



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년09월07일

(11) 등록번호 10-2297011

(24) 등록일자 2021년08월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 1/01 (2006.01) A61B 1/00 (2017.01)
A61B 1/005 (2006.01) A61B 17/00 (2006.01)
A61B 34/00 (2016.01) A61B 34/20 (2016.01)
A61B 34/30 (2016.01) A61B 90/00 (2016.01)

(52) CPC특허분류

A61B 1/01 (2013.01)
A61B 1/00006 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-7028115

(22) 출원일자(국제) 2017년09월28일

심사청구일자 2020년09월28일

(85) 번역문제출일자 2018년09월28일

(65) 공개번호 10-2019-0054030

(43) 공개일자 2019년05월21일

(86) 국제출원번호 PCT/US2017/054127

(87) 국제공개번호 WO 2018/064394

국제공개일자 2018년04월05일

(30) 우선권주장

15/282,079 2016년09월30일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US20160374541 A1

WO2016054256 A1

US20150119637 A1

(73) 특허권자

아우리스 헬스, 인코포레이티드

미국, 캘리포니아 94065, 레드우드 시티, 150 쇼
어라인 드라이브

(72) 발명자

그레첼, 천시, 에프.

미국, 캘리포니아 94065, 레드우드 시티, 150 쇼
어라인 드라이브 아우리스 헬스, 인코포레이티드

움말라네니, 리트웁

미국, 캘리포니아 94065, 레드우드 시티, 150 쇼
어라인 드라이브 아우리스 헬스, 인코포레이티드

(74) 대리인

장훈

전체 청구항 수 : 총 30 항

심사관 : 김정태

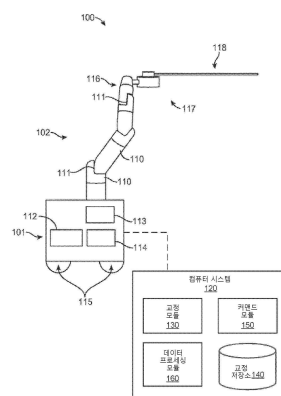
(54) 발명의 명칭 견인 와이어를 사용한 내시경의 자동화된 교정

(57) 요약

수술용 로봇 시스템은 내시경과 같은 관형이며 가요성의 수술 툴을 자동적으로 교정한다. 내시경의 비이상적인 거동을 보상하는 것에 의해, 수술용 로봇 시스템은 내시경의 모션을 정확하게 모델링할 수 있고 환자에 대한 외과적 처치를 수행하면서 내시경을 조종할 수 있다. 교정 동안, 수술용 로봇 시스템은 내시경을 타겟 위치로 이동

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



시키고 내시경의 실제 위치 및/또는 방위를 설명하는 데이터를 수신한다. 수술용 로봇 시스템은, 타겟 위치와 실제 위치 사이의 불일치에 적어도 기초하여 이득 값을 결정한다. 내시경은 시스 및 리더로 지칭되는 관형 컴포넌트를 포함할 수 있다. 수술용 로봇 시스템의 기구 디바이스 조작기는 시스 및/또는 리더에 커플링되는 견인 와이어를 작동시키는데, 이것은 내시경으로 하여금 관절 운동하게 한다.

(52) CPC특허분류

A61B 1/00057 (2013.01)

A61B 1/00149 (2013.01)

A61B 1/0016 (2013.01)

A61B 1/0051 (2013.01)

A61B 1/0052 (2013.01)

A61B 1/0057 (2013.01)

A61B 1/018 (2013.01)

A61B 34/30 (2016.02)

A61B 90/06 (2016.02)

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

수술용 로봇(surgical robotic) 시스템의 프로세서가 복수의 파라미터들을 결정하는 방법으로서,

각각의 파라미터는 내시경과 관련된 복수의 가늘고 긴 이동 부재들(a plurality of elongate movement members) 중 하나와 관련되고,

상기 방법은:

상기 프로세서에 의해, 교정 데이터를 저장하는 컴퓨터 판독 가능한 매체로부터 수술용 기구의 복수의 가늘고 긴 이동 부재들 중 하나의 가늘고 긴 이동 부재와 각각 관련된 복수의 파라미터들을 검색하는 단계;

수술용 로봇 시스템을 사용하여 상기 복수의 가늘고 긴 이동 부재들 중 적어도 하나를 병진시키는(translating) 것에 의해 상기 수술용 기구를 이동시키기 위해, 상기 프로세서에 의해, 상기 복수의 파라미터들 중 하나 이상 으로부터 적어도 부분적으로 도출된 커맨드를 제공하는 단계;

상기 프로세서에 의해, 상기 커맨드에 응답하여 이동된 상기 수술용 기구의 실제 위치를 나타내는 공간 데이터를 수신하는 단계;

상기 프로세서에 의해, 상기 가늘고 긴 이동 부재들 중 적어도 하나에 대해, 상기 공간 데이터에 기초하여 새로운 파라미터를 결정하는 단계; 및

상기 프로세서에 의해, 상기 컴퓨터 판독 가능한 매체에 상기 새로운 파라미터를 저장하는 단계;를 포함하는, 수술용 로봇 시스템의 프로세서가 복수의 파라미터들을 결정하는 방법.

청구항 25

제24항에 있어서,

상기 프로세서에 의해, 상기 새로운 파라미터에 기초하여 제2 커맨드를 생성하는 단계; 및

상기 수술용 로봇 시스템을 사용하여 상기 수술용 기구를 이동시키기 위해, 상기 프로세서에 의해, 상기 제2 커맨드를 제공하는 단계;를 더 포함하는, 수술용 로봇 시스템의 프로세서가 복수의 파라미터들을 결정하는 방법.

청구항 26

제24항에 있어서,

상기 공간 데이터를 수신하는 단계는:

상기 수술용 기구에 근접하게 형광 투시 이미징 시스템을 배치하는 단계; 및

상기 형광 투시 이미징 시스템에 의해 상기 수술용 기구의 복수의 형광 투시 이미지들을 캡처하는 단계;를 포함하는, 수술용 로봇 시스템의 프로세서가 복수의 파라미터들을 결정하는 방법.

청구항 27

제24항에 있어서,

상기 수술용 로봇 시스템은 상기 커맨드에 응답하여 상기 수술용 기구를 요 방향(yaw direction) 및 피치 방향(pitch direction)으로 각도를 편향시키는, 수술용 로봇 시스템의 프로세서가 복수의 파라미터들을 결정하는 방법.

청구항 28

제24항에 있어서,

상기 수술용 기구는 상기 수술용 기구의 원위 단부에 커플링된 적어도 하나의 전자기(electromagnetic: EM) 센서를 포함하고,

상기 방법은:

상기 프로세서에 의해, 상기 EM 센서에 근접하게 적어도 하나의 EM 필드 발생기를 배치하는 단계를 더 포함하고;

상기 공간 데이터를 수신하는 단계는, 상기 EM 센서에서 EM 필드를 검출하는 단계를 포함하고, 상기 EM 필드의 세기가 상기 EM 센서를 포함하는 상기 수술용 기구의 상기 원위 단부의 실제 위치의 함수인, 수술용 로봇 시스템의 프로세서가 복수의 파라미터들을 결정하는 방법.

청구항 29

제24항에 있어서,

상기 수술용 기구는 상기 수술용 기구의 원위 단부에 커플링된 하나 이상의 공간 센서를 포함하며, 상기 하나 이상의 공간 센서는 가속도계 또는 자이로스코프 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 공간 데이터를 수신하는 단계는 상기 하나 이상의 공간 센서에 의해 적어도 하나의 방향으로의 모션을 검출하는 단계를 포함하는, 수술용 로봇 시스템의 프로세서가 복수의 파라미터들을 결정하는 방법.

청구항 30

제24항에 있어서,

상기 수술용 기구는 상기 수술용 기구의 내부에 임베딩된(embedded) 광섬유를 포함하며,

상기 방법은:

상기 프로세서에 의해, 상기 수술용 기구에 근접하게 콘술을 배치하는 단계로서, 상기 콘술은 상기 광섬유에 커플링되며 상기 광섬유에 의해 반사되는 광에 기초하여 반사 스펙트럼 데이터를 생성하도록 구성되는, 상기 콘술을 배치하는 단계를 더 포함하고; 및

상기 공간 데이터를 수신하는 단계는 상기 반사 스펙트럼 데이터를 분석하는 단계를 포함하는, 수술용 로봇 시스템의 프로세서가 복수의 파라미터들을 결정하는 방법.

청구항 31

제24항에 있어서,

상기 수술용 기구는 카메라 렌즈 및 작동 채널을 포함하고, 상기 카메라 렌즈 및 상기 작동 채널은 상기 복수의 가늘고 긴 이동 부재들 중 각각의 가늘고 긴 이동 부재에 대해 각각 비동심인(non-concentric), 수술용 로봇 시스템의 프로세서가 복수의 파라미터들을 결정하는 방법.

청구항 32

제24항에 있어서,

상기 수술용 기구는 시스 관형 컴포넌트(sheath tubular component) 및 리더 관형 컴포넌트(leader tubular component)를 포함하며, 상기 시스 관형 컴포넌트는 상기 복수의 가늘고 긴 이동 부재들 중 제1 가늘고 긴 이동 부재를 포함하고, 상기 리더 관형 컴포넌트는 상기 복수의 가늘고 긴 이동 부재들 중 제2 가늘고 긴 이동 부재를 포함하는, 수술용 로봇 시스템의 프로세서가 복수의 파라미터들을 결정하는 방법.

청구항 33

제32항에 있어서,

상기 리더 관형 컴포넌트 및 상기 시스 관형 컴포넌트는 각각 복수의 세그먼트들을 포함하는, 수술용 로봇 시스템의 프로세서가 복수의 파라미터들을 결정하는 방법.

청구항 34

제33항에 있어서,

상기 복수의 가늘고 긴 이동 부재들 중 상기 제1 가늘고 긴 이동 부재는 상기 시스 관형 컴포넌트의 상기 복수의 세그먼트들 중 제1 세그먼트를 따라 제1 각도로 나선형을 이루는, 수술용 로봇 시스템의 프로세서가 복수의 파라미터들을 결정하는 방법.

청구항 35

제34항에 있어서,

상기 복수의 가늘고 긴 이동 부재들 중 상기 제2 가늘고 긴 이동 부재는 상기 리더 관형 컴포넌트의 상기 복수의 세그먼트들 중 제2 세그먼트를 따라 제2 각도로 나선형을 이루는, 수술용 로봇 시스템의 프로세서가 복수의 파라미터들을 결정하는 방법.

청구항 36

제32항에 있어서,

상기 방법은:

상기 프로세서에 의해, 상기 시스 관형 컴포넌트에 대한 상기 리더 관형 컴포넌트의 롤 각도 및 상기 시스 관형 컴포넌트에 의해 방사상으로 둘러싸인 상기 리더 관형 컴포넌트의 길이를 나타내는 정보를 수신하는 단계를 더 포함하고,

상기 새로운 파라미터는 상기 롤 각도 및 상기 길이 중 적어도 하나에 기초하여 또한 결정되는, 수술용 로봇 시스템의 프로세서가 복수의 파라미터들을 결정하는 방법.

청구항 37

제24항에 있어서,

상기 수술용 로봇 시스템을 사용하여 상기 복수의 가늘고 긴 이동 부재들 중 상기 적어도 하나를 병진시키는 것에 의해 상기 수술용 기구를 이동시키는 단계는:

상기 수술용 기구에 커플링된 복수의 로봇 암들에 상기 커맨드를 제공하는 단계를 포함하는, 수술용 로봇 시스템의 프로세서가 복수의 파라미터들을 결정하는 방법.

청구항 38

제24항에 있어서,

상기 복수의 가늘고 긴 이동 부재들 중 상기 적어도 하나는 제1 가늘고 긴 이동 부재 및 제2 가늘고 긴 이동 부재를 포함하고,

상기 커맨드를 제공하는 단계는:

상기 제1 가늘고 긴 이동 부재를 제1 거리만큼 병진시키기 위한 제1 서브커맨드(subcommand)를 제공하는 단계; 및

상기 제2 가늘고 긴 이동 부재를 제2 거리만큼 병진시키기 위한 제2 서브커맨드를 제공하는 단계;를 포함하는, 수술용 로봇 시스템의 프로세서가 복수의 파라미터들을 결정하는 방법.

청구항 39

수술용 로봇 시스템으로서,

하나 이상의 로봇 암;

복수의 가늘고 긴 이동 부재들을 포함하는 수술용 기구; 및

프로세서에 의해 실행될 때 상기 프로세서로 하여금:

상기 가늘고 긴 이동 부재들 중 하나와 각각 관련되는 복수의 파라미터들을 검색하는 단계;

상기 하나 이상의 로봇 암을 사용하여 상기 복수의 가늘고 긴 이동 부재들 중 적어도 하나를 병진시키는 것에 의해 상기 수술용 기구를 이동시키기 위해, 상기 복수의 파라미터들 중 하나 이상으로부터 도출된 커맨드를 제공하는 단계;

상기 커맨드에 응답하여 이동되는 상기 수술용 기구의 실제 위치를 나타내는 공간 데이터를 수신하는 단계;

상기 가늘고 긴 이동 부재들 중 적어도 하나에 대해, 상기 공간 데이터에 기초하여 새로운 파라미터를 결정하는 단계; 및

상기 새로운 파라미터를 저장하는 단계;를 포함하는 단계들을 수행하게 하는 명령어들을 저장하는 비일시적인 컴퓨터 판독 가능 저장 매체;를 포함하는, 수술용 로봇 시스템.

청구항 40

제39항에 있어서,

상기 단계들은:

상기 새로운 파라미터에 기초하여 제2 커맨드를 생성하는 단계; 및

상기 하나 이상의 로봇 암을 사용하여 상기 수술용 기구를 이동시키기 위해, 상기 제2 커맨드를 제공하는 단계;를 더 포함하는, 수술용 로봇 시스템.

청구항 41

제39항에 있어서,

상기 공간 데이터를 수신하는 단계는:

형광 투시 이미징 시스템에 의해 캡처된 상기 수술용 기구의 복수의 형광 투시 이미지들을 검색하는 단계를 포함하는, 수술용 로봇 시스템.

청구항 42

제39항에 있어서,

상기 하나 이상의 로봇 암은 상기 커맨드에 응답하여 상기 수술용 기구를 요 방향 및 피치 방향으로 각도를 편향시키는, 수술용 로봇 시스템.

청구항 43

제39항에 있어서,

상기 수술용 기구는 상기 수술용 기구의 원위 단부에 커플링된 적어도 하나의 전자기(EM) 센서를 포함하고,

상기 공간 데이터를 수신하는 단계는:

상기 EM 센서에서, EM 필드를 검출하는 단계로서, 상기 EM 필드의 세기가 EM 필드 발생기에 대한 상기 EM 센서를 포함하는 상기 수술용 기구의 상기 원위 단부의 실제 위치의 함수인, 상기 EM 필드를 검출하는 단계를 포함하는, 수술용 로봇 시스템.

청구항 44

제39항에 있어서,

상기 수술용 기구는 상기 수술용 기구의 원위 단부에 커플링된 하나 이상의 공간 센서를 포함하고, 상기 하나 이상의 공간 센서는 가속도계 또는 자이로스코프 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 공간 데이터를 수신하는 단계는 상기 하나 이상의 공간 센서에 의해 적어도 하나의 방향으로의 모션을 검출하는 단계를 포함하는, 수술용 로봇 시스템.

청구항 45

제39항에 있어서,

상기 수술용 기구는 상기 수술용 기구의 내부에 임베딩된 광섬유를 포함하며,

상기 공간 데이터를 수신하는 단계는:

상기 광섬유에 의해 반사되는 광에 기초하여 생성된 반사 스펙트럼 데이터를 분석하는 단계를 포함하는, 수술용 로봇 시스템.

청구항 46

제39항에 있어서,

상기 수술용 기구는 카메라 렌즈 및 작동 채널을 포함하고, 상기 카메라 렌즈 및 상기 작동 채널은 상기 복수의 가늘고 긴 이동 부재들 중 각각의 가늘고 긴 이동 부재에 대해 각각 비동심인, 수술용 로봇 시스템.

청구항 47

제39항에 있어서,

상기 수술용 기구는 시스 관형 컴포넌트 및 리더 관형 컴포넌트를 포함하며, 상기 시스 관형 컴포넌트는 상기 복수의 가늘고 긴 이동 부재들 중 제1 가늘고 긴 이동 부재를 포함하고, 상기 리더 관형 컴포넌트는 상기 복수의 가늘고 긴 이동 부재들 중 제2 가늘고 긴 이동 부재를 포함하는, 수술용 로봇 시스템.

청구항 48

제47항에 있어서,

상기 리더 관형 컴포넌트 및 상기 시스 관형 컴포넌트는 각각 복수의 세그먼트들을 포함하는, 수술용 로봇 시스템.

청구항 49

제48항에 있어서,

상기 복수의 가늘고 긴 이동 부재들 중 상기 제1 가늘고 긴 이동 부재는 상기 시스 관형 컴포넌트의 상기 복수의 세그먼트들 중 제1 세그먼트를 따라 제1 각도로 나선형을 이루는, 수술용 로봇 시스템.

청구항 50

제49항에 있어서,

상기 복수의 가늘고 긴 이동 부재들 중 상기 제2 가늘고 긴 이동 부재는 상기 리더 관형 컴포넌트의 상기 복수의 세그먼트들 중 제2 세그먼트를 따라 제2 각도로 나선형을 이루는, 수술용 로봇 시스템.

청구항 51

제47항에 있어서,

상기 수술용 로봇 시스템은:

상기 시스 관형 컴포넌트에 대한 상기 리더 관형 컴포넌트의 롤 각도 및 상기 시스 관형 컴포넌트에 의해 방사상으로 둘러싸인 상기 리더 관형 컴포넌트의 길이를 나타내는 정보를 수신하는 단계를 더 포함하고,

상기 새로운 파라미터는 상기 롤 각도 및 상기 길이 중 적어도 하나에 기초하여 또한 결정되는, 수술용 로봇 시스템.

청구항 52

제39항에 있어서,

상기 하나 이상의 로봇 암은 적어도 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암을 포함하며,

상기 하나 이상의 로봇 암을 사용하여 상기 복수의 가늘고 긴 이동 부재들 중 상기 적어도 하나를 병진시키는 것에 의해 상기 수술용 기구를 이동시키는 단계는:

상기 제1 로봇 암에 제1 서브커맨드를 제공하는 단계; 및

상기 제2 로봇 암에, 상기 제1 서브커맨드와 다른 제2 서브커맨드를 제공하는 단계;를 포함하는, 수술용 로봇 시스템.

청구항 53

제39항에 있어서,

상기 복수의 가늘고 긴 이동 부재들 중 상기 적어도 하나는 제1 가늘고 긴 이동 부재 및 제2 가늘고 긴 이동 부재를 포함하고,

상기 커맨드를 제공하는 단계는:

상기 제1 가늘고 긴 이동 부재를 제1 거리만큼 병진시키기 위한 제1 서브커맨드를 제공하는 단계; 및

상기 제2 가늘고 긴 이동 부재를 제2 거리만큼 병진시키기 위한 제2 서브커맨드를 제공하는 단계;를 포함하는, 수술용 로봇 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원에 대한 교차 참조

[0002] 본 출원의 주제는 2014년 10월 24일자로 출원된 발명의 명칭이 "SYSTEM FOR ROBOTIC-ASSISTED ENDOLUMENAL SURGERY AND RELATED METHODS"인 미국 출원 제14/523,760호에 관한 것으로, 이 미국 출원의 전체 개시는 참조에 의해 본원에 통합된다.

[0003] 배경

[0004] 1. 기술의 분야

[0005] 본 설명은 일반적으로 수술용 로봇 공학(surgical robotics)에 관한 것으로, 특히 견인 와이어(pull wire)를 사용하여 내시경을 교정하기 위한 자동화된 프로세스에 관한 것이다.

배경 기술

[0006] 2. 관련 기술의 설명

[0007] 로봇 기술은 다양한 애플리케이션을 갖는다. 특히, 로봇 암은, 보통은 사람이 수행할 작업을 완수하는 데 도움이 된다. 예를 들면, 공장에서는, 자동차 및 소비자 전자장치 제품을 제조하기 위해 로봇 암을 사용한다. 추가적으로, 과학 시설에서는, 마이크로플레이트를 이송하는 것과 같은 실험 절차를 자동화하기 위해 로봇 암을 사용한다. 최근, 내과 의사(physician) 및/또는 외과 의사(surgeon)는 외과적 처치(surgical procedure)를 수행하는 것을 돕기 위해 로봇 암을 사용하기 시작하였다. 예를 들면, 내과 의사는 내시경과 같은 수술용 기구(surgical instrument)를 제어하기 위해 로봇 암을 사용한다.

[0008] 가동 팁(movable tip)을 갖는 내시경은 최소의 침습적인 방식으로 외과적 처치를 수행하는 것을 돕는다. 가동 팁은 폐 또는 혈관과 같은 환자의 원격 위치로 지향될 수 있다. 타겟 위치로부터의 팁의 실제 위치의 편향(deviation)은 팁의 위치를 수정하기 위한 추가적인 조작으로 나타날 수도 있다. 수동 교정을 위한 현존하는 기술은, 팁의 모션을 정확하게 모델링하지 않는 제한된 양의 내시경 팁 편향에 의존할 수도 있다.

발명의 내용

[0009] 수술용 로봇 시스템(surgical robotic system)은 내시경과 같은 관형이며(tubular) 가요성의 수술 툴을 자동적으로 교정한다. 내시경의 비이상적인 거동을 보상하는 것에 의해, 수술용 로봇 시스템은 내시경의 모션을 정확하게 모델링할 수 있고 환자에 대한 외과적 처치를 수행하면서 내시경을 조종할 수 있다. 교정 동안, 수술용 로봇 시스템은 내시경을 타겟 위치로 이동시키고 내시경의 실제 위치를 설명하는 교정 데이터를 수신한다. 수술용 로봇 시스템은, 공간 센서에 의해 캡처되는 교정 데이터에 기초한 커맨드에 응답하여 내시경이 움직이는 실제 위치 및/또는 방위를 결정한다. 예시적인 공간 센서는 가속도계, 자이로스코프, 전자기 센서, 광섬유, 카메라, 및 형광 투시 이미징 시스템(fluoroscopic imaging system)을 포함한다. 수술용 로봇 시스템은, 타겟 위치와 실제 위치 사이의 불일치에 적어도 기초하여 이득 값을 결정한다. 수술용 로봇 시스템은 외과적 처치 이전에 또는 동안에 교정을 수행할 수 있다.

[0010] 몇몇 실시형태에서, 내시경은 리더(leader) 및 시스(sheath)로 지칭되는 관형 컴포넌트를 포함한다. 이득 값은 또한, 시스 밖으로 연장되는 리더의 길이, 또는 시스에 대한 리더의 상대적인 롤 각도(roll angle)에 기초할 수도 있다. 수술용 로봇 시스템은 기구 디바이스 조작기(instrument device manipulator; IDM)를 사용하여 시스 및 리더를 이동시킨다. 예를 들면, IDM은 시스 또는 리더에 커플링되는 견인 와이어를 병진시키는데, 이것은 내시경으로 하여금 상이한 축, 예를 들면, 피치(pitch), 요(yaw), 및 롤(roll) 축을 따라 이동하게 한다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1는, 하나의 실시형태에 따른, 수술용 로봇 시스템을 예시한다.

도 2는, 하나의 실시형태에 따른, 수술용 로봇 시스템에 대한 커맨드 콘솔을 예시한다.

도 3a는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경의 다수의 운동도(degree of motion)를 예시한다.

도 3b는, 하나의 실시형태에 따른, 시스 및 리더 컴포넌트를 포함하는 내시경의 상면도이다.

도 3c는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경의 시스의 측단면도이다.

도 3d는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경의 시스의 나선 섹션(helix section)의 등각 투영도(isometric view)이다.

도 3e는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경의 시스의 나선 섹션의 다른 등각 투영도이다.

도 3f는, 하나의 실시형태에 따른, 나선 섹션을 갖는 내시경의 시스의 측면도이다.

도 3g는, 하나의 실시형태에 따른, 도 3f에서 도시되는 내시경의 시스의 다른 도면이다.

도 3h는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경의 리더의 측단면도이다.

도 3i는, 하나의 실시형태에 따른, 도 3h에서 도시되는 내시경의 리더의 원위(distal) 팁의 단면 등각 투영도이다.

도 4a는, 하나의 실시형태에 따른, 수술용 로봇 시스템의 기구 디바이스 조작기의 등각 투영도이다.

도 4b는, 하나의 실시형태에 따른, 도 4a에서 도시되는 기구 디바이스 조작기의 분해 등각 투영도(exploded

isometric view)이다.

도 4c는, 하나의 실시형태에 따른, 도 4a에서 도시되는 기구 디바이스 조작기의 독립 구동 메커니즘의 등각 투영도이다.

도 4d는, 하나의 실시형태에 따른, 도 4c에서 도시되는 독립 구동 메커니즘의 변형 게이지(strain gauge)에 의해 힘이 측정될 수도 있는 방법을 도시하는 개념도를 예시한다.

도 5a는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경 내부의 견인 와이어를 예시한다.

도 5b는, 하나의 실시형태에 따른, 휴지 위치(resting position)에 있는 내시경의 배면도(back view)를 도시한다.

도 5c는, 하나의 실시형태에 따른, 도 5b에서 도시되는 내시경의 상면도를 도시한다.

도 5d는, 하나의 실시형태에 따른, 도 5b에서 도시되는 내시경의 측면도를 도시한다.

도 5e는, 하나의 실시형태에 따른, 편향된 위치에 있는 도 5b에서 도시되는 내시경의 배면도를 도시한다.

도 5f는, 하나의 실시형태에 따른, 도 5e에서 도시되는 내시경의 상면도를 도시한다.

도 5g는, 하나의 실시형태에 따른, 도 5e에서 도시되는 내시경의 측면도를 도시한다.

도 5h는, 하나의 실시형태에 따른, 추가적인 비이상적 오프셋을 가지고 편향된 위치에 있는 도 5b에서 도시되는 내시경의 배면도를 도시한다.

도 5i는, 하나의 실시형태에 따른, 도 5h에서 도시되는 내시경의 상면도를 도시한다.

도 5j는, 하나의 실시형태에 따른, 휴지 위치에 있는 도 5b에서 도시되는 내시경의 배면도를 도시한다.

도 5k는, 하나의 실시형태에 따른, 도 5j에서 도시되는 내시경의 측면도를 도시한다.

도 5l은, 하나의 실시형태에 따른, 추가적인 비이상적 롤 오프셋을 가지고 편향된 위치에 있는 도 5j에서 도시되는 내시경의 배면도를 도시한다.

도 5m은, 하나의 실시형태에 따른, 도 5l에서 도시되는 내시경의 측면도를 도시한다.

도 6a는, 하나의 실시형태에 따른, 전자기 추적 시스템의 다이어그램이다.

도 6b는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경에 근접한 카메라의 다이어그램이다.

도 6c는, 하나의 실시형태에 따른, 기준 마커를 포함하는 내시경에 근접한 모션 추적 카메라의 다이어그램이다.

도 6d는, 하나의 실시형태에 따른, 형상 감지 광섬유를 갖는 내시경의 다이어그램이다.

도 6e는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경에 근접한 형광 투시 이미징 시스템의 다이어그램이다.

도 7a는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경의 시스 외측에서 연장되는 내시경의 리더의 길이를 도시한다.

도 7b는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경의 시스에 대한 내시경의 리더의 상대적인 롤 각도를 도시한다.

도 8a는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경의 자동화된 교정을 위한 프로세스의 플로우차트이다.

도 8b는, 하나의 실시형태에 따른, 연장부(extension)의 길이 및 상대적인 롤 각도에 기초한 내시경의 자동화된 교정을 위한 프로세스의 플로우차트이다.

도 9는, 하나의 실시형태에 대한 내시경의 수술 중의 자동화된 교정을 위한 프로세스의 플로우차트이다.

도면은 단지 예시의 목적을 위해 본 발명의 실시형태를 묘사한다. 기술 분야에서 숙련된 자는, 본원에 예시되는 구조 및 방법의 대안적인 실시형태가 본원에서 설명되는 본 발명의 원리를 벗어나지 않고도 활용될 수도 있다는 것을 다음의 논의로부터 쉽게 인식할 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 본원에서 개시되는 방법 및 장치는, 2014년 10월 24일자로 출원되고, 미국 특허 공개 공보 제US 2015/0119637호로서 공개된, 발명의 명칭이 "SYSTEM FOR ROBOTIC - ENDOLUMENAL SURGERY AND RELATED METHODS"인 미국 특허 출원 제14/523,760호에서 설명되는 하나 이상의 내시경 컴포넌트 또는 단계와 함께 사용하기에 아주 적합한데, 이

출원의 전체 개시는 참조에 의해 본원에 통합된다. 상기 언급된 출원은, 본원에서 개시되는 실시형태에 따른 조합에 적절한, 시스템 컴포넌트, 관강 내(endolumenal) 시스템, 가상 레일 구성, 메커니즘 체인저 인터페이스, 기구 디바이스 조작기(IDM), 내시경 톨 설계, 제어 콘솔, 내시경, 기구 디바이스 조작기, 관강 내 내비게이션, 및 관강 내 처치를 설명한다.

[0013] I. 수술용 로봇 시스템

[0014] 도 1a는, 하나의 실시형태에 따른, 수술용 로봇 시스템(100)을 예시한다. 수술용 로봇 시스템(100)은 하나 이상의 로봇 암, 예를 들면 로봇 암(102)에 커플링되는 베이스(101)를 포함한다. 베이스(101)는 커맨드 콘솔에 통신 가능하게 커플링되는데, 이는 섹션 II.에서 도 2를 참조하여 추가로 설명된다. 커맨드 콘솔. 베이스(101)는, 내과 의사와 같은 유저가 안락한 커맨드 콘솔로부터 수술용 로봇 시스템(100)을 제어할 수도 있는 동안, 로봇 암(102)이 액세스하여 환자에 대한 외과적 처치를 수행하도록, 배치될 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 베이스(101)는 환자를 지지하기 위한 외과적 수술용 테이블 또는 베드에 커플링될 수도 있다. 비록 명확화의 목적을 위해서도 1에서 도시되지는 않지만, 베이스(101)는, 제어 전자 장치, 공압 장치(pneumatics), 전원, 광학 소스, 및 등등과 같은 서브시스템을 포함할 수도 있다. 로봇 암(102)은, 조인트(111)에서 커플링되는 다수의 암 세그먼트(110)를 포함하는 데, 조인트(111)는 로봇 암(102)에게 다수의 자유도, 예를 들면, 일곱 개의 암 세그먼트에 대응하는 7의 자유도를 제공한다. 베이스(101)는, 전력의 소스(112), 공압(pneumatic pressure)(113), 및 제어 및 센서 전자 장치(114) - 중앙 프로세싱 유닛, 데이터 버스, 제어 회로부(control circuitry), 및 메모리와 같은 컴포넌트를 포함함 - 및 로봇 암(102)을 움직이기 위한 모터와 같은 관련 액추에이터를 포함할 수도 있다. 베이스(101) 내의 전자 장치(114)는 또한, 커맨드 콘솔로부터 전달되는 제어 신호를 프로세싱하고 송신할 수도 있다.

[0015] 몇몇 실시형태에서, 베이스(101)는 수술용 로봇 시스템(100)을 이동하기 위한 휠(115)을 포함한다. 수술용 로봇 시스템(100)의 이동성은, 외과 수술실에서의 공간 제약을 수용하는 것뿐만 아니라, 수술용 기기(surgical equipment)의 적절한 위치 결정 및 움직임을 용이하게 하는 것을 돕는다. 또한, 이동성은, 로봇 암(102)이 환자, 내과 의사, 마취 의사, 또는 임의의 다른 기기와 간섭하지 않도록, 로봇 암(102)이 구성되는 것을 허용한다. 처치 동안, 유저는, 커맨드 콘솔과 같은 제어 디바이스를 사용하여 로봇 암(102)을 제어할 수도 있다.

[0016] 몇몇 실시형태에서, 로봇 암(102)은, 로봇 암(102)의 위치를 유지하기 위해 브레이크 및 카운터 밸런스의 조합을 사용하는 셋업 조인트(set up joint)를 포함한다. 카운터 밸런스는 가스 스프링 또는 코일 스프링을 포함할 수도 있다. 브레이크, 예를 들면, 이중 안전 브레이크(fail safe brake)는, 기계적 및/또는 전기적 컴포넌트를 포함할 수도 있다. 또한, 로봇 암(102)은 중력 지원 수동 지지 타입 로봇 암(gravity-assisted passive support type robotic arm)일 수도 있다.

[0017] 각각의 로봇 암(102)은 메커니즘 체인저 인터페이스(mechanism changer interface; MCI)(116)를 사용하여 기구 디바이스 조작기(IDM)(117)에 커플링될 수도 있다. IDM(117)은 제거되어 상이한 타입의 IDM으로 대체될 수 있는데, 예를 들면, 제1 타입의 IDM은 내시경을 조작하고, 한편 제2 타입의 IDM은 복강경을 조작한다. MCI(116)는, 공압, 전력, 전기 신호, 및 광학 신호를 로봇 암(102)으로부터 IDM(117)으로 전달하기 위한 커넥터를 포함한다. MCI(116)는 고정 나사(set screw) 또는 베이스 플레이트 커넥터일 수 있다. IDM(117)은, 직접 구동, 하모닉 구동, 기어식 구동, 벨트 및 풀리, 자기 구동, 및 등등을 포함하는 기술을 사용하여 내시경(118)과 같은 수술용 기구를 조작한다. MCI(116)는 IDM(117)의 타입에 기초하여 상호 교환 가능하고 소정 타입의 외과적 처치를 위해 맞춤화될 수 있다. KUKA AG®LBR5 로봇 암과 같은 로봇 암(102)은, 원위 단부에서 조인트 레벨 토크 감지부 및 손목을 포함할 수 있다.

[0018] 내시경(118)은, 해부학적 구조(예를 들면, 신체 조직)의 이미지를 캡처하기 위해 환자의 해부학적 구조 안으로 삽입되는 관형이며 가요성인 수술용 기구이다. 특히, 내시경(118)은 이미지를 캡처하는 하나 이상의 이미징 디바이스(예를 들면, 카메라 또는 센서)를 포함한다. 이미징 디바이스는, 광섬유, 섬유 어레이, 또는 렌즈와 같은 하나 이상의 광학 컴포넌트를 포함할 수도 있다. 광학 컴포넌트는, 내시경(118)의 팁의 움직임이 이미징 디바이스에 의해 캡처되는 이미지에 대한 변화로 나타나도록, 내시경(118)의 팁과 함께 이동한다. 내시경(118)은 섹션 III. 내시경에서 도 3a 내지 도 3i를 참조하여 추가로 설명된다.

[0019] 수술용 로봇 시스템(100)의 로봇 암(102)은 가늘고 긴 이동 부재를 사용하여 내시경(118)을 조작한다. 가늘고 긴 이동 부재는, 견인(pull) 또는 푸시(push) 와이어, 케이블, 섬유로 또한 칭해지는 견인 와이어, 또는 가요성 샤프트를 포함할 수도 있다. 예를 들면, 로봇 암(102)은, 내시경(118)에 커플링되는 다수의 견인 와이어를 작동시켜 내시경(118)의 팁을 편향시킨다. 견인 와이어는, 스테인레스 스틸, 케블라(Kevlar), 텅스텐, 탄소 섬유,

및 등등과 같은 금속 및 비금속 재료 둘 모두를 포함할 수도 있다. 내시경(118)은, 가늘고 긴 이동 부재에 의해 인가되는 힘에 응답하여 비선형 거동을 나타낼 수도 있다. 비이상적인 거동은 내시경(118)의 강성 및 압축성에 서의 불완전성(imperfection) 또는 변동뿐만 아니라, 상이한 가늘고 긴 이동 부재 사이의 느슨함 또는 강성에서 의 가변성에 기인할 수도 있다.

[0020] 수술용 로봇 시스템(100)은, 컴퓨터 시스템(120), 예를 들면, 컴퓨터 프로세서를 포함한다. 컴퓨터 시스템(120)은 교정 모듈(130), 교정 저장소(140), 커맨드 모듈(150), 및 데이터 프로세싱 모듈(160)을 포함한다. 데이터 프로세싱 모듈(160)은 수술용 로봇 시스템(100)에 의해 수집되는 교정 데이터를 프로세싱할 수 있다. 교정 모듈(130)은 교정 데이터에 기초한 이득 값을 사용하여 내시경(118)의 비이상적인 거동을 특성 묘사할 수 있다. 컴퓨터 시스템(120) 및 그것의 모듈은 섹션 VII: 교정 프로세스 플로우에서 추가로 설명된다. 수술용 로봇 시스템(100)은 이득 값의 정확한 값을 결정하는 것에 의해 내시경(118)을 더욱 정확하게 제어할 수 있다. 몇몇 실시형 태에서, 컴퓨터 시스템(120)의 몇몇 또는 모든 기능은 수술용 로봇 시스템(100) 외부에서, 예를 들면, 수술용 로봇 시스템(100)에 통신 가능하게 커플링되는 다른 컴퓨터 시스템 또는 서버 상에서 수행된다.

[0021] II. 커맨드 콘솔

[0022] 도 2는, 하나의 실시형태에 따른, 수술용 로봇 시스템(100)에 대한 커맨드 콘솔(200)을 예시한다. 커맨드 콘솔(200)은 콘솔 베이스(201), 디스플레이 모듈(202), 예를 들면, 모니터, 및 제어 모듈, 예를 들면, 키보드(203) 및 조이스틱(204)을 포함한다. 몇몇 실시형태에서, 커맨드 모듈(200) 기능성(functionality) 중 하나 이상은, 수술용 로봇 시스템(100)의 베이스(101) 또는 수술용 로봇 시스템(100)에 통신 가능하게 커플링되는 다른 시스템에 통합될 수도 있다. 유저(205), 예를 들면, 내과 의사는, 커맨드 콘솔(200)을 사용하여 인체 공학적 위치로 부터 수술용 로봇 시스템(100)을 원격 제어한다.

[0023] 콘솔 베이스(201)는, 예를 들면, 도 1에서 도시되는 내시경(118)으로부터의 카메라 화상(camera imagery) 및 추 적 센서 데이터와 같은 신호를 해석하고 프로세싱하는 것을 담당하는, 중앙 프로세싱 유닛, 메모리 유닛, 데이터 버스, 및 관련 데이터 통신 포트를 포함할 수도 있다. 몇몇 실시형태에서, 콘솔 베이스(201) 및 베이스(101) 둘 모두는 부하 밸런싱(load-balancing)을 위한 신호 프로세싱을 수행한다. 콘솔 베이스(201)는 또한, 제어 모듈(203 및 204)을 통해 유저(205)에 의해 제공되는 커맨드 및 명령어를 프로세싱할 수도 있다. 도 2에서 도시되 는 키보드(203) 및 조이스틱(204) 외에, 제어 모듈은 다른 디바이스, 예를 들면, 컴퓨터 마우스, 트랙패드, 트 랙볼, 제어 패드, 비디오 게임 컨트롤러, 및 손 제스처 및 손가락 제스처를 캡처하는 센서(예를 들면, 모션 센 서 또는 카메라)를 포함할 수도 있다.

[0024] 유저(205)는 커맨드 콘솔(200)을 사용하여 내시경(118)과 같은 수술용 기구를 속도 모드 또는 위치 제어 모드에 서 제어할 수 있다. 속도 모드에서, 유저(205)는, 제어 모듈을 사용하는 직접 수동 제어에 기초하여 내시경(118)의 원위 단부의 피치 및 요 모션을 직접적으로 제어한다. 예를 들면, 조이스틱(204) 상에서의 움직임은, 내시경(118)의 원위 단부에서의 요 및 피치 움직임으로 매핑될 수도 있다. 조이스틱(204)은 햅틱 피드백을 유저(205)에게 제공할 수 있다. 예를 들면, 조이스틱(204)은, 내시경(118)이 소정의 방향에서 더 이상 병진 또는 회 전할 수 없다는 것을 나타내기 위해 진동한다. 커맨드 콘솔(200)은 또한, 내시경(118)이 최대 병진 또는 회전에 도달했다는 것을 나타내기 위해 시각적 피드백(예를 들면, 팝업 메시지) 및/또는 청각적 피드백(예를 들면, 비 프음 발생)을 제공할 수 있다.

[0025] 위치 제어 모드에서, 커맨드 콘솔(200)은 환자의 삼차원(three-dimensional; 3D) 맵 및 환자의 미리 결정된 컴 퓨터 모델을 사용하여, 수술용 기구, 예를 들면, 내시경(118)을 제어한다. 커맨드 콘솔(200)은 수술용 로봇 시스템(100)의 로봇 암(102)에 제어 신호를 제공하여 내시경(118)을 타겟 위치까지 조작한다. 3D 맵에 대한 의존 으로 인해, 위치 제어 모드는 환자의 해부학적 구조의 정확한 매핑을 필요로 한다.

[0026] 몇몇 실시형태에서, 유저(205)는, 커맨드 콘솔(200)을 사용하지 않고도, 수술용 로봇 시스템(100)의 로봇 암(102)을 수동으로 조작할 수 있다. 외과 수술실에서의 셋업 동안, 유저(205)는 로봇 암(102), 내시경(118), 및 다른 수술용 기기를 이동시켜 환자에게 액세스할 수도 있다. 수술용 로봇 시스템(100)은 유저(205)로부터의 힘 피드백 및 관성 제어에 의존하여 로봇 암(102) 및 기기의 적절한 구성을 결정할 수도 있다.

[0027] 디스플레이 모듈(202)은 전자 모니터, 가상 현실 관찰 디바이스(virtual reality viewing device), 예를 들면, 고글 또는 글래스, 및/또는 디스플레이 디바이스의 다른 수단을 포함할 수도 있다. 몇몇 실시형태에서, 디스플 레이 모듈(202)은, 예를 들면, 터치스크린을 갖는 태블릿 디바이스처럼, 제어 모듈과 통합된다. 또한, 유저(205)는 통합 디스플레이 모듈(202) 및 제어 모듈을 사용하여 수술용 로봇 시스템(100)에 대한 데이터를 관찰하

는 것 및 수술용 로봇 시스템(100)에 커맨드를 입력하는 것 둘 모두를 할 수 있다.

[0028] 디스플레이 모듈(202)은 입체 디바이스, 예를 들면, 바이저 또는 고글을 사용하여 3D 이미지를 디스플레이할 수 있다. 3D 이미지는, 환자의 해부학적 구조를 예시하는 컴퓨터 3D 모델인 "내부 뷰(endo view)"(즉, 내시경 뷰)를 제공한다. "내부 뷰"는, 환자 내부의 가상 환경 및 환자 내부의 내시경(118)의 예상된 위치를 제공한다. 유저(205)는 "내부 뷰" 모델을, 카메라에 의해 캡처되는 실제 이미지에 비교하여, 내시경(118)이 환자 내부에서 정확한 - 또는 대략 정확한 - 위치 안에 있다는 것을 마음속으로 확인하고 검증하는 것을 돕는다. "내부 뷰"는 내시경(118)의 원위 단부 주위의 해부학적 구조, 예를 들면, 환자의 장(intestine) 또는 결장(colon)의 형상에 관한 정보를 제공한다. 디스플레이 모듈(202)은, 내시경(118)의 원위 단부 주위의 해부학적 구조의 3D 모델 및 컴퓨터 단층 촬영(computerized tomography; CT) 스캔을 동시에 디스플레이할 수 있다. 또한, 디스플레이 모듈(202)은 3D 모델 및 CT 스캔 상에 내시경(118)의 미리 결정된 최적의 내비게이션 경로를 오버레이할 수도 있다.

[0029] 몇몇 실시형태에서, 내시경(118)의 모델은 외과적 처치의 상태를 나타내는 것을 돕기 위해 3D 모델과 함께 디스플레이 된다. 예를 들면, CT 스캔은 생검이 필요할 수도 있는 해부학적 구조에서의 병변을 식별한다. 동작 동안, 디스플레이 모듈(202)은, 내시경(118)의 현재 위치에 대응하는 내시경(118)에 의해 캡처되는 기준 이미지를 나타낼 수도 있다. 디스플레이 모듈(202)은 유저 설정 및 특정한 외과적 처치에 따라 내시경(118)의 모델의 상이한 뷰를 자동적으로 디스플레이할 수도 있다. 예를 들면, 디스플레이 모듈(202)은, 내시경(118)이 환자의 수술 영역에 접근함에 따라 내비게이션 단계 동안의 내시경(118)의 오버헤드 형광 투시 뷰(fluoroscopic view)를 나타낸다.

[0030] III. 내시경

[0031] 도 3a는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경(118)의 다수의 운동도를 예시한다. 내시경(118)은 도 1에서 도시되는 내시경(118)의 한 실시형태이다. 도 3a에서 도시되는 바와 같이, 내시경(118)의 팁(301)은 종방향 축(306)(물 축(306)으로 또한 칭해짐)에 대해 제로 편향을 가지고 배향된다. 팁(301)의 상이한 방위에서 이미지를 캡처하기 위해, 수술용 로봇 시스템(100)은 양의 요 축(302), 음의 요 축(303), 양의 피치 축(304), 음의 피치 축(305), 또는 물 축(306) 상에서 팁(301)을 편향시킨다. 내시경(118)의 팁(301) 또는 본체(310)는 종방향 축(306), x 축(308), 또는 y 축(309)으로 연장 또는 병진될 수도 있다.

[0032] 도 3b는, 하나의 실시형태에 따른, 시스 및 리더 컴포넌트를 포함하는 내시경(118)의 상면도이다. 내시경(118)은 시스(311) 관형 컴포넌트 내부에서 네스트화되는(nested) 또는 부분적으로 네스트화되는 그리고 그와 종방향으로 정렬되는 리더(315) 관형 컴포넌트를 포함한다. 시스(311)는 근위(proximal) 시스 섹션(312) 및 원위 시스 섹션(313)을 포함한다. 리더(315)는 시스(311)보다 더 작은 외경을 가지며 근위 리더 섹션(316) 및 원위 리더 섹션(317)을 포함한다. 시스 베이스(314) 및 리더 베이스(318)는, 예를 들면, 수술용 로봇 시스템(100)의 유저로부터의 제어 신호에 기초하여, 원위 시스 섹션(313) 및 원위 리더 섹션(317)을 각각 작동시킨다. 시스 베이스(314) 및 리더 베이스(318)는, 예를 들면, 도 1에서 도시되는 IDM(117)의 일부이다. 굴곡 섹션으로도 또한 칭해질 수도 있는 원위 리더 섹션(317)의 구조, 구성, 성능, 및 용도는 2014년 3월 7일자로 출원된 미국 특허 출원 제14/201,610호 및 2014년 9월 5일자로 출원된 미국 특허 출원 제14/479,095호에서 개시되는데, 이들 출원의 전체 내용은 참조에 의해 통합된다.

[0033] 시스 베이스(314) 및 리더 베이스(318) 둘 모두는, 시스(311) 및 리더(315)에 커플링되는 견인 와이어를 제어하는 구동 메커니즘(예를 들면, 섹션 III. D.의 기구 디바이스 조작기에서 도 4a 내지 도 4d를 참조하여 추가로 설명되는 독립 구동 메커니즘)을 포함한다. 예를 들면, 시스 베이스(314)는 원위 시스 섹션(313)을 편향시키기 위해 시스(311)에 커플링되는 견인 와이어에 대해 인장 하중을 생성한다. 마찬가지로, 리더 베이스(318)는 원위 리더 섹션(317)을 편향시키기 위해 리더(315)에 커플링되는 견인 와이어에 대해 인장 하중을 생성한다. 시스 베이스(314) 및 리더 베이스(318) 둘 모두는 또한, 공압, 전력, 전기 신호, 또는 IDM으로부터의 광학 신호를 시스(311) 및 리더(314)로 라우팅하기 위한 커플링을 각각 포함할 수도 있다. 견인 와이어는 시스(311) 또는 리더(315) 내의 견인 와이어의 길이를 따라 스틸 코일 파이프를 포함할 수도는 있는데, 이것은 축방향 압축을, 부하의 원점, 예를 들면, 시스 베이스(314) 또는 리더 베이스(318)로 각각 다시 전달한다.

[0034] 내시경(118)은 시스(311) 및 리더(315)에 커플링되는 견인 와이어에 의해 제공되는 다수의 자유도로 인해 환자의 해부학적 구조를 용이하게 내비게이션(navigate)할 수 있다. 예를 들면, 네 개 이상의 견인 와이어가 시스(311) 및/또는 리더(315) 중 하나에서 사용되어, 여덟 개 이상의 자유도를 제공할 수도 있다. 다른 실시형태에서, 최대 세 개의 견인 와이어가 사용되어, 최대 여섯 개의 자유도를 제공할 수도 있다. 시스(311) 및 리더(315)는 종방향 축(306)을 따라 최대 360도 회전되어, 더 많은 운동도를 제공할 수도 있다. 회전 각도 및 다수

의 자유도의 조합은, 수술용 로봇 시스템(100)의 유저에게 내시경(118)의 유저 친화적이고 직관적인 제어를 제공한다.

[0035] III. A. 내시경 시스

[0036] 도 3c는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경(118)의 시스(311)의 측면도이다. 시스(311)는 도 3b에서 도시되는 리더(315)와 같은 관형 컴포넌트를 수용하도록 사이즈가 정해지는 관강(323)을 포함한다. 시스(311)는 벽(324)의 길이 내부의 도관(327 및 328)을 통해 이어지는 견인 와이어(325 및 326)를 갖는 벽(324)을 포함한다. 도관은 나선 섹션(330) 및 원위 비나선(non-helix) 섹션(329)을 포함한다. 견인 와이어(325)의 적절한 인장(tensioning)은, 나선 섹션(330)의 굴곡을 최소화하면서, 양의 y 축 방향에서 원위 단부(320)를 압축할 수도 있다. 마찬가지로, 견인 와이어(326)의 적절한 인장은 음의 y 축 방향에서 원위 단부(320)를 압축할 수도 있다. 몇몇 실시형태에서, 관강(323)은 시스(311)와 동심이 아니다.

[0037] 견인 와이어(325 및 326)는 반드시 시스(311)의 길이를 따라 직선형으로(straight) 이어지는 것은 아니다. 오히려, 견인 와이어(325 및 326)는 나선 섹션(330)을 따라 시스(311) 주위에서 나선형으로 이어지고 원위 비나선 섹션(329) 및 시스(311)의 임의의 다른 비나선 섹션을 따라 종방향에서 직선형으로(즉, 종방향 축(306)에 대략 평행하게) 이어진다. 나선 섹션(330)은 시스(311)의 길이를 따르는 임의의 곳에서 시작 및 종료할 수도 있다. 또한, 나선 섹션(330)의 길이 및 피치는, 시스(311)의 소망되는 특성, 예를 들면, 시스(311)의 가요성 및 나선 섹션(330)에서의 마찰에 기초하여 결정될 수도 있다.

[0038] 비록 도 3c에서는 견인 와이어(325 및 326)가 서로에 대해 180도로 위치되지만, 시스(311)의 견인 와이어는 상이한 각도로 배치될 수도 있다는 것을 유의해야 한다. 예를 들면, 시스의 세 개의 견인 와이어 각각은 서로에 대해 120도에 위치될 수도 있다. 몇몇 실시형태에서, 견인 와이어는 서로에 대해 동일하지 않게 이격된다, 즉, 일정한 각도 오프셋이 없다.

[0039] III. B. 나선 섹션

[0040] 도 3d는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경(118)의 시스(311)의 나선 섹션(330)의 등각 투영도이다. 도 3d는, 원위 비나선 섹션(329)과 나선 섹션(330) 사이를 구별하는 목적을 위해 단지 하나의 견인 와이어(325)만을 도시한다. 몇몇 실시형태에서, 나선 섹션(330)은 가변 피치를 갖는다.

[0041] 도 3e는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경(118)의 시스(311)의 나선 섹션(330)의 다른 등각 투영도이다. 도 3e는, 원위 비나선 섹션(329) 및 가변 피치 나선 섹션(330)을 따라 연장되는 네 개의 견인 와이어(325, 326, 351, 및 352)를 도시한다.

[0042] 시스(311) 내의 나선 섹션(330) 및 내시경(118)의 리더(315)는, 수술용 로봇 시스템(100) 및/또는 유저가, 환자의 해부학적 구조, 예를 들면, 장(intestine) 또는 결장(colon) 내에서 비선형 경로를 통해 내시경(118)을 조종하는 것을 돕는다. 비선형 경로를 내비게이팅할 때, (시스(311) 및 리더(315) 둘 모두에서) 제어 가능한 원위 섹션을 여전히 가지면서, 내시경(118)이 가요성을 유지하는 것이 유용하다. 또한, 내시경(118)을 따르는 원치 않는 굴곡의 양을 감소시키는 것이 유익하다. 이전의 내시경 설계에서는, 원위 단부를 조작하기 위해 견인 와이어를 인장하는 것이, 내시경의 길이를 따라 원하지 않는 굴곡 및 토크를 생성하였는데, 이것은 각각 머슬링(muscling) 및 곡선 정렬(curve alignment)로 칭해질 수도 있다.

[0043] 도 3f는, 하나의 실시형태에 따른, 나선 섹션(330)을 갖는 내시경(118)의 시스(311)의 측면도이다. 도 3f 및 도 3g는 나선 섹션(330)이 머슬링 및 커브 정렬을 실질적으로 완화하는 방법을 예시한다. 견인 와이어(325)가 나선 섹션(330)의 길이 주위에서 나선형으로 이어지기 때문에, 견인 와이어(325)는 종방향(306) 주위의 다수의 방향에서 압축 하중(compressive load)(335)을 방사상으로 그리고 대칭적으로 분배한다. 또한, 내시경(118)에 부과되는 굴곡 모멘트(bending moment)도 또한 종방향 축(306)을 중심으로 대칭적으로 분포되는데, 이것은 반대 방향의 압축력 및 인장력을 상쇄 및 차감한다. 굴곡 모멘트의 분포는 최소 순 굴곡 및 회전력으로 나타나는데, 내시경(118)의 낮은 포텐셜 에너지 상태를 생성하고, 따라서, 머슬링 및 곡선 정렬을 제거하거나 또는 실질적으로 완화한다.

[0044] 나선 섹션(330)의 피치는 나선 섹션(330)의 마찰 및 강성에 영향을 줄 수 있다. 예를 들면, 나선 섹션(330)은, 더 긴 원위 비나선 섹션(329)을 허용하도록 더 짧을 수도 있어서, 나선 섹션(330)의 더 적은 마찰 및/또는 강성으로 나타날 수도 있다.

[0045] 도 3g는, 하나의 실시형태에 따른, 도 3f에서 도시되는 내시경(118)의 시스(311)의 다른 도면이다. 도 3f에서

도시되는 원위 비나선 섹션(329)과 비교하여, 도 3g에서 도시되는 원위 비나선 섹션(329)은 더 큰 각도로 편향된다.

[0046] III. C. 내시경 리더

[0047] 도 3h는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경(118)의 리더(315)의 측면면도이다. 리더(315)는 벽(348)의 길이를 따라 도관(341 및 342)을 통해 각각 이어지는 견인 와이어(344 및 345) 및 적어도 하나의 작동 채널(343)을 포함한다. 견인 와이어(344 및 345) 및 도관(341 및 342)은, 각각, 도 3c의 견인 와이어(325 및 326) 및 도관(327 및 328)과 실질적으로 동일하다. 예를 들면, 견인 와이어(344 및 345)는, 앞서 설명되는 바와 같은 시스(311)와 유사하게, 리더(315)의 머슬링 및 곡선 정렬을 완화시키는 것을 돕는 나선 섹션을 가질 수도 있다.

[0048] 도 3i는, 하나의 실시형태에 따른, 도 3h에서 도시되는 내시경(118)의 리더(315)의 원위 팁의 단면 등각 투영도이다. 리더(315)는 이미징 디바이스(349)(예를 들면, 전하 결합 소자(charge-coupled device; CCD) 또는 상보형 금속 산화물 반도체(complementary metal-oxide semiconductor; CMOS) 카메라, 이미징 광섬유 번들, 등등), 광원(350)(예를 들면, 발광 다이오드(light-emitting diode; LED), 광섬유, 등등), 적어도 두 개의 견인 와이어(344 및 345), 및 다른 컴포넌트를 위한 적어도 하나의 작동 채널(343)을 포함한다. 예를 들면, 다른 컴포넌트는, 카메라 와이어, 흡입 디바이스(insufflation device), 석션 디바이스(suction device), 전기 와이어, 광섬유, 초음파 트랜스듀서, 전자기(electromagnetic; EM) 감지 컴포넌트, 및 광학적 간섭성 단층 촬영(optical coherence tomography; OCT) 감지 컴포넌트를 포함한다. 몇몇 실시형태에서, 리더(315)는 작동 채널(343) 안으로의 컴포넌트의 삽입을 수용하기 위한 포켓 구멍을 포함한다. 도 3i에서 도시되는 바와 같이, 견인 와이어(344 및 345)는 이미징 디바이스(349) 또는 작동 채널(343)과 동심이 아니다.

[0049] III. D. 기구 디바이스 조작기

[0050] 도 4a는, 하나의 실시형태에 따른, 수술용 로봇 시스템(100)의 기구 디바이스 조작기(117)의 등각 투영도이다. 로봇 암(102)은 관절식 인터페이스(articulating interface)(401)를 통해 IDM(117)에 커플링된다. IDM(117)은 내시경(118)에 커플링된다. 관절식 인터페이스(401)는 공압, 전력 신호, 제어 신호, 및 피드백 신호를 로봇 암(102) 및 IDM(117)으로 그리고 이들로부터 전달할 수도 있다. IDM(117)은 기어 헤드, 모터, 로터리 인코더, 전력 회로, 및 제어 회로를 포함할 수도 있다. 내시경(118)의 근위 단부에는 IDM(117)으로부터 제어 신호를 수신하기 위한 툴 베이스(tool base)(403)가 커플링된다. 제어 신호에 기초하여, IDM(117)은, 출력 샤프트를 작동시키는 것에 의해 내시경(118)을 조작하는 데, 이것은 도 4b를 참조하여 하기에서 추가로 설명된다.

[0051] 도 4b는, 하나의 실시형태에 따른, 도 4a에서 도시되는 기구 디바이스 조작기의 분해 등각 투영도이다. 도 4b에서, 내시경(118)은 IDM(117)으로부터 제거되어 출력 샤프트(405, 406, 407 및 408)를 드러낸다.

[0052] 도 4c는, 하나의 실시형태에 따른, 도 4a에서 도시되는 기구 디바이스 조작기(117)의 독립 구동 메커니즘의 등각 투영도이다. 독립 구동 메커니즘은 IDM(117)의 출력 샤프트(405, 406, 407, 및 408)를 각각 회전시키는 것에 의해 내시경의 견인 와이어(421, 422, 423 및 424)를 (예를 들면, 서로 독립적으로) 조이거나 또는 느슨하게 할 수 있다. 출력 샤프트(405, 406, 407 및 408)가 각운동을 통해 견인 와이어(421, 422, 423 및 424)를 따라 각각 힘을 전달하자마자, 견인 와이어(421, 422, 423 및 424)는 출력 샤프트로 다시 힘을 전달한다. IDM(117) 및/또는 수술용 로봇 시스템(100)은 센서, 예를 들면, 하기에서 추가로 설명되는 변형 게이지를 사용하여 전달된 힘을 측정할 수 있다.

[0053] 도 4d는, 하나의 실시형태에 따른, 도 4c에서 도시되는 독립 구동 메커니즘의 변형 게이지(434)에 의해 힘이 측정될 수도 있는 방법을 도시하는 개념도를 예시한다. 힘(431)은 모터(437)의 모터 마운트(433)에 커플링되는 출력 샤프트(405)로부터 멀어지게 지향될 수도 있다. 따라서, 힘(431)은 모터 마운트(433)의 수평 변위를 초래한다. 또한, 모터 마운트(433)에 수평으로 커플링되는 변형 게이지(434)는 힘(431)의 방향에서 변형을 겪는다. 변형은, 변형 게이지(434)의 팁(435)의 수평 변위 대 변형 게이지(434)의 전체 수평 폭(436)의 비율로서 측정될 수도 있다.

[0054] 몇몇 실시형태에서, IDM(117)은 IDM(117)의 방위를 결정하기 위한 추가적인 센서, 예를 들면, 경사계 또는 가속도계를 포함한다. 추가적인 센서 및/또는 변형 게이지(434)로부터의 측정치에 기초하여, 수술용 로봇 시스템(100)은 중력 하중 효과를 고려하도록 변형 게이지(434)로부터의 판독치를 교정할 수 있다. 예를 들면, IDM(117)이 IDM(117)의 수평 면 상에서 배향되는 경우, IDM(117)의 소정의 컴포넌트의 중량은 모터 마운트(433)에 대해 압력을 유발할 수도 있다. 따라서, 중력 하중 효과를 고려하지 않으면서, 변형 게이지(434)는 출력 샤프트에 대한 변형으로부터 유래하지 않은 변형을 측정할 수도 있다.

[0055] IV. 비이상적인 내시경 모션

[0056] 도 5a는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경(118) 내부의 견인 와이어를 예시한다. 내시경(118)은, 내시경의 구성에 따라 상이한 수의 견인 와이어를 포함할 수도 있지만, 예를 위해, 이하의 설명은, 요(510) 및 피치(520) 축을 따르는 움직임의 방향에 각각 대응하는 네 개의 견인 와이어(421, 422, 423 및 423)를 내시경(118)이 포함하는 구성을 가정한다. 특히, 견인 와이어(421, 422, 423 및 423)를 당기는 것은, 내시경(118)을 양의 피치 방향, 양의 요 방향, 음의 피치 방향, 및 음의 요 방향으로 각각 이동시킨다. 비록 도 5a에서 도시되는 견인 와이어 각각이 요(510) 또는 피치(520) 방향으로 정렬되지만, 다른 실시형태에서는, 견인 와이어가 반드시 이들 축을 따라 정렬될 필요는 없으며, 상기의 축은 설명의 편의를 위해 임의적으로 선택된다. 예를 들면, 견인 와이어는 내시경(118)의 포인트(540)와 정렬될(예를 들면, 교차할) 수도 있다. 따라서, 견인 와이어를 병진시키는 것은, 내시경(118)으로 하여금, 요(510) 및 피치(520) 방향 둘 모두의 방향에서 이동하게 할 것이다. 전반적으로 설명되는 예시적인 실시형태에서, 내시경(118)이 휴지 위치에 있을 때, 견인 와이어는 롤(530) 축과 대략 평행하다.

[0057] 내시경(118)은, 내시경(118)의 원위 팁을 향해 커플링되는 하나 이상의 공간 센서(550)를 포함할 수도 있다. 공간 센서(550)는, 예를 들면, 전자기(EM) 센서, 가속도계, 자이로스코프, 기준 마커, 및/또는 다른 타입의 센서일 수 있다. 하나의 실시형태에서, 공간 센서(550)는 내시경(118) 내부에 내장되며 내시경(118)의 길이를 따라 이어지는 형상 감지 광섬유이다. 공간 센서(550)는, 예를 들면, 실시간으로, 내시경(118)의 위치 및/또는 방위를 나타내는 공간 데이터를 제공할 수도 있다. 공간 데이터는 또한, 내시경(118)의 교정을 지원하는 교정 데이터로서 사용될 수도 있다.

[0058] 이상적인 내시경에서, 내시경의 견인 와이어를 병진시키는 것은, 내시경을 정확하게 타겟 위치 또는 방위로 이동시키는데, 예를 들면, 내시경의 팁을 양의 피치 방향에서 90도 굴곡시킨다. 그러나, 실제에서, 내시경의 불완전성으로 인해, 타겟 모션은 내시경의 실제 모션과 반드시 일치하지는 않으며, 내시경은 비선형 거동을 나타낼 수도 있다. 불완전성은 여러 가지 이유 때문에 발생할 수도 있는데, 그 예는, 제조 상의 결함의 결과(예를 들면, 견인 와이어가 모션의 축과 적절하게 정렬되지 않음), 견인 와이어에서의 변동(예를 들면, 견인 와이어가 다른 견인 와이어보다 더욱 강성이거나, 또는 길이가 상이함), 또는 내시경 재료에서의 변동(예를 들면, 피치 방향이 요 방향보다 더 쉽게 굴곡됨)일 수도 있다.

[0059] IV. A. 피치 방향에서의 비이상적인 오프셋

[0060] 도 5b 내지 도 5d는 휴지 위치에 있는 내시경(118)의 세 개의 도면을 예시한다. 도 5e 내지 도 5g는, 양의 피치(520) 방향에서 90도의 타겟 편향으로 관절 운동시키기 위한 커맨드에 응답하여 내시경(118)이 편향된 위치로 이동된 이후의 동일한 세 개의 도면을 예시한다. 도 5e 내지 도 5g에서 도시되는 바와 같이, 내시경(118)의 실제 편향은 양의 피치(520) 방향에서 비이상적인 오프셋을 나타낸다.

[0061] 도 5b는 하나의 실시형태에 따른 휴지 위치에 있는 내시경(118)의 배면도를 도시한다. 배면도에서, 뷰어(viewer)는 내시경의 근위 단부로부터 아래 쪽으로 보고 있는데, 여기서 반대 쪽 원위 단부는 환자의 신체 안으로 삽입될 것이다. 내시경(118)의 단면은 요(510) 및 피치(520) 축의 원점에 정렬된다. 내시경(118)은 롤(530) 축에 평행하고, 공간 센서(550)는 내시경(118)의 팁을 향해 커플링된다. 도 5c는, 하나의 실시형태에 따른, 도 5b에서 도시되는 내시경(118)의 상면도를 도시한다. 예시적인 예로서, 환자는 외과적 처치를 위해 테이블 상에 수평으로 평평하게 누워 있다. 내시경(118)은 환자의 신체에 평행하도록 배치되고, 수술용 로봇 시스템(100)은, 평행한 구성을 유지하면서, 내시경(118)을 신체 안으로 삽입한다. 상면도에서, 뷰어는 환자의 신체 위에서 아래 쪽으로 보고 있다. 도 5d는, 하나의 실시형태에 따른, 도 5b에서 도시되는 내시경(118)의 측면도를 도시한다.

[0062] 도 5e는, 하나의 실시형태에 따른, 편향된 위치에 있는 도 5b에서 도시되는 내시경(118)의 배면도를 도시한다. 도 5f는, 하나의 실시형태에 따른, 도 5e에서 도시되는 내시경(118)의 상면도를 도시한다. 도 5g는, 하나의 실시형태에 따른, 도 5e에서 도시되는 내시경(118)의 측면도를 도시한다. 내시경(118)의 점선 윤곽은, 커맨드에 응답하여 내시경이 이동되어야만 하는 타겟 편향 위치를 나타내는데, 예를 들면, 내시경(118)의 팁은, 피치(520) 축에 평행하게 되도록, 양의 피치 방향에서 90도 편향할 것으로 가정된다. 그러나, 실제 편향된 위치는 90도 편향에 미치지 못하며, 따라서, 양의 피치(520) 방향에서 비이상적인 오프셋을 나타낸다.

[0063] IV. B. 요 방향에서의 비이상적인 오프셋

[0064] 도 5h는, 하나의 실시형태에 따른, 추가적인 비이상적 오프셋을 가지고 편향된 위치에 있는 도 5b에서 도시되는 내시경(118)의 배면도를 도시한다. 특히, 양의 피치(520) 방향에서의 비이상적인 오프셋 외에, 도 5h에서 도시

되는 내시경은 양의 요(510) 방향에서 추가적인 비이상적 오프셋을 나타낸다. 따라서, 내시경(118)의 원위 단부(예를 들면, 팁)는, "직선형"인 도 5f에서 도시되는 내시경의 원위 단부와는 대조적으로, "곡선형"이다. 도 5h에서 도시되는 내시경(118)은 두 방향(양의 피치 및 요)에서 불완전성을 가지지만, 그러나, 다른 실시형태에서, 내시경은 임의의 수의 방향(예를 들면, 음의 피치 및 요뿐만 아니라, 롤)에서 불완전성을 나타낼 수 있다.

[0065] 도 5i는, 하나의 실시형태에 따른, 도 5h에서 도시되는 내시경(118)의 상면도를 도시한다.

[0066] IV. C. 롤 방향에서의 비이상적인 오프셋

[0067] 도 5j 및 도 5k는 휴지 위치에 있는 내시경(118)의 두 개의 도면을 예시한다. 요(510) 및 피치(520) 방향에 대한 내시경(118)의 정렬을 예시하는 목적을 위해 네 개의 마커(560)가 내시경(118) 상에 도시되어 있다. 휴지 위치에서, 마커의 각각은 요(510) 및 피치(520) 축과 정렬된다.

[0068] 도 5l 및 도 5m은, 양의 피치(520) 방향에서 90도의 타겟 편향으로 관절 운동시키기 위한 커맨드에 응답하여 내시경(118)이 편향된 위치로 이동된 이후의 동일한 두 개의 도면을 예시한다. 도 5l 및 도 5m에서 도시되는 바와 같이, 내시경(118)의 실제 편향은, 롤(530) 방향에서의 비이상적인 오프셋을 나타낸다(그리고 이 예에서는 다른 비이상적인 오프셋은 없음). 내시경(118)의 점선 윤곽은, 커맨드에 응답하여 내시경이 이동되어야만 하는 타겟 편향 위치를 나타내는데, 예를 들면, 내시경(118)의 팁은, 피치(520) 축에 평행하게 되도록, 90도 편향할 것으로 가정된다. 실제 편향된 위치는 90도의 편향을 가지지만, 그러나 롤(530) 축을 따른 회전을 또한 갖는다. 따라서, 네 개의 마커(560)는 요(510) 및 피치(520) 축과 더 이상 정렬되지 않는다. 도 5e에서 도시되는 내시경과 유사하게, 도 5l의 내시경의 원위 단부는 "곡선형"이 아니라 "직선형"이다. 몇몇 실시형태에서, 내시경의 근위 단부의 회전은, 내시경의 원위 단부의 대응하는 회전을 수반한다(그리고 그 반대도 마찬가지이다). 회전은 동일할 수도 있거나 또는 상이할 수도 있는데, 예를 들면, 근위부의 10도 롤 오프셋이 원위 단부의 20도 롤 오프셋을 야기한다. 다른 예로서, 근위 단부에서 롤 오프셋이 없고, 원위 단부에서 넉제로 롤 오프셋이 있을 수도 있다.

[0069] 도 5m은, 하나의 실시형태에 따른, 도 5l에서 도시되는 내시경의 측면도를 도시한다.

[0070] 요약하면, 도 5b 내지 도 5g는 양의 피치 방향에서의 비이상적인 오프셋을 예시하고, 도 5h 및 도 5i는, 양의 피치 방향 외에, 요 방향에서의 비이상적인 오프셋을 예시하며, 도 5j 내지 도 5m은 양의 롤 방향에서의 비이상적인 오프셋을 예시한다. 다른 실시형태에서, 내시경은 임의의 수 또는 조합의 방향에서 비이상적인 오프셋을 나타낼 수도 있다. 오프셋의 크기는 상이한 방향 사이에서 변할 수도 있다.

[0071] V. 공간 센서

[0072] V. A. 전자 센서

[0073] 도 6a는, 하나의 실시형태에 따른, 전자기 추적 시스템의 도면이다. 내시경(118)의 팁에 커플링되는 공간 센서(550)는, 내시경(118)에 근접한 하나 이상의 전자기장(electromagnetic field; EMF) 발생기(600)에 의해 생성되는 EMF를 검출하는 하나 이상의 EM 센서(550)를 포함한다. 검출된 EMF의 세기는 내시경(118)의 위치 및/또는 방위의 함수이다. 내시경(118)이 하나 이상의 EM 센서(550)를 포함한다면, 예를 들면, 제1 EM 센서는 리더 관형 컴포넌트(leader tubular component)에 커플링되고, 제2 EM 센서는 내시경(118)의 시스 관형 컴포넌트(sheath tubular component)에 커플링된다.

[0074] 하나 이상의 EMF 발생기(600)가 환자의 외부에 위치된다. EMF 발생기(600)는 EM 센서(550)에 의해 수집되는 EM 필드를 방출한다.

[0075] 다수의 EMF 발생기(600) 및/또는 EM 센서(550)가 사용되면, 그들은, 그들의 방출된/수신된 필드가 컴퓨터 시스템(120)(또는 수술용 로봇 시스템(100) 외부의 임의의 컴퓨터 시스템)에 의해 프로세싱될 때, 그들의 신호가 분리 가능하도록, 다수의 상이한 방식으로 변조될 수도 있다. 따라서, 컴퓨터 시스템(120)은 (전송되는 및/또는 수신되는) 다수의 신호를 각각 EM 센서/들(550)의 위치에 관한 별개의 삼각 측량 위치를 제공하는 별개의 입력으로서, 그리고 확장에 의해 내시경(118)의 위치로서 프로세싱할 수 있다. 예를 들면, 다수의 EMF 발생기(600)는 시간적으로 또는 주파수에서 변조될 수도 있고, 어쩌면 시간적인 중첩에도 불구하고(예를 들면, 필터링 및 푸리에 변환(Fourier Transform)과 같은 신호 프로세싱 기술을 사용하여) 각각의 신호가 각각의 다른 신호로부터 완전히 분리 가능하도록 직교 변조를 사용할 수도 있다. 또한, 다수의 EM 센서(550) 및/또는 EMF 발생기(600)는, EM 센서/들(550)의 방위에서의 변화가, EM 센서/들(550) 중 적어도 하나가, 시간적으로 임의의 순간에 하나 이상의 EMF 발생기(600)로부터 적어도 몇몇 신호를 수신하는 것으로 나타나도록, 넉제로, 비직교의 각도에

서 데카르트 공간(Cartesian space)에서 서로에 대해 배향될 수도 있다. 예를 들면, 각각의 EMF 발생기(600)는, 임의의 축을 따라, 두 개의 다른 EM 발생기(600)의 각각으로부터 작은 각도(예를 들면, 7도)에서 오프셋될 수도 있다(그리고 다수의 EM 센서(550)와도 마찬가지로이다). 세 개의 모든 축을 따라, 그리고 소망되는 경우, 내시경(118)을 따르는 다수의 포인트에서 정확한 EM 센서 위치 정보를 보증하기 위해, 소망되는 대로 많은 EMF 발생기 또는 EM 센서가 이 구성에서 사용될 수도 있다.

[0076] V. B. 카메라 센서

[0077] 도 6b는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경(118)에 근접한 카메라의 다이어그램이다. 카메라는, 디지털 비디오 카메라, 스테레오 카메라, 고속 카메라, 라이트 필드 카메라, 등등과 같은 임의의 타입의 광학 카메라를 포함할 수도 있다. 제1 카메라(610)는 내시경(118)의 종방향 축에 평행하다. 제2 카메라(620)는 제1 카메라(610)에 직교한다. 카메라 각각이 적어도 이차원에서 내시경의 위치 및/또는 방위를 나타내는 이미지 프레임을 캡처하기 때문에, 두 개의 카메라를 서로에 대해 직각으로 정렬하는 것은, 수술용 로봇 시스템(100)이 적어도 삼차원(예를 들면, 피치, 요, 및 롤 축에 대응함)에서 내시경에 관한 정보를 수신하는 것을 가능하게 한다. 다른 실시형태에서, 세 개 이상의 카메라가 내시경(118)의 이미지를 캡처하기 위해 사용될 수도 있다. 데이터 프로세싱 모듈(160)은, 캡처된 이미지 프레임을 사용하여 내시경(118)의 실시간 3D 위치를 결정하는 오브젝트 추적 이미지 프로세싱 기술(object tracking image processing technique)을 구현할 수도 있다. 예시적인 기술은, 상관 기반 매칭 방법, 피쳐 기반 방법, 및 옵티컬 플로우(optical flow)를 포함한다.

[0078] 도 6c는, 하나의 실시형태에 따른, 기준 마커를 포함하는 내시경(118)에 근접한 모션 카메라의 다이어그램이다. 내시경(118)의 원위 단부를 향해 커플링되는 공간 센서(550)는 기준 마커이다. 모션 카메라(630 및 640)는 기준 마커의 위치 및 움직임을 추적하는 이미지 프레임을 캡처한다. 비록 두 개의 기준 마커 및 두 개의 모션 카메라가 도 6c에서 도시되어 있지만, 다른 실시형태는 기준 마커를 추적하기 위해 내시경 및/또는 모션 카메라에 커플링되는 임의의 다른 수의 기준 마커를 포함할 수도 있다.

[0079] 도 6b에서의 카메라와는 대조적으로, 도 6c에서의 모션 카메라는 기준 마커의 모션을 설명하는 데이터를 캡처한다. 따라서, 몇몇 실시형태에서, 데이터 프로세싱 모듈(160)은, 기준 마커를 사용하지 않으면서 다른 광학 카메라로부터 캡처되는 데이터를 프로세싱하는 것보다, 모션 카메라 데이터를 프로세싱하기 위해 더 적은 계산 리소스를 필요로 한다. 예를 들면, 다른 광학 카메라는 내시경(118)의 시각적 외관(예를 들면, 컬러 및 사이즈)을 설명하는 데이터를 캡처한다. 그러나, 모션 카메라는 각각의 기준 마커의 실시간 좌표 위치만을 캡처할 필요가 있을 수도 있는데, 이것은, 수술용 로봇 시스템(100)으로부터의 커맨드에 응답하여 상이한 방향(예를 들면, 피치, 요, 및 롤)에서의 내시경(118)의 전체 움직임을 결정하기 위해 데이터 프로세싱 모듈(160)이 사용하기에 충분하다.

[0080] 카메라 기반 센서는 환자의 신체 외부에서의 내시경의 위치를 결정하는 데 더 적합할 수도 있고, 한편, EM 센서는 내시경이 신체 내부에 있는 사용 사례에 대해 더 적합할 수도 있다. 몇몇 실시형태에서, 카메라 데이터를 사용하는 이미지 프로세싱 기술은, 예를 들면, 신체 외부에서 내시경을 보는 사용자가 이미지 프로세싱 기술의 결과를 검증할 수 있기 때문에, EM 센서 기반 기술보다 더 정확하거나 더 정확한 또는 더 높은 해상도 위치 및 모션 데이터를 제공한다. 대조적으로, EM 센서는, 심지어 내시경이 환자 내부에 있을 때에도, 그들이 EMF 발생기에 의해 생성되는 EM 필드를 여전히 검출할 수 있다는 이점을 갖는다.

[0081] V. C. 형상 감지 광섬유

[0082] 도 6d는, 하나의 실시형태에 따른, 형상 감지 광섬유를 갖는 내시경(118)의 다이어그램이다. 공간 센서(550)는 내시경(118) 내에 내장되는 형상 감지 광섬유이다. 내시경(118)에 근접하게 배치되는 콘솔(650)은 형상 감지 광섬유에 커플링된다. 콘솔(650)은 형상 감지 광섬유를 통해 광을 송신하고 형상 감지 광섬유로부터 반사되는 광을 수신한다. 형상 감지 광섬유는 광섬유 브래그 격자(fiber Bragg grating; FBG)의 세그먼트를 포함할 수도 있다. FBG는, 다른 파장을 투과시키면서, 소정의 파장의 광을 반사한다. 콘솔(650)은 FBG에 의해 반사되는 광의 파장에 기초하여 반사 스펙트럼 데이터를 생성한다.

[0083] 데이터 프로세싱 모듈(160)은 반사 스펙트럼 데이터를 분석하여 이차원 또는 삼차원 공간에서의 내시경(118)의 위치 및 방위 데이터를 생성할 수 있다. 특히, 내시경이 굴곡되는(118) 경우, 내부에 내장되는 형상 감지 광섬유도 또한 굴곡된다. FBG에 의해 반사되는 광의 특정한 파장은, 형상 감지 광섬유의 형상에 기초하여 변한다(예를 들면, "직선형" 내시경은 "곡선형" 내시경과는 형상이 상이하다). 따라서, 데이터 프로세싱 모듈(160)은, 예를 들면, 반사 스펙트럼 데이터에서 차이를 식별하는 것에 의해 (예를 들면, 수술용 로봇 시스템(100)으로부터

의 커맨드에 응답하여) 내시경(118)이 하나 이상의 방향에서 얼마나 많은 각도로 굴곡되었는지를 결정할 수 있다. EM 센서와 유사하게, 형상 감지 광섬유는, 형상 감지 광섬유에 대한 시선(line-of-sight)이 필요 없기 때문에, 환자 신체 내부의 데이터 수집에 적합하다.

[0084] V. D. 형광 투시 이미징

[0085] 도 6e는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경(118)에 근접한 형광 투시 이미징 시스템(660)의 다이어그램이다. 내시경(118)은 로봇 암(102)에 의해 외과적 처치를 받고 있는 환자(670) 안으로 삽입된다. 형광 투시 이미징 시스템(660)은, 발생기, 검출기, 및 이미징 시스템(도시되지 않음)을 포함하는 C 암이다. 발생기는 C 암의 하부 단부에 커플링되고 환자(670)를 향해 상방으로 향한다. 검출기는 C 암의 상부 단부에 커플링되고 환자(670)를 향하여 하방으로 향한다. 발생기는 환자(670)를 향해 X선 파를 방출한다. X선 파는 환자(670)를 관통하여 검출기에 의해 수신된다. 수신되는 X선 파에 기초하여, 형광 투시 이미징 시스템(660)은 신체 부위 또는 내시경(118)과 같은 환자(670) 내부의 다른 오브젝트의 이미지를 생성한다. 실제의 내시경의 이미지를 캡처하는 섹션 V. B. 카메라 센서에서 설명되는 광학 카메라와는 대조적으로, 형광 투시 이미징 시스템(660)은, 환자(670) 내부의 오브젝트의 표현, 예를 들면, 반사된 X선에 기초한 내시경의 형상의 윤곽을 포함하는 이미지를 생성한다. 따라서, 데이터 프로세싱 모듈(160)은, 예를 들면, 수술용 로봇 시스템(100)으로부터의 커맨드에 응답하여, 내시경의 위치 및 동작을 결정하기 위해, 옵티컬 플로우와 같은 앞서 설명되는 바와 같은 유사한 이미지 프로세싱 기술을 사용할 수 있다.

[0086] VI. 삽입 및 롤 오프셋

[0087] 도 7a는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경(118)의 시스(311)의 외측으로 연장되는 내시경(118)의 리더(315)의 길이(700)를 도시한다. 길이(700)가 증가함에 따라, 길이(700)가 시스(311)에 의해 유의미하게 둘러싸이지 않기 때문에, 리더(315)의 원위 단부의 유연성은 증가한다. 이와 비교하여, 시스(311)에 의해 방사상으로 둘러싸이는 리더(315)의 부분은, 시스(311)의 재료가 더 많은 강성을 제공하기 때문에, 덜 유연하다. 몇몇 실시형태에서, 내시경의 물리적 특성이 연장부(extension)의 길이에 기초하여 변하기 때문에, 수술용 로봇 시스템(100)은, 연장부를 고려하는, 내시경을 이동시키기 위한 커맨드를 제공할 필요가 있다. 예를 들면, 연장부가 증가함에 따라 시스의 외측으로 리더의 더 많은 길이가 있기 때문에, 내시경의 원위 단부는 더 무거워질 수도 있다(및/또는 더 많이 유연하게 될 수도 있다). 따라서, 동일한 굴곡 움직임을 달성하기 위해, 수술용 로봇 시스템(100)은, 더 작은 길이의 연장부를 갖는 내시경을 이동시키기 위한 커맨드와 관련하여, 내시경의 견인 와이어를 더 큰 정도까지 병진시키기 위한 커맨드를 제공할 필요가 있을 수도 있다.

[0088] 도 7b는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경(118)의 시스(311)에 대한 내시경(118)의 리더(315)의 상대적인 롤 각도(710)를 도시한다. 리더(315) 및/또는 시스(311)는, 예를 들면, 내시경(118)의 재료에서의 변동으로 인해, 다른 방향과 비교하여 소정의 방향에서 더 유연할 수도 있다. 따라서, 상대적인 롤 각도(710)에 기초하여, 내시경(118)의 가요성은 소정의 방향으로 변할 수도 있다. 상기에서 설명되는 바와 같이 연장부의 길이를 고려하는 것 외에, 수술용 로봇 시스템(100)은 또한 내시경을 이동시키기 위한 커맨드를 제공할 때, 상대적인 롤 각도를 고려할 필요가 있을 수도 있다. 예를 들면, 내시경을 90도 굴곡시키기 위한 커맨드는, 상대적인 롤 각도가 5도일 때 80도의 실제 굴곡으로 나타날 수도 있지만, 그러나 상대적인 롤 각도가 -5도인 경우 100도의 실제 굴곡으로 나타날 수도 있다.

[0089] VII. 교정

[0090] VII. A. 개관

[0091] 수술용 로봇 시스템(100)은 내시경의 거동의 불완전성을 보상하는 이득 값을 결정하기 위해 교정 프로세스를 수행한다. 교정 프로세스 동안, 수술용 로봇 시스템(100)은, 하나 이상의 커맨드에 따라 하나 이상의 견인 와이어를 병진시키는 것에 의해 내시경을 하나 이상의 타겟 위치(또는 각도)로 이동시킨다. 수술용 로봇 시스템(100)은, 커맨드에 응답하여 달성되는 내시경의 실제 위치 및 방위를 나타내는 공간 데이터를 수신하는데, 여기서 실제 위치는 내시경의 불완전성으로 인해 타겟 위치와는 상이할 수도 있다. 수술용 로봇 시스템(100)은, 커맨드, 달성되도록 소망되는 타겟 위치, 및 달성되는 실제 위치에 기초하여, 이득 값을 결정한다. 수술용 로봇 시스템(100)은, 외과적 처치 이전에, 예를 들면, 품질 보증을 위한 제조 라인 상에서, 또는 실험실 또는 임상 환경에서, 이러한 교정 프로세스를 수행할 수 있다. 추가적으로, 수술용 로봇 시스템(100)은, 환자에 대한 외과적 처치를 수행하는 동안, 이러한 교정 프로세스를 수행할 수 있다.

[0092] 단순한 예시적인 예로서, 특정한 내시경의 재료는 예상되는 것보다 더 강할 수도 있다. 교정 프로세스가 수행될

때, 공간 데이터는, 내시경이 피치 방향에서 30도의 실제 위치로 편향되었고, 반면 타겟 위치는 60도였다는 것을 나타낸다. 예시적인 교정 프로세스의 일부로서, 수술용 로봇 시스템(100)은, 타겟 위치가 실제 위치의 값의 두 배이기 때문에, 내시경에 대한 대응하는 이득 값이 2.0의 십진수 값이라는 것을 결정한다. 다른 실시형태에서, 이득 값은, 다른 포맷, 예를 들면, 백분율, 정수를 사용하여, 도 단위로, 등등으로 표현될 수도 있다.

[0093] 이득 값은 특정한 견인 와이어, 내시경, 모션의 방향(예를 들면, 양의 피치 방향, 음의 요 방향, 또는 롤 방향), 및/또는 다른 타입의 인자와 관련될 수 있다. 특히, 상기에서 설명되는 예는 내시경의 모든 조건에 대해 2.0의 일정한 이득 값을 가정하는 사소한 시나리오이다. 그러나, 실제로는, 이득 값이, 독립적으로 또는 조합하여, 다양한 인자에 의존하기 때문에, 내시경을 교정하는 것은 더욱 복잡한 문제이다. 예를 들면, 이득 값은 양의 피치 방향에서 2.0, 음의 피치 방향에서 3.0, 양의 요 방향에서 1.5, 등등일 수도 있다. 또한, 이득 값은 동일한 내시경에서 제1 견인 와이어의 경우 양의 피치 방향에서 2.0일 수도 있지만 그러나 제2 견인 와이어의 경우 2.2일 수도 있다. 추가적으로, 이득 값은 제1 내시경의 제1 견인 와이어의 경우 2.0일 수도 있지만, 그러나 제2 내시경의 제1 견인 와이어의 경우 2.5일 수도 있다.

[0094] 몇몇 실시형태에서, 교정 모듈(130)은 내시경의 시스의 외측으로 연장되는(또는 시스에 의해 방사상으로 둘러싸이는) 내시경의 리더의 길이 및/또는 시스에 대한 리더의 상대적인 롤 각도를 수신한다. 교정 모듈(130)은 길이 및/또는 상대적인 롤 각도에 추가로 기초하여 이득 값을 결정한다. 내시경이 내시경의 특정한 방향 또는 세그먼트에서 더욱 유연할 수도 있기 때문에, 소정의 길이 또는 상대적인 롤 각도에 대한 이득 값은 다른 길이 또는 상대적인 롤 각도에 대한 이득 값과는 상이할 수도 있다.

[0095] 하나의 실시형태에서, 내시경(예를 들면, 리더 및/또는 시스)은, 상이한 레벨의 강성을 각각 갖는 다수의 세그먼트를 포함한다. 교정 모듈(130)은 세그먼트 중 적어도 하나의 영률(Young's modulus)을 수신하고 영률에 추가로 기초하여 이득 값을 결정한다.

[0096] 하나의 실시형태에서, 완전한 교정 프로세스는 몇몇 서브 교정 프로세스를 포함한다. 예를 들면, 수술용 로봇 시스템(100)은 내시경을 제1 방향에서 타겟 위치로 이동시키기 위한 커맨드를 제공한다. 교정 모듈(130)은, 타겟 위치와는 상이할 수도 있는 내시경의 실제 위치를 나타내는 교정 데이터를 수신한다. 수술용 로봇 시스템(100)은 내시경을 휴지 위치로 다시 이완시키고, 다수의 다른 방향에 대해 데이터 수집 프로세스를 반복한다. 수술용 로봇 시스템(100)은 또한 리더를 시스 외측으로 더 큰 길이까지 연장시키기 위한 그리고 다수의 상이한 길이의 연장부에 대한 교정 데이터 수집 프로세스를 반복하기 위한 커맨드를 제공할 수 있다. 마찬가지로, 수술용 로봇 시스템(100)은 리더를 시스에 대해 상대적인 상대적 롤 각도로 회전시키기 위한 그리고 다수의 상이한 상대적인 롤 각도에 대한 교정 데이터 수집 프로세스를 반복하기 위한 커맨드를 제공할 수 있다.

[0097] 교정 모듈(130)은, 서브 교정 프로세스의 각각으로부터의 총 교정 데이터에 기초하여 이득 값을 결정한다. 교정 동안 고려하는 인자의 잠재적인 조합의 수에 의해 분명히 알 수 있는 바와 같이, 교정 프로세스는, 상이한 테스트의 많은 네스트화된 루프를 갖는 더욱 복잡한 프로세스가 될 수도 있다. 따라서, 예를 들면, 테스트될 필요가 있는 모든 인자를 계속 추적하기 위해, 교정 에러 또는 감독의 기회를 감소시키기 위해, 그리고 유저가 각각의 테스트에 대해 지루한 작업을 수동으로 행할 필요성을 제거하기 위해, 수술용 로봇 시스템(100)을 사용하여 교정을 자동화하는 것이 유리하다.

[0098] 몇몇 실시형태에서, 교정 모듈(130)은, 교정 데이터 및 관련된 이득 값을, 하나 이상의 다른 인자(예를 들면, 내시경을 이동시키기 위한 대응하는 커맨드에 관한 정보, 이동 방향, 소정의 견인 와이어의 식별자, 시스에 대한 리더의 길이 및/또는 상대적인 롤 각도, 또는 내시경의 고유 식별자)와 함께 교정 저장소(140)에 저장한다. 교정 모듈(130)은 교정 데이터, 이득 값, 및/또는 인자를, 다수의 내시경으로부터의 정보를 포함하는 전역적 교정 데이터베이스(global calibration database)에 업로드할 수도 있다.

[0099] VII. B. 교정 모델

[0100] 수술용 로봇 시스템(100)은 교정 데이터에 기초하여 내시경을 적절하게 이동시키기 위한 커맨드를 생성하기 위해 하나 이상의 타입의 모델을 사용할 수도 있다. 특히, 커맨드 모듈(150)은 모델 중 하나의 모델의 파라미터에 기초하여 내시경의 각각의 견인 와이어에 대한 커맨드를 생성하는데, 파라미터 및 관련된 이득 값은 교정 데이터에 기초하여 결정된다. 파라미터는 몇몇 모델에 대한 이득 값과 동일할 수도 있고, 한편 다른 모델의 경우, 수술용 로봇 시스템(100)은 파라미터에 기초하여 이득 값을 결정할 수도 있다. 모델은 내시경의 리더, 시스 또는 리더 및 시스 둘 모두와 관련될 수도 있다. 리더 및 시스 둘 모두와 관련되는 모델의 실시형태는, 리더와 시스 사이의 상호 작용을 설명하는 파라미터, 예를 들면, 시스에 대한 리더의 상대적인 롤 각도 및 연장부의 길이

를 고려한다.

[0101] 하나의 실시형태에서, 교정 모듈(130)은 이득 값의 매트릭스로 구현되는 경험적 모델을 사용한다. 이득 값은 이전에 완료한 교정 프로세스의 교정 데이터에 기초하여 선형 방정식의 세트를 푸는 것에 의해 경험적으로 결정된다. 교정 모듈(130)은 입력 커맨드를 나타내는 벡터(예를 들면, 내시경의 각각의 견인 와이어에 대한 타겟 병진 뿐만 아니라 연장부 및 상대적인 롤 값을 포함함)를 이득 값의 매트릭스에 의해 승산하여 조정된 커맨드를 나타내는 출력 벡터(예를 들면, 견인 와이어 중 하나 이상에 대한 수정된 병진을 포함함)를 생성할 수 있다. 경험적 모델 이득 값은 내시경의 굴곡에 기초한 견인 와이어 고유의 압축 또는 팽창을 보상할 수도 있다. 특히, 소정의 견인 와이어가 내시경 내에서 이동하는 거리는 내시경의 곡물에 기초하여 줄어들거나 또는 길어질 수도 있다. 몇몇 실시형태에서, 경험적 모델은 반대 방향에서 와이어 사이의 의존성을 고려한다. 예를 들면, 제1 와이어는 양의 피치 방향에 대응하고 제2 와이어는 음의 피치 방향에 대응한다. 제1 와이어 상에 느슨함을 제공하는 것 및 동시에 제2 와이어를 당기는 것 둘 모두는, 내시경을 음의 피치 방향에서 굴곡시키는 동일한 모션에 기여한다.

[0102] 하나의 실시형태에서, 교정 모듈(130)은, 내시경이 굴곡될 때 내시경의 유효 물리적 특성을 결정하기 위해, 물리 기반 모델을 사용한다. 물리 기반 모델은 내시경의 거동을 더욱 완전하게 캡처하는 잠재성을 갖는다. 비교로서, 사소한 모델은, 굴곡된 내시경이 내시경의 특정한 길이 전체에 걸쳐 그 특정한 길이에서의 주어진 굴곡 강성에 따라 균일하게 굴곡되고 내시경의 길이의 나머지에 걸쳐 직선형으로 유지된다는 것을 가정할 수도 있다. 또한, 물리 기반 모델은 내시경의 리더 및 시스틀, 관련된 굴곡 강성을 각각 갖는 개별 세그먼트로 분해할 수도 있다. 물리 기반 모델은 또한, 견인 와이어의 강성 및 임의의 특정한 세그먼트의 강성에 대한 시스 및 리더 상호 작용(예를 들면, 연장부 길이 및 상대적인 롤 각도)의 영향을 고려한다.

[0103] 물리 기반 모델을 통해, 컴퓨터 시스템(120)은, (예를 들면, 피치 및/또는 요 방향에서 굴곡시키기 위한 각도를 나타내는) 내시경을 이동시키기 위한 커맨드를, 소망되는 모션을 달성하기 위해 수술용 로봇 시스템(100)이 하나 이상의 견인 와이어를 병진시켜야 하는 거리로 변환하기 위해 역 고체 역학을 사용할 수도 있다. 또한, 물리 기반 모델을 사용하는 것에 의해, 로봇 시스템(100)은, 굴곡 모션에 커플링되는 축방향 변형의 결과로서의 내시경의 원위 팁의 임의의 원치 않은 모션을 보상하기 위해 하나 이상의 IDM을 이동시킬 수도 있다.

[0104] 하나의 실시형태에서, 교정 모듈(130)은 모델리스 반전 프로세스(model-less inversion process)를 사용하여 내시경을 이동시키기 위한 커맨드를 생성한다. 예를 들면, 교정 모듈(130)은, 이득 값 및/또는 파라미터의 사용을 필요로 하지 않는 룩업 테이블을 구현한다. 대신, 룩업 테이블은 이전에 기록된 입력 값(예를 들면, 내시경을 피치 및 요 방향에서 이동시키기 위한 커맨드)을, 교정 데이터에 기초한 출력 값(예를 들면, 내시경의 각각의 견인 와이어에 대한 병진)으로 매핑한다. 룩업 테이블은, 정확한 입력 대 출력 매핑이 알려지지 않은 경우, 데이터 포인트 사이를 보간할 수도 있거나(예를 들면, Delaunay(들로네) 삼각 측량 또는 다른 다차원 삼각 측량 기술을 통해 해가 구해짐) 또는 외삽할 수도 있는데, 예를 들면, 40 도 및 45 도에 대한 데이터 포인트를 사용하여 42 도 굴곡이 보간될 수 있다. 컴퓨터 시스템(120)이 룩업 테이블을 실행하는 데 요구되는 연산 리소스의 양을 감소시키기 위해, 교정 모듈(130)은 테일러 분해 또는 푸리에 표현을 사용하여 데이터 세트를 근사하는 것과 같은 기술을 사용하는 것에 의해, 매핑의 데이터 세트의 사이즈를 최소화할 수 있다.

[0105] VII. C. 예시적인 프로세스 플로우

[0106] 도 8a는, 하나의 실시형태에 따른, 내시경의 자동화된 교정을 위한 프로세스(800)의 플로우차트이다. 프로세스(800)는 몇몇 실시형태에서 도 8a와 연계하여 설명되는 것과 상이한 또는 추가적인 단계를 포함할 수도 있거나, 또는 도 8a와 연계하여 설명되는 순서와는 상이한 순서로 단계를 수행할 수도 있다. 프로세스(800)는, 예를 들면, 각각 90도만큼 분리되고 양 또는 음의 피치 또는 요 방향에 대응하는 네 개의 견인 와이어를 포함하는 내시경의 실시형태를 교정하는 데 특히 유용하다. 그러나, 프로세스(800)는 임의의 수의 견인 와이어로 일반화될 수 있고, 도 8b를 참조하여 추가로 논의될 수 있다. 컴퓨터 시스템(120)이 프로세스(800)를 자동화할 수 있기 때문에, 유저는 수술용 로봇 시스템(100)을 사용하기 위해 수동으로 교정 절차를 수행하지 않아도 된다. 자동화된 교정은, 예를 들면, 내시경을 교정하는 데 필요한 시간을 프로세스가 감소시키기 때문에 유리하다.

[0107] 커맨드 모듈(150)은 내시경을 제1 방향에서 타겟 위치로 이동시키기 위한 커맨드를 제공한다(804). 교정 모듈(130)은, 커맨드에 응답하여 이동되는 내시경의 실제 위치 및 방위를 나타내는 공간 데이터를 수신한다(806). 공간 데이터는, 섹션 V. 공간 센서에서 앞서 설명되는 바와 같이, 가속도계, 자이로스코프, 기준 마커, 광섬유 케이블, 카메라, 또는 이미징 시스템과 같은 (예를 들면, 내시경에 커플링되거나 또는 내시경에 근접하게 배치되는) 공간 센서로부터 수신될 수 있다. 공간 데이터는 하나 이상의 이동 방향에서 내시경 - 또는 내시경의 일

부 - 의 위치 및/또는 방위를 설명한다. 커맨드 모듈(150)은 내시경을 휴지 위치로 이동시키기 위한 커맨드를 제공한다(808).

[0108] 커맨드 모듈(150)은 내시경을 제2 방향에서 타겟 위치로 이동시키기 위한 커맨드를 제공한다(810). 교정 모듈(130)은 공간 데이터를 수신한다(812). 커맨드 모듈(150)은 내시경을 휴지 위치로 이동시키기 위한 커맨드를 제공한다(814).

[0109] 커맨드 모듈(150)은 내시경을 제3 방향에서 타겟 위치로 이동시키기 위한 커맨드를 제공한다(816). 교정 모듈(130)은 공간 데이터를 수신한다(818). 커맨드 모듈(150)은 내시경을 휴지 위치로 이동시키기 위한 커맨드를 제공한다(820).

[0110] 커맨드 모듈(150)은 내시경을 제4 방향에서 타겟 위치로 이동시키기 위한 커맨드를 제공한다(822). 교정 모듈(130)은 공간 데이터를 수신한다(824). 커맨드 모듈(150)은 내시경을 휴지 위치로 이동시키기 위한 커맨드를 제공한다(826).

[0111] 타겟 위치는 네 개의 방향의 각각에 대해 일정하게 유지될 수도 있다. 몇몇 실시형태에서, 타겟 위치는 상이한 방향 사이에서 변한다. 예를 들면, 타겟 위치는 제1 및 제3 방향에 대해 90도이고 제2 및 제4 방향에 대해 45도이다. 제1, 제2, 제3 및 제4 방향은, 임의의 특정 순서로, 양의 피치, 양의 요, 음의 피치, 및 음의 요 방향일 수도 있다. 다른 실시형태에서, 커맨드는, 예를 들면, 양의 피치 및 양의 요 방향 둘 모두에서 60 도인 둘 이상의 방향에서 동시에 타겟 위치를 향해 내시경을 이동시킨다. 비록 프로세스(800)가 네 방향을 포함하지만, 다른 실시형태에서, 컴퓨터 시스템(120)은 임의의 다른 수의 방향(더 많거나 또는 더 적음)에 대해 단계 804 내지 808을 반복할 수 있다.

[0112] 교정 모듈(130)은 방향 중 하나 이상에 대한 공간 데이터에 기초하여 내시경의 견인 와이어에 대한 이득 값을 결정한다(828). 교정 모듈(130)은 각각의 견인 와이어와 관련되는 이득 값을 결정할 수도 있다. 이득 값 중 적어도 하나는 1과는 상이한 값을 가질 수도 있다. 1의 이득 값은, 대응하는 견인 와이어가 이상적인 거동을 나타낸다는 것, 예를 들면, 내시경의 실제 모션이 대응하는 견인 와이어의 병진에 기초하여 타겟 모션과 매치한다는 것을 나타낸다. 몇몇 실시형태에서, 교정 모듈(130)은 견인 와이어에 대한 디폴트 이득 값(예를 들면, 이전 교정 프로세스에서 결정됨)을 검색하고 디폴트 이득 값에 추가로 기초하여 이득 값을 결정한다.

[0113] 교정 모듈(130)은 교정 저장소(140)에 이득 값을 저장한다(830). 내시경은 이득 값을 저장하기 위해 컴퓨터 판독 가능한 유형의(tangible) 매체, 예를 들면, 플래시 메모리 또는 데이터베이스를 포함할 수도 있다. 몇몇 실시형태에서, 커맨드 모듈(150)은 시스에 대한 리더의 길이 및/또는 상대적인 롤 각도를 수정하기 위한 커맨드를 제공하고, 수술용 로봇 시스템(100)은 프로세스(800)의 단계를 반복하여 수정된 길이 및/또는 상대적인 롤 각도와 관련되는 이득 값을 결정한다.

[0114] 도 8b는, 하나의 실시형태에 따른, 연장부의 길이 및 상대적인 롤 각도에 기초한 내시경의 자동화된 교정을 위한 프로세스(840)의 플로우차트이다. 프로세스(840)는 몇몇 실시형태에서 도 8b와 연계하여 설명되는 것과는 상이한 또는 추가적인 단계를 포함할 수도 있거나, 또는 도 8b와 연계하여 설명되는 순서와는 상이한 순서로 단계를 수행할 수도 있다. 프로세스(800)와는 대조적으로, 프로세스(840)는 임의의 수의 방향뿐만 아니라, 내시경의 시스에 대한 리더의 임의의 수의 길이의 연장부 및 상대적인 롤 각도에 대해 일반화된다. 예를 들면, 네 개의 견인 와이어가 90도만큼 서로 오프셋되는 내시경 대신, 내시경은 120도만큼 서로 오프셋되는, 또는 상이한 오프셋 각도를 갖는(예를 들면, 시계의 11 시, 2 시, 및 6 시의 시계 바늘 위치에 있는) 임의의 다른 구성의 세 개의 견인 와이어를 포함할 수도 있다.

[0115] 수술용 로봇 시스템(100)은 내시경을 길이 또는 연장부 및/또는 상대적인 롤 각도까지 이동시키기 위한 커맨드를 제공한다(850). 수술용 로봇 시스템(100)은 길이 또는 연장부 및/또는 상대적인 롤 각도에서 교정을 수행한다(860). 단계 860에서, 커맨드 모듈(150)은 내시경을 제2 방향에서 타겟 위치로 이동시키기 위한 커맨드를 제공한다(862). 교정 모듈(130)은 내시경의 실제 위치 및 방위를 나타내는 공간 데이터를 수신한다(864). 커맨드 모듈(150)은 내시경을 휴지 위치로 이동시키기 위한 커맨드를 제공한다(866). 수술용 로봇 시스템(100)은 방향의 세트 내의 각각의 방향에 대해 단계 862-866을 반복한다. 또한, 수술용 로봇 시스템(100)은, 상이한 길이의 연장부 및/또는 상대적인 롤 각도의 세트 내의 각각의 길이의 연장부 및/또는 상대적인 롤 각도(또는 연장부의 길이 및 상대적인 롤 각도의 조합)에 대해 단계 850-860을 반복한다. 교정 모듈(130)은 각각의 교정으로부터 수신되는 공간 데이터에 기초하여 이득 값을 결정한다(870).

[0116] 도 9는, 하나의 실시형태에 대한 내시경의 수술 중의 자동화된 교정을 위한 프로세스(900)의 플로우차트이다.

프로세스(900)는 몇몇 실시형태에서 도 9와 연계하여 설명되는 것과는 상이한 또는 추가적인 단계를 포함할 수도 있거나, 또는 도 9와 연계하여 설명되는 순서와는 상이한 순서로 단계를 수행할 수도 있다. 몇몇 실시형태에서, 커맨드 콘솔(200)은 섹션 II에서 앞서 설명되는 속도 모드 또는 위치 제어 모드에서 프로세스(900)를 사용할 수도 있다. 커맨드 콘솔.

[0117] 교정 모듈(130)은, 견인 와이어, 리더, 및 시스를 포함하는 내시경에 대한 디폴트 이득 값을 검색한다(910). 각각의 견인 와이어는 디폴트 이득 값 중 하나와 관련될 수도 있다. 수술용 로봇 시스템(100)은, 외과적 처치, 예를 들면, 요관경 검사(ureteroscopy), 경피적 신 쇄석술(percutaneous nephrolithotomy; PCNL), 대장 내시경 검사(colonoscopy), 형광 투시 검사(fluoroscopy), 전립선 절제술(prostatectomy), 결장 절제술(colectomy), 담낭 절제술(cholecystectomy), 사타구니 탈장(inguinal hernia), 및 기관지 내시경 검사(bronchoscopy)를 받고 있는 환자 안으로 내시경을 삽입한다(920). 교정 모듈(130)은 시스에 대한 리더의 상대적인 롤 각도 및 시스에 의해 방사상으로 둘러싸이는 리더의 길이에 관한 정보를 수신한다(930). 상대적인 롤 각도 및 길이에 대한 정보는, 내시경을 이동시키기 위해 제공되는 이전 커맨드, 디폴트의 상대적인 롤 각도 및 길이 값, 또는 센서(예를 들면, 내시경에 커플링되는 가속도계 및 자이로 스코프)에 의해 생성되는 데이터에 기초할 수도 있다. 커맨드 모듈(150)은 견인 와이어 중 적어도 하나를 병진시키는 것에 의해 내시경을 이동시키기 위한 커맨드를 제공한다(940).

[0118] 교정 모듈(130)은 커맨드에 응답하여 이동된 내시경의 공간 데이터를 수신한다(950). 하나의 실시형태에서, 공간 데이터는 형광 투시 이미징 시스템으로부터 수신된다. 형광 투시 이미징 시스템은, 수술용 로봇 시스템(100)이 외과적 처치 동안 프로세스(900)를 수행하는 것을 가능하게 하는, 환자 내부의 내시경의 이미지를 캡처할 수 있다. 교정 모듈(130)은, 공간 데이터, 대응하는 디폴트 이득 값, 연장부의 길이, 상대적인 롤 각도, 및/또는 커맨드에 기초하여 새로운 이득 값을 결정한다(960). 교정 모듈(130)은 교정 저장소(140)에 새로운 이득 값을 저장한다(970). 수술용 로봇 시스템(100)은, 프로세스(900)에 의해 결정되는 새로운 이득 값에 기초하여 추가 커맨드를 생성할 수 있다. 예를 들면, 타겟 위치가 실제로 90 도인 경우에, 내시경은 제1 커맨드에 응답하여 80 도의 실제 위치로 이동한다. 커맨드 모듈(150)은 새로운 이득 값에 기초하여 새로운 커맨드를 생성하고 수술용 로봇 시스템(100)을 사용하여 내시경을 이동시키기 위한 새로운 커맨드를 제공한다. 새로운 커맨드가 각도 불일치(즉, 80도가 90도보다 10도 모자람)를 보상하기 때문에, 내시경은 새 커맨드에 응답하여 90 도의 실제 위치로 이동한다.

[0119] VIII. 대안적인 고려 사항

[0120] 본 개시의 관독시, 기술 분야의 숙련된 자는 본원에서의 개시된 원리를 통해 추가적이고 대안적인 구조적 및 기능적 설계를 여전히 인식할 것이다. 따라서, 특정한 실시형태 및 애플리케이션이 예시되고 설명되지만, 개시된 실시형태는 본원에서 개시되는 정확한 구성 및 컴포넌트로 제한되지 않는다는 것이 이해되어야 한다. 첨부된 청구범위에서 정의되는 취지 및 범위를 벗어나지 않으면서, 본원에서 개시되는 방법 및 장치의 배치, 동작 및 세부 사항에서, 기술 분야의 숙련된 자에게 명백할 다양한 수정, 변경 및 변형이 이루어질 수도 있다.

[0121] 본원에서 사용될 때, "하나의 실시형태" 또는 "한 실시형태"에 대한 임의의 언급은, 실시형태와 연계하여 설명되는 특정한 엘리먼트, 피처, 구조, 또는 특성이 적어도 하나의 실시형태에 포함된다는 것을 의미한다. 본 명세서의 다양한 곳에서의 어구 "하나의 실시형태에서"의 출현은, 반드시 모두가 동일한 실시형태를 가리키는 것은 아니다.

[0122] 몇몇 실시형태는, 표현 "커플링되는" 및 "연결되는"을 그들의 파생어와 함께 사용하여 설명될 수도 있다. 예를 들면, 몇몇 실시형태는, 두 개 이상의 엘리먼트가 직접적인 물리적 또는 전기적 접촉 상태에 있다는 것을 나타내기 위해 용어 "커플링되는"을 사용하여 설명될 수도 있다. 그러나, 용어 "커플링되는"은, 또한, 둘 이상의 엘리먼트가 서로 직접 접촉하지는 않지만, 그러나 여전히 서로 협력하거나 또는 상호 작용한다는 것을 의미할 수도 있다. 실시형태는, 달리 명시적으로 언급되지 않는 한, 이 맥락에서 제한되지는 않는다.

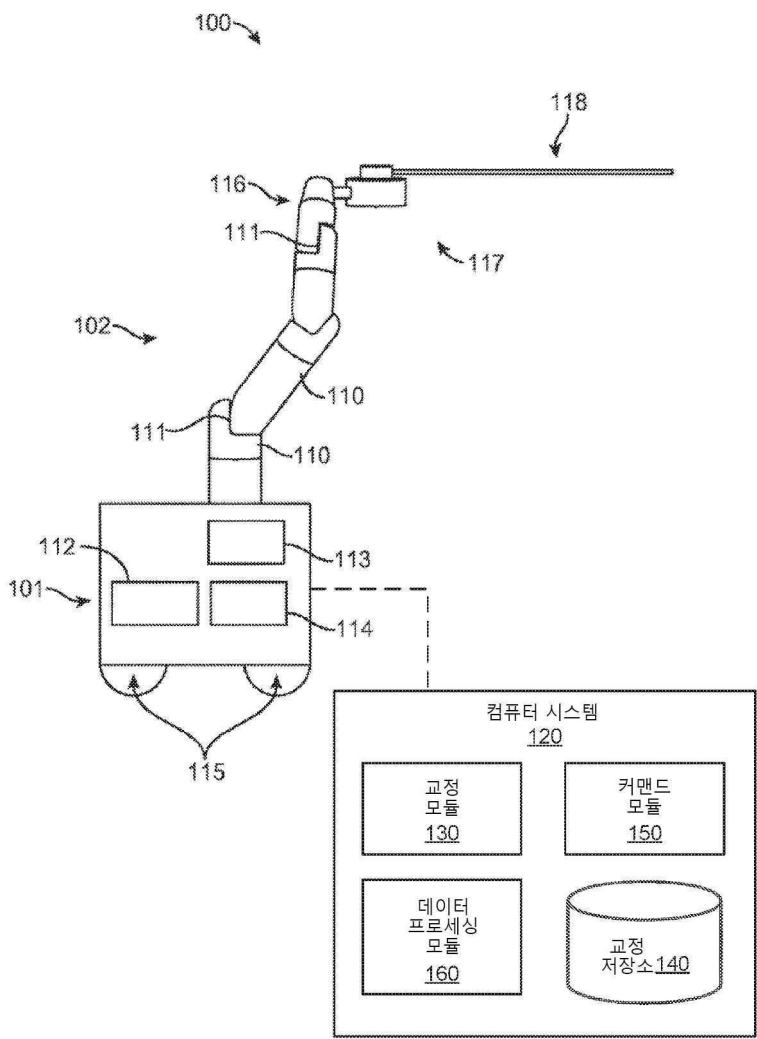
[0123] 본원에서 사용될 때, 용어 "포함한다(comprises)", "포함하는(comprising)", "포함한다(includes)", "포함하는(including)", "구비한다(has)", "구비하는(having)" 또는 이들의 임의의 다른 변형어는 비배타적인 포함을 포괄하도록 의도된다. 예를 들면, 엘리먼트의 목록을 포함하는 프로세스, 방법, 물품, 또는 장치는 반드시 이들 엘리먼트만으로 제한되는 것이 아니라, 이러한 프로세스, 방법, 물품, 또는 장치에 내재하는 또는 명시적으로 열거되지 않는 다른 엘리먼트를 포함할 수도 있다. 또한, 반대로 명시적으로 언급되지 않는 한, "또는"은, 배타적인 또는을 가리키는 것이 아니라 포괄적인 또는을 가리킨다. 예를 들면, 조건 A 또는 B는 다음 중 임의의 하나에 의해 충족된다: A가 참이고(또는 존재하고) B가 거짓임(또는 존재하지 않음), A가 거짓이고(또는 존재하지

않고) B가 참임(또는 존재함), 및 A와 B 둘 모두 참이다(또는 존재한다).

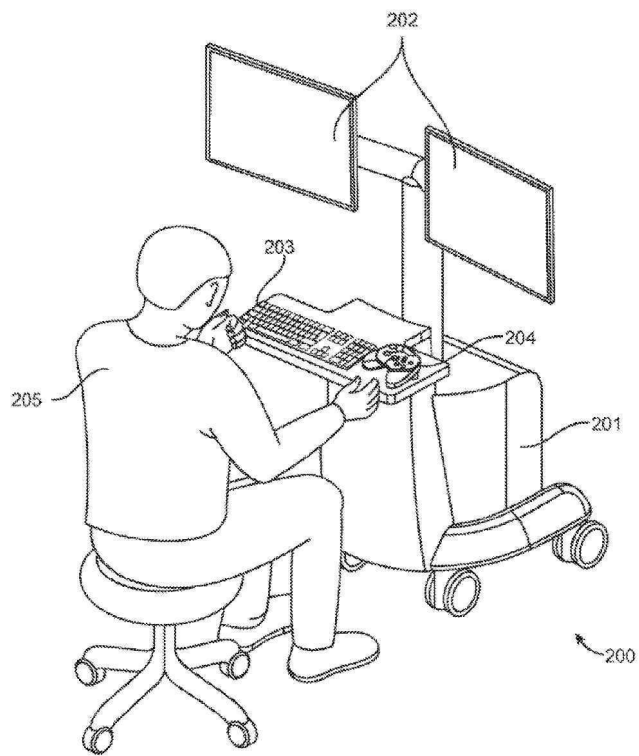
- [0124] 또한, "a(한)" 또는 "an(한)"의 사용은, 본원의 실시형태의 엘리먼트 및 컴포넌트를 설명하기 위해 활용된다. 이것은 단지 편의를 위해 그리고 본 발명의 일반적인 의미를 부여하기 위해 행해진다. 이 설명은, 하나 또는 적어도 하나를 포함하도록 관독되어야 하며, 단수는, 그것이 달리 의도된다는 것이 명백하지 않는 한, 복수를 또한 포함한다.
- [0125] 이 설명의 몇몇 부분은, 정보에 관한 동작의 알고리즘 및 기호 표현의 관점에서 본 발명의 실시형태를 설명한다. 이들 알고리즘 설명 및 표현은, 데이터 프로세싱 기술 분야의 통상의 숙련자에 의해, 그들의 작업의 내용을 기술 분야의 다른 숙련된 자에게 효과적으로 전달하기 위해 일반적으로 사용된다. 이들 동작은, 기능적으로, 계산적으로, 또는 로직적으로 설명되지만, 컴퓨터 프로그램 또는 등가의 전기 회로, 마이크로 코드, 또는 등등에 의해 구현되는 것으로 이해된다. 또한, 동작의 이들 배열을 모듈로 언급하는 것이, 때때로, 일반성의 손실 없이 편리하다는 것이 입증되었다. 설명된 동작 및 그들의 관련된 모듈은 소프트웨어, 펌웨어, 하드웨어, 또는 이들의 임의의 조합으로 구현될 수도 있다.
- [0126] 본원에서 설명되는 단계, 동작, 또는 프로세스 중 임의의 것은, 단독으로 또는 다른 디바이스와 조합하여, 하나 이상의 하드웨어 또는 소프트웨어 모듈로 수행 또는 구현될 수도 있다. 하나의 실시형태에서, 소프트웨어 모듈은, 설명되는 단계, 동작, 또는 프로세스 중 임의의 것 또는 모두를 수행하기 위해 컴퓨터 프로세서에 의해 실행될 수 있는 컴퓨터 프로그램 코드를 포함하는 컴퓨터 판독 가능 비일시적인 매체를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품으로 구현된다.
- [0127] 본 발명의 실시형태는 또한, 본원에서 설명되는 컴퓨팅 프로세스에 의해 생성되는 제품에 관련될 수도 있다. 이러한 제품은 컴퓨팅 프로세스로부터 유래하는 정보를 포함할 수도 있는데, 정보는 비일시적인 유형의 컴퓨터 판독 가능 저장 매체에 저장되고, 본원에서 설명되는 컴퓨터 프로그램 제품 또는 다른 데이터 조합의 임의의 실시형태를 포함할 수도 있다.

도면

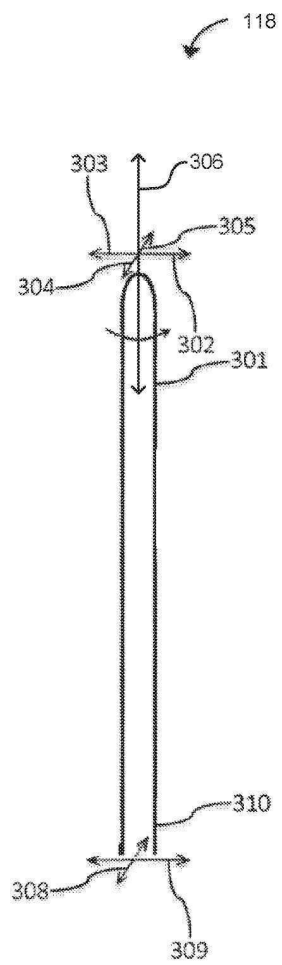
도면1



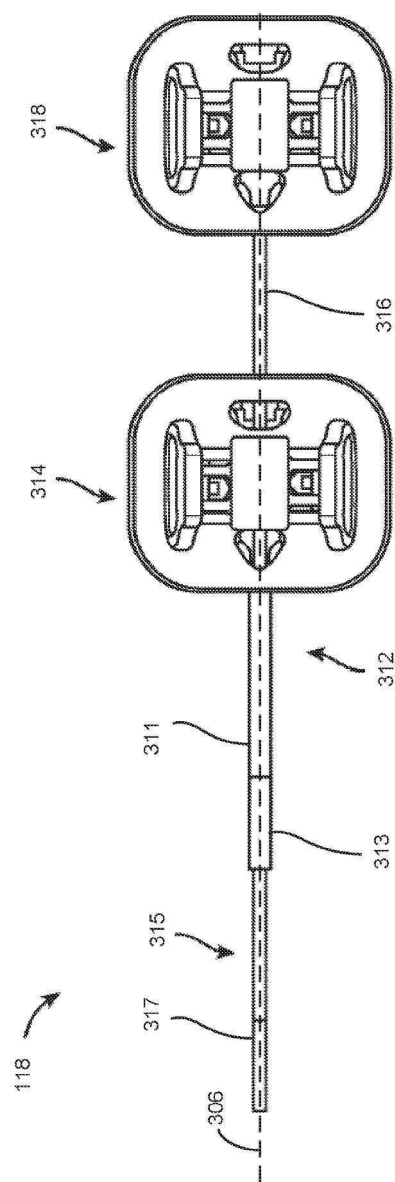
도면2



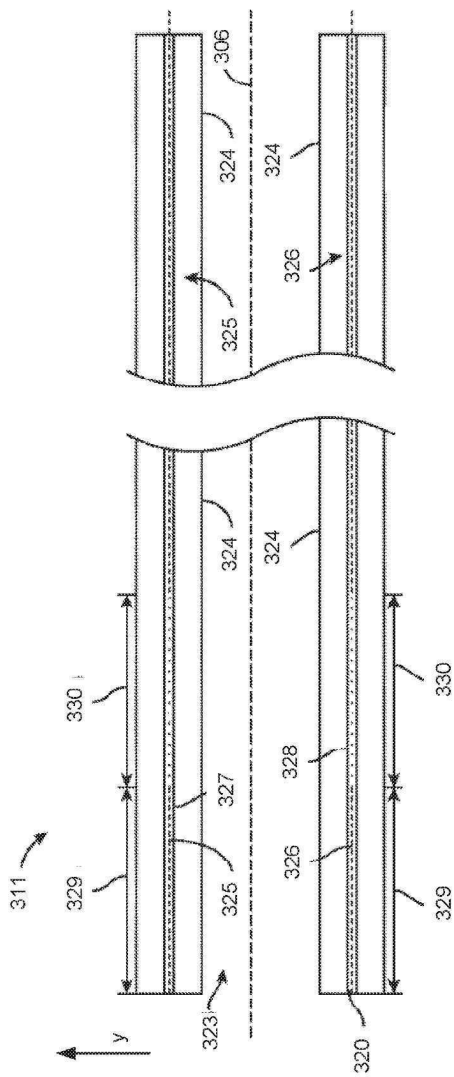
도면3a



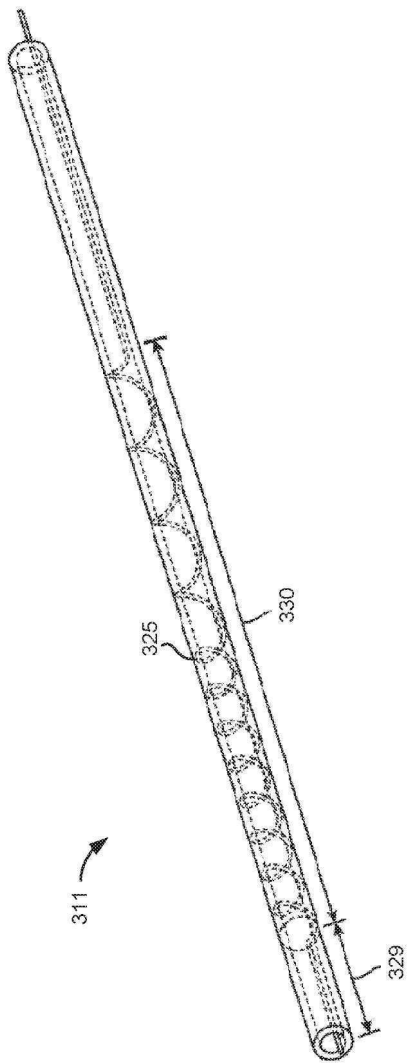
도면3b



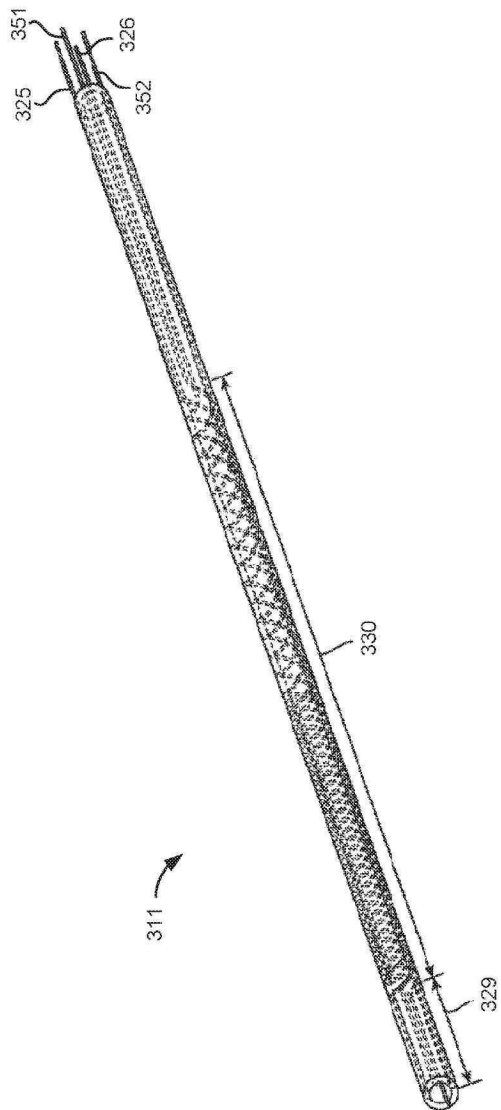
도면3c



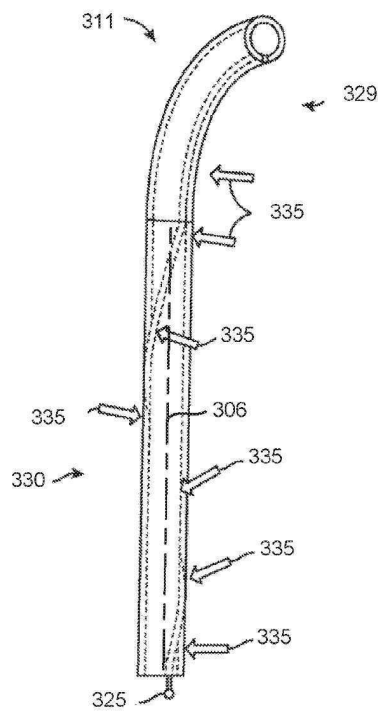
도면3d



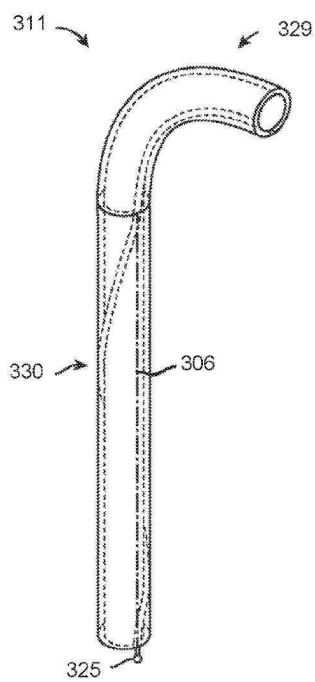
도면3e



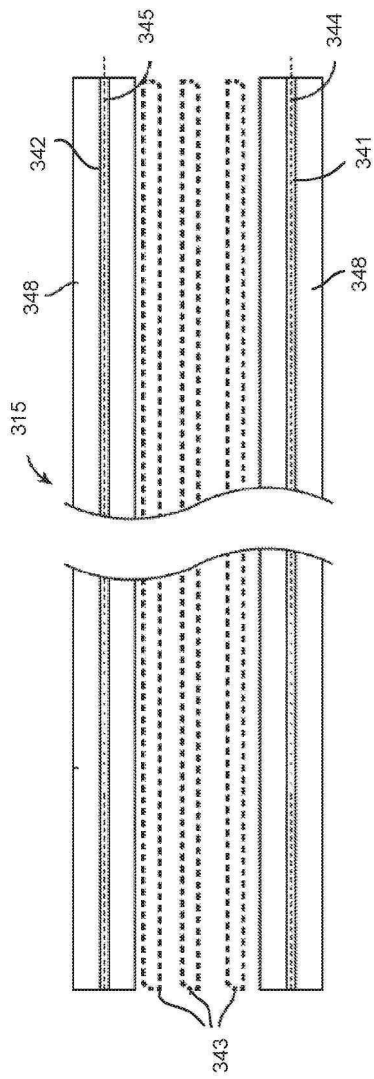
도면3f



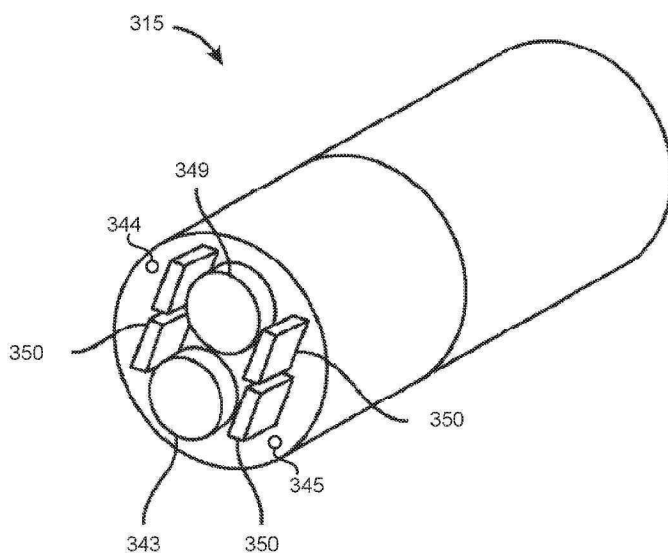
도면3g



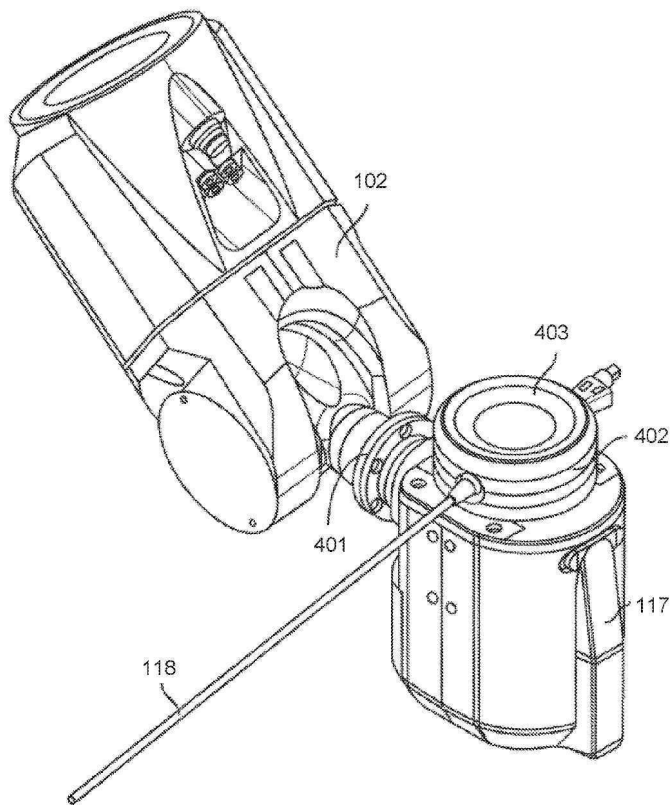
도면3h



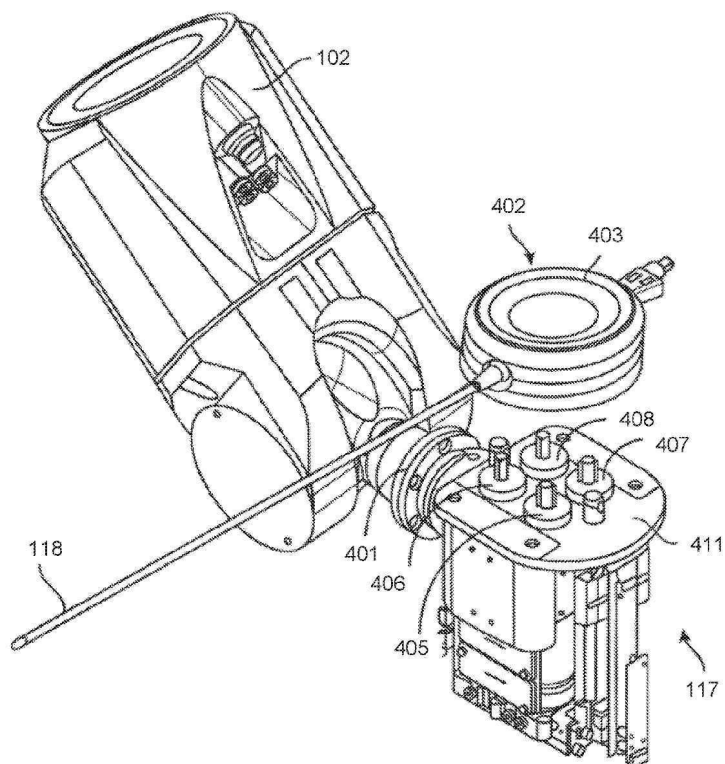
도면3i



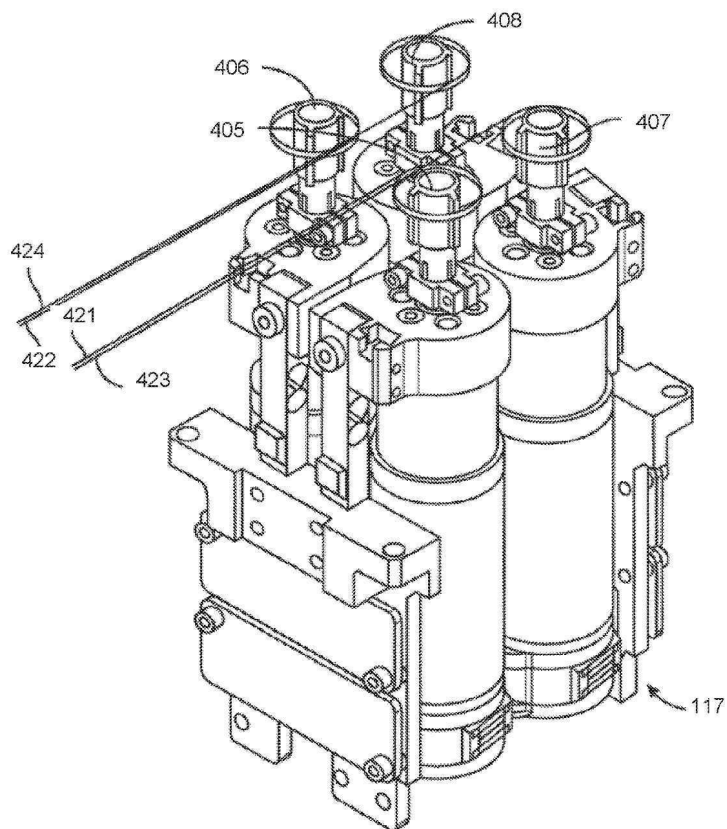
도면4a



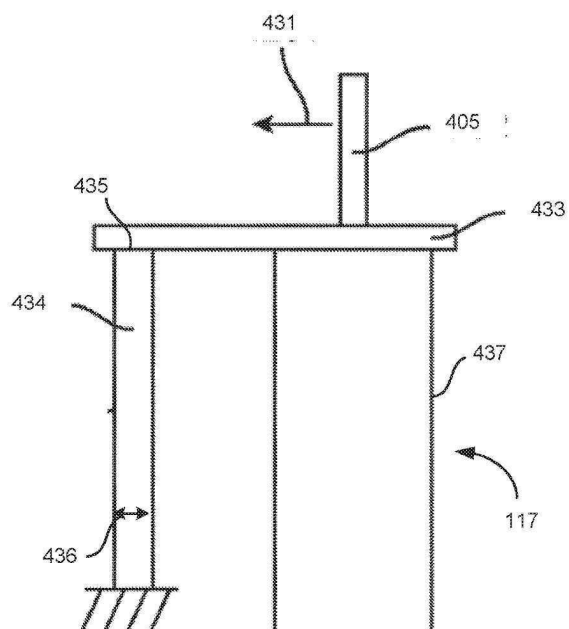
도면4b



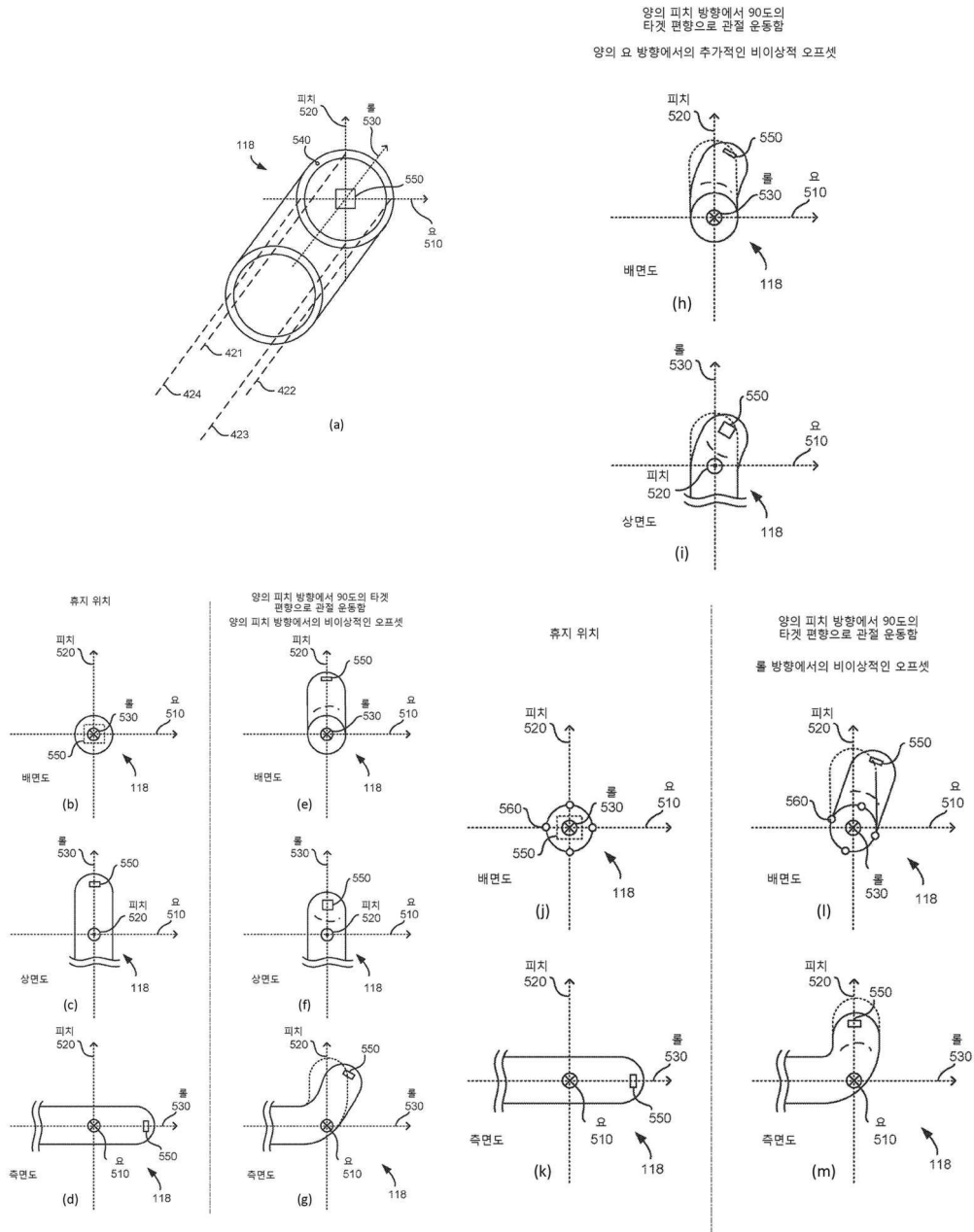
도면4c



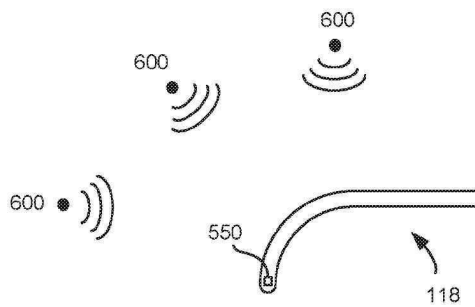
도면4d



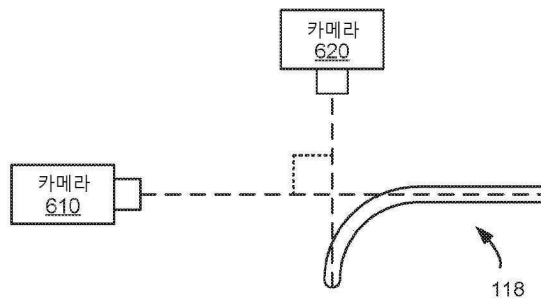
도면5



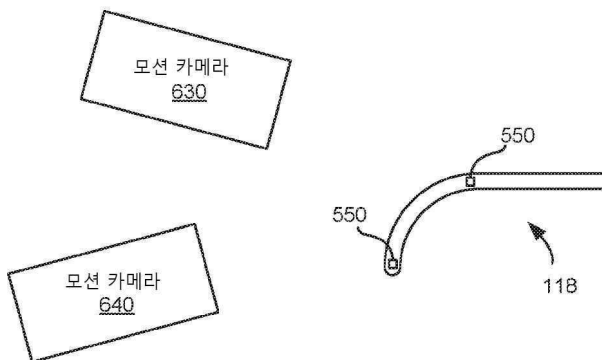
도면6a



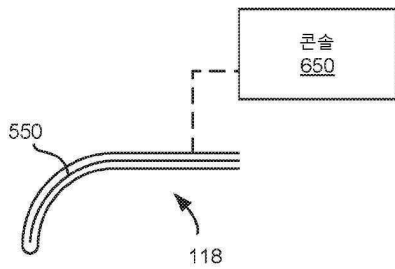
도면6b



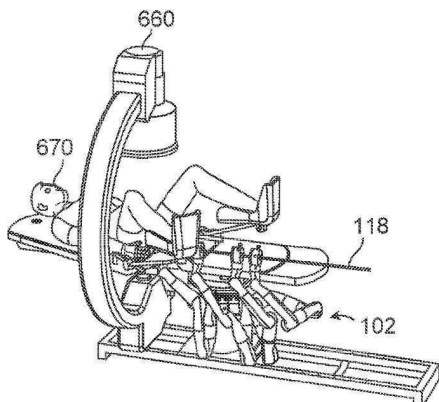
도면6c



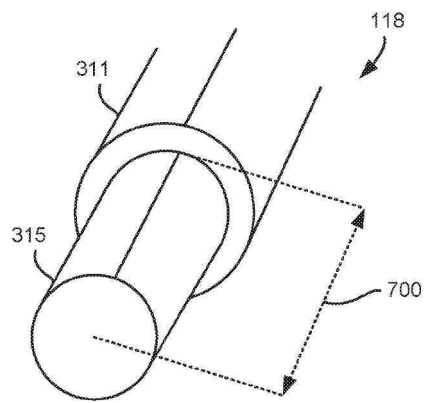
도면6d



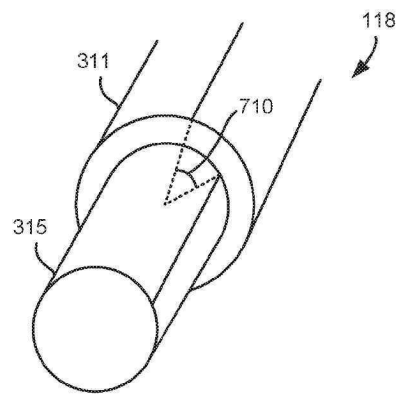
도면6e



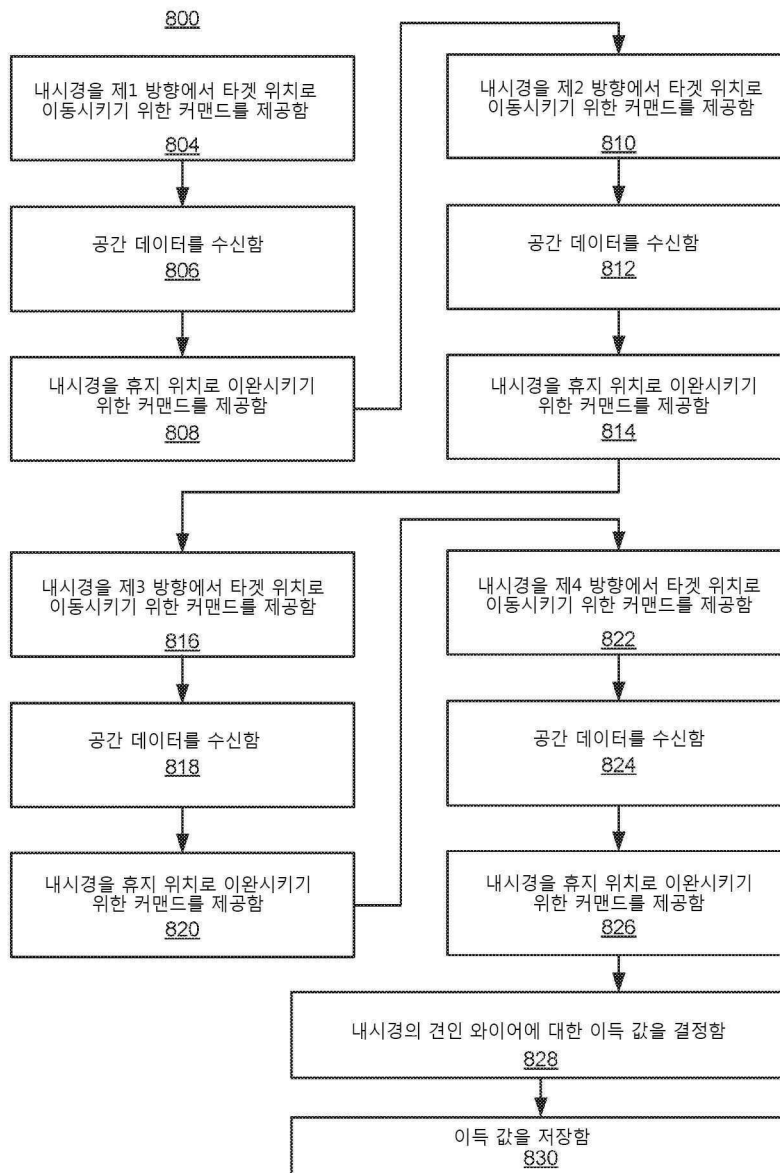
도면7a



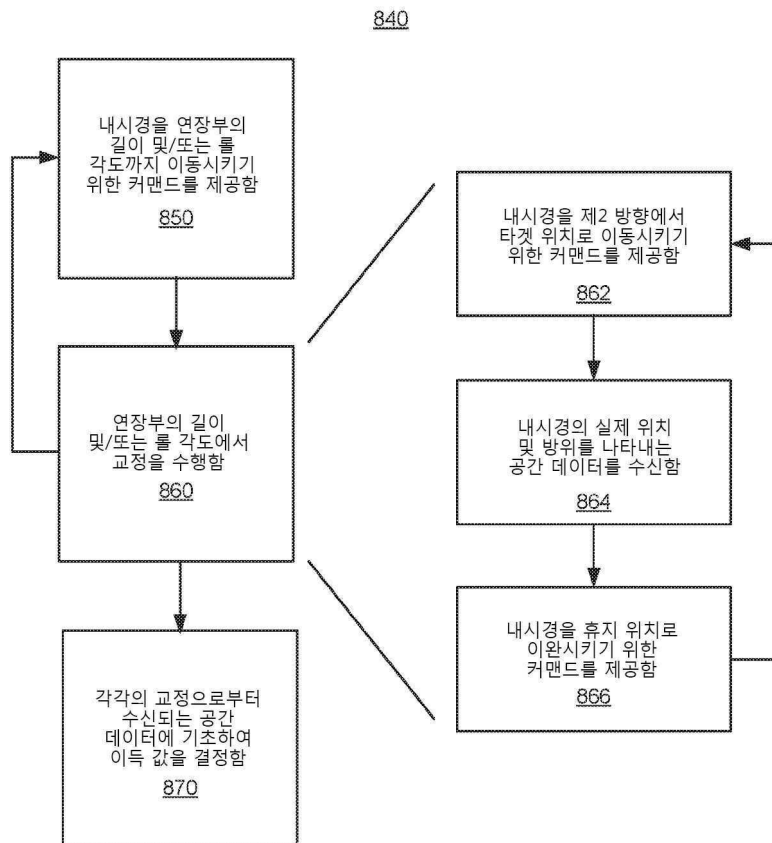
도면7b



도면8a



도면 8b



도면9

