호의 명령들은 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)가 관절 운동 가능 영역(138) 내부와 같은 특정의 결정 가능한 위치에 삽입되기 전에 실행된다. 이러한 선제적 모델 또는 접근법에서, 원위 단부(132)는 제어 신호에 의해 타겟 위치(118)을 벗어나서 일시적으로 디플렉션될 수 있으나, 삽입 가능 기기(140)가 관절 운동 가능 영역(138) 또는 원위 단부(132)와 같은 제2의 결정 가능한 위치로 전진되고 나면 원위 단부(132)는 타겟 위치(118)로 복귀한다. 다른 실시예에서, 제어 신호의 명령들은 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)가 원위 단부(132)까지 전진되고 난 후에 또는 관절 운동 가능 영역(138)을 통해서 전진되고 난 후에 실행될 수 있다. 이러한 모델 또는 접근법에서, 원위 단부(132)는 일시적으로 디플렉션되며 그리고 나서 제어 신호가 완전히 실행된 후에 타겟 위치(118)로 복귀된다.
- [0130] 선제적 접근법의 다른 예에서, 시스템(100)은 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)의 결정 가능한 위치와 협조하여 (예를 들면, 거의 동시에) 제어 신호를 실행함으로써 타겟 위치로부터 원위 단부(132)의 디플렉션의 정도 또는 크기를 최소화하며, 이에 의해 원위 단부(132)가 겪게 되는 디플렉션의 양을 최소화한다. 예를 들어, 제어 신호는 삽입 가능 기기의 원위 단부(142)가 관절 운동 가능 영역(138)을 통해 전진됨에 따라 하나 이상의 풀 와이어의 장력을 단계적으로 조정하도록 실행될 수 있다.
- [0131] 프로세스(900)의 종료는 사용자 또는 커맨드 센터(700) 또는 시스템(100)의 다른 컴포넌트로부터의 오버라이드 입력 제어 신호에 의해 트리거될 수 있다. 일례에서, 프로세스(900)의 종료는 또한 시스템(100)이 사용자에게 의해 수동 입력을 수신하는 것에 의해 트리거될 수도 있다. 다른 예에서, 프로세스(900)의 종료는 삽입 가능 기기(140)가 작업 채널로부터 후퇴되고 있거나 관절 운동 가능 영역(138)으로부터 후퇴되었다는 위치 표시(positional indication)와 같은, 작업 채널(139) 내의 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)의 위치의 자동 검출에 의해 트리거될 수 있다.
- [0132] 하나 이상의 양태에 따르면, 관절 운동 가능 영역(138)을 통한 삽입 가능 기기(140)의 삽입으로 인한 제1 기기, 예를 들면 원위 단부(132)의 타겟 위치(118)로부터의 예측된 디플렉션을 계산하는 단계를 포함하는 프로세스가 제공된다. 계산된 예측된 디플렉션은 예를 들면, 작업 채널(139) 내의 삽입 가능 기기(140)의 위치, 리더(130)의 관절 운동 가능 영역(138)에 대한 기기의 위치, 및/또는 관절 운동 가능 영역(138)의 관절 각도(116)와 같은 하나 이상의 인자에 기초할 수 있다. 계산된 예측된 디플렉션은 또한 예를 들면, 길이, 직경, 무게, 탄성, 및/또는 굽힘 강성 등과 같은 리더(130) 및/또는 삽입 가능 기기(140)(그 풀 와이어들을 포함함)의 물리적 특성들에 기초할 수 있다.
- [0133] 몇몇 실시예에서, 시스템(100)은 삽입 가능 기기(140)를 인식함으로써 및/또는 이를 삽입 가능 기기(140)의 알려진 물리적 특성들과 상관시킴으로써 예측된 디플렉션을 계산한다. 예를 들어, 삽입 가능 기기(140)는 그 특

정 기기에 관한 정보(예를 들면, 물리적 특성들)를 포함할 수 있는 RFID 태그와 같은, 그 태그에 기초하여 식별될 수 있다. 삽입 가능 기기(140)는 예를 들면, 기기 직경, 길이, 무게, 및/또는 삽입 가능 기기(140)의 특정 부분의 굽힘 강성과 같은, 기기의 물리적 특성 세트와 상관될 수 있다. 이 정보는 예측된 디플렉션을 계산할 때 시스템(100)에 의해 고려될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 삽입 가능 기기(140)의 원위 단부(142)의 위치는 EM 추적 시스템(480)과 함께 사용되는 EM 센서(482)로부터의 데이터에 기초하여 보상을 계산할 때 고려된다.

[0134] 몇몇 실시예에서, 예측된 디플렉션은 전술한 인자들과 물리적 특성들 및 리더(130) 및/또는 삽입 가능 기기(140)의 예측 수학 모델을 사용하여 시스템(100)과 통신 가능하게 결합된 컨트롤러 또는 컴퓨팅 장치에 의해 계산될 수 있다. 다른 실시예들에서, 예측된 디플렉션은 알려지거나/메모리에 저장되거나 데이터베이스에서 조회된다. 이러한 실시예에서, 적절한 제어 신호 및/또는 예측된 디플렉션은 시스템(100)에 관한 정보(예를 들면, 리더(130) 또는 삽입 가능 기기(140)의 물리적 특성들, 관절 각도(116), 하나 이상의 풀 와이어(554)의 장력, 또는 시스템(100)의 다른 특성들)에 기초하여 대응하는 데이터베이스에서 조회될 수 있다. 예를 들어, 관절 운동 가능 영역(138)의 알려진 관절 각도(116), 알려진 리더(130), 및 알려진 삽입 가능 기기(140)가 주어지면, 예측된 디플렉션은 이들 변수를 상관시키는 데이터베이스에서 조회될 수 있다.

[0135] 이와 달리, 원위 단부(132)의 하나의 예측된 디플렉션을 계산하고 난 후에, 삽입 가능 기기(140)의 위치가 시스템(100)에 의해 계속 추적 또는 모니터링됨에 따라 상기 프로세스(900)가 반복될 수 있다. 원위 단부(132)의 디플렉션을 예측하는 후속 계산들이 프로세스(900)의 종료시까지 상술한 바와 같이 처리될 수 있다.

[0136] 다른 구현예에서, 전술한 프로세스(900)는 로봇 시스템(600)을 사용하고 리더(630)의 원위 단부(632)의 디플렉션을 예측함으로써 수행될 수 있다. 블록 910에서, 시스템(600)은 시스템(600)의 위치, 모델, 센서 및/또는 제어에 기초하여 작업 채널(639) 내의 삽입 가능 기기(640)의 위치를 추적한다. 예를 들어, 시스템(600)은 슈드(620), 리더(630) 및/또는 삽입 가능 기기(640)를 각각 안내 및 지지하는 로봇 아암(650, 660, 및/또는 670)의 로봇 삽입 데이터에 기초하여 삽입 가능 기기(640)의 위치를 추적할 수 있다. 이 로봇 삽입 데이터는 예를 들어, 원위 단부(642)가 작업 채널(639)을 통해 전진함에 따라, 예를 들면 리더(630)의 관절 운동 가능 영역(638) 및/또는 원위 단부(632)에 대한 삽입 가능 기기(640)의 원위 단부(642)의 위치 및 배향을 나타내는 데이터를 포함할 수 있다.

[0137] 블록 920에서, 시스템(600)은 제1 기기 또는 그 컴포넌트(들)의 포즈(pose)에 적어도 부분적으로 기초하여, 타겟 위치(618)로부터 리더(630)의 원위 단부(632)의 예측된 위치 변화 또는 디플렉션을 계산할 수 있다. 예를 들어, 시스템(600)은 리더(630) 및/또는 슈드(620)의 위치 및 배향(예를 들면, 관절 각도(616) 및/또는 풀 와이어(556)의 장력)에 기초하여 예측된 위치 변화를 계산할 수 있다. 다른 예에서, 시스템(600)은 리더(630) 및/또는 삽입 가능 기기(640)의 물리적 특성들(예를 들면, 삽입 가능 기기(640)의 굽힘 강성 및/또는 리더(630)의 관절 운동 가능 영역(638)의 굽힘 강성)과 같은, 시스템의 물리적 특성들 중 하나 이상에 기초하여 예측된 위치 변화를 계산(또는 데이터베이스에서 조회)할 수 있으며, 이는 몇몇 예에서, (예를 들면, 시스템(600)의 RFID 판독기 또는 스캐너에 의해 판독되는) 리더(630) 및/또는 삽입 가능 기기(640) 상의 RFID 태그 등에 코딩될 수 있다.

[0138] 블록 930에서, 시스템(600)은 예측된 디플렉션에 기초하여 제어 신호를 생성할 수 있다. 제어 신호는 원위 단부(632)를 다시 타겟 위치(618)로 복귀시키기 위한 명령들을 포함할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 제어 신호는 예측된 디플렉션을 보상하고 이에 의해 원위 단부(632)를 다시 타겟 위치(618)로 복귀시키기 위해 구동 메커니즘(654)(또는 구동 메커니즘(654 및 664) 양자 모두)이 풀 와이어들(556) 중 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하게 하는 명령들을 포함할 수 있다.

[0139] 블록 940에서, 시스템(600)의 구동 메커니즘(500)은 제어 신호 내의 명령들을 실행하고 하나 이상의 풀 와이어(556)의 인장을 조정할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 제어 신호에 포함된 명령들은 작업 채널(639) 내의 삽입 가능 기기(640)의 원위 단부(642)의 결정 가능한 위치와 협조하여 실행된다. 예를 들어, 제어 신호는 원위 단부(642)가 결정 가능한 위치로 전진되기 전에 실행될 수도 있고, 제어 신호는 원위 단부(642)가 결정 가능한 위치로 전진되고 난 후에 실행될 수도 있으며, 또는 제어 신호는 리더(630)의 작업 채널(639)을 통해 원위 단부(642)의 전진과 동시에(예를 들면, 점진적으로) 실행될 수도 있다.

[0140] 추가 구현예들

[0141] 하나 이상의 양태에 따르면: (i) 근위 부분 및 원위 부분을 포함하는 샤프트 - 원위 부분은 관절 운동 가능 영역을 포함하고 샤프트는 이를 통해 연장되는 작업 채널을 포함함 -, 및 (ii) 적어도 하나의 풀 와이어를 포함하

는 제1 기기를 포함하는, 로봇 시스템이 제공된다. 로봇 시스템은 작업 채널 내로의 제2 기기의 삽입에 응답하여, 작업 채널 내의 제2 기기의 원위 단부의 위치를 검출하도록 구성된 적어도 하나의 센서를 더 포함할 수 있다. 로봇 시스템은 실행 가능 명령들이 저장된 적어도 하나의 컴퓨터 가독 메모리, 및 적어도 하나의 컴퓨터 가독 메모리와 통신하며 시스템이 적어도: 적어도 하나의 센서로부터의 데이터 신호에 기초하여, 작업 채널 내의 제2 기기의 원위 단부의 위치를 계산하고; 및, 계산된 위치에 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하도록 명령들을 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서를 더 포함할 수 있다. 로봇 시스템은 샤프트의 근위 부분에서 적어도 하나의 풀 와이어에 연결된 구동 메커니즘을 더 포함할 수 있고, 구동 메커니즘은 적어도 하나의 제어 신호에 기초하여 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 이용하도록 구성되며, 조정된 인장은 샤프트의 원위 부분의 위치를 유지하는 것을 용이하게 한다.

- [0142] 관련 양태들에서, 구동 메커니즘은: 제2 기기의 원위 단부가 관절 운동 가능 영역과 관련하여 결정 가능한 위치로 전진할 때; 제2 기기의 원위 단부가 결정 가능한 위치로 전진하기 전에; 및/또는, 제2 기기의 원위 단부가 결정 가능한 위치로 전진한 후에, 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 이용하도록 구성될 수 있다.
- [0143] 추가의 관련 양태들에서, 하나 이상의 프로세서는 시스템이: 제2 기기 상의 식별자를 검출하고; 및, 검출된 식별자에 또한 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하도록, 명령들을 실행하도록 구성될 수 있다.
- [0144] 또한 관련 양태들에서, 하나 이상의 프로세서는 시스템이 검출된 식별자에 기초하여 제2 기기의 적어도 하나의 물리적 특성을 결정하도록 명령들을 실행하도록 구성되며, 제2 기기의 적어도 하나의 물리적 특성은 굽힘 강성 값을 포함하고; 및, 하나 이상의 프로세서는 시스템이 굽힘 강성 값에 또한 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하도록 명령들을 실행하도록 구성된다.
- [0145] 또 다른 관련 양태들에서, 하나 이상의 프로세서는 시스템이: 샤프트의 관절 운동 가능 영역의 관절 각도를 결정하고; 관절 각도에 또한 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하도록, 명령들을 실행하도록 구성된다.
- [0146] 추가의 관련 양태들에서, 하나 이상의 프로세서는 시스템이 제2 기기의 RFID 태그를 판독하는 것에 기초하여 식별자를 검출하도록, 명령들을 실행하도록 구성된다.
- [0147] 관련 양태들에서, 로봇 시스템은 EM 필드 발생기를 더 포함할 수 있고, 적어도 하나의 센서는 제2 기기의 원위 단부에 하나 이상의 EM 센서의 세트를 포함하며; 하나 이상의 프로세서는 시스템이 EM 센서의 세트로부터의 데이터에 기초하여 EM 필드 내의 EM 센서의 세트의 위치를 계산하고, EM 센서의 세트의 계산된 위치에 또한 기초하여 작업 채널 내의 제2 기기의 원위 단부의 위치를 계산하도록, 명령들을 실행하도록 구성된다.
- [0148] 하나 이상의 양태에 따르면, 제1 기기의 적어도 하나의 풀 와이어를 제어하는 방법이 제공되며, 상기 방법은: 제1 기기의 작업 채널 내로의 제2 기기의 삽입을 검출하는 단계 - 제2 기기는 근위 단부 및 원위 단부를 포함하고, 제1 기기는 근위 부분 및 원위 부분을 포함하는 샤프트 및 적어도 하나의 풀 와이어를 포함하며, 원위 부분은 관절 운동 가능 영역을 포함함 -; 관절 운동 가능 영역 내의 제2 기기의 원위 단부의 위치를 계산하는 단계; 계산된 위치에 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하는 단계; 및, 적어도 하나의 제어 신호에 기초하여 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하는 단계를 포함하며, 조정된 인장은 샤프트의 원위 부분의 위치를 유지하는 것을 용이하게 한다.
- [0149] 관련 양태들에서, 본 방법은: 제2 기기의 원위 단부가 관절 운동 가능 영역과 관련하여 결정 가능한 위치로 전진할 때; 제2 기기의 원위 단부가 결정 가능한 위치로 전진하기 전에; 및/또는, 제2 기기의 원위 단부가 결정 가능한 위치로 전진한 후에, 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0150] 추가의 관련 양태들에서, 본 방법은: 제2 기기 상의 식별자를 검출하는 단계; 및, 검출된 식별자에 또한 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0151] 또 다른 관련 양태들에서, 본 방법은 검출된 식별자에 기초하여 제2 기기의 적어도 하나의 물리적 특성을 결정하는 단계를 더 포함할 수 있으며, 적어도 하나의 제어 신호는 적어도 하나의 물리적 특성에 또한 기초하여 생성된다. 적어도 하나의 물리적 특성은 제2 기기의 굽힘 강성 값을 포함할 수 있다. 식별자를 검출하는 단계는 제2 기기의 RFID 태그를 판독하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0152] 또 다른 관련 양태들에서, 관절 운동 가능 영역 내의 제2 기기의 원위 단부의 계산된 위치는 제1 기기의 원위 단부 상의 적어도 하나의 EM 센서로부터의 데이터에 기초할 수 있다.
- [0153] 하나 이상의 양태에 따르면, 명령들이 저장된 비밀시적 컴퓨터 가독 저장 매체가 제공되며, 상기 명령들은 실행될 때, 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 적어도 하나의 풀 와이어 및 관절 운동 가능 영역을 포함하는 제1 기기에

대해, 적어도: 제1 기기의 작업 채널 내로의 제2 기기의 삽입을 검출하고; 관절 운동 가능 영역 내의 제2 기기의 원위 단부의 위치를 계산하며; 계산된 위치에 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하고; 및, 적어도 하나의 제어 신호에 기초하여 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하게 하며, 조정된 인장은 제1 기기의 원위 부분의 위치를 유지하는 것을 용이하게 한다.

[0154] 관련 양태들에서, 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 인장을 조정하게 하는 명령들은 제2 기기의 원위 단부가 관절 운동 가능 영역과 관련하여 결정 가능한 위치로 전진할 때 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하게 할 수 있다.

[0155] 추가의 관련 양태들에서, 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 인장을 조정하게 하는 명령들은 제2 기기의 원위 단부가 결정 가능한 위치로 전진하기 전에 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하게 할 수 있다.

[0156] 또 다른 관련 양태들에서, 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 인장을 조정하게 하는 명령들은 제2 기기의 원위 단부가 결정 가능한 위치로 전진한 후에 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 적어도 하나의 풀 와이어의 인장을 조정하게 할 수 있다.

[0157] 또 다른 관련 양태들에서, 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 인장을 조정하게 하는 명령들은 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가: 제2 기기 상의 식별자를 검출하고; 및, 검출된 식별자에 또한 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하게 할 수 있다.

[0158] 추가적인 관련 양태들에서, 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 인장을 조정하게 하는 명령들은 적어도 하나의 컴퓨팅 장치가 검출된 식별자에 기초하여 제2 기기의 적어도 하나의 물리적 특성을 결정하게 할 수 있고, 적어도 하나의 제어 신호는 적어도 하나의 물리적 특성에 또한 기초하여 생성된다. 적어도 하나의 물리적 특성은 제2 기기의 굽힘 강성 값을 포함할 수 있다.

[0159] 시스템의 구현 및 용어

[0160] 본 명세서에 개시된 구현예들은 루멘의 개선된 내비게이션을 위한 시스템, 기술, 및 장치를 제공한다.

[0161] 본 명세서에서 사용되는 용어 "결합하다", "결합하는", "결합된" 또는 "결합한다"라는 단어의 다른 변형들은 간접 연결 또는 직접 연결을 나타낼 수 있음에 유의해야 한다. 예를 들어, 제1 컴포넌트가 제2 컴포넌트에 "결합되는" 경우, 제1 컴포넌트는 다른 컴포넌트를 통해서 제2 컴포넌트에 간접적으로 연결되거나 제2 컴포넌트에 직접 연결될 수 있다.

[0162] 본 명세서에 기술된 자동 보상 기능들은 프로세서 가독 또는 컴퓨터 가독 매체 상에 하나 이상의 명령으로서 저장될 수 있다. "컴퓨터 가독 매체"라는 용어는 컴퓨터 또는 프로세서에 의해 액세스될 수 있는 임의의 이용 가능한 매체를 지칭한다. 예로서 비한정적으로, 이러한 매체는 RAM(random-access memory), ROM(read-only memory), EEPROM(electrically erasable programable read-only memory), 플래시 메모리, CD-ROM(compact disc read-only memory) 또는 기타 광 디스크 스토리지, 자기 디스크 스토리지 또는 기타 자기 스토리지 디바이스, 또는 원하는 프로그램 코드를 명령 또는 데이터 구조 형태로 저장하는 데 사용될 수 있으며 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 기타 매체를 포함할 수 있다. 컴퓨터 가독 매체는 유형(有形)적이고 비밀시적일 수 있음에 유의해야 한다. 본 명세서에서 사용되는 "코드"라는 용어는 컴퓨팅 장치 또는 프로세서에 의해 실행 가능한 소프트웨어, 명령, 코드, 또는 데이터를 지칭할 수 있다.

[0163] 본 명세서에 개시된 기술들은 기재된 방법을 달성하기 위한 하나 이상의 단계 또는 동작을 포함한다. 방법 단계들 및/또는 동작들은 대체 실시예들의 범위를 일탈함이 없이 서로 교환적일 수 있다. 다시 말하면, 기술되는 방법의 적절한 작동에 특정 순서의 단계들 또는 동작들이 요구되지 않는 한, 대체 실시예들의 범위를 일탈함이 없이 특정 단계들 및/또는 동작들의 순서 및/또는 사용은 변경될 수 있다.

[0164] 본 명세서에서 사용되는 용어 "복수"는 2개 이상을 나타낸다. 예를 들어, 복수의 컴포넌트는 2개 이상의 컴포넌트를 나타낸다. "결정(determining)"이라는 용어는 광범위한 동작을 포함하며, 그래서 "결정"은 계산, 컴퓨팅, 처리, 도출, 조사, 조회(예를 들면, 테이블, 데이터베이스, 또는 다른 데이터 구조에서의 조회), 확인 등을 포함할 수 있다. 또한, "결정"은 수신(예를 들면, 정보의 수신), 액세스(예를 들면, 메모리의 데이터에 액세스) 등을 포함할 수 있다. 또한, "결정"은 해결, 선택, 선정, 확립 등을 포함할 수 있다.

[0165] "에 기초하여"라는 어구는 달리 명시되지 않는 한 "에만 기초하여"를 의미하지는 않는다. 다시 말하면, "에 기

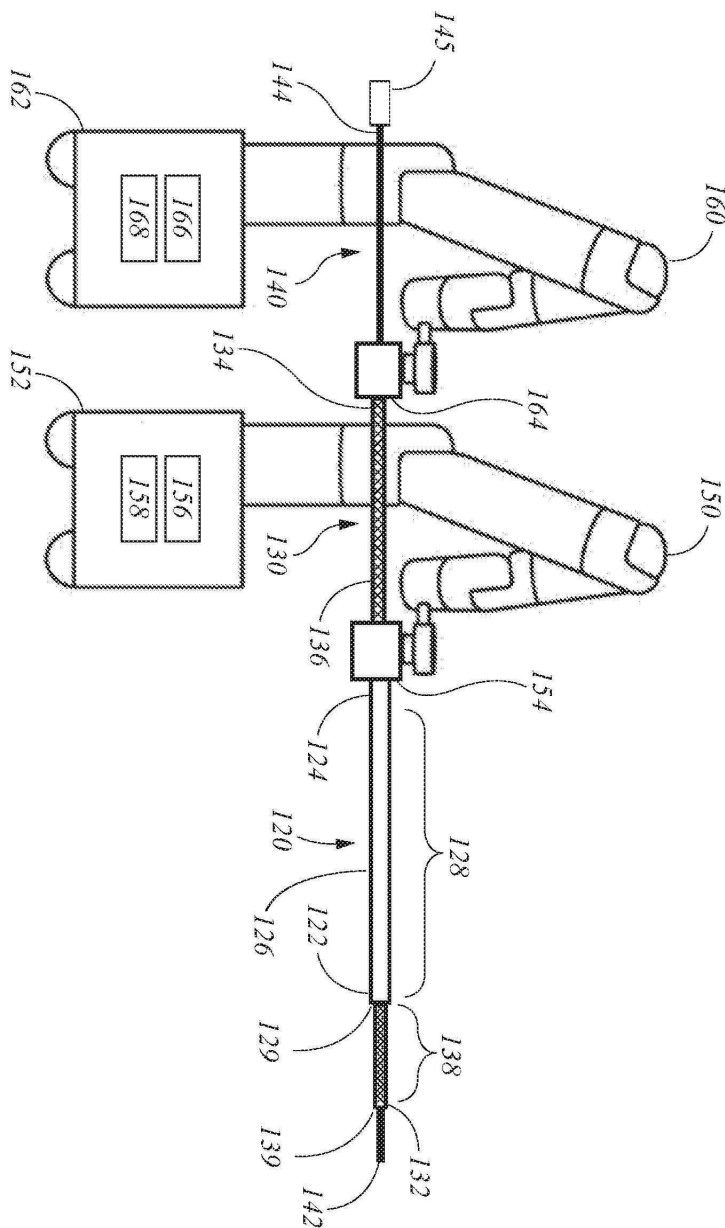
초하여"라는 어구는 "예만 기초하여" 및 "적어도 ~에 기초하여" 양자 모두를 기술한다.

[0166]

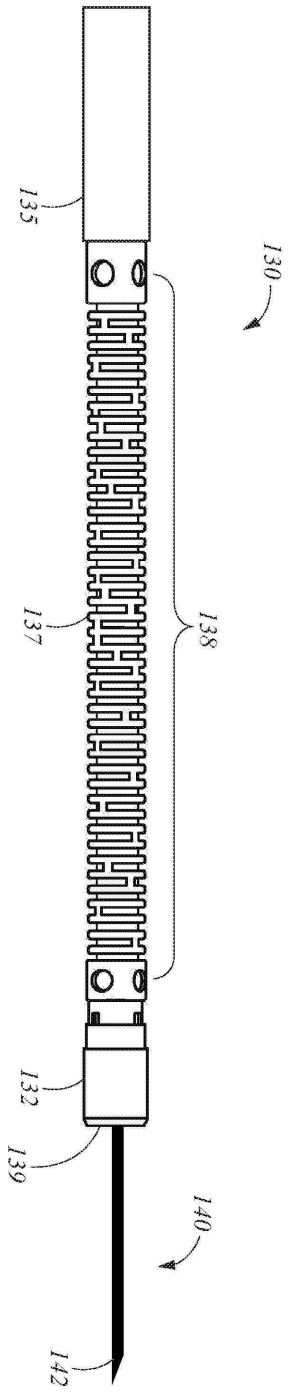
개시된 구현예들의 전술한 설명은 본 기술분야의 통상의 기술자가 본 개시를 제작 또는 이용할 수 있게 하기 위해 제공된다. 이들 구현예에 대한 다양한 변경은 본 기술분야의 통상의 기술자에게 쉽게 명백해질 것이며, 본 명세서에 정의된 포괄적인 원리들은 본 발명의 범위로부터 이탈함이 없이 다른 구현예에도 적용될 수 있다. 예를 들어, 본 기술분야의 통상의 기술자는 톨 컴포넌트들의 고정, 장착, 결합, 또는 계합의 동등한 방법들, 특정 작동 동작들을 발생시키기 위한 동등한 메커니즘들, 및 전기 에너지를 전달하기 위한 동등한 메커니즘들과 같은, 다수의 대응하는 대체 및 동등한 구조적 상세 사항들을 채용할 수 있음을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명은 본 명세서에 도시된 구현예들에 국한되도록 의도되는 것이 아니라 본 명세서에 개시된 원리들 및 신규한 특징들과 일치하는 가장 넓은 범위에 따르게 된다.

도면

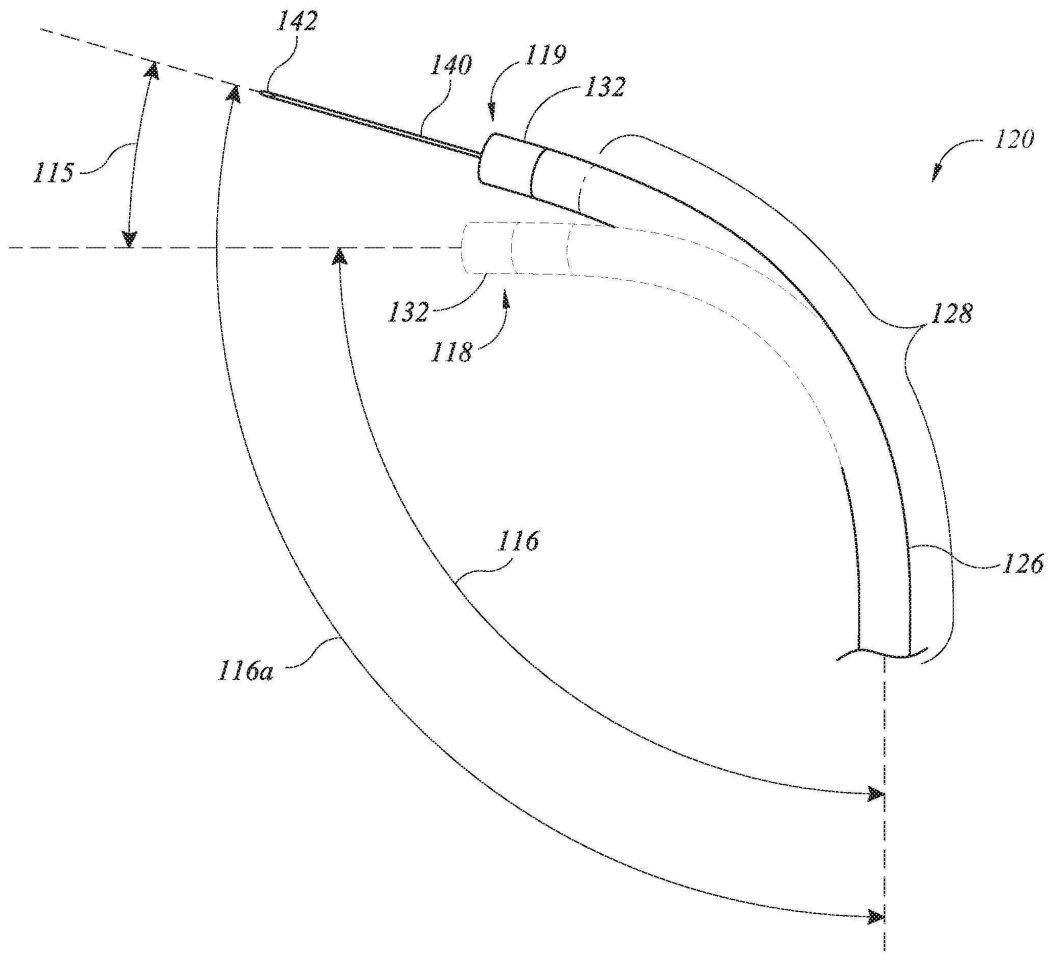
도면1



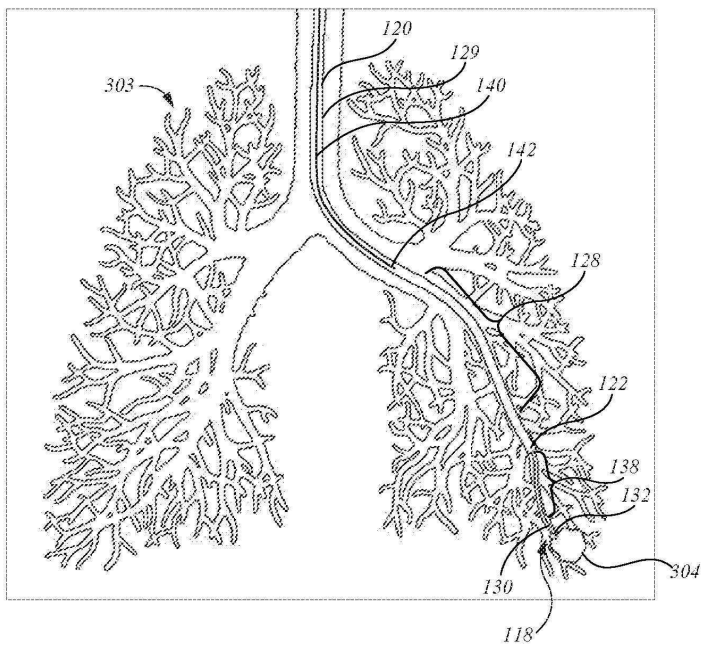
도면2a



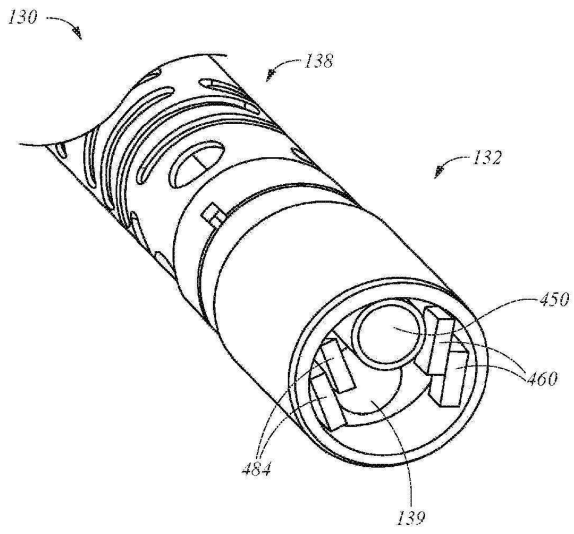
도면2b



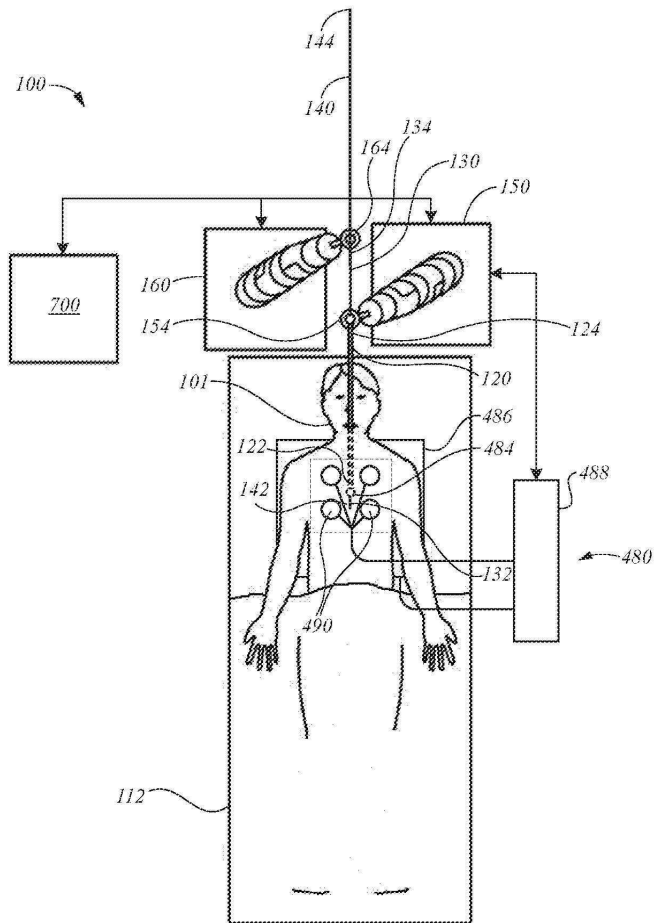
도면3



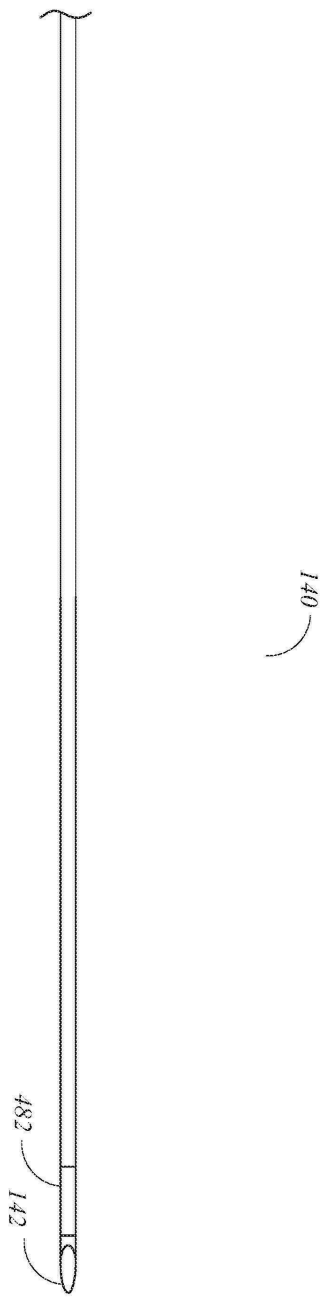
도면4a



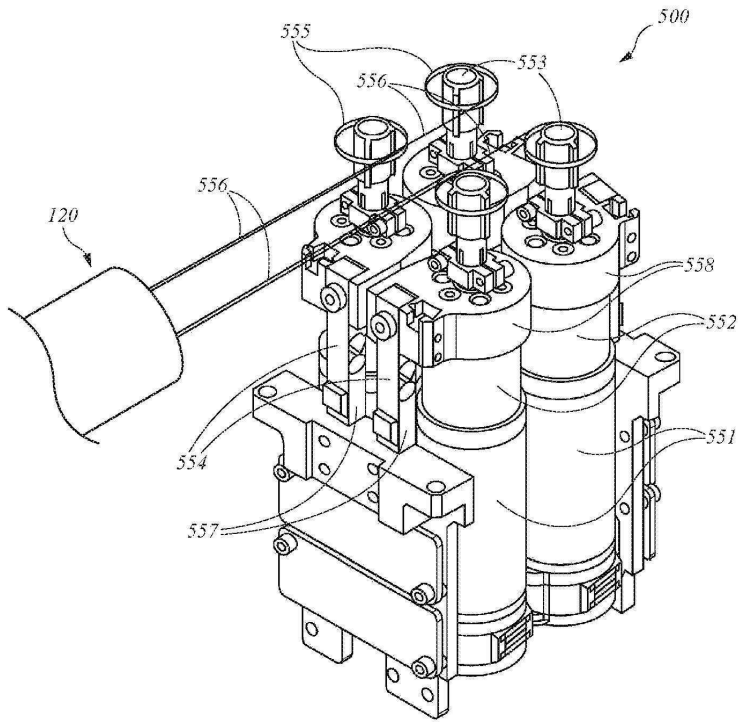
도면4b



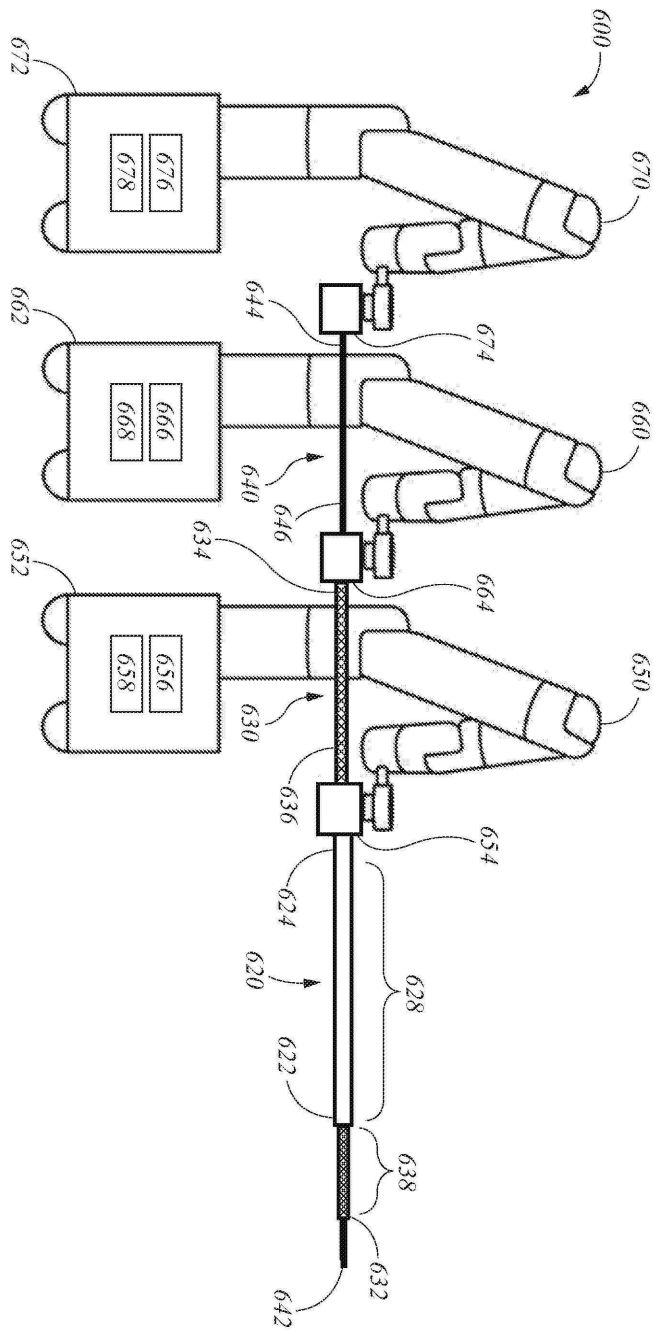
도면4c



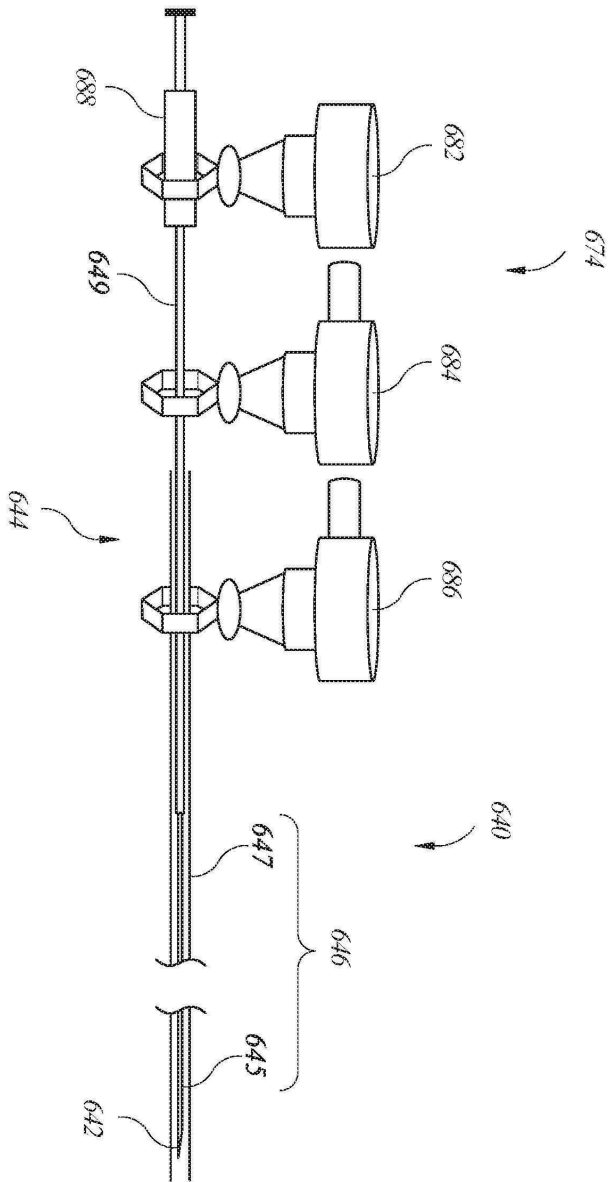
도면5



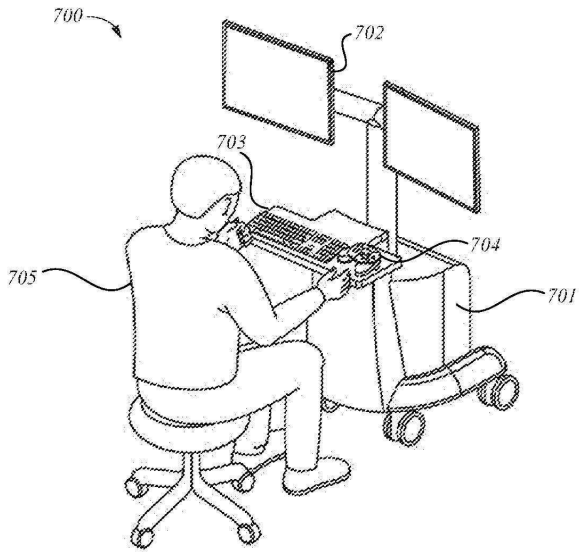
도면6a



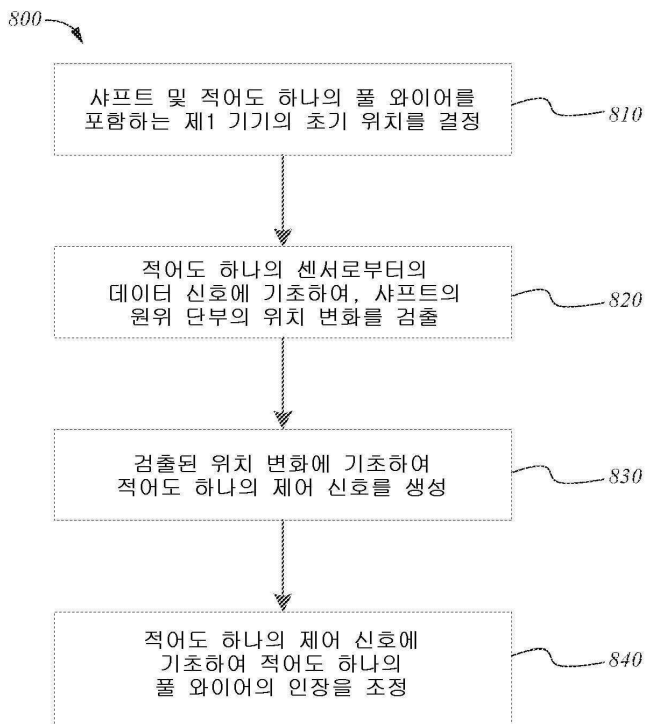
도면6b



도면7



도면8



도면9

