



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년05월06일  
(11) 등록번호 10-2248497  
(24) 등록일자 2021년04월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A61B 34/20 (2016.01) A61B 10/02 (2006.01)  
A61B 17/16 (2006.01) A61B 34/30 (2016.01)  
A61B 46/00 (2016.01) A61B 5/053 (2021.01)  
(52) CPC특허분류  
A61B 34/20 (2016.02)  
A61B 10/02 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2016-7006232  
(22) 출원일자(국제) 2014년09월11일  
심사청구일자 2019년09월09일  
(85) 번역문제출일자 2016년03월09일  
(65) 공개번호 10-2016-0056884  
(43) 공개일자 2016년05월20일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2014/055137  
(87) 국제공개번호 WO 2015/038740  
국제공개일자 2015년03월19일  
(30) 우선권주장  
61/876,992 2013년09월12일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
US20090314925 A1

(73) 특허권자  
인튜어티브 서지컬 오퍼레이션즈 인코포레이티드  
미국 캘리포니아 94086 서니베일 키퍼 로드 1020  
(72) 발명자  
디마리오 사이먼 피  
미국 94086 캘리포니아주 서니베일 #에이 폰테로  
사 애비뉴 976  
라킨 데이비드 큐  
미국 94025 캘리포니아주 멘로 파크 우드랜드 애  
비뉴 913  
듀인덱 빈첸트  
미국 94040 캘리포니아주 마운틴 뷰 #5 캘리포니  
아 스트리트 2005  
(74) 대리인  
양영준, 김윤기

전체 청구항 수 : 총 20 항

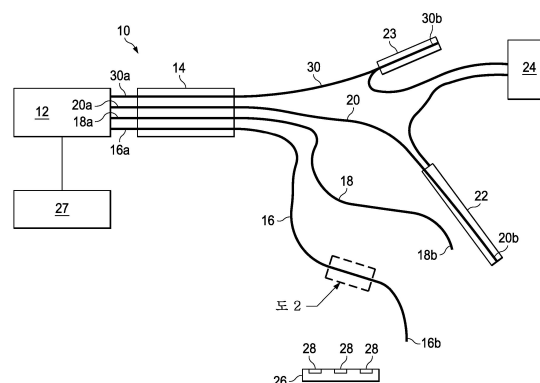
심사관 : 권보람

(54) 발명의 명칭 가동 표적을 국지화하기 위한 형상 센서 시스템

(57) 요약

방법은 제1 형상 센서 내의 제1 세장형 광 섬유 섹션으로부터 제1 형상 데이터를 수신하는 단계를 포함한다. 제1 세장형 광 섬유 섹션은 기준 고정구와, 환자 해부 구조부에 결합된 제1 해부 고정구 사이에서 연장한다. 방법은 제1 형상 데이터로부터 제1 해부 고정구의 자세를 결정하는 단계, 및 제1 해부 고정구에 대한 자세 변경을 추적하는 단계를 더 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

*A61B 17/16* (2013.01)

*A61B 34/30* (2016.02)

*A61B 46/00* (2016.02)

*A61B 5/053* (2013.01)

*A61B 2034/2061* (2016.02)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

제1 형상 센서 내의 제1 세장형 광 섬유 섹션으로부터 제1 형상 데이터를 수신하는 단계로서, 상기 제1 세장형 광 섬유 섹션은 기준 고정구와, 환자 해부 구조부에 결합된 제1 해부 고정구 사이에서 연장하는, 단계,  
제1 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 제1 해부 고정구의 자세를 결정하는 단계,  
제1 형상 데이터로부터의 자세에 기초하여 제1 해부 고정구에 대한 자세 변경을 추적하는 단계,  
기준 고정구와, 의료 기기에 결합된 기기 고정구 사이에서 연장하는 제2 형상 센서로부터 제2 형상 데이터를 수신하는 단계,  
제2 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 기기 고정구의 제1 자세를 결정하는 단계,  
기기 고정구에 대한 제1 자세의 제1 자세 변경을 추적하는 단계,  
제1 해부 고정구와 기기 고정구 사이에서 연장하는 제1 형상 센서의 제2 세장형 광 섬유 섹션으로부터 제3 형상 데이터를 수신하는 단계,  
제3 형상 데이터 및 제1 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 기기 고정구의 제2 자세를 결정하는 단계,  
기기 고정구에 대한 제2 자세의 제2 자세 변경을 추적하는 단계, 및  
기기 고정구의 제1 자세 및 제2 자세에 기초하여 기기 고정구 자세 잉여율(redundancy)을 평가하는 단계를 포함하는, 컴퓨터 구현 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,  
기준 고정구와, 환자 해부 구조부에 결합된 제1 해부 고정구 사이에서 연장하는 제3 세장형 광 섬유 섹션을 포함하는 제3 형상 센서로부터 제4 형상 데이터를 수신하는 단계,  
제4 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 제1 해부 고정구의 자세를 결정하는 단계, 및  
제4 형상 데이터로부터의 자세에 기초하여 제1 해부 고정구에 대한 자세 변경을 추적하는 단계를 더 포함하는, 컴퓨터 구현 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,  
의료 기기는 지점 위치를 디지털화하도록 구성되는 프로브인, 컴퓨터 구현 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,  
제2 형상 센서는 전원 공급 구성요소 또는 통신 구성요소를 포함하는 케이블 내에서 연장하는, 컴퓨터 구현 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,  
제1 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 제1 해부 고정구의 자세를 결정하는 단계는 제1 형상 데이터로부터의 복수의 개별 형상 추정치에 대한 변환을 통합하는 단계를 포함하는, 컴퓨터 구현 방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

제3 형상 데이터를 수신하는 단계는 제1 해부 고정구와, 환자 해부 구조부에 결합된 제2 해부 고정구 사이에서 연장하는 제3 세장형 광 섬유 섹션으로부터 제4 형상 데이터를 수신하는 단계를 포함하는, 컴퓨터 구현 방법.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

제4 형상 데이터를 수신하는 단계는 제1 세장형 광 섬유 섹션을 통해 제4 형상 데이터를 수신하는 단계를 포함하는, 컴퓨터 구현 방법.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

제1 형상 센서는 수술 드레이프에 결합되는, 컴퓨터 구현 방법.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

제1 해부 고정구는 수술 드레이프에 결합되는, 컴퓨터 구현 방법.

#### 청구항 10

제1항에 있어서,

제1 해부 고정구는 뼈 고정 장치인, 컴퓨터 구현 방법.

#### 청구항 11

제1항에 있어서,

제1 세장형 광 섬유 섹션 상의 기기 데이터 신호를 수신하는 단계를 더 포함하고,

상기 기기 데이터 신호는 기기 상태, 기기 식별, 사용 카운트, 또는 인가된 힘 변형률 정보를 포함하는, 컴퓨터 구현 방법.

#### 청구항 12

제1항에 있어서,

제1 세장형 광 섬유 섹션은 커플링 기구에 의해 제1 해부 고정구에 해제 가능하게 결합될 수 있는, 컴퓨터 구현 방법.

#### 청구항 13

제1항에 있어서,

제1 형상 센서는 기준 고정구와 제1 해부 고정구 사이에서 연장하는 제3 세장형 광 섬유 섹션을 포함하고, 제1 및 제3 세장형 광 섬유 섹션은 지지 재료에 결합되고 지지 재료에 의해 이격된 구성으로 측방향 거리로 분리되고, 지지 재료는 제1 세장형 광 섬유 섹션과 제3 세장형 광 섬유 섹션 사이에서 측방향 거리를 유지하는, 컴퓨터 구현 방법.

#### 청구항 14

제13항에 있어서,

제1 형상 센서의 제3 세장형 광 섬유 섹션으로부터 제4 형상 데이터를 수신하는 단계, 및

기준 고정구에 대한 제1 해부 고정구의 자세를 결정하기 위해 제1 및 제4 형상 데이터를 조합하는 단계를 더 포

합하는, 컴퓨터 구현 방법.

#### 청구항 15

제1항에 있어서,

의료 기기는 디지털화 프로브, 뼈 마모 기기, 조직 절단 기기, 절제 기기, 조직 접근 기기, 생검 기기, 임피던스 측정 기기, 조직 촬영 기기, 또는 치료 기기를 포함하는, 컴퓨터 구현 방법.

#### 청구항 16

기준 고정구,

환자 해부 구조부에 결합되도록 구성된 제1 해부 고정구,

의료 기기에 결합된 기기 고정구,

기준 고정구와 제1 해부 고정구 사이에서 연장하는 제1 세장형 광 섬유 섹션, 및 제1 해부 고정구와 기기 고정구 사이에서 연장하는 제2 세장형 광 섬유 섹션을 포함하는 제1 형상 센서,

기준 고정구와 기기 고정구 사이에서 연장하는 제2 형상 센서, 및

프로세서를 포함하는 시스템으로서,

상기 프로세서는,

제1 형상 센서의 제1 세장형 광 섬유 섹션으로부터 제1 형상 데이터를 수신하고,

제1 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 제1 해부 고정구의 자세를 결정하고,

제1 형상 데이터로부터의 자세에 기초하여 제1 해부 고정구에 대한 자세 변화를 추적하고,

제2 형상 센서로부터 제2 형상 데이터를 수신하고,

제2 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 기기 고정구의 제1 자세를 결정하고,

기기 고정구에 대한 제1 자세의 제1 자세 변화를 추적하고,

제1 형상 센서의 제2 세장형 광 섬유 섹션으로부터 제3 형상 데이터를 수신하고,

제3 형상 데이터 및 제1 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 기기 고정구의 제2 자세를 결정하고,

기기 고정구에 대한 제2 자세의 제2 자세 변화를 추적하고,

기기 고정구의 제1 자세 및 제2 자세에 기초하여 기기 고정구 자세 잉여율을 평가하도록 구성되는, 시스템.

#### 청구항 17

제16항에 있어서,

기준 고정구와 제1 해부 고정구 사이에서 연장하는 제3 세장형 광 섬유 섹션을 포함하는 제3 형상 센서를 더 포함하고,

프로세서는,

제3 형상 센서로부터 제4 형상 데이터를 수신하고,

제4 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 제1 해부 고정구의 자세를 결정하고,

제4 형상 데이터로부터의 자세에 기초하여 제1 해부 고정구에 대한 자세 변화를 추적하도록 더 구성되는, 시스템.

#### 청구항 18

제16항에 있어서,

환자 해부 구조부에 결합되도록 구성된 제2 해부 고정구를 더 포함하고,

제1 형상 센서는,

제1 해부 고정구와 제2 해부 고정구 사이에서 연장하는 제3 세장형 광 섬유 섹션을 더 포함하고,  
제3 형상 데이터를 수신하는 것은 제3 세장형 광 섬유 섹션으로부터 제4 형상 데이터를 수신하는 것을 포함하고,  
제2 세장형 광 섬유 섹션은 제3 세장형 광 섬유 섹션을 포함하는, 시스템.

#### 청구항 19

제16항에 있어서,

제1 형상 센서는 기준 고정구와 제1 해부 고정구 사이에서 연장하는 제3 세장형 광 섬유 섹션을 더 포함하고,  
제1 및 제3 세장형 광 섬유 섹션은 지지 재료에 결합되고 지지 재료에 의해 이격된 구성으로 측방향 거리로 분리되고, 지지 재료는 제1 세장형 광 섬유 섹션과 제3 세장형 광 섬유 섹션 사이에서 측방향 거리를 유지하고,  
프로세서는,

제1 형상 센서의 제3 세장형 광 섬유 섹션으로부터 제4 형상 데이터를 수신하고,

기준 고정구에 대한 제1 해부 고정구의 자세를 결정하기 위해 제1 및 제4 형상 데이터를 조합하도록 더 구성되는, 시스템.

#### 청구항 20

제16항에 있어서,

의료 기기는 디지털화 프로브, 뼈 마모 기기, 조직 절단 기기, 절제 기기, 조직 접근 기기, 생검 기기, 임피던스 측정 기기, 조직 촬영 기기, 또는 치료 기기를 포함하는, 시스템.

#### 청구항 21

삭제

#### 청구항 22

삭제

#### 청구항 23

삭제

#### 청구항 24

삭제

#### 청구항 25

삭제

#### 청구항 26

삭제

#### 청구항 27

삭제

#### 청구항 28

삭제

#### 청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 개시 내용은 해부 표적 및/또는 중재적 기기를 추적하는 형상 센서 시스템을 사용하는 시스템 및 방법에 관한 것으로, 더 구체적으로, 형상 센서 시스템의 정확도를 향상시키기 위해 잉여의(redundant) 형상 센서를 사용하는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 최소 침습적 의료 기술은 중재적 시술 도중 손상되는 조직의 양을 감소시켜, 환자의 회복 시간, 불편함, 및 해로운 부작용을 감소시키도록 의도된다. 환자 해부 구조부 내의 해부 표적, 이식된 장치, 및/또는 중재적 기기(외과, 진단, 치료 또는 생검 기기를 포함함)의 위치를 추적하기 위해, 최소 침습적 센서 시스템이 사용될 수 있다. 기존 시스템에서, 전자기(EM) 운행은 환자 해부 구조부에서의 중재적 기기, 이식된 장치, 또는 표적의 움직임을 추적하는데 사용될 수 있다. EM 운행 시스템이 많은 시술에 대해 유용하더라도, 이들은 수술실 내의 다른 설비로부터 자성 간섭을 받을 수 있다. 예를 들어, 형광투시 촬영 시스템 또는 금속 기기의 C-아암은 EM

운행 시스템과 자성 간섭을 생성하여, 중재적 기기의 추적에 있어 허용 불가능한 오류를 발생시킬 수 있다. 기존 시스템에서, 광 섬유 형상 센서 시스템은 환자 해부 구조부에서의 중재적 기기의 움직임을 추적하는데 사용될 수 있다. 광 섬유 형상 센서 시스템은 광 섬유의 형상을 결정하기 위해 단일 광 섬유를 따르는 다양한 지점에서의 스트레인을 모니터링한다. 단일 광 섬유의 형상으로부터, 광 섬유를 따르는 다양한 지점에서의 자세(위치 및 배향)가 유추될 수 있다. 단일 광 섬유를 따르는 다양한 지점에 대해 유추된 자세와 관련된 오류는 오류 축적으로 인해 광 섬유 인터로게이터(interrogator)로부터의 거리에 따라서 증가할 수 있다. 수술 환경에서 중재적 기기, 이식된 장치, 및 해부 표적을 추적하기 위해 개선된 운행 시스템 및 방법이 요구된다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

### 과제의 해결 수단

- [0003] 본 발명의 실시예들이 상세한 설명에 이어지는 특허청구범위에 의해 요약된다.
- [0004] 일 실시예에서, 방법은 제1 형상 센서의 제1 세장형 광 섬유 섹션으로부터 제1 형상 데이터를 수신하는 단계를 포함한다. 제1 세장형 광 섬유 섹션은 환자 해부 구조부에 결합된 제1 해부 고정구와 기준 고정구 사이에서 연장한다. 방법은 제1 형상 데이터로부터 제1 해부 고정구의 자세를 결정하고 제1 해부 고정구에 대한 자세 변경을 추적하는 단계를 더 포함한다.
- [0005] 다른 실시예에서, 시스템은 뼈 고정 장치, 형상 센서 기준 고정구, 및 형상 센서 기준 고정구와 뼈 고정 장치 사이에서 결합되는 광 섬유 형상 센서 장치를 포함한다. 광 섬유 형상 센서는 뼈 고정 장치의 자세를 결정하기 위해 제1 형상 데이터를 제공하도록 구성된다.
- [0006] 다른 실시예에서, 시스템은 뼈 고정 장치, 형상 센서 기준 고정구, 및 형상 센서 기준 고정구와 뼈 고정 장치 사이에서 결합되는 형상 센서 장치를 포함한다. 형상 센서는 뼈 고정 장치의 자세를 결정하기 위해 제1 형상 데이터를 제공하도록 구성된다. 형상 센서 장치는 복수의 광 섬유를 미리 정해진 공간적 관계로 유지하기 위해 세장형 리본 재료에 결합된 복수의 광 섬유를 포함한다.
- [0007] 다른 실시예에서, 시스템은 뼈 고정 장치, 형상 센서 기준 고정구, 및 근위 단부에서 형상 센서 기준 고정구에 결합되며 원위 단부에서 뼈 고정 장치에 착탈 가능하게 결합되는 광 섬유 형상 센서 장치를 포함한다. 광 섬유 형상 센서는 뼈 고정 장치의 자세를 결정하기 위해 제1 형상 데이터를 제공하도록 구성된다. 시스템은 뼈 고정 장치의 원위 단부를 광 섬유 형상 센서 장치에 착탈 가능하게 결합하는 커플링을 더 포함한다.
- [0008] 다른 실시예에서, 방법은 제1 형상 센서의 제1 세장형 광 섬유 섹션으로부터 제1 형상 데이터를 수신하는 단계를 포함한다. 제1 세장형 광 섬유 섹션은 의료 기기에 결합된 기기 고정구와 기준 고정구 사이에서 연장한다. 방법은 또한 제1 형상 데이터로부터 기기 고정구의 자세를 결정하고 기기 고정구에 대한 자세 변경을 추적하는 단계를 포함한다.
- [0009] 본 개시 내용의 추가 양태, 특징, 및 장점은 이후 상세한 설명으로부터 더욱 명확해질 것이다.
- [0010] 본 개시내용의 양태는 첨부된 도면과 함께 관독될 때 다음의 상세한 설명으로부터 가장 잘 이해된다. 업계의 표준 관례에 따르면, 다양한 특징부들이 축척에 맞게 도시되지 않았음이 강조된다. 사실, 다양한 특징부들의 치수는 설명을 명확하게 하기 위해 임의로 증가 또는 감소될 수 있다. 추가로, 본 개시내용은 다양한 예에서 참조 번호 및/또는 문자를 반복할 수 있다. 이러한 반복은 간단 및 명료함을 위한 것이며 그 자체가 설명되는 다양한 실시예들 및/또는 구성들 사이의 관계를 지시하는 것은 아니다.

### 도면의 간단한 설명

- [0011] 도 1은 본 개시내용의 실시예에 따르는 센서 시스템이다.
- 도 2는 도 1의 센서 시스템의 다중-코어 광 섬유 구성요소이다.
- 도 3은 도 2의 다중-코어 광 섬유 구성요소의 단면도이다.
- 도 4는 본 개시내용의 다른 실시예에 따르는 복수의 광 섬유 센서를 구비한 센서 시스템이다.



도 5는 도 4의 센서 시스템을 사용하는 방법을 도시한다.

도 6은 본 개시내용의 다른 실시예에 따르는 순차적으로 링크된 광 섬유 센서를 구비한 센서 시스템을 도시한다.

도 7은 본 개시내용에 따르는 복수의 광 섬유 센서를 구비한 센서 시스템이다.

도 8은 본 개시내용의 다른 실시예에 따르는 폐쇄 루프 센서 시스템이다.

도 9는 본 개시내용의 다른 실시예에 따르는 무균 드레이프에 통합된 센서 시스템이다.

도 10은 본 개시내용의 다른 실시예에 따르는 복수의 잉여의 광 섬유 센서를 구비한 센서 시스템이다.

도 11은 본 개시내용의 다른 실시예에 따르는 리본 구성 내의 복수의 잉여의 광 섬유 센서를 도시한다.

도 12는 본 개시내용의 다른 실시예에 따르는 리본 구성 내의 복수의 잉여의 광 섬유 센서를 도시한다.

도 13은 본 개시내용의 다른 실시예에 따르는 뼈 고정 하드웨어 내에 통합된 광 섬유 센서를 도시한다.

도 14는 본 개시내용의 다른 실시예에 따르는 뼈 고정 하드웨어용 커플링 부재에서 종결되는 광 섬유 센서를 도시한다.

도 15는 본 개시내용의 다른 실시예에 따르는 뼈 고정 하드웨어에의 커플링에 스트레인 릴리프를 갖는 광 섬유 센서를 도시한다.

도 16은 본 개시내용의 실시예에 따르는 로봇 중재적 시스템이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 본 발명의 양태의 다음의 상세한 설명에서, 개시되는 실시예의 완전한 이해를 제공하기 위해 많은 구체적인 세부 사항이 설명된다. 그러나, 본 개시내용의 실시예는 이러한 구체적인 세부 없이 실시될 수 있는 점이 본 기술 분야의 통상의 기술자에게 명백할 것이다. 다른 경우에, 공지된 방법, 절차, 구성요소, 및 회로는 본 발명의 실시예의 양태를 불필요하게 모호하게 하지 않도록 상세하게 설명되지 않았다. 그리고, 필요 없는 설명 반복을 피하기 위해, 하나의 예시적인 실시예에 따라서 설명되는 하나 이상의 구성요소 또는 작용은 다른 예시적인 실시예로부터 적용되는 바에 따라 사용되거나 생략될 수 있다.

[0013] 이하의 실시예는 3차원 공간에서의 이들의 상태의 관점에서 다양한 장치 및 장치의 일부를 설명할 것이다. 여기에 사용된 바와 같이, "위치"라는 용어는 3차원 공간(예를 들어, 직교 X, Y, Z 좌표를 따르는 3개의 병진 이동 자유도)에서의 대상 또는 대상의 일부분의 위치를 지칭한다. 여기에 사용된 바와 같이, "배향"이라는 용어는 대상 또는 대상의 일부분의 회전 배치(3개의 회전 자유도 - 예를 들어, 롤링, 피치, 및 요잉)를 지칭한다. 여기에 사용된 바와 같이, "자세"라는 용어는 적어도 하나의 병진 이동 자유도에서의 대상 또는 대상의 일부분의 위치 및 적어도 하나의 회전 자유도에서의 대상 또는 대상의 일부분의 배향을 지칭한다(6개까지의 총 자유도). 여기에 사용된 바와 같이, "형상"이라는 용어는 세장형 대상물을 따라 측정되는 자세, 위치, 또는 배향의 세트를 지칭한다. 설명을 위해, 본 개시내용에 개시된 시스템 및 방법은 일반적으로 정형외과 수술에 관하여 설명된다. 그러나, 동일한 시스템 및 방법이 환자 해부 구조부의 다른 영역에서 행해지는 시술에 적용될 수 있다.

[0014] 최소 침습적 외과 시술에서 사용하기 위한 전통적인 광 운행 시술은 전형적으로 해부 기준 고정구 및 공구 안내 기준 고정구에 대한 직접적인 시선을 갖는 대형 카메라 헤드를 필요로 한다. 여러 단점이 전통적인 운행 접근과 관련될 수 있다. 예를 들어, 전통적인 광 추적 시스템은 기준 고정구의 추적된 마커와 카메라 사이의 연속적인 시선을 필요로 한다. 시선의 차단은 작업 흐름 및 안전 문제로 이어질 수 있다. 관절경 수술에서, 예를 들어, 기기 및 관절경이 흐트러져 있는 작은 수술 영역은 광 추적 시선을 허용하지 않을 수 있다. 전통적인 광 추적 시스템은 또한 하나 이상의 뼈 스크류에 의해 환자에 고정되어야만 하는 기준 고정구를 채용한다. 이들 기준 고정구는 부피가 크고 수술 접근을 제한할 수 있다. 본 개시내용의 방법 및 시스템은 전통적인 광 추적 방법 및 시스템에 대한 대체에 또는 보완으로서 사용될 수 있다. 일반적으로, 본 개시내용의 방법 및 시스템은 중재적 시술 도중 해부 표적 및 기기를 국지화하고 추적하는 형상 센서 시스템의 사용을 포함한다.

[0015] 도 1을 참조하면, 예를 들어, 외과, 진단, 치료, 생검, 의료 모니터링, 또는 의료 평가에 사용하기 위한 센서 시스템이 전체적으로 참조 번호 10에 의해 표시된다. 센서 시스템(10)은 일반적으로 인터로케이션 시스템(12), 기준 고정구(14), 센서 장치(16, 18, 20, 30), 중재적 기기(22), 디지털화 프로브(23), 제어 시스템(24), 표적

고정구(26), 및 센서 처리 및 제어 시스템(27)을 포함한다. 다양한 실시예에서, 센서 시스템의 이들 구성요소 중 하나 이상은 생략될 수 있고 또는 동일한 유형의 다중 구성요소가 포함될 수 있다. 이후 상세히 설명되는 바와 같이, 센서 시스템(10)은 시스템의 형상 감지 및 자세 결정의 정확도를 증가시키는 잉여의 센서 구성요소를 포함할 수 있다. 잉여의 센서 구성요소는 또한 예를 들어, 단단한 굴곡, 높은 장력 또는 상당한 꼬임을 갖는 영역에서 센서 부정확도의 위치 및 공급원을 확인하고 이들 부정확도를 보정할 수 있다.

[0016] 인터로케이션 시스템(12)은 센서 장치(16, 18, 20, 30)의 현재 형상을 결정하기 위해 광을 생성하고 복귀 광을 검출한다. 인터로케이션 시스템(12)은 또한 의료인에게 표시를 위해 반송된 데이터를 처리할 수 있다. 이 정보는, 결국 센서 장치가 연결되는 기기 또는 표적의 자세, 속도, 및 가속도 등의 다른 관련 변수를 결정하는데 사용될 수 있다. 센서 장치(16, 18)는 근위 단부(16a, 18a)에서 각각 인터로케이션 시스템(12)에 결합될 수 있다. 이들 근위 단부는 함께 배열될 수 있고, 또는 공지되거나 측정 가능한 거리 및 배향에 의해 분리될 수 있다. 공지된 변형을 사용하여, 공통의 베이스 프레임이 사용될 수 있다. 센서 장치(16, 18)는 또한 각각 원위 단부(16b, 18b)를 갖는다. 센서 장치(20)는 근위 단부(20a)에서 인터로케이션 시스템(12)에 그리고 원위 단부(20b)에서 중재적 기기(22)에 결합된다. 센서 장치(20)는 중재적 기기 내에 또는 이를 따라서 전체가 연장하는 것으로 도시되지만, 다양한 대체 실시예에서, 센서 장치는 중재적 기기 내에 또는 이를 따라서 부분적으로만 연장할 수 있다. 중재적 기기(22)는 예를 들어 전원 및 통신 신호를 수신하는 제어 시스템(24)에 결합된다. 센서 장치(30)는 근위 단부(30a)에서 인터로케이션 시스템(12)에 결합되고, 원위 단부(30b)에서 디지털화 프로브(23)에 결합된다. 센서 장치(30)는 프로브(23) 내에 또는 이를 따라서 전체적으로 연장하는 것으로 도시되지만, 여러 대체예에서, 센서 장치는 프로브 내에 또는 이를 따라서 부분적으로만 연장할 수 있다. 디지털화 프로브(23)는 예를 들어, 전원, 통신 신호를 수신하는 작동식 제어 시스템(24)에 결합된다. 디지털화 프로브(23)는 운행 랜드마크를 식별 및 기록하는데 사용될 수 있다.

[0017] 센서 장치(16, 18, 20, 30) 각각은 근위 단부와 원위 단부 사이에서 그 길이를 따르는 중간 부분에서 기준 고정구(14)에 결합된다. 센서 장치(16, 18, 20, 30)의 결합부의 자세는 기준 고정구(14)에 의해 고정된 상태로 유지된다. 또한, 센서 장치(16, 18, 20, 30)의 결합부의 자세는 기준 고정구(14)에 의해 서로에 대해 공지된 운동학적 관계로 유지된다. 예를 들어, 센서와 고정구 사이의 관계는 센서 장치가 기준 고정구에 대해 임의의 자유도로 움직일 수 없는 것과 같이 고정될 수 있다. 대안적으로, 센서와 고정구 사이의 관계는 공지된 범위 내에서 센서가 기준 고정구에 대해 이동 가능한 것과 같이 이동 가능하지만 공지될 수 있다. 예를 들어, 기준 고정구는 공지된 회전 각도를 갖는 회전 조인트를 가질 수 있으나, 서로에 대한 그리고 기준 고정구에 대한 센서의 상대 위치는 여전히 공지된다. 기준 고정구(14)는, 예를 들어, 강성 금속, 폴리머, 또는 세라믹 재료로 형성될 수 있고 센서 장치의 일부분을 수용하고 고정구에 대해 그리고 다른 결합된 센서 장치에 대해 고정된 관계에서 이를 유지하는 홈, 튜브, 클램프, 및/또는 다른 기계적 커넥터를 포함할 수 있다. 일 예에서, 기준 고정구는 센서 장치가 접촉되거나 부착될 수 있는 몇몇 기계 가공된, 긴밀-끼움 평행 홈을 갖는 알루미늄 판으로 형성될 수 있다. 결합된 센서 장치들 사이의 위치 및 배향 오프셋은 이에 따라서 센서 장치가 기준 고정구(14)에 결합되는 위치에서 알게 된다. 여러 대체예에서, 기준 고정구(14)는 환자에 인접하여 위치되고 이미지 내에 기준 기점을 제공하기 위해 환자와 함께 촬영될 수 있다.

[0018] 사용시, 표적 고정구(26)는 환자 해부 구조부에 고정된다. 표적 고정구(26)는 하나 이상의 센서 장치(16, 18)의 일부분을 표적 고정구에 고정하고 센서 장치의 고정된 부분을 미리 정해진 형상이나 자세로 유지하는 커넥터(28)를 포함한다. 센서 장치는 표적 고정구 내에 접촉되거나, 기계적으로 유지되거나, 부착될 수 있다. 일 예에서, 표적 고정구는 센서 장치의 부분이 고정된 운동학적 관계로 유지되는 복수의 긴밀-끼움 홈을 구비한 작은 알루미늄 판일 수 있다. 뼈 고정 장치를 구비한 표적 고정구에 대한 추가 구성이 이후 실시예에서 설명된다.

[0019] 센서 장치(16, 18, 20, 30)는 하나 이상의 광 코어를 갖는 하나의 광 섬유를 각각 포함할 수 있다. 대안적으로, 각각의 센서 장치는 각각이 하나 이상의 광 코어를 갖는, 다중 광 섬유를 포함할 수 있다. 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 하나의 광 섬유(50)는 클래딩(66) 내에 다중 광 코어(52, 54, 56, 58, 60, 62, 64)를 가질 수 있다. 일 실시예에서, 다중-코어 광 섬유는 대략 200 $\mu$ m의 직경을 갖는다. 다른 실시예에서, 치수는 더 크거나 더 작을 수 있다. 대체 실시예에서, 센서 장치는 7개 초과 또는 미만의 코어를 가질 수 있다.

[0020] 하나의 코어 또는 다중-코어 광 섬유 내의 각각의 코어는 각각의 코어 내의 광이 다른 코어 내에서 운반되는 광과 상당히 상호 작용하지 않도록 코어들을 분리하는 충분한 거리 및 클래딩을 구비한 단일 모드일 수 있다. 각각의 코어는 하나 이상의 차원에서 스트레인 측정을 제공하는 섬유 브래그 격자(Fiber Bragg Grating(FBG))를 포함할 수 있다. 3차원으로 광 섬유의 형상 및 상대 위치를 모니터링하는 다양한 시스템 및 방법은 "광 섬유 위치 및 형상 감지 장치 및 이에 관한 방법"을 개시하는, 2005년 7월 13일 출원된 미국 특허 출원 번호 제

11/180,389호, "광 섬유 형상 및 상대 위치 감지"를 개시하는, 2004년 7월 16일 출원된 미국 가특허 출원 번호 제60/588,336호, 및 "광 섬유 굴곡 센서"를 개시하는, 1998년 6월 17일 출원된 미국 특허 번호 제6,389,187호에 개시되며, 이들은 그 전체 내용이 본 명세서에 참조로 통합된다. 다른 대체예에서, 레일리(Rayleigh) 산란, 라만(Raman) 산란, 브릴루앙(Brillouin) 산란, 및 형광(Fluorescence) 산란과 같은 다른 스트레인 감지 기술을 채용하는 센서가 적합할 수 있다.

[0021] 몇몇 실시예에서, FBG의 어레이가 각각의 코어 내에 제공된다. 각각의 FBG는 굴절 지수의 공간적 주기성을 발생시키기 위해 코어의 굴절 지수의 일련의 변조를 포함한다. 간격은 각각의 지수 변화로부터의 부분적인 반사가 좁은 대역의 파장에 간섭성으로 추가되고, 따라서 훨씬 더 넓은 대역을 통과하면서 이러한 좁은 대역의 파장만을 반사시키도록 선택될 수 있다. FBG의 제조 중에, 변조는 공지된 거리만큼 이격되고, 이에 의해 공지된 대역의 파장의 반사를 일으킨다. 그러나, 스트레인이 섬유 코어 상에서 유도될 때, 변조의 간격은 코어 내의 스트레인의 양에 의존하여, 변화할 것이다. 대안적으로, 후방 산란 또는 광 섬유의 굽힘에 의해 변하는 다른 광학 현상이 각각의 코어 내의 스트레인을 결정하는데 사용될 수 있다.

[0022] 따라서, 스트레인을 측정하기 위해, 광이 섬유 코어 아래로 보내지고, 복귀 광의 특징이 측정된다. 본 실시예에서, 인테로게이터(12)는 각각의 코어에 대한 반송광을 발생시키고 수신한다. 대체 실시예에서, 하나 초과인 인테로게이터가 사용될 수 있다. FBG는 섬유 상의 스트레인 및 그의 온도의 함수인 반사 파장을 생성한다. 이러한 FBG 기술은 영국 블랙넬 소재의 스마트 파이버스 엘티디.(Smart Fibres Ltd.)와 같은 다양한 공급처로부터 상업적으로 구입 가능하다. 로봇 수술을 위한 위치 센서의 FBG 기술의 사용은 "섬유 브래그 격자를 사용한 위치 센서를 포함하는 로봇 수술 시스템"을 개시하는, 2006년 7월 20일 출원된 미국 특허 번호 제7,930,065호에 개시되고, 그 전체 내용이 본 명세서에 참조로 통합된다.

[0023] 다중 코어 섬유에 적용될 때, 광 섬유의 굽힘은 각각의 코어 내의 파장 변이를 모니터링함으로써 측정될 수 있는 코어 상의 스트레인을 유도한다. 섬유 내에서 축 이탈되어 배치된 2개 이상의 코어를 가짐으로써, 섬유의 굽힘은 각각의 코어 상에서 상이한 스트레인을 유도한다. 이러한 스트레인은 섬유의 굽힘의 국소적인 정도의 함수이다. 예를 들어, FBG를 포함하는 코어의 영역은, 섬유가 굴곡되는 지점에 위치되는 경우, 그러한 지점에서의 굽힘의 양을 결정하기 위해 사용될 수 있다. 이러한 데이터는 FBG 영역들의 공지된 간격과 조합하여, 섬유의 형상을 재구성하기 위해 사용될 수 있다. 센서 장치의 형상으로부터, 원위 단부(16b, 18b, 20b, 30b)의 위치 및 배향 또는 센서 장치의 다른 축방향 부분이 결정될 수 있다.

[0024] 도 1을 다시 참조하면, 센서 처리 및 제어 시스템(27)은 인테로게이션 시스템(12)으로부터 수신된 정보를 처리하기 위해, 적어도 하나의 프로세서(미도시), 전형적으로 복수의 프로세서를 포함한다. 시스템(27)은 여기에 개시된 방법 중 몇몇 또는 전부를 실행하는 프로그래밍된 명령어를 포함한다. 시스템(27)은 도1의 단순한 개략도에서 단일 블록으로 도시되지만, 시스템은 상이한 위치에서 선택적으로 실행되는 처리의 일부분을 구비한 다수의 데이터 처리 회로를 포함할 수 있다. 매우 다양한 집중식 또는 분산식 데이터 처리 아키텍처들 중 임의의 하나가 채용될 수 있다. 유사하게, 프로그래밍된 명령어는 다수의 분리된 프로그램 또는 서브루틴으로서 구현될 수 있거나, 본 개시 내용에서 설명되는 로봇 시스템의 다수의 다른 양태로 통합될 수 있다.

[0025] 도 4는 본 개시내용의 실시예에 따르는 센서 시스템(10)의 구성(500)을 도시한다. 본 실시예에서, 3개의 센서 장치가 공통 기준 고정구에 부착되고 상이한 공구 또는 해부 위치까지 연장한다. 설명되는 바와 같이, 센서 장치의 측정된 형상은 각각의 센서 장치의 원위 단부의 위치 및 배향을 결정하는데 사용된다. 그리고 각각의 센서 장치의 원위 단부 사이의 상대 위치가 결정되어 추적될 수 있다. 설명을 위해, 본 개시내용에 개시된 시스템 및 방법은 일반적으로 환자 다리 상의 정형외과 수술에 관해 설명된다. 그러나, 동일한 시스템 및 방법이 환자 해부 구조부의 다른 영역에 수행되는 수술에 적용될 수 있다. 이 구성에서, 센서 장치(16, 18, 20)의 근위 단부(16a, 18a, 20a)는 각각 인테로게이션 시스템(12)에 연결된다. 센서 장치(16, 18, 20)는 기준 고정구(14)에 의해 고정된 또는 공지된 운동학적 자세로 보유 된다. 기준 고정구에서의 센서 장치(16, 18, 20) 사이의 위치 및 배향 오프셋이 측정될 수 있다. 센서 장치(16)의 원위 단부(16b)는 환자 대퇴골(40) 상의 위치에서 표적 고정구(32a)에 고정된다. 센서 장치(18)의 원위 단부(18b)는 환자 경골(42) 상의 위치에서 표적 고정구(32b)에 고정된다. 센서 장치(20)의 원위 단부(20b)는 표적 고정구(32c)에 의해 기기(22)의 핸드피스에 결합된다. 기기(22)는 예를 들어 버어, 드릴, 톱, 셰이퍼, 또는 다른 뼈 마모 기기 등의 뼈 준비 공구일 수 있다. 다른 다양한 실시예에서, 기기(22)는 예를 들어, 조직 절단 기기; 조직 절제 기기(예를 들어, 레이저, 무선-주파수(RF), 마이크로파, 플라즈마, 또는 초음파 에너지를 사용함); 조직 접근(approximation) 기기, 조직 생검 또는 샘플링 기기, 조직 임피던스 측정 기기, 조직 촬영 기기, 또는 치료 기기일 수 있다. 표적 고정구(32a,

32b, 32c)는 센서 장치(16, 18, 20)의 원위 단부를 각각 표적 고정구에 대해 고정된 운동학적 자세로 보유한다.

[0026]

도 5는 움직이는 해부 표적 및 기기 표적의 상대 위치를 추적하는 구성(500)의 시스템(10)을 사용하는 방법(550)을 도시한다. 552에서, 구성(500)의 시스템(10)이 제공된다. 554에서, 기준 고정구(14)에서의 센서 장치(16)의 공지된 또는 고정된 자세가 획득된다. 556에서, 센서 장치(16)는 기준 고정구(14)와 표적 고정구(32a) 사이의 센서 장치의 형상을 결정하도록 탐문(interrogate)된다. 더 구체적으로, 섬유 내의 굴곡부를 규정하는 국지적 굴곡부 측정치를 결정하기 위해 FBG 스트레인 측정법이 사용된다. 섬유를 따르는 형상을 결정하기 위해 일련의 국지적 굴곡부 측정치가 탐문된다. 558에서, 표적 고정구(32a)에서의 (베이스 프레임(14)에 대한) 센서 장치(16)의 자세가 센서 장치(16)의 결정된 형상을 사용하여 획득된다. 예를 들어, 센서 장치가 기준 고정구(14)에 의해 고정된 자세로 보유된 상태에서, 센서 장치의 복합 형상은 표적 고정구(32a)에서의 센서 장치의 자세를 결정하기 위해 기준 고정구에서의 고정된 자세에 축적되어 적용될 수 있다. 더 상세하게는, 형상 감지는 센서 장치의 개별 세그먼트에서의 형상의 추정치를 입증한다. 모든 개별 형상 추정치로 인한 변환은 마지막 지점 자세를 획득하도록 통합된다.

[0027]

$${}^{base}T_{tip} = {}^{base}T_1 \cdot \prod_{i=1}^n {}^iT_{i+1} \cdot {}^nT_{tip}$$

[0028]

여기서,  ${}^{base}T_{tip}$  은 형상 센서의 베이스(예를 들어, 기준 고정구(14)에 고정된 좌표 프레임)과 원위 팁 사이의 균일한 변환이다.  ${}^iT_{i+1}$  은 길이 세그먼트에서 센서에 의해 추정되는 국지적 형상 변환이다. 변환 매트릭스( ${}^iT_{i+1}$ ) 계산에 관한 추가 정보는, 본 개시내용에 참조로 통합되고 "광 섬유 형상 센서"를 개시하는 2008년 6월 30일 출원된 US 특허 제7,720,322호에서 확인된다. 인터로케이션 시스템(12)에서 센서 장치(16)의 근위 단부(16a)와 기준 고정구(14) 사이의 공지된 오프셋을 보정하기 위해 교정 처리가 추가로 수행될 수 있다.

[0029]

따라서, 표적 고정구에서의 센서 장치(16)의 자세는 기준 고정구(14)의 기준 프레임에서 결정될 수 있다. 유사한 기술을 사용하여, 표적 고정구(32b)에서의 센서 장치(18)의 자세 및 표적 고정구(32c)에서의 센서 장치(20)의 자세가 기준 고정구(14)에 대해 결정된다.

[0030]

560에서, 표적 고정구(32a, 32b, 및 32c)의 상대 위치는 표적 고정구가 기준 고정구에 대해 이동될 때 추적된다. 예를 들어, 환자를 치료하는 시술 도중, 다리는 가동 캐리어(44)에 장착될 수 있다. 캐리어(44)가 여러 개별 또는 비-개별 위치 사이에서 이동될 때, 대퇴골(40) 및 경골(42)이 이동된다. 뼈들이 이동할 때, 부착된 표적 고정구 및 센서 장치 또한 이동하고 표적 고정구의 위치는 센서 장치(16, 18)에 의해 추적된다. 기기(22)가 환자 다리를 치료하기 위해 이동될 때, 표적 고정구(32c)가 이동되고 센서 장치(20)에 의해 추적된다. 따라서, 대퇴골 및 경골 상에서 표적 고정구에 대한 기기의 상대 위치가 추적될 수 있다.

[0031]

도 6은 본 개시내용의 실시예에 따르는 센서 시스템(600)을 도시한다. 본 실시예에서, 순차적으로 링크된 형상 센서 장치는 독립적으로 이동 가능한 복수의 형상 센서 장치에 의해 발생되는 수술 영역에 대한 임의의 두절을 감소시킬 수 있다. 센서 시스템(600)의 구성에서, 센서 장치(602)는 세그먼트(604, 606, 608)를 포함한다. 세그먼트(604)는 환자의 대퇴골에 고정된 표적 고정구(32a)와 기준 고정구(14) 사이에서 연장하는 적어도 하나의 광 섬유를 포함한다. 세그먼트(606)는 표적 고정구(32a)와 환자의 경골에 고정된 표적 고정구(32b) 사이에서 연장하는 적어도 하나의 분리된 광 섬유를 포함한다. 세그먼트(608)는 수술 기기(22)의 핸드피스에 부착된 표적 고정구(32c)와 표적 고정구(32b) 사이에서 연장하는 적어도 하나의 분리된 광 섬유를 포함한다. 세그먼트(604) 내의 섬유의 원위 단부지점은 세그먼트(606) 내의 섬유의 근위 단부지점과 함께 배열될 수 있다. 대안적으로, 세그먼트(604) 내의 섬유의 원위 단부지점은 공지된 거리 및 배향에 의해 세그먼트(606)의 섬유의 근위 단부지점으로부터 분리될 수 있다. 예를 들어, 단부지점 사이에 고정된 공지된 기계적 기하 형상이 존재할 수 있고 또는 단부지점의 위치는 서로에 대해 또는 기준 프레임에 대해 상대적으로 추적 또는 측정될 수 있다. 단부지점들 사이의 공지된 관계에 의해, 단부지점들 사이의 변환이 연결될 수 있다.

[0032]

일 실시예에서, 소형의 인터로게이터가 표적 고정구(32a 및 32b)에 결합될 수 있다. 주 인터로게이터(12)는 표적 고정구(32a)의 자세를 결정하기 위해 형상 센서(604)를 탐문할 수 있다. 표적 고정구(32a)에서의 소형의 인터로게이터는 표적 고정구(32a)에 대한 표적 고정구(32b)의 자세 및 센서(606)의 형상을 결정하기 위해 형상 센서(606)를 탐문할 수 있다. 표적 고정구(32b)의 자세 및 세그먼트(606)의 형상에 관한 데이터는 예를 들어 전기 신호로서 전용 통신 섬유 또는 다중-코어 섬유의 선택된 코어 또는 다중-코어 섬유의 선택된 코어 상에서 세그먼트(604)를 통해, 또는 무선으로 제어 시스템(27)까지 전송될 수 있다. 세그먼트(604 및 606)에 관한 형상 정보는 기준 고정구(14)에 관해 표적 고정구(32b)에 대한 자세를 결정하도록 결합될 수 있다. 표적 고정구



(32b)에서의 소형의 인터로게이터는 표적 고정구(32b)에 관해 표적 고정구(32c)의 자세 및 센서(608)의 형상을 결정하기 위해 형상 센서(608)를 탐문할 수 있다. 표적 고정구(32c)의 자세 및 세그먼트(608)의 형상에 관한 데이터는 예를 들어 전기 신호로서 전용 통신 섬유 또는 다중-코어 섬유의 선택된 코어 상에서 세그먼트(604, 606)를 통해 또는 무선으로 제어 시스템(27)까지 이송될 수 있다. 세그먼트(604, 606, 608)에 관한 형상 정보는 기준 고정구(14)에 관해 표적 고정구(32c)에 대한 자세를 결정하도록 조합될 수 있다. 고정구(32c)의 자세는 고정구(32c), 고정구(32b), 고정구(32a), 및 기준 고정구(14) 사이의 변환을 계산함으로써 결정된다. 예를 들어, 고정구(32b)의 기준 프레임에서 고정구(32c)의 자세 및 센서(608)의 형상을 결정한 이후, 고정구(32c)의 자세는 (센서(606)의 형상에 기초하여) 고정구(32a)의 기준 프레임으로 변환된다. 이후, 고정구(32a)로부터 기준에서의 고정구(32c)의 자세는 (센서(604)의 형상에 기초하여) 기준 고정구(14)의 기준 프레임으로 변환된다.

[0033] 대안적으로, 표적 고정구(32a, 32b)에서 소형의 인터로게이터 각각에는 형상 데이터를 제어 시스템(27)에 무선으로 전송하는 무선 통신 장치가 구비될 수 있다. 또 다른 대체예에서, 소형의 인터로게이터는 생략될 수 있고 형상 센서 장치(602)의 세그먼트는 연결부를 가로지르는 인터로게이션을 허용하는 광 커플러에 의해 결합될 수 있다. 외과 시술 도중 환자 다리가 움직일 때, 센서 시스템(600)은 표적 고정구(32a, 32b, 32c)의 상대 위치를 추적한다. 센서 시스템(600)의 구성은 감쇠 손실을 감소시킬 수 있는데, 긴 각각의 형상 센서(실질적으로 이들의 전체 길이를 따르는 격자를 구비함)가 기준 고정구와 각각의 표적 고정구 사이에서 연장하는 실시예에 비해, 시스템 내에 전체적으로 더 적은 FBG가 존재하기 때문이다.

[0034] 다양한 대체 실시예에서, 광 섬유의 임의의 세그먼트는 또한 비-형상 관련 데이터를 이송할 수 있다. 예를 들어, 광 섬유는 또한 상태(예를 들어, 전원 온, 전원 오프, 아이들); 기기 또는 표적 식별 정보; 및 (예를 들어, 기기, 센서 장치, 및/또는 표적 고정구에 대한) 사용 카운트에 관한 정보를 전송하는 신호를 이송할 수 있다. 비-형상 관련 데이터는 예를 들어 다중-코어 광 섬유의 전용 코어에 걸쳐 전송될 수 있고 또는 공통 코어를 통한 전송을 위해 형상 관련 데이터와 함께 다중 송신될 수 있다. 또한, 광 섬유는 외력을 받은 광 섬유의 세그먼트로부터의 스트레인 정보를 전송할 수 있다. 예를 들어, 기기 핸드피스 상의 굴곡 요소로부터의 스트레인 정보는 광 섬유를 통해 전송되어 굴곡 요소에 인가된 선형 힘 또는 토크를 추정하는데 사용될 수 있다. 사용자에게 의해 기기에 인가되거나 기기에 의해 환자 조직에 인가되는 힘 또는 토크를 측정하는 광 스트레인 감지의 사용에 관한 추가 정보는 "수술 기기용 힘 및 토크 감지"를 개시하는 2006년 9월 29일 출원된 미국 특허 출원 번호 제11/537,241호 및 "수술 기기용 힘 감지"를 개시하는 2007년 9월 29일 출원된 미국 특허 제8,375,808호에서 확인되며, 이들 모두 그 전체 내용이 본 개시내용에 참조로 통합된다.

[0035] 여러 대체 실시예에서, 센서 장치 및 표적 고정구는 단일 사용 이후 폐기될 수 있다. 추가 대체 실시예에서, 센서 장치의 광 섬유는 버어, 드릴, 톱, 또는 다른 전동식 또는 네트워크식 기기와 같이 기기를 위한 현존 전원 또는 통신 케이블에 통합될 수 있다.

[0036] 도 7은 본 개시내용의 실시예에 따르는 센서 시스템(650)을 도시한다. 센서 시스템(650)의 구성에서, 링크형 센서 장치(652)는 엇갈리게 배치된 세그먼트(654, 656, 658)를 포함한다. 세그먼트(654)는 기준 고정구(14), 표적 고정구(32a), 표적 고정구(32b), 및 표적 고정구(32c) 사이에서 연장하는 적어도 하나의 광 섬유를 포함한다. 격자는 표적 고정구(32b 및 32c)들 사이에서 오직 세그먼트(654)의 부분을 따라서 연장할 수 있다. 세그먼트(654)가 인터로게이터(12)에 의해 탐문될 때, 고정구(32b 및 32c) 사이의 세그먼트(654)의 부분에 관한 형상 정보만이 복귀된다. FBG의 이 제한된 사용은 격자가 세그먼트(654)의 전체 길이를 따라서 연장하는 경우 예측될 수 있는 것에 비해 감쇠 손실을 감소시킬 수 있다. 비-격자 섬유는 상대적으로 낮은 신호 손실을 경험한다. 세그먼트(656)는 기준 고정구(14), 표적 고정구(32a), 및 표적 고정구(32b) 사이에서 연장하는 적어도 하나의 광 섬유를 포함한다. 격자는 표적 고정구(32a 및 32b) 사이에서 오직 세그먼트(656)의 부분을 따라서 연장할 수 있다. 세그먼트(656)가 인터로게이터(12)에 의해 탐문될 때, 고정구(32a 및 32b) 사이의 세그먼트(656)의 부분에 관한 형상 정보만이 복귀된다. 세그먼트(658)는 기준 고정구(14)와 표적 고정구(32a) 사이에서 연장하는 적어도 하나의 광 섬유를 포함한다. 격자는 기준 고정구(14)와 표적 고정구(32a) 사이에서 세그먼트(658)의 길이를 따라서 연장할 수 있다. 세그먼트(658)가 인터로게이터(12)에 의해 탐문될 때, 기준 고정구(14)와 표적 고정구(32a) 사이의 세그먼트(658)의 부분에 관한 형상 정보만이 복귀된다. 세그먼트(658 및 656)로부터의 형상 정보는 표적 고정구(32c)의 자세를 결정하기 위해 세그먼트(654)로부터의 형상 정보와 조합된다. 세그먼트(658 및 656)로부터의 형상 정보는 표적 고정구(32b)의 자세를 결정하기 위해 조합된다. 세그먼트(658)로부터의 형상 정보는 표적 고정구(32a)에 대한 자세 정보를 제공한다. 환자 다리가 외과 시술 도중 움직일 때, 센서 시스템(650)은 표적 고정구(32a, 32b, 32c)의 상대 위치를 추적한다.

[0037] 도 8은 본 개시내용의 실시예에 따르는 센서 시스템(700)을 도시한다. 이 폐쇄식-체인 실시예에서, 측정 에러

를 감소하기 위해 잉여의 센서 장치가 링크형 형상 센서 장치(702)와 함께 사용된다. 센서 시스템(700)의 구성에서, 센서 장치(702)는 세그먼트(704, 706, 708)를 포함한다. 세그먼트(704, 706, 708)의 형상 및 표적 고정구(32a, 32b, 32c)의 자세는 시스템(600 및 650)에 대해 상술된 바와 같이 결정될 수 있다. 이 실시예에서, 센서 장치(710)가 기준 고정구(14)와 표적 고정구(32a) 사이에서 연장한다. 센서 장치(712)가 기준 고정구(14)와 표적 고정구(32c) 사이에서 연장한다. 상술된 기술을 사용하여, 센서 장치(710)는 표적 고정구(32a)의 자세 및 센서 형상을 결정하기 위해 탐문된다. 잉여의 센서 장치(710)에 의해 결정되는 표적 고정구(32a)의 결정된 자세는 센서 세그먼트(704)에 의해 결정되는 표적 고정구(32a)의 자세와 평균화 또는 조합될 수 있다. 따라서, 잉여의 센서 장치(710)는 표적 고정구(32a)의 결정된 자세의 정확도를 개선하는데 사용될 수 있다. 센서 장치(712)는 표적 고정구(32c)의 자세 및 센서 형상을 결정하도록 탐문될 수 있다. 잉여의 센서 장치(712)에 의해 결정되는 표적 고정구(32c)의 결정된 자세는 센서 세그먼트(704, 706, 708)의 축적에 의해 결정되는 표적 고정구(32a)의 자세와 평균화 또는 조합될 수 있다. 따라서, 잉여의 센서 장치(712)는 표적 고정구(32c)의 결정된 자세의 정확도를 개선하거나 섬유 내의 오류 또는 파손을 검출하는데 사용될 수 있다. 또한 폐쇄형 체인이 기준 고정구(14)에 대한 재차 변환을 측정해야 하기 때문에, 잉여의 센서 장치는 시스템 조작성에 대한 점검을 제공할 수 있다.

[0038] 상술된 센서 시스템 중 임의의 시스템은 수술 영역으로 연장하는 독립적인 센서 장치와 관련된 임의의 간섭을 줄이기 위해 무균 드레이프 내에 통합될 수 있다. 도 9는 무균 수술 드레이프(720)에 통합된 센서 시스템(600)을 도시한다. 본 실시예에서, 센서 세그먼트(604, 606)는, 센서 세그먼트가 드레이프와 함께 움직이도록 센서 세그먼트의 길이를 따라서 수술 드레이프(720)에 테더링되거나, 매립되거나 부착된다. 기기까지 연장하는 세그먼트(608)는 수술 드레이프(720)에 부분적으로 부착되거나 드레이프와 무관하게 이동할 수 있다. 드레이프(720)는 표적 고정구(32a, 32b)의 영역에서 접촉제를 사용하여 다리에 부착될 수 있다. 대안적으로, 드레이프(720)는 표적 고정구(32a, 32b)에 직접 연결됨으로서 제 위치에서 보유될 수 있다.

[0039] 도 10은 본 개시내용의 실시예에 따르는 센서 시스템(750)을 도시한다. 이 실시예에서, 3개의 잉여의 센서 장치(752, 754, 756)가 공통 기준 고정구(14)에 부착되고 상이한 공구 또는 해부 위치까지 연장한다. 각각의 센서 장치는 복수의 (이 실시예에서, 3개) 광 섬유 형상 센서를 포함한다. 광 섬유 형상 센서는 하나 또는 다중-코어일 수 있다. 센서 장치(752)는 기준 고정구(14)와 표적 고정구(32a) 사이에서 연장한다. 센서 장치(752)의 형상 센서 각각은 표적 고정구(32a)에 대해 추정된 자세 및 형상 센서를 결정하도록 탐문될 수 있다. 표적 고정구(32a)에 대해 결정된 형상 및/또는 추정된 자세는 표적 고정구(32a)에 대한 자세 및 센서 장치(752) 형상의 정밀한 추정치를 결정하기 위해 평균화 또는 조합될 수 있다. 센서 장치(754)는 기준 고정구(14)와 표적 고정구(32b) 사이에서 연장하고, 유사한 방법이 표적 고정구(32b)의 정밀한 자세를 결정하는데 사용된다. 센서 장치(756)는 기준 고정구(14)와 표적 고정구(32c) 사이에서 연장하고, 유사한 방법이 표적 고정구(32c)의 정밀한 자세를 결정하는데 사용된다. 이 실시예의 센서 장치를 포함하는 광 섬유 형상 센서는 광 섬유들 사이에서 공지된 공간적 관계를 갖는 리본 구성으로 조립될 수 있다. 일반적으로, 리본 구성에서 센서 장치들 사이의 큰 이격은 개선된 롤 측정치 및 이에 따른 자세 측정치에 기여한다.

[0040] 도 11은 하나 또는 다중-코어 섬유일 수 있는 3개의 광 섬유(762, 764, 766)를 포함하는 리본 구성(760)의 일 실시예를 도시한다. 광 섬유(762, 764, 766)는 폴리머, 금속, 천연 섬유, 또는 추가의 광 섬유를 포함하는 다른 가요성 재료로 형성될 수 있는 리본 지지 재료(768)에 부착된다. 이 실시예에서, 리본 재료는 세장형이고 일반적으로 편평할 수 있다. 광 섬유(762, 764, 766)는 일정한 선형 간격(S1)이 섬유들 사이에 유지되는 상태로 리본 재료(768)에 고정된다. 다양한 실시예에서, 간격은 이웃하는 섬유의 상이한 쌍들 사이에서 변할 수 있으나, 리본은 이웃하는 섬유들 사이에서 선택된 간격을 유지한다. 광 섬유(762, 764, 766)는 리본에 매립될 수 있거나, 접촉제, 기계적 커플링, 또는 다른 공지된 연결 시스템에 의해 리본 재료(768)에 부착될 수 있다. 도 12는 튜브 형태로 배열된 리본 재료(778)에 부착된 3개의 광 섬유(772, 774, 776)를 포함하는 리본 구성(770)의 다른 실시예를 도시한다. 이 실시예에서, 광 섬유는 일정한 방사상 간격(S2)이 섬유들 사이에서 유지되는 상태로 리본 재료의 내부 표면에 고정된다. 대체 실시예에서, 광 섬유는 섬유들 사이에 일정한 간격을 갖는 리본 재료의 외부 표면에 고정될 수 있다.

[0041] 도 13은 뼈 고정 하드웨어(782) 내에 통합된 광 섬유 센서 장치(780)를 도시한다. 센서 장치(780)는 상술된 임의의 센서 장치와 실질적으로 유사할 수 있다. 이 실시예에서, 뼈 고정 하드웨어는 뼈 스크류이지만, 여러 대체 실시예에서, 뼈 고정 하드웨어는 뼈 클램프, 뼈 플레이트, 네일, 핀, 스테이플 또는 뼈에 대한 결합을 위한 다른 기계적 연결부일 수 있다. 뼈 고정 하드웨어(782)는 임의의 이전의 실시예에서 표적 고정구로서 사용될 수 있다. 이 실시예에서, 센서 장치(780)는 뼈 고정 하드웨어가 제거될 때 센서 장치만이 환자 해부 구조부로

부터 제거될 수 있도록 뼈 고정 하드웨어에 영구적으로 결합된다.

[0042] 도 14는 커플링 기구(792)에 부착되는 광 섬유 센서 장치(790)를 도시한다. 뼈 고정 하드웨어(794)는 커플링 기구(792)에 착탈 가능하게 연결되는 커플링 기구(796)에 끼워진다. 서로 연결될 때, 커플링 기구(792, 796)는 뼈 고정 하드웨어(794)에 대해 고정된 자세로 센서 장치(790)의 원위 단부(791)를 유지한다. 커플링 기구(792, 796)는 클립, 클램프, 트위스트 로크(twist lock), 나사형 연결부, 자성 연결부, 또는 스냅-핏 연결부를 포함하는 임의의 공지된 커플링 시스템을 사용하여 서로 연결될 수 있다. 커플링 기구(792, 796)는 뼈 고정 하드웨어가 센서 장치(790)로부터 연결 해제되도록 착탈 가능할 수 있다. 이 실시예의 커플링 기구를 사용하여, 표적 고정구 및 센서 장치가 신속하게 연결 및 연결 해제될 수 있다.

[0043] 도 15는 스트레인 릴리프 장치(804)를 사용하여 뼈 고정 하드웨어(802)에 결합되는 광 섬유 센서 장치(800)를 도시한다. 스트레인 릴리프 장치(804)는 뼈 고정 하드웨어(802)에 대한 연결부에서 센서 장치(800)의 긴밀한 섬유 굴곡 또는 다른 높은 스트레인 구성을 방지한다. 스트레인 릴리프 장치(804)는 천공부, 코일, 루프, 또는 다른 공지된 가요성 상호연결 장치를 구비하거나 구비하지 않는 가요성 플라스틱 또는 고무 재킷일 수 있다.

[0044] 컴퓨터 보조 시스템을 포함한, 설명된 센서 시스템 구성 중 임의의 구성은 의료 중재적 기술을 보조하도록 사용될 수 있다. 컴퓨터 보조 시스템은 로봇 중재적 시스템 등의 원격 작동 중재적 시스템을 포함할 수 있다. 도면 중 도 16을 참조하면, 예를 들어, 외과, 진단, 치료, 또는 생검 기술에서 사용하기 위한 원격 작동식 중재적 시스템이 참조 번호 400에 의해 전체적으로 표시되어 있다. 도 1에 도시된 바와 같이, 원격 작동식 중재적 시스템(400)은 일반적으로 환자(P)가 그 위에 위치되는 작동 테이블(O)에 장착되거나 그 근처의 로봇 조립체(402)를 포함한다. 중재적 기기 시스템(404)은 로봇 조립체(402)에 작동식으로 결합된다. 조작자 입력 시스템(406)은 의사(S)가 수술 부위를 관측하고 중재적 기기 시스템(404)의 작동을 제어하도록 한다.

[0045] 조작자 입력 시스템(406)은 보통 수술 테이블(O)과 동일한 공간에 위치되는 의사의 콘솔에 위치될 수 있다. 그러나, 의사(S)는 다양한 방 또는 환자(P)와 완전히 상이한 건물에 위치될 수 있는 점이 이해되어야 한다. 조작자 입력 시스템(406)은 일반적으로 중재적 기기 시스템(404)을 제어하기 위해 하나 이상의 제어 장치(들)를 포함한다. 제어 장치(들)는 손잡이, 조이스틱, 트랙볼, 데이터 글러브, 트리거-건, 수동 제어기, 음성 인식 장치, 터치 스크린, 신체 움직임 또는 존재 센서 등과 같은, 임의의 개수의 다양한 입력 장치를 포함할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 제어 장치(들)에는 원격 현장감 또는 의사가 기기를 직접 제어하는 강한 느낌을 갖도록 제어 장치(들)이 기기와 일체라는 지각을 의사에게 제공하기 위해 로봇 조립체의 중재적 기기와 동일한 자유도가 제공될 수 있다. 다른 실시예에서, 제어 장치(들)는 관련된 중재적 기기보다 더 많거나 더 적은 자유도를 가지며, 여전히 원격 현장감을 의사에게 제공할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 제어 장치(들)는 6 자유도로 이동하고 또한 기기를 작동시키는(예를 들어, 파지 조어를 폐쇄하고, 전기 전위를 전극에 인가하고, 의학적 치료, 등을 전달하는) 작동 가능 핸들을 포함할 수 있는 수동 입력 장치이다.

[0046] 로봇 조립체(402)는 중재적 기기 시스템(404)을 지지하고, 하나 이상의 비-서보 제어 링크(예를 들어, 일반적으로 설치 구조물로 지칭되는, 제 위치에 수동으로 위치되어 체결될 수 있는 하나 이상의 링크)의 운동학적 구조부 및 로봇 조작기를 포함할 수 있다. 로봇 조립체(402)는 중재적 기기(404) 상의 입력을 구동하는 복수의 액추에이터(예를 들어, 모터)를 포함한다. 이들 모터는 제어 시스템(예를 들어, 제어 시스템(412))으로부터의 명령에 응답하여 능동적으로 움직인다. 모터는 중재적 기기(404)에 결합될 때 중재적 기기를 자연적으로 또는 외과적으로 생성된 해부학적 개구 내로 전진시키고 그리고/또는, 3개의 선형 운동도(예를 들어, X, Y, Z 직교 축을 따른 선형 운동) 및 3개의 회전 운동도(예를 들어, X, Y, Z 직교 축에 대한 회전)를 포함할 수 있는 복수의 자유도로 중재적 기기의 원위 단부를 이동시킬 수 있는 구동 시스템을 포함한다. 추가로, 모터는 생검 장치 등의 조오에 조직을 파지하기 위해 기기의 관절식 엔드 이펙터를 작동시키도록 사용될 수 있다.

[0047] 로봇 중재적 시스템(400)은 또한 로봇 조립체의 기기에 관한 정보를 수신하는 하나 이상의 서버 시스템을 갖는 센서 시스템(408)을 포함한다. 센서 시스템(408)은 예를 들어 상술된 임의의 구성에서 형상 센서 장치(10)를 포함할 수 있다. 센서 서버 시스템은 또한 전자기(EM) 위치 센서 시스템) 및/또는 기기의 원위 단부로부터 이미지를 포획하기 위한 시각화 시스템을 포함할 수 있다.

[0048] 로봇 중재적 시스템(400)은 또한 센서 시스템(408)의 서브시스템에 의해 생성된, 수술 부위 및 중재적 기기(404)의 이미지를 표시하는 디스플레이 시스템(410)을 포함한다. 디스플레이(410) 및 조작자 입력 시스템(406)은 조작자가 작업 공간을 사실상 실제 존재하는 것으로 관찰하는 것처럼 중재적 기기(404) 및 조작자 입력 시스템(406)을 제어할 수 있도록 배향될 수 있다. 실제 존재는 표시되는 조직 이미지가 조작자에게, 조작자가 이미지 위치에 물리적으로 존재하여 이미지 시각으로부터 조직을 직접 보는 것처럼 보여지는 것을 의미한다.



- [0049] 대안적으로 또는 추가적으로, 디스플레이 시스템(410)은 컴퓨터 단층 촬영(CT), 자기 공명 영상(MRI), 형광 투시법, 온도 기록법, 초음파, 광 간섭 단층 촬영(OCT), 열 촬영, 임피던스 촬영, 레이저 촬영, 나노튜브 X-선 촬영 등과 같은 촬영 기술을 사용하여 수술 전에 기록 및/또는 모델링된 수술 부위의 이미지를 제공할 수 있다. 제공된 수술 전 이미지는 2차원, 3차원, 또는 4차원(예를 들어, 시간 기반 정보 또는 속도 기반 정보를 포함함) 이미지 및 모델을 포함할 수 있다.
- [0050] 몇몇 실시예에서, 디스플레이 시스템(410)은 수술 기기의 팁의 위치에 내부 수술 부위의 가상 이미지를 의사에게 제공하기 위해, 중재적 기기의 실제 위치가 수술전 또는 동시 영상과 정합(예컨대, 동적 참조)되는 가상 시각화 이미지를 표시할 수 있다.
- [0051] 다른 실시예에서, 디스플레이 시스템(410)은 수술 부위에서의 중재적 기기의 가상 이미지를 의사에게 제공하기 위해, 중재적 기기의 실제 위치가 (수술전 기록된 이미지를 포함한) 이전의 영상 또는 동시 영상과 정합되는 가상 시각화 이미지를 표시할 수 있다. 중재적 기기(404)의 일부분의 이미지는 의사가 중재적 기기를 제어하는 것을 보조하기 위해 가상 이미지 상에 중첩될 수 있다.
- [0052] 로봇 중재적 시스템(400)은 또한 제어 시스템(412)을 포함한다. 제어 시스템(412)은 중재적 기기 시스템(404), 조작자 입력 시스템(406), 센서 시스템(408), 디스플레이 시스템(410) 사이의 제어를 달성하기 위해, 적어도 하나 프로세서(미도시) 그리고 전형적으로는 복수의 프로세서를 포함한다. 제어 시스템(412)은 산술 또는 논리 계산기 등의 로직 유닛, 및 하나 이상의 메모리 장치를 포함하는 공통의 컴퓨터 구성요소를 포함할 수 있다. 제어 시스템(412)은 또한 여기에 설명된 일부 또는 모든 방법을 구현하기 위해 프로그래밍된 명령어(예를 들어, 명령어를 저장한 컴퓨터 판독 가능 매체)를 포함한다.
- [0053] 제어 시스템(412)은 도 1의 단순화된 개략도에서는 단일 블록으로서 도시되어 있지만, 처리의 적어도 일부가 선택적으로 로봇 조립체(402) 상에서 또는 그 부근에서 실행되고, 일부가 조작자 입력 시스템(406)에서 실행되는 등의 상태로, 시스템은 다수의 데이터 처리 회로를 포함할 수 있다. 제어 시스템(24) 및 센서 처리 및 제어 시스템(27)은 제어 시스템의 구성요소일 수 있다. 매우 다양한 집종식 또는 분산식 데이터 처리 아키텍처들 중 임의의 하나가 채용될 수 있다. 유사하게, 프로그래밍된 명령어는 다수의 분리된 프로그램 또는 서브루틴으로서 구현될 수 있거나, 본 개시 내용에서 설명되는 로봇 시스템의 다수의 다른 양태로 통합될 수 있다. 일 실시예에서, 제어 시스템(412)은 블루투스, IrDA, HomeRF, IEEE 802.11, DECT, 및 무선 원격 측정 등의 무선 통신 프로토콜을 지원한다.
- [0054] 몇몇 실시예에서, 제어 시스템(412)은 중재적 기기 시스템(404)으로부터의 힘 및 토크 피드백을 조작자 입력 시스템(406)에 대한 하나 이상의 대응 서보 모터로 제공하는 하나 이상의 서보 제어기를 포함할 수 있다. 서보 제어기(들)는 또한 신체 내의 개방부를 거쳐 환자 신체 내에서 내부 수술 부위 내로 연장하는 중재적 기기(404)를 이동시키도록 로봇 조립체(402)에 지시하는 신호를 전송할 수 있다. 임의의 적합한 보편적인 서보 제어기 또는 특수화된 서보 제어기가 사용될 수 있다. 서보 제어기는 로봇 조립체(402)로부터 분리되거나 그와 통합될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 서보 제어기 및 로봇 조립체는 환자의 신체에 인접하여 위치될 수 있는 로봇 아암 카트의 일부로서 제공된다.
- [0055] 제어 시스템(412)은 중재적 기기(404)에 운행 보조를 제공하기 위해 가상 시각화 시스템을 추가로 포함할 수 있다. 가상 시각화 시스템을 사용한 가상 운행은 해부 통로의 3차원 구조와 관련하여 취득된 데이터세트에 대한 참조에 기초한다. 더 구체적으로, 가상 시각화 시스템은 컴퓨터 단층 촬영(CT), 자기 공명 영상(MRI), 형광 투시법, 온도 기록법, 초음파, 광 간섭 단층 촬영(OCT), 열 촬영, 임피던스 촬영, 레이저 촬영, 나노튜브 X-선 촬영, 디지털화 프로브 취득 등과 같은 촬영 기술을 사용하여 기록 및/또는 모델링된 수술 부위의 이미지를 처리한다. 소프트웨어는 기록된 이미지를 부분적인 또는 전체적인 해부학적 장기 또는 해부학적 영역의 2차원 또는 3차원 모델로 변환하기 위해 사용된다. 모델은 통로들의 다양한 위치 및 형상과, 이들의 연결성을 설명한다. 모델을 생성하는데 사용되는 이미지들은 임상 시술 동안 수술 전에 또는 수술 중에 기록될 수 있다. 대체 실시예에서, 가상 시각화 시스템은 표준 모델(즉, 환자 특이적이지 않음) 또는 표준 모델 및 환자 특이적 데이터의 하이브리드를 사용할 수 있다.
- [0056] 가상 운행 절차 중에, 센서 시스템(408)은 환자 해부 구조부에 대한 기기의 대략적인 위치를 계산하는데 사용될 수 있다. 위치는 환자 해부 구조부의 거시 수준 추적 이미지 및 환자 해부 구조부의 가상 내부 이미지를 생성하기 위해 사용될 수 있다. 가상 시각화 시스템으로부터의 것과 같이 수술 전에 기록된 수술 이미지를 중재적 기기에 등록하여 중재적 기기를 함께 디스플레이하기 위해 광 섬유 센서를 사용하는 다양한 시스템이 공지되어 있다. 예를 들어, 본 개시 내용에 참조로 통합된, "이미지-안내식 수술을 위한 해부학적 구조부의 모델의 동적



정합을 제공하는 의료 시스템"을 개시하는, 2011년 5월 13일 출원된 미국 특허 출원 제13/107,562호는 하나의 이러한 시스템을 개시한다.

[0057] 로봇 중재적 시스템(400)은 조명 시스템, 조향 제어 시스템, 관류 시스템, 및/또는 흡입 시스템과 같은 선택적 작동 및 지원 시스템(미도시)을 추가로 포함할 수 있다. 대체 실시예에서, 로봇 시스템은 1개를 초과하는 조작기 조립체 및/또는 1개를 초과하는 조작자 입력 시스템을 포함할 수 있다. 조작기 조립체의 정확한 개수는 다른 인자 중, 외과적 시술 및 수술실 내의 공간 제약에 의존할 것이다. 조작자 입력 시스템은 함께 위치될 수 있거나, 분리된 장소 내에 위치될 수 있다. 다수의 조작자 입력 시스템은 1명을 초과하는 작업자가 하나 이상의 조작기 조립체를 다양한 조합으로 제어하도록 한다.

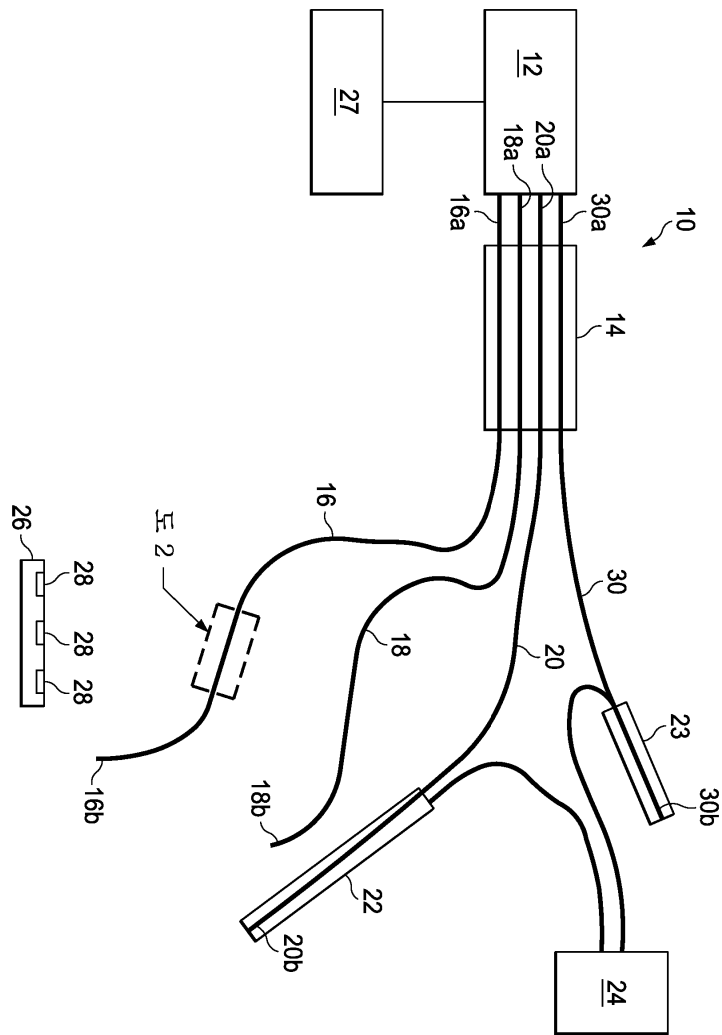
[0058] 본 발명의 실시예들 내의 하나 이상의 요소들은 제어 시스템(412)과 같은 컴퓨터 시스템의 프로세서 상에서 실행하기 위해 소프트웨어 내에서 구현될 수 있다. 소프트웨어 내에서 구현될 때, 본 발명의 실시예의 요소들은 본질적으로 필수적인 작업을 수행하기 위한 코드 세그먼트이다. 송신 매체 또는 통신 링크를 거쳐 반송파 내에서 실시되는 컴퓨터 데이터 신호에 의해 다운로드되었을 수 있는 프로그램 또는 코드 세그먼트는 프로세서 판독 가능 저장 매체 또는 장치 내에 저장될 수 있다. 프로세서 판독 가능 저장 디바이스는 광학 매체, 반도체 매체, 및 자기 매체를 포함한 정보를 저장할 수 있는 임의의 매체를 포함할 수 있다. 프로세서 판독 가능 저장 디바이스 예는 전자 회로; 반도체 디바이스, 반도체 메모리 디바이스, 리드 온리 메모리(ROM), 플래시 메모리, 소거할 수 있는 프로그램 가능한 리드 온리 메모리(EPROM); 플로피 디스켓, CD-ROM, 광학 디스크, 하드 디스크 또는 다른 저장 디바이스를 포함하고, 코드 세그먼트는 인터넷, 인트라넷, 등의 컴퓨터 네트워크를 통해 다운로드 될 수 있다.

[0059] 제시된 공정 및 디스플레이는 임의의 특정 컴퓨터 또는 다른 장치에 본질적으로 관련되지 않을 수 있음을 알아야 한다. 다양한 이러한 시스템에 대해 요구되는 구조는 청구범위 내에서 요소로서 나타날 것이다. 또한, 본 발명의 실시예는 임의의 특정 프로그래밍 언어를 참조하여 설명되지 않는다. 다양한 프로그래밍 언어가 본원에서 설명되는 바와 같은 본 발명의 교시를 구현하기 위해 사용될 수 있음이 이해될 것이다.

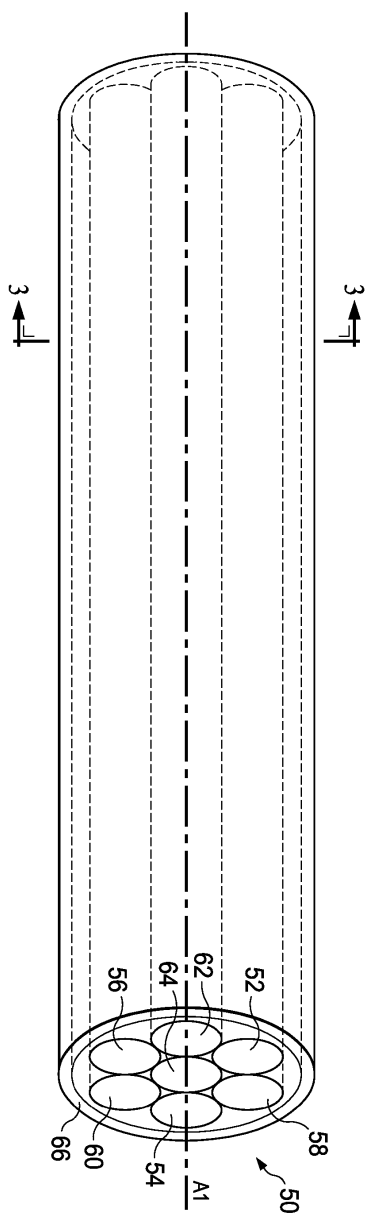
[0060] 본 발명의 소정의 예시적인 실시예가 설명되고 첨부된 도면에 도시되어 있지만, 그러한 실시예는 단지 예시적이며 광범위한 본 발명에 대해 제한적이지 않고, 본 발명의 실시예는 다양한 다른 변형이 본 기술 분야의 통상의 기술자에게 명백할 수 있으므로, 도시되고 설명된 특정 구성 및 배열로 제한되지 않음을 이해하여야 한다.

도면

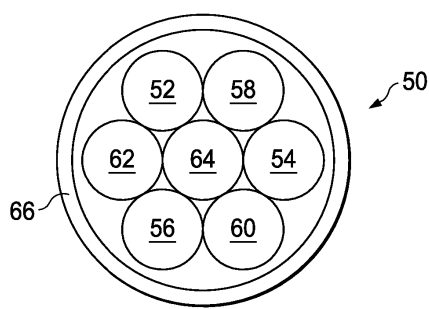
도면1



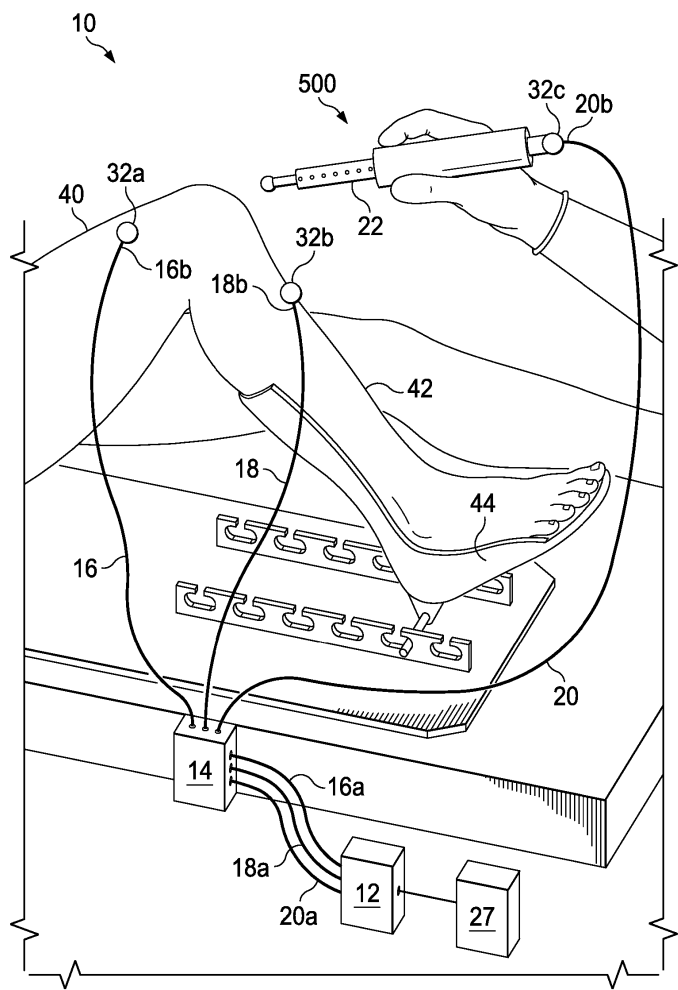
도면2



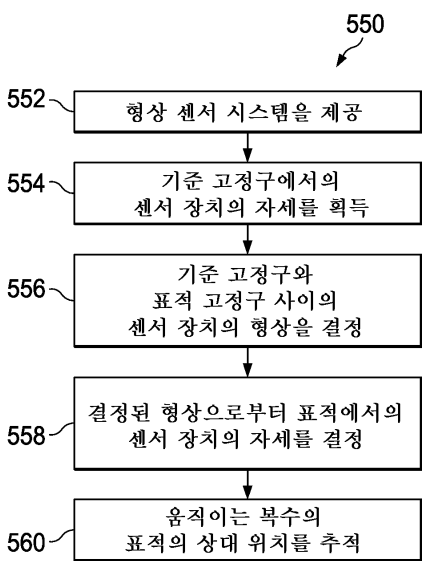
도면3



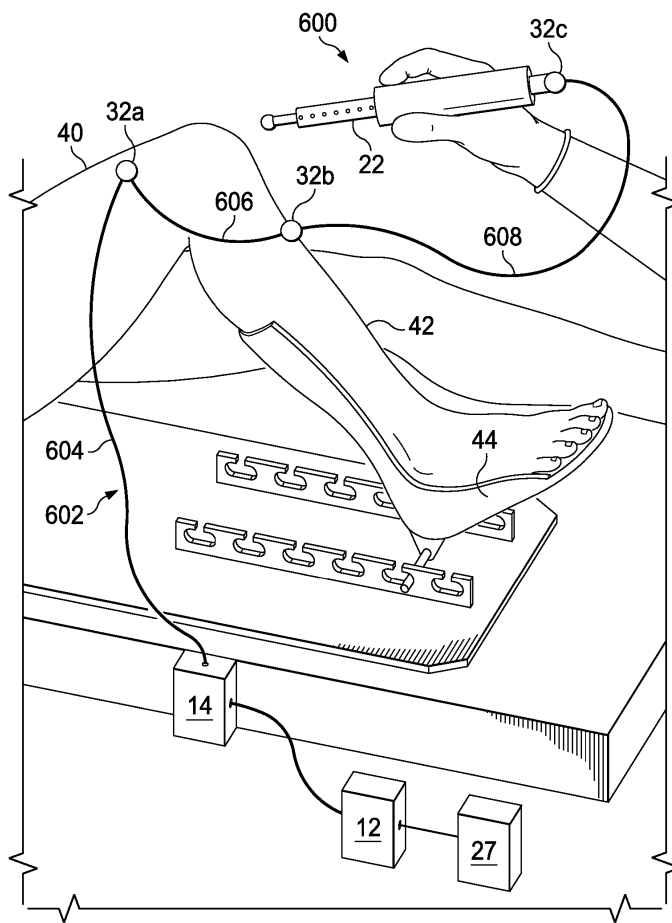
도면4



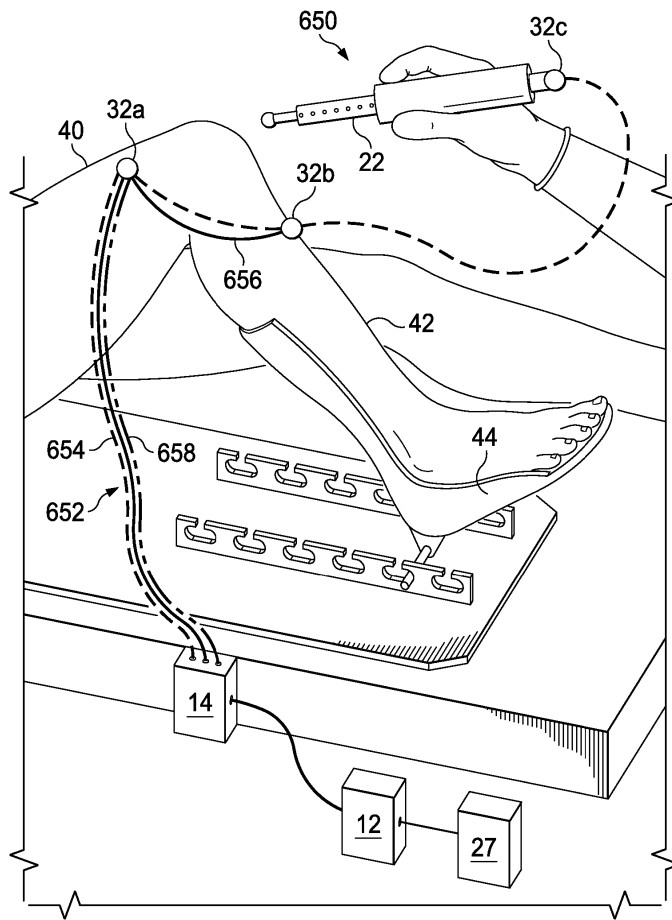
도면5



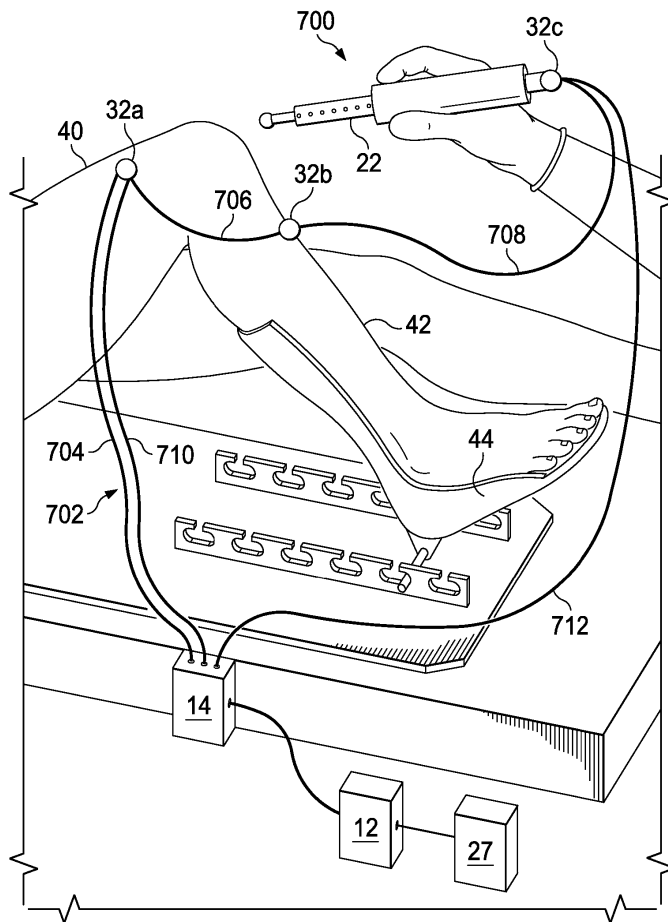
도면6



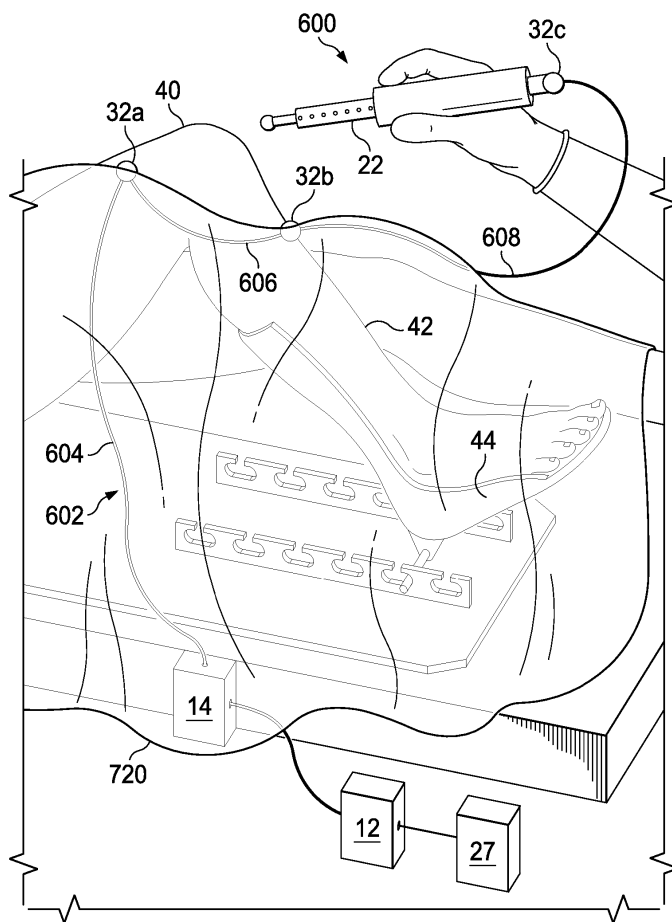
도면7



도면8

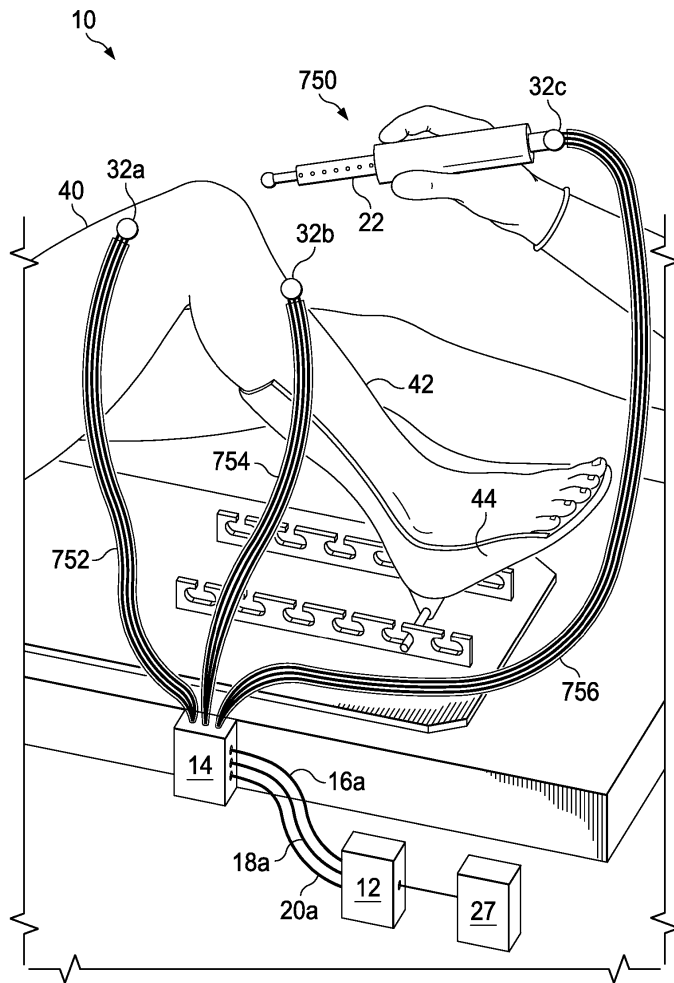


도면9

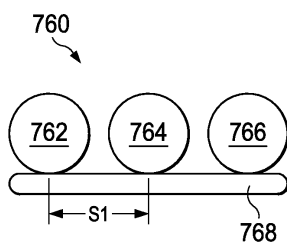




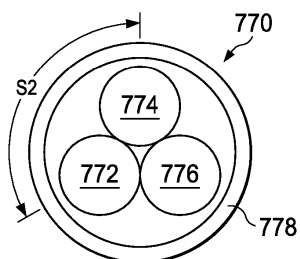
도면10



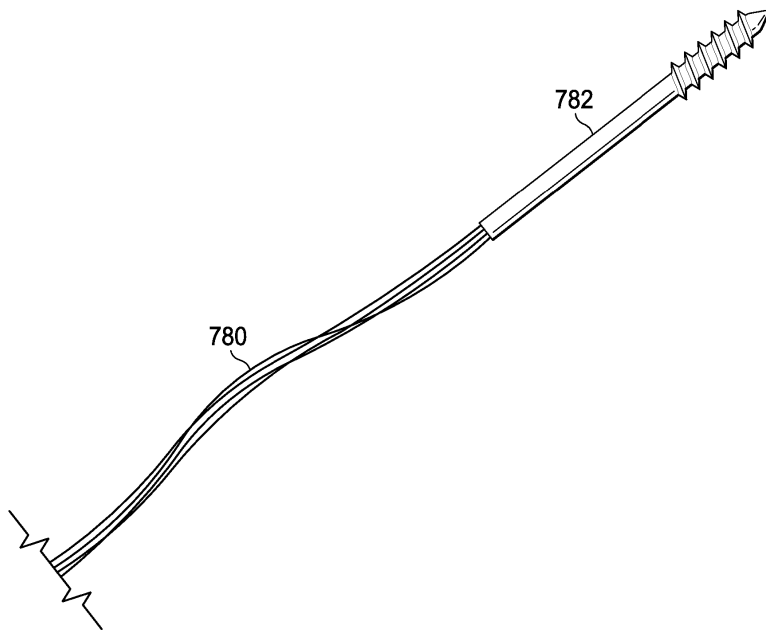
도면11



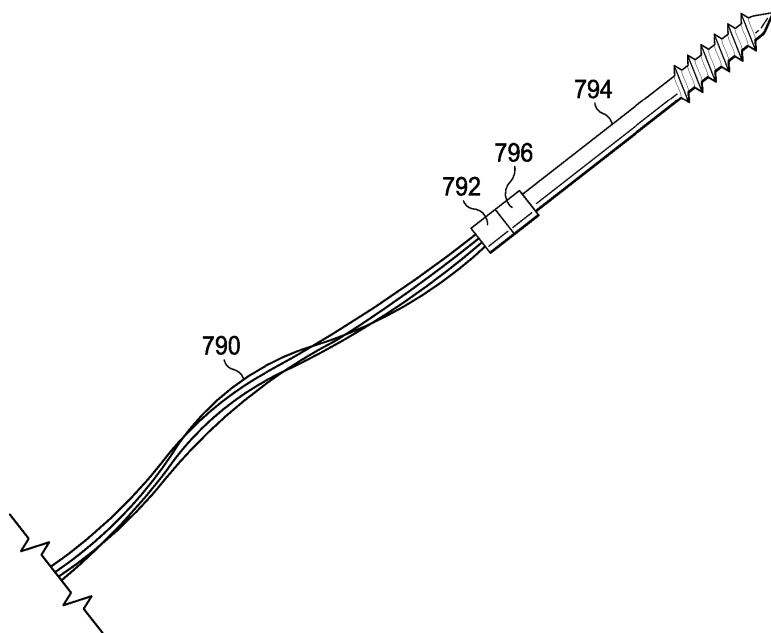
도면12



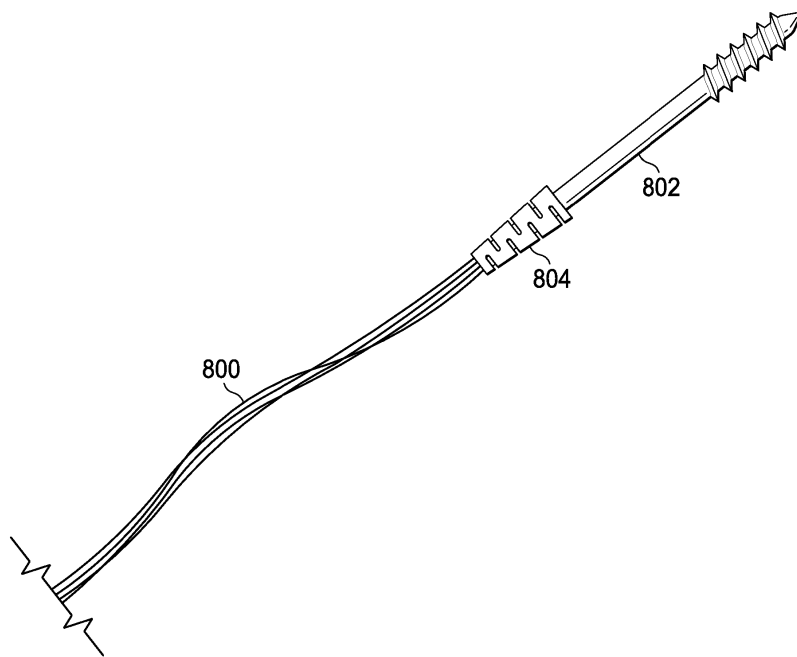
도면13



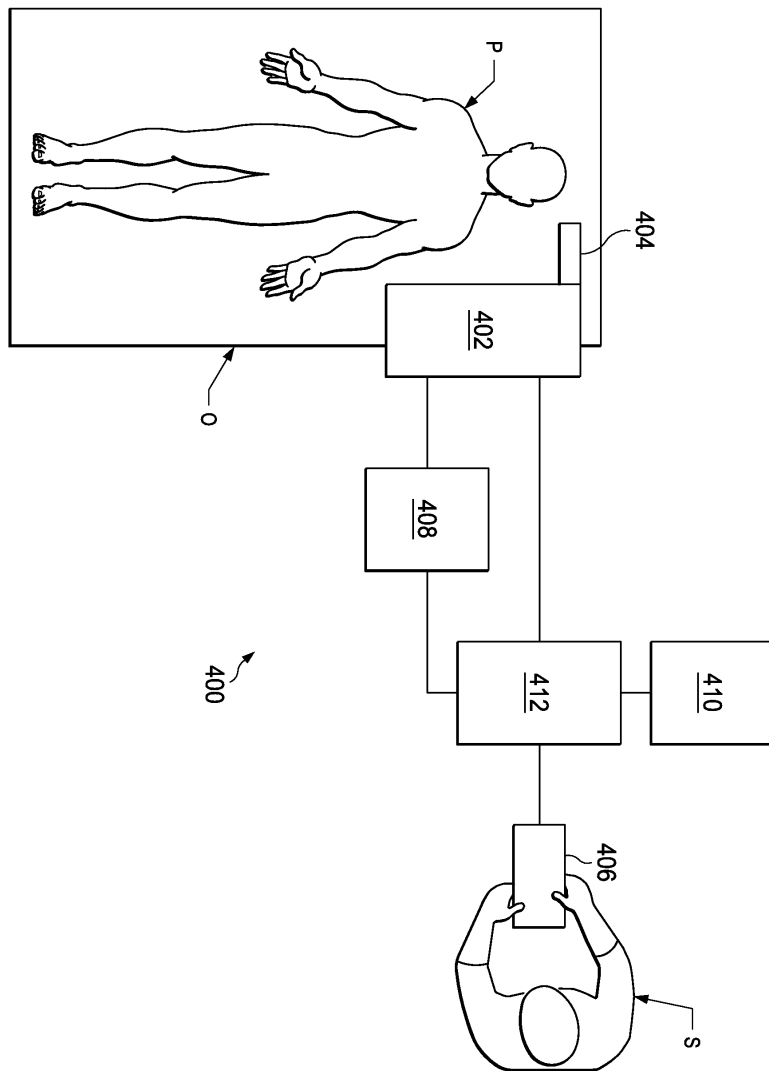
도면14



도면15



도면16



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

제1 형상 센서 내의 제1 세장형 광 섬유 섹션으로부터 제1 형상 데이터를 수신하는 단계로서, 상기 제1 세장형 광 섬유 섹션은 기준 고정구와, 환자 해부 구조부에 결합된 제1 해부 고정구 사이에서 연장하는, 단계,

제1 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 제1 해부 고정구의 자세를 결정하는 단계,

제1 형상 데이터로부터의 자세에 기초하여 제1 해부 고정구에 대한 자세 변경을 추적하는 단계,

기준 고정구와, 의료 기기에 결합된 기기 고정구 사이에서 연장하는 제2 형상 센서로부터 제2 형상 데이터를 수신하는 단계,

제2 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 기기 고정구의 제1 자세를 결정하는 단계,

기기 고정구에 대한 제1 자세의 제1 자세 변경을 추적하는 단계,

제1 해부 고정구와 기기 고정구 사이에서 연장하는 제1 형상 센서의 제2 세장형 광 섬유 섹션으로부터 제3 형상 데이터를 수신하는 단계,

제3 형상 데이터 및 제1 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 기기 고정구의 제2 자세를 결정하는 단계,  
 기기 고정구에 대한 제2 자세의 제2 자세 변경을 추적하는 단계, 및  
 기기 고정구의 제1 자세 및 제2 자세에 기초하여 기기 고정구 자세 잉여율(redundancy)을 평가하는 단계  
 를 포함하는, 컴퓨터 구현 방법.

【변경후】

제1 형상 센서 내의 제1 세장형 광 섬유 섹션으로부터 제1 형상 데이터를 수신하는 단계로서, 상기 제1 세장형  
 광 섬유 섹션은 기준 고정구와, 환자 해부 구조부에 결합된 제1 해부 고정구 사이에서 연장하는, 단계,  
 제1 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 제1 해부 고정구의 자세를 결정하는 단계,  
 제1 형상 데이터로부터의 자세에 기초하여 제1 해부 고정구에 대한 자세 변경을 추적하는 단계,  
 기준 고정구와, 의료 기기에 결합된 기기 고정구 사이에서 연장하는 제2 형상 센서로부터 제2 형상 데이터를 수  
 신하는 단계,  
 제2 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 기기 고정구의 제1 자세를 결정하는 단계,  
 기기 고정구에 대한 제1 자세의 제1 자세 변경을 추적하는 단계,  
 제1 해부 고정구와 기기 고정구 사이에서 연장하는 제1 형상 센서의 제2 세장형 광 섬유 섹션으로부터 제3 형상  
 데이터를 수신하는 단계,  
 제3 형상 데이터 및 제1 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 기기 고정구의 제2 자세를 결정하는 단계,  
 기기 고정구에 대한 제2 자세의 제2 자세 변경을 추적하는 단계, 및  
 기기 고정구의 제1 자세 및 제2 자세에 기초하여 기기 고정구 자세 잉여율(redundancy)을 평가하는 단계  
 를 포함하는, 컴퓨터 구현 방법.

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 16

【변경전】

기준 고정구,  
 환자 해부 구조부에 결합되도록 구성된 제1 해부 고정구,  
 의료 기기에 결합된 기기 고정구,  
 기준 고정구와 제1 해부 고정구 사이에서 연장하는 제1 세장형 광 섬유 섹션, 및 제1 해부 고정구와 기기 고정  
 구 사이에서 연장하는 제2 세장형 광 섬유 섹션을 포함하는 제1 형상 센서,  
 기준 고정구와 기기 고정구 사이에서 연장하는 제2 형상 센서, 및  
 프로세서를 포함하는 시스템으로서,  
 상기 프로세서는,  
 제1 형상 센서의 제1 세장형 광 섬유 섹션으로부터 제1 형상 데이터를 수신하고,  
 제1 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 제1 해부 고정구의 자세를 결정하고,  
 제1 형상 데이터로부터의 자세에 기초하여 제1 해부 고정구에 대한 자세 변경을 추적하고,  
 제2 형상 센서로부터 제2 형상 데이터를 수신하고,  
 제2 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 기기 고정구의 제1 자세를 결정하고,  
 기기 고정구에 대한 제1 자세의 제1 자세 변경을 추적하고,  
 제1 형상 센서의 제2 세장형 광 섬유 섹션으로부터 제3 형상 데이터를 수신하고,

제3 형상 데이터 및 제1 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 기기 고정구의 제2 자세를 결정하고,  
 기기 고정구에 대한 제2 자세의 제2 자세 변경을 추적하고,  
 기기 고정구의 제1 자세 및 제2 자세에 기초하여 기기 고정구 자세 잉여율을 평가하도록 구성되는,  
 시스템.

**【변경후】**

기준 고정구,  
 환자 해부 구조부에 결합되도록 구성된 제1 해부 고정구,  
 의료 기기에 결합된 기기 고정구,  
 기준 고정구와 제1 해부 고정구 사이에서 연장하는 제1 세장형 광 섬유 섹션, 및 제1 해부 고정구와 기기 고정  
 구 사이에서 연장하는 제2 세장형 광 섬유 섹션을 포함하는 제1 형상 센서,  
 기준 고정구와 기기 고정구 사이에서 연장하는 제2 형상 센서, 및  
 프로세서를 포함하는 시스템으로서,  
 상기 프로세서는,  
 제1 형상 센서의 제1 세장형 광 섬유 섹션으로부터 제1 형상 데이터를 수신하고,  
 제1 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 제1 해부 고정구의 자세를 결정하고,  
 제1 형상 데이터로부터의 자세에 기초하여 제1 해부 고정구에 대한 자세변경을 추적하고,  
 제2 형상 센서로부터 제2 형상 데이터를 수신하고,  
 제2 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 기기 고정구의 제1 자세를 결정하고,  
 기기 고정구에 대한 제1 자세의 제1 자세 변경을 추적하고,  
 제1 형상 센서의 제2 세장형 광 섬유 섹션으로부터 제3 형상 데이터를 수신하고,  
 제3 형상 데이터 및 제1 형상 데이터로부터 기준 고정구에 대한 기기 고정구의 제2 자세를 결정하고,  
 기기 고정구에 대한 제2 자세의 제2 자세 변경을 추적하고,  
 기기 고정구의 제1 자세 및 제2 자세에 기초하여 기기 고정구 자세 잉여율을 평가하도록 구성되는,  
 시스템.