



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0069090
(43) 공개일자 2018년06월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 34/30 (2016.01) A61B 34/20 (2016.01)
G01B 11/24 (2006.01) G01D 5/353 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 34/30 (2016.02)
G01B 11/24 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-7016375(분할)
(22) 출원일자(국제) 2011년01월28일
심사청구일자 없음
(62) 원출원 특허 10-2017-7029839
원출원일자(국제) 2011년01월28일
심사청구일자 2017년10월26일
(85) 번역문제출일자 2018년06월08일
(86) 국제출원번호 PCT/US2011/022823
(87) 국제공개번호 WO 2011/100124
국제공개일자 2011년08월18일
(30) 우선권주장
61/304,094 2010년02월12일 미국(US)
12/839,642 2010년07월20일 미국(US)

(71) 출원인
인튜어티브 서지컬 오퍼레이션즈 인코포레이티드
미국 캘리포니아 94086 서니베일 키퍼 로드 1020
(72) 발명자
프리스코 기우스페 마리아
미국 캘리포니아 94043 마운틴 뷰 #3 시에라 비스타 애비뉴 347
로저스 데오도르 더블유
미국 캘리포니아 94501 알라메다 아파트먼트 1 부
에나 비스타 1907
(74) 대리인
특허법인와이에스장

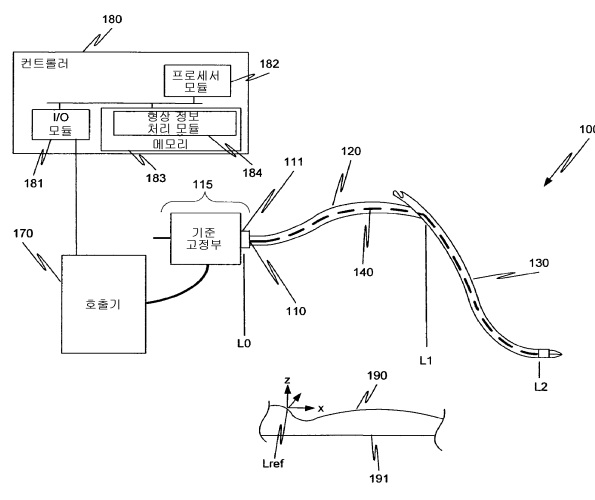
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 꼬임-비민감성 형상 센서를 사용하여 절대적 3-차원 측정을 위한 방법 및 시스템

(57) 요약

장치는 기준 고정부를 포함한다. 기준 고정부는 조인트, 및 조인트의 동작을 추적하는 조인트 추적기를 포함한다. 장치는 또한 수술 기구를 포함한다. 조인트와 수술 기구 사이에 줄이 연결된다. 형상 센서가 기준 고정부로부터 조인트와 줄을 통해서 수술 기구까지 연장된다. 형상 센서는 실질적으로 꼬임을 갖지 않는다. 조인트 추적기는 조인트의 동작을 측정한다. 조인트 추적기로부터의 정보와 함께 형상 센서로부터의 정보는 기준 고정부에 대한 절대적 3-차원 정보를 제공하는데, 즉 고정된 보편 기준 프레임에서 절대적 3-차원 정보를 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01D 5/35316 (2013.01)

A61B 2034/2061 (2016.02)

A61B 2034/301 (2016.02)

(72) 발명자

듀인덱 빈센트

미국 캘리포니아 94611 오클랜드 아파트먼트 309

피에드몬트 애비뉴 4395

큐렛 미리암 제이

미국 캘리포니아 94022 로스 알토스 오렌지 애비뉴
618

모르 캐서린 제이.

미국 캘리포니아 94040 마운틴 뷰 베이우드 코트
432

스토이 캐서린 디.

미국 캘리포니아 94040 마운틴 뷰 아파트먼트 비
한스 애비뉴 644

명세서

청구범위

청구항 1

고정된 보편 기준 프레임에서 제1 위치에 장착되는 기준 고정부로서, 상기 기준 고정부는 적어도 1의 자유도를 가지는 조인트 및 상기 조인트의 동작을 추적하는 조인트 추적기를 포함하는 기준 고정부;

근단부 및 근단부에 있는 캐놀라 개구부를 가지는 캐놀라;

상기 기준 고정부를 통해 연장되고 제1 부분 및 근단부를 포함하는 형상 센서로서, 상기 형상 센서의 제1 부분은 상기 캐놀라의 근단부에 연결되고 상기 형상 센서의 근단부는 상기 기준 고정부를 지나 끝나는 형상 센서;

상기 형상 센서 위에서 상기 기준 고정부, 및 상기 캐놀라의 근단부 사이에서 연장되는 제1 줄 바디;를 포함하고,

상기 조인트 추적기로부터의 정보는 상기 형상 센서로부터의 정보와 결합되어 상기 고정된 보편 기준 프레임에 대한 3-차원 정보를 생성하기 위해 사용되는 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 형상 센서의 제1 부분은 상기 형상 센서의 원단부인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 형상 센서로부터의 정보는 상기 캐놀라의 근단부에 대한 3-차원 자세 정보를 생성하기 위해 사용되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 캐놀라를 통한 삽입을 위한 크기를 가지는 수술 기구를 더 포함하고, 상기 형상 센서는 상기 수술 기구의 제1 부분에 연결되는 원단부를 포함하고 상기 형상 센서의 제1 부분은 상기 형상 센서의 원단부 및 근단부 사이에 있는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 형상 센서로부터의 정보는 상기 수술 기구의 제1 부분에 대한 3-차원 자세 정보를 생성하기 위해 사용되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 6

제 4 항에 있어서, 상기 형상 센서 위에서 상기 캐놀라의 근단부 및 상기 수술 기구 사이에서 연장되는 제2 줄 바디를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 고정된 보편 기준 프레임 내에 위치되는 제2 캐놀라로서, 근단부 및 근단부에 있는 제2 캐놀라 개구부를 가지는 제2 캐놀라; 및

상기 기준 고정부를 통해 연장되는 제2 형상 센서로서, 원단부 및 근단부를 포함하는 제2 형상 센서를 더 포함하고,

상기 제2 형상 센서의 원단부는 상기 제2 캐놀라의 근단부에 연결되고 상기 제2 형상 센서의 근단부는 상기 기준 고정부의 근단부에서 끝나는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 기준 고정부는 원격조종 수술 시스템의 조작기에 연결되고 상기 고정된 보편 기준 프레

임에서 상기 조작기와 함께 움직일 수 있는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 상기 제1 줄 바디는 토션에 대해 강성인 재료로 형성되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 10

제 1 항에 있어서, 상기 형상 센서는 상기 제1 줄 바디 내에서 상기 형상 센서의 회전을 방지하는 비원형 단면을 가지는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 11

제 1 항에 있어서, 상기 제1 줄 바디를 통해 연장되는, 라이너를 가지는 내강을 더 포함하고, 상기 형상 센서는 상기 라이너를 가지는 내강을 통해 연장되고,

상기 라이너를 가지는 내강은 상기 형상 센서가 라이너를 가지는 내강 내에서 자유롭게 회전하는 것을 허용하는 재료로 라이너가 형성되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 12

제 1 항에 있어서, 상기 형상 센서의 근단부는 센서 호출기에서의 상기 기준 고정부의 근단부에서 끝나는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 13

제 1 항에 있어서, 공지된 기하학적 형상은 기하학적 중심을 가지고, 기하학적 중심은 상기 형상 센서가 상기 캐놀라의 근단부에서 상기 캐놀라 개구부에 진입하는 곳에 위치되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 14

고정된 보편 기준 프레임에서 제1 위치에 장착되는 기준 고정부로서, 상기 기준 고정부는 적어도 1의 자유도를 가지는 조인트 및 상기 조인트의 동작을 추적하는 조인트 추적기를 포함하는 기준 고정부;

근단부 및 근단부에 있는 캐놀라 개구부를 가지는 캐놀라;

상기 캐놀라를 통한 삽입을 위한 크기를 가지는 수술 기구;

상기 기준 고정부를 통해 연장되고 제1 부분, 근단부 및 원단부를 포함하는 형상 센서로서, 상기 형상 센서의 제1 부분은 상기 캐놀라의 근단부에 연결되고 상기 형상 센서의 근단부는 상기 기준 고정부를 지나 끝나고, 상기 원단부는 상기 수술 기구의 제1 부분에 연결되고 상기 형상 센서의 제1 부분은 상기 형상 센서의 원단부 및 근단부 사이에 있는 형상 센서;

상기 형상 센서 위에서 상기 기준 고정부, 및 상기 캐놀라의 근단부 사이에서 연장되는 제1 줄 바디;를 포함하고,

상기 조인트 추적기로부터의 정보는 상기 형상 센서로부터의 정보와 결합되어 상기 고정된 보편 기준 프레임에 대한 3-차원 정보를 생성하기 위해 사용되는 장치.

청구항 15

제 14 항에 있어서, 상기 형상 센서로부터의 정보는 상기 수술 기구의 제1 부분에 대한 3-차원 자세 정보를 생성하기 위해 사용되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 형상 센서 위에서 상기 캐놀라의 근단부 및 상기 수술 기구 사이에서 연장되는 제2 줄 바디를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 17

제 15 항에 있어서, 상기 형상 센서로부터의 정보는 상기 수술 기구의 삽입 깊이를 측정하기 위해 사용되는 것

을 특징으로 하는 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2010년 2월 12일 제출된 미국 가 출원 제61/304,094호의 Giuseppe M. Prisco, Theodore W. Rogers, Vincent Duindam, Myriam J. Curet, Catherine J. Mohr, Katherine D. Stoy가 발명자인 발명 명칭 "METHOD AND SYSTEM FOR ABSOLUTE THREE-DIMENSIONAL MEASUREMENTS USING A TWIST-INSENSITIVE SHAPE SENSOR"의 우선권 및 이익을 주장하며, 이것은 그 전체가 본원에 참고자료로 포함된다.

[0002] 기술분야

[0003] 본 발명의 양태들은 최소 침습 수술 기구를 특정할 수 있는 정보를 감지하는 것에 관한 것이며, 더 구체적으로 최소 침습 수술 기구의 형상 정보 및 절대적 3-차원 자세 정보를 얻기 위해 사용되는 형상 센서에 관한 것이다.

배경 기술

[0004] 최소 침습 수술에서 반복되는 문제는 수술에 사용되는 기구의 자세 및/또는 형상을 결정하는 것이다. 또한, 환자 몸 안의 해부학적 위치를 결정하고, MRI 영상, 또는 다른 영상과 수술 도중 촬영된 환자의 영상을 상호관련시키는 것은 3-차원 측정을 필요로 한다.

[0005] 가요성 수술 기구에 대한 형상 정보를 얻기 위해 사용되는 현재 방법들은 카메라와 화면에 기반한 방법, 관성 및 자이로스코프 센서에 기반한 방법, 및 전자기장 센서에 기반한 방법을 포함한다. 또한, 두 상이한 위치를 터치해서 이 두 위치의 상대적 관계를 결정할 수 있는 기계적 시스템도 있다.

[0006] 이러한 방법은 정밀성 및 정확성, 수술 환경에 대한 민감성, 실제 적용시의 침습성을 감지하는데 제한적이며, 일반적으로 수술 기구에서 특정 수의 불연속 지점들에 대한 위치 정보만을 제공할 수 있다. 또한, 측정된 거리는 절대적 거리가 아니라 상대적 거리이다.

[0007] 광섬유 형상 센서가 알려져 있다. 예를 들어, 미국특허 제5,798,521호(1997년 2월 27일 제출), 미국특허 제 6,389,187 B1호(1998년 6월 17일 제출), 미국 특허출원 공개 US 2006/0013523 A1(2005년 7월 13일 제출) 및 Roger G. Duncan et al., Characterization of a Fiber-Optic Shape and Position Sensor, Smart Structures and Materials 2006:Smart Sensor Monitoring Systems and Applications(D. Inaudi et al. eds.), 6167 Proceedings of SPIE 616704(2006.3.16)를 참조하며, 이들 모두 본원에 참고자료로 포함된다. 광섬유 형상 센서는 최소 침습 수술 기구에서 조인트 각도의 감지에 사용되었다. 예를 들어, 미국 특허출원 공개 US 2007/0156019 A1(2006년 7월 20일 제출) 그리고 NASA Tech Briefs, NASA-Inspired Shape-Sensing Fibers Enable Minimally Invasive Surgery(2008.2.1), <http://www.techbriefs.com/content/view/2585/>를 참조하며, 이들 모두 본원에 참고자료로 포함된다.

[0008] 전형적으로, 광섬유 형상 센서는 광 시간 영역 반사파 측정법(OTDR)이나 광 주파수 영역 반사파 측정법(OFDR)을 통해서 작동한다. 대부분의 접근방식은 광섬유의 형상 변화에 의해 야기된 후방산란된 광의 변화를 측정하는 후방산란법을 사용한다. 사용된 산란 메커니즘은 레일리 산란, 라만 산란, 브릴루앙 산란, 및 형광 산란을 포함한다. 또한, 광섬유 브래그 격자 및 Kerr 효과도 형상-감지 센서에서 사용되었다. 일부 광섬유 브래그 격자 형상 센서는 꼬임에 비민감성이다. 결국 형상 센서가 꼬인 경우, 꼬인 형상 센서를 사용하여 얻어진 자세 정보는 정확하지 않다.

[0009] 다른 기술들도 또한 형상 감지에 사용되었다. 예를 들어, 내시경의 위치를 결정하기 위해서 전자기장이 내시경에 장착된 센서와 함께 사용되었다. 미국 특허출원 공개 US 2007/0249901 A1(2006년 3월 28일 제출; "Instrument Having Radio Frequency Identification Systems and Methods for Use"을 개시)을 참조하며, 이것은 그 전체가 참고자료로 본원에 포함된다. 또한, 피에조저항 가요성 형상 센서의 저항 변화를 사용하여 형상 변화를 측정했다.

발명의 내용

[0010] 한 양태에서, 장치는 기준 고정부를 포함한다. 기준 고정부는 조인트 및 한 양태에서는 조인트의 동작을 추적하는 조인트 추적기를 포함한다. 또한, 장치는 수술 기구를 포함한다. 조인트와 수술 기구 사이에 줄이 연결

된다. 형상 센서가 기준 고정부로부터 조인트와 줄을 통해서 수술 기구까지 연장된다. 형상 센서는 실질적으로 꼬임을 갖지 않는다.

- [0011] 형상 센서로부터의 정보는 조인트 추적기로부터의 정보와 함께 기준 고정부에 대해 절대적 3-차원 정보를 제공하는데, 즉 고정된 보편 기준 프레임에서 절대적 3-차원 정보를 제공한다. 고정된 보편 기준 프레임 내의 이러한 절대적 3-차원 정보는 수술 기구의 요소들 간의 상대적 거리, 수술 기구들 간의 상대적 거리, 또는 의료 과정을 받는 환자에서 위치들 간의 상대적 거리를 제공하는 종래의 방법으로부터 얻는 정보와 대조된다.
- [0012] 고정된 보편 기준 프레임에서 절대적 3-차원 형상 및 자세 데이터를 얻을 수 있는 능력은 의료 과정에 새로운 역량 수준을 제공한다. 또한, 고정된 보편 기준 프레임 내의 절대적 3-차원 자세 데이터(위치 및 배향)는, 예를 들어 고정된 보편 기준 프레임에서 여러 영상들의 정합 및 필요에 따라 영상들의 중첩을 허용하여 수술 과정에서 더 많은 정보를 쉽게 얻을 수 있다.
- [0013] 한 양태에서, 조인트는 단지 1의 자유도를 가진다. 예를 들어, 조인트는 볼 조인트이고, 1의 자유도는 볼이다. 다른 예에서, 조인트는 볼 및 스크류 조인트를 포함한다. 또 다른 양태에서, 조인트는 1의 자유도를 포함하는 다중 자유도를 가진다.
- [0014] 조인트 또는 조인트들의 조합에서 자유도의 수는 의사가 수술 기구를 움직이는 것이 쉽도록 선택된다. 수술 기구와 기준 구조 사이에 있는 토션에 대해 강성인 줄은 의사에 의한 수술 기구의 조작을 억제할 수 있다. 따라서, 기준 구조에서 조인트 또는 조인트들의 조합을 사용하여 수술 기구의 모든 자유도를 통해 수술 기구의 조작을 용이하게 할 수 있다. 수술 기구의 조작이 줄에 의해서 억제되지 않거나, 또는 수술 기구의 사용 중에 이러한 억제가 유의하지 않은 양태에서는, 0의 자유도를 가진 조인트가 기준 구조에서 사용될 수 있고, 조인트 추적기는 필요하지 않다.
- [0015] 줄은 줄의 길이방향 축을 따라 연장된 내강을 한정하며, 형상 센서가 내강을 통해서 연장된다. 한 양태에서, 줄은 토션에 대해 강성이다.
- [0016] 다른 양태에서, 라이너가 줄 안의 내강을 통해서 연장된다. 라이너는 라이너 내강을 포함하며, 형상 센서가 라이너 내강을 통해서 연장된다. 라이너는 형상 센서가 라이너 안에서 자유롭게 회전할 수 있도록 하는 재료로 제조된다. 한 양태에서, 재료는 플루오르화 폴리머이다.
- [0017] 다른 양태에서, 프로세서는 기준 고정부에 연결된 조인트 추적기로부터 얻은 정보를 처리해서 제1 자세를 생성한다. 조인트 추적기는 줄에 연결된 조인트의 동작을 측정한다. 줄은 조인트와 수술 기구를 연결한다. 기준 고정부는 최소 침습 수술을 위해 고정된 보편 기준 프레임을 한정할 수 있는 위치에 고정된다.
- [0018] 또한, 프로세서는 조인트와 줄을 통해서 연장된 형상 센서로부터 얻은 정보를 처리해서 제2 자세 정보를 생성한다. 프로세서는 제1 자세 정보와 제2 자세 정보를 사용해서 고정된 보편 기준 프레임에서 수술 기구의 근위 부분의 절대적 3-차원 자세를 생성한다.
- [0019] 한 양태에서, 형상 센서는 수술 기구의 원위 부분까지 연장된다. 프로세서가 형상 센서의 이 구간으로부터 얻은 정보를 처리해서 제3 자세 정보를 생성한다. 프로세서는 제1 자세 정보, 제2 자세 정보 및 제3 자세 정보를 사용해서 고정된 보편 기준 프레임에서 수술 기구의 원위 부분의 절대적 3-차원 자세를 생성한다. 또한, 프로세서는 고정된 보편 기준 프레임에서 수술 기구의 형상을 생성한다.
- [0020] 한 양태에서, 수술 기구는 내시경과 같은 가요성 수술 기구이다. 다른 양태에서, 수술 기구는 캐논라이다. 또 다른 양태에서, 수술 기구는 뱀 모양 로봇 수술 기구이며, 이것은 가요성 수술 기구의 한 예이다.
- [0021] 다른 양태에서, 방법은 수술 기구와 줄의 원단부를 연결한다. 줄의 근단부는 기준 구조의 조인트에 연결된다. 기준 구조는 또한 조인트의 동작을 측정하는 조인트 추적기를 포함한다. 이 방법은 형상 센서를 조인트와 줄을 통해서 수술 기구까지 연장시킨다. 형상 센서는 기준 구조에 대해 수술 기구의 일부의 절대적 3-차원 자세를 결정하기 위한 정보를 제공한다.
- [0022] 한 양태에서, 본 방법에서 수술 기구는 캐논라이며, 상기 방법은 또한 기준 구조와 최소 침습 원격조종 수술 시스템의 조작기를 지지하는 암을 연결하는 단계를 포함한다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 최소 침습 수술 시스템의 일부의 도해로서, 이것은 고정된 보편 기준 프레임에서 절대적 3-차원 자세 및

형상 데이터를 생성하여 수술 기구를 특정할 수 있는 요소들을 포함한다.

도 2a는 제1 비-원형 단면을 가진 형상 센서와 줄의 단면도이다.

도 2b는 제2 비-원형 단면을 가진 형상 센서와 줄의 단면도이다.

도 3은 기준 고정부의 한 양태의 투시 단면도이다.

도 4a는 최소 침습 원격조종 수술 시스템의 일부의 도해로서, 이것은 복수의 수술 기구에 대해, 고정된 보편 기준 프레임에서 절대적 3-차원 자세를 생성할 수 있는 요소들을 포함한다.

도 4b는 또 다른 복수의 수술 기구에 대해, 고정된 보편 기준 프레임에서 절대적 3-차원 자세 및 형상 데이터를 생성할 수 있는 요소들을 포함한다.

도 5는 광섬유 코어의 도해이다.

도 6은 예시적인 기준 프레임을 함께 나타낸 광섬유의 근단부의 도해이다.

도 7은 형상 감지에 사용된 광섬유에서 구간 시작 위치에서의 기준 프레임을 예시하는 도해이다.

도면에서 참조번호의 첫 번째 숫자는 해당 참조번호의 요소가 처음 나타났던 도면을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 본 발명의 양태들은 (i) 조인트(110), 및 조인트(110)의 동작을 추적하는 조인트 추적기(111)를 포함하는 기준 고정부(115)(도 1)와 (ii) 수술 기구(130)의 자세 정보를 제공하는 형상 센서(140)의 조합을 포함하는 장치(100)를 포함한다. 조인트 추적기(111)로부터 얻은 정보와 형상 센서(140)로부터 얻은 정보를 사용해서 프로세서 모듈(182)이 위치 **Lref**에서 고정된 보편 기준 프레임에서 수술 기구(130)의 절대적 3-차원 형상과 수술 기구(130)의 절대적 3-차원 자세를 생성한다.
- [0025] 하기 더 완전히 설명된 대로, 고정된 보편 기준 프레임에서 위치 **Lref**는 의사가 원하는 위치에서 특정한 과정을 위해 고정될 수 있다. 예를 들어, 위치 **Lref**에서 고정된 보편 기준 프레임은 수술을 받는 환자에 대해 고정되거나, 최소 침습 원격조종 수술 시스템의 조작기에 대해 고정되거나 하는 등이다. 일부 과정에서, 위치 **L0**과 위치 **Lref**는 동일한 위치일 수 있다.
- [0026] 전형적으로, 기준 고정부(115)는 위치 **L0**에 장착된다. 위치 **L0**의 자세와 고정된 보편 기준 프레임 사이의 관계는 알려져 있다. 이로써 컨트롤러(180)가 위치 **Lref**에서 고정된 보편 기준 프레임에 위치 **L0**의 자세를 맵핑한다.
- [0027] 한 양태에서, 기준 고정부(115)가 위치 **L0**에서 제자리에 고정된 후, 다른 위치에 위치 **Lref**가 배치된다. 예를 들어, **Lref**에서 고정된 보편 기준 프레임이 환자(190)의 입에 있도록 선택되며, 이때 x 축과 z 축은 환자의 시상면에 있고, z 축은 수술대(191)에 위로 수직인 방향이며, x 축은 환자의 발치를 향하고 있다. 다음에, 정합 단계에서 수술 기구(130)의 끝을 사용해서 환자(190)와 수술대(191) 상의 몇 개의 미리 정해진 기준점을 터치한다. 프로세서가 기준 고정부(115)에 대한 이들 기준점들의 측정된 위치를 사용해서 고정된 보편 기준 프레임 **Lref**에 대해 위치 **L0**에서 프레임의 위치 및 배향을 산출한다.
- [0028] 이 예에서, 위치 **Lref**는 환자의 입에 있으며, 형상 전송이 시작되는 위치 **L0**의 자세가 위치 **Lref**에서 고정된 보편 기준 프레임에 맵핑된다. 이로써 기준 고정부(115) 상의 위치에서 기준 프레임에 대한 하기 더 완전히 설명된 절대적 측정값이 위치 **Lref**에서 고정된 보편 기준 프레임에 맵핑된다. 고정부(115)에서 위치 **L0**에 위치한 기준 프레임 내의 절대적 측정값은 하기 더 완전히 설명된 대로 이 예에서는 환자 위의 위치 **Lref**에서 고정된 보편 기준 프레임 내에서 절대적 측정값에 따라 자동으로 맵핑된다.
- [0029] 위치 **Lref**에서 고정된 보편 기준 프레임이 수술을 받는 환자에 대해 고정된 경우, 장치(100)는 환자에 대한 수술 기구(130)의 절대적 3-차원 형상 및 자세 데이터를 제공한다. 이 절대적 정보는 수술 기구의 요소들 사이의 상대적 거리, 수술 기구들 사이의 상대적 거리, 또는 의료 과정을 받는 환자에서 위치들 사이의 상대적 거리를 제공하는 종래의 방법으로부터 얻는 정보와 대조된다.
- [0030] 고정된 보편 기준 프레임에서 절대적 3-차원 형상 및 자세 데이터를 얻을 수 있는 능력은 의료 과정에 새로운 역량 수준을 제공한다. 또한, 고정된 보편 기준 프레임에 대한 절대적 3-차원 자세 데이터(위치 및 배향)는, 예를 들어 고정된 보편 기준 프레임에서 여러 영상들의 정합 및 필요에 따라 영상들의 중첩을 허용하여 수술 과

정에서 더 많은 정보를 쉽게 얻을 수 있다.

- [0031] 다시, 도 1의 양태에서, 기준 고정부(115)는 적어도 1의 자유도를 가진 조인트(110)와 조인트 추적기(111)를 포함한다. 기준 고정부(115)는 관심의 위치, 예를 들어 수술대의 일부, 최소 침습 원격조종 수술 시스템 상의 위치 등에 고정되도록 적합하게 된다. 기준 고정부(115)를 고정하는데 사용되는 수단은 사용하는 동안 기준 고정부를 원하는 위치에 고정 부착하는 어떤 종래의 수단이다.
- [0032] 기준 고정부(115)의 조인트(110)와 수술 기구(130) 사이에 줄(120)이 연결된다. 한 양태에서, 줄(120)은 기준 고정부(115)의 조인트(110)에 연결된 근단부를 가진다. 줄(120)의 원단부는 수술 기구(130)에 연결된다. 1의 자유도의 줄(120)의 근단부의 동작은 1의 자유도의 조인트(110)의 동작을 가져온다. 줄(120)의 특성은 하기 더 완전히 설명된다. 조인트(110)의 움직임은 의사가 1의 자유도로 수술 기구를 조작하는 것을 보조하며, 조인트(120)는 해당 자유도에서 줄(120)을 쉽게 움직일 수 있다.
- [0033] 줄(120)의 근단부의 동작이 조인트(110)로 전달된다. 조인트 추적기(111)가 조인트(110)의 동작을 측정해서 컨트롤러(180)에 정보를 제공한다. 이 예에서, 단일 자유도를 가진 조인트가 고려되며, 하기 더 완전히 설명된 예에서 상기 조인트는 롤 조인트이다.
- [0034] 단일 자유도를 가진 조인트의 사용은 단지 예시일 뿐이며, 제한으로서 사용되지 않는다. 하기 더 완전히 설명된 대로, 기준 고정부에서 하나 이상의 자유도가 측정될 수 있다. 롤 조인트의 사용 역시 단지 예시일 뿐이다. 사용될 수 있는 다른 조인트는 볼 및 스크류 조인트이다. 본 명세서의 관점에서, 당업자는 기준 고정부에서 조인트 또는 조인트들의 조합을 실시할 수 있으며, 이로써 적절한 수의 자유도를 가지게 됨으로써 줄에 연결된 상태에서 수술 기구의 손쉬운 사용을 이룰 수 있다.
- [0035] 수술 기구(130)는 다수의 상이한 수술 기구들 중 어느 하나일 수 있다. 예를 들어, 수술 기구는 복강경 과정에서 사용되는 기구, 자연 개구부를 통한 내시경 수술(NOTES)에서 사용되는 기구, 캐놀라, 뱀 모양 로봇 수술 기구, 기준 위치를 확립하는데 사용되는 프로브, 또는 가요성 의료 기구에 대한 절대적 3-차원 자세 및 형상 정보가 유용한 의료 과정에서 사용되는 어떤 가요성 의료 기구일 수 있다.
- [0036] 도 1의 양태에서, 수술 기구(130)는 원단부에 단부 작동기를 가진 가요성 수술 기구로서 표시된다. 이것은 단지 예시일 뿐이며, 수술 기구(130)를 가요성 수술 기구에만 제한하는 것은 아니다.
- [0037] 기준 고정부(115)로부터 조인트(110)와 조인트 추적기(111)와 줄(120)을 통해서 수술 기구(13) 쪽으로 수술 기구(130)의 원위 부분까지 형상 센서(140)가 연장된다. 도 1의 양태에서, 형상 센서(140)는 각 기준 고정부(115)의 내강, 조인트(110)와 조인트 추적기(111), 줄(120) 및 수술 기구(130)를 통해 지나가는 것으로 예시된다. 이것은 단지 예시일 뿐이며, 이 특정한 예에 제한되는 것은 아니다. 본 명세서의 관점에서, 당업자는 조인트(110)와 조인트 추적기(111)를 통해서, 줄(120)과 수술 기구(130)를 통해서 기준 고정부(115)에 대해 형상 센서(140)를 배치함으로써, 사용된 수술 기구의 절대적 3-차원 자세 및 형상을 결정하기 위해 필요한 정보를 제공할 수 있다.
- [0038] 한 예에서, 형상 센서(140)는 형상 감지 광섬유이며, 광 주파수 영역 반사와 측정법이 호출기(170)에 이용된다. 특히, 형상 감지 광섬유는 광섬유 브래그 격자를 이용한다. 광섬유 브래그 격자의 사용은 단지 예시일 뿐이며, 후방산란을 생성하는데 있어서 이 특정한 메커니즘에 제한되는 것은 아니다. 본 명세서의 관점에서, 레일리 산란, 라만 산란 및 브릴루앙 산란을 포함하는 다른 광섬유 형상 감지 기술들도 사용될 수 있지만, 이들에 제한되는 것은 아니다.
- [0039] 또한, 형상 감지 광섬유의 사용 역시 예시이며 제한으로서 사용되지 않는다. 형상 센서(140)의 특정한 타입에 따라 해당 형상 센서에 맞는 호출기가 사용된다. 호출기로부터의 데이터는 하기 더 완전히 설명된 것들과 동일한 기술들을 사용하여 처리되며, 이로써 절대적 3-차원 데이터가 얻어진다. 따라서, 이미 언급된 대로, 이 예는 형상 감지 광섬유를 사용해서 절대적 3-차원 자세 정보를 생성하는 예시이며, 설명된 특정한 형상 감지 광섬유에 제한되는 것은 아니다.
- [0040] 한 양태에서, 형상 센서(140)는 다중-코어 형상 감지 광섬유를 사용하여 실시된다. 한 예에서, 광섬유는 3개 코어 광섬유이며, 이것은 하기 더 완전히 설명된다. 다른 구체예에서, 다양한 수의 코어가 사용될 수 있다.
- [0041] 호출기(170)가 형상 센서(140)의 광섬유를 호출해서 컨트롤러(180)의 입력/출력 모듈(181)에 형상 정보를 제공한다. 프로세서 모듈(182)의 프로세서가 형상 정보 처리 모듈(184)을 사용해서 입력/출력 모듈(181)에 의해서 수신된 정보를 처리한다.

- [0042] 조인트 추적기(111)로부터 얻은 정보를 사용해서 위치 **L0**에서 기준 프레임의 자세가 결정된다. 이 예에서는 위치 **L0**에서 기준 프레임의 위치가 고정되지만, 위치 **L0**에서 기준 프레임의 배향은 조인트(110)가 움직임에 따라 변할 수 있다는 것을 유념한다. 조인트(110)의 타입에 따라서, 조인트가 움직임에 따라 위치 **L0**에서 기준 프레임의 위치 및 배향에 있어서 자유도가 상이하게 변한다. 하기 더 완전히 설명된 대로, 형상 센서(140)로부터 얻은 정보를 사용해서 프로세서가 적분을 수행한다. 적분에 의해 위치 **L0**에서의 기준 프레임 내에서 위치 **L1**에서의 프레임에 대한 자세 정보가 생성된다. 프로세서는 이 자세 정보와 위치 **L0**에서의 기준 프레임의 자세를 조합해서 위치 **Lref**에서의 고정된 보편 기준 프레임 내에서 위치 **L1**에서의 프레임에 대한 자세 정보를 생성할 수 있다.
- [0043] 유사하게, 위치 **L0**에서 위치 **L2**까지 형상 센서(140)로부터 얻은 정보를 적분하여 위치 **L0**에서의 기준 프레임 내에서 위치 **L2**에서의 프레임에 대한 자세 정보를 생성한다. 이것을 위치 **L0**에서의 기준 프레임의 자세와 조합해서 위치 **Lref**에서의 고정된 보편 기준 프레임 내에서 위치 **L2**에서의 프레임에 대한 자세 정보를 생성한다. 또한, 이 적분은 위치 **Lref**에서의 고정된 보편 기준 프레임 내에서 위치 **L1**과 **L2** 사이의 수술 기구(130)의 형상 정보를 제공한다.
- [0044] 이 예에서, 위치 **L0**에서 초기 위치(x_0, y_0, z_0)가 고정되어 공지되고, 위치 **Lref**에서 고정된 보편 기준 프레임에 맵핑된다. 고정된 보편 기준 프레임 내의 초기 위치는 하기 더 완전히 설명된 예에서 오프셋 벡터 \vec{v}_0 에서 사용된다(식 (17) 참조). 조인트 추적기(111)로부터의 측정값을 포함하는 고정된 보편 기준 프레임의 배향은 좌표계 행렬 \overline{C}_0 에 사용된다(식 (9) 참조).
- [0045] 곡선 좌표 **L0+S1**에서, 즉 위치 **L1**에서 좌표(x_n, y_n, z_n)를 얻기 위해 사용된 한 과정의 더 상세한 설명은 2008년 6월 30일 제출된 Giuseppe M. Prisco가 발명자인 동시에 양도된 미국 특허출원 공개 US 2009/0324161 A1, 발명 명칭 "FIBER OPTIC SHAPE SENSOR"에 설명된다.
- [0046] 형상 센서(140)는 조인트(110)와 조인트 추적기(111) 쪽의 근위에서 제자리에 고정된다(여기서, 원위는 조인트(110)와 조인트 추적기(111)로부터 떨어져서 수술 기구(130)를 향하고 있고, 근위는 반대 방향이다). 위치 **L0**는 전형적으로 조인트 추적기(111)에서 조인트(100)의 중심선에 있으며, 이로써 형상 센서(140)는 위치 **L0**로부터 제거된, 예를 들어 감지된 영역으로부터 제거된 위치에서 제자리에 고정된다.
- [0047] 형상 감지 광섬유를 제자리에 고정하기 위한 기술과 방법은 2008년 6월 30일 제출된 Theodore W. Rogers 및 Giuseppe Prisco가 발명자인 동시에 양도된 미국 특허출원 제12/164,297호, 발명 명칭 "FIXTURE FOR SHAPE-SENSING OPTICAL FIBER IN A KINEMATIC CHAIN"에 설명되며, 이것은 그 전체가 참고자료로 본원에 포함된다. 또한, 원격통신 산업에서 사용되는 광섬유에 서비스 루프를 생성하기 위한 종래의 기술이 사용될 수 있다.
- [0048] 한 양태에서, 형상 센서(140)는 형상 센서(140)가 수술 기구(130)로 들어간 위치 **L1**에 공지된 기하 형상과 같은 공지된 특징부를 가진다. 한 양태에서, 수술 기구(130)에서 형상 센서(140)의 원단부는 자유롭게 움직인다.
- [0049] 수술 기구(130)의 근위 진입 위치에서 형상 센서(140)에 공지된 특징부를 실시하기 위한 적합한 기술은 2009년 11월 13일 제출된 Giuseppe M. Prisco가 발명자인 동시에 양도된 미국 특허출원 제12/618000호, 발명 명칭 "FIBER OPTIC SHAPE SENSOR"에 설명되며, 이것은 그 전체가 참고자료로 본원에 포함된다. 또한, 2009년 11월 13일 제출된 Vincent Duindam 등이 발명자인 공동으로 양도된 미국 특허출원 제12/618,082호, 발명 명칭 "Method and System to Sense Relative Partial-Pose Information Using a Shape Sensor"를 참조하며, 이것은 그 전체가 본원에 참고자료로 포함된다.
- [0050] 한 양태에서, 위치 **L1**에 기하 중심을 가진 형상 센서(140)에서 공지된 특징부는 S-커브이다. 형상 센서(140)가 위치된 내강은 공지된 특징부를 제공할 수 있는 모양일 수 있거나, 또는 달리 형상 센서(140) 상에 클램프 또는 클램프들을 사용해서 공지된 특징부를 생성할 수 있다.
- [0051] 형상 센서(140)의 진입 지점에서 선택적으로 공지된 특징부가 사용된다. 또는 달리, 줄의 길이와 위치 **L0**에서 줄의 근단부까지 기준 고정부(115)에서 어떤 거리의 길이를 측정해서 위치 **L1**을 결정할 수 있다. 일부 용도에 서, 위치 **L1**은 관심 대상이 아니다. 전형적으로, 가요성 수술 기구의 경우, 수술 기구의 원단부의 마지막 1/2 미터 내지는 1 미터의 형상과 수술 기구의 원단부의 자세가 관심의 대상이다.
- [0052] 형상 센서(140)가 다중-코어 형상 감지 광섬유인 양태에서는 꼬임이 측정된 형상 정보를 왜곡하기 때문에 형상 센서(140)가 줄(120)과 수술 기구(130) 안에서 꼬이지 않도록 주의해야 한다. 실제로 형상 센서에만 의존하여

3-차원 자세를 결정하는 일부 종래의 시스템에서는 꼬임의 존재가 부정확한 결과를 가져왔다.

- [0053] 한 양태에서, 형상 센서(140)의 꼬임(접선축을 중심으로 한 회전)은 줄(120)의 본체와 수술 기구(130)의 본체에 토선에 대해 강성인 재료를 사용함으로써 완화된다. 이 본체들을 위한 적합한 재료는 내시경 본체에 사용되는 재료들을 포함한다.
- [0054] 여기서 토선에 대해 강성인 본체는 정상 하중 및 정상 사용 상황에서 사용되는 동안 역치보다 적은 꼬임을 나타내는 본체이다. 역치는 수술 기구(130)를 사용하는 동안 의사를 귀찮게 하는 꼬임의 양인데, 형상 센서의 꼬임에 의해서 도입되는 측정 오차로 인해서 수술 기구(130)를 조작할 때 기구(130)의 시각 영상이 의사가 행하는 동작을 따르지 않기 때문이다. 실험은 대부분의 의사들이 꼬임의 $\pm 10^\circ$ 의 역치를 수용할 수 있다는 것을 나타냈다.
- [0055] 형상 센서(140)의 어떤 꼬임을 더 제한하기 위해서, 토선에 대해 강성인 본체가 비-원형 단면을 가진 본체의 내강 및 동일한 비-원형 단면을 가진 형상 센서와 함께 사용될 수 있다. 이러한 단면은 내강 안에서 형상 센서가 꼬이는 것을 방지하며, 그래서 어떤 꼬임은 토선에 대해 강성인 본체에 의해 부여되는 것이다.
- [0056] 예를 들어, 도 2a에서 토선에 대해 강성인 본체(210A)는 비-원형 단면(211A)을 가지고, 형상 센서(240A)도 동일한 비-원형 단면을 가진다. 도 2b에서, 토선에 대해 강성인 본체(210B)는 둥근 삼각형 단면(211B)을 가진 내강을 가지고, 형상 센서(240B)도 동일한 둥근 삼각형 단면을 가진다.
- [0057] 도 2a 및 2b의 단면은 단지 예시일 뿐이며, 제한으로 사용되지 않는다. 형상 센서의 단면 형상을 알고 있을 때, 실질적으로 동일한 단면 형상을 가진 내강이 토선에 대해 강성인 줄 안에 형성될 수 있다. 예를 들어, 형상 센서의 단면이 D자 모양이면 줄의 내강의 단면도 D자 모양을 가질 것이다.
- [0058] 다른 양태에서, 형상 센서(140)의 꼬임이 저마찰 튜빙으로 형상 센서(140)를 감싸므로써 완화되며, 이로써 형상 센서(140)는 튜빙의 내강 안에서 자유롭게 회전하고, 튜빙 안에서의 어떤 꼬임과 무관하게 역치 이상의 꼬임을 나타내지 않게 된다. 저마찰 튜빙은 줄의 내강과 수술 기구의 내강을 통해 지나간다.
- [0059] 예로서, 저마찰 튜빙은 플루오르화 폴리머로 제조된다. 플루오르화 폴리머의 한 예는 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)이다.
- [0060] 또는 달리, 토선에 대해 강성인 본체가 이 토선에 대해 강성인 본체의 내강에 삽입된 저마찰 튜빙과 함께 사용될 수 있다. 토선에 대해 강성인 줄 본체가 사용되는지, 저마찰 튜빙이 줄의 내강에 사용되는지, 또는 이 둘의 조합이 사용되는지에 관계없이, 형상 센서는 실질적으로 꼬임 없이 유지된다. 여기서 실질적으로 꼬임이 없다는 것은 형상 센서의 꼬임이 토선에 대해 강성인 줄에 대해 상기 설명된 역치 미만인 것을 의미한다.
- [0061] 도 3은 기준 고정부(315)의 한 예의 투시 단면도이다. 기준 고정부(315)의 본체(350)는 제1 엷지면(352)에서 제2 엷지면(353)까지 본체(350)를 통해서 연장된 내강(351)을 가진다. 또한, 본체(350)는 제1 엷지면(352)에서 제2 엷지면(353)까지 본체(350) 안에서 연장된 복수의 나삿니형 스크류 홀을 포함한다. 도 3에서 복수의 나삿니형 스크류 홀의 나삿니형 스크류 홀(363-1, 363-3, 364-1, 364-3)을 볼 수 있다. 복수의 스크류 홀을 사용해서 볼 조인트(310)를 본체(350)에 부착한다.
- [0062] 볼 조인트(310)는 내강(351)에 장착된 제1 베어링(361) 및 제2 베어링(362)을 포함한다. 제1 및 제2 베어링(361, 362)은 내강(351)을 통해 지나가는 중공 로드(360)를 지지한다. 중공 로드(360)는 제1 엷지면(352)을 지나서 연장된다.
- [0063] 줄(320)은 제1 엷지면(352)을 지나서 연장된 중공 로드(360)의 단부에 클램프(321)에 의해 연결된다. 이로써 줄(320)의 근단부의 볼 동작이 로드(360)에 전달된다.
- [0064] 또, 중공 로드(360)는 제2 엷지면(352)을 지나서 연장되며, 중공 로드(360)에 고정된 볼 조인트 추적기(311)의 내강을 통해 지나간다. 이로써 줄(360)이 터닝함에 따라 볼 동작이 볼 조인트 추적기(311)에 전달되고, 볼 조인트 추적기(311)에 의해서 측정된다. 볼 조인트 추적기(311)는 종래의 선택적 조인트 추적기이며, 당업자에게 잘 알려져 있다.
- [0065] 선택적 조인트 추적기의 사용은 단지 예시일 뿐이며, 제한으로 사용되지 않는다. 조인트 또는 조인트들을 선택할 때 적절한 추적 메커니즘이 선택될 수 있다. 조인트가 자유도를 갖지 않는다면 조인트 추적기는 사용되지 않는다.
- [0066] 형상 센서(340)가 중공 로드(360)를 통해 지나가서 형상 센서(340)가 볼 조인트 추적기(311)에 인접한 로드

(360)의 단부를 지난 후에 제자리에 고정된다. 형상 센서(340)는 상기 설명된 대로 제자리에 고정된다.

- [0067] 도 3의 예에서, 단일 자유도가 고정부(315)에 의해 제어된다. 다른 실시형태에서, 추가의 자유도가 기준 고정부에 의해 제어될 수 있으며, 이로써 수술 기구의 조작능이 개선된다.
- [0068] 고정된 보편 기준 프레임 내에서 3-차원 형상 및 자세 측정값을 얻을 수 있는 능력은 최소 침습 수술 과정에 이용될 수 있는 역량을 증진시킨다. 두 가지 예들이 고려된다. 제1 예에서는 최소 침습 원격조종 수술 시스템과 복강경 시스템이 함께 사용된다. 제2 예에서는 복강경 시스템만 고려된다.
- [0069] 제1 예는 캘리포니아 서니베일의 Intuitive Surgical, Inc.에 의해 제조된 da Vinci® 수술 시스템과 같은 종래의 최소 침습 원격조종 수술 시스템을 포함하며, 시스템이 자체적으로 지니고 있는 내부 시스템 지식을 이용한다. 제2 예는 복강경 배치 시스템에 의해서 직접 얻어지는 모든 정보를 수집하는 종합적 복강경 버전이다.
- [0070] 최소 침습 로봇 수술 시스템을 나타낸 제1 예에서, 시스템의 단지 일부만이 도 4a에 예시된다. 카트(405)가 복수의 조작기를 지지한다. 이 예에서는 내시경 카메라 조작기(406)가 예시된다.
- [0071] 내시경 카메라 조작기(406)에 장착된 기준 고정부(415)는 기준 고정부(415)가 복수의 줄에 연결된 것을 제외하면 기준 고정부(115)와 유사하며, 이 예에서 줄은 줄(421)과 줄(422)을 포함한다. 다시, 이 예에서, 위치 **Lref**에서 고정된 보편 기준 프레임은 환자(490) 위의 위치에 한정된다. 줄(421)을 통해 지나간 형상 센서에 대한 기준 프레임은 위치 **L0-1**에 한정되고, 줄(422)을 통해 지나간 형상 센서에 대한 기준 프레임은 위치 **L0-2**에 한정된다.
- [0072] 도 1과 관련하여 상기 설명된 것과 유사한 방식으로, 위치 **L0-1**에서 기준 프레임 내의 자세는 컨트롤러(180)에 의해서 위치 **Lref**에서 고정된 보편 기준 프레임에 맵핑된다. 유사하게, 위치 **L0-2**에서 기준 프레임 내의 자세도 컨트롤러(180)에 의해서 위치 **Lref**에서 고정된 보편 기준 프레임에 맵핑된다.
- [0073] 이 예에서, 줄(421)을 통해 지나간 형상 센서는 줄(421)을 떠나 캐블라(431)에 진입한 후에 S-커브와 같은 공지된 특징부를 가진다. 유사하게, 줄(423)을 통해 지나간 형상 센서는 줄(422)을 떠나 캐블라(432)에 진입한 후에 공지된 특징부를 가진다. 캐블라(431, 432)는 특정 수술 기구의 예이다.
- [0074] 이 예에서, 기준 고정부(415)는 캐블라(431)에 연결된 줄(421)에 연결된 조인트의 동작을 추적하는 제1 조인트 추적기, 및 캐블라(432)에 연결된 줄(422)에 연결된 조인트의 동작을 추적하는 제2 조인트 추적기를 포함한다.
- [0075] 그러나, 일부 양태에서는 줄이 토션에 대해 강성이어도 기준 구조에 어떤 자유도를 가진 조인트를 제공하지 않아도 수술 기구의 조작능이 충분하다. 예를 들어, 캐블라는 1도 동작의 조인트가 필요하지 않은 토션에 대해 강성인 줄에 부착되었을 때 충분히 움직일 수 있다. 이 상황에서, 기준 구조의 조인트는 0의 자유도를 가지고, 조인트 추적기는 사용되지 않는다.
- [0076] 캐블라(431)에서 형상 센서의 공지된 특징부는 정보를 제공하며, 이 정보를 처리해서 위치 **L3**에서 캐블라(431)의 자세를 결정할 수 있다. 하기 더 완전히 설명된 대로, 형상 센서(140)로부터 얻은 정보의 적분이 위치 **L0-1**에서 위치 **L3**까지 수행되어 위치 **L0-1**에서의 기준 프레임 내에서 위치 **L3**에서의 프레임에 대한 자세 정보가 생성된다. 이것을 위치 **L0-1**에서 기준 프레임의 자세와 조합해서 위치 **Lref**에서의 고정된 보편 기준 프레임 내에서 위치 **L3**에서의 프레임에 대한 자세 정보를 생성한다. 이 과정은 도 1과 관련해서 상기 설명된 것과 동일하다. 동일한 과정을 사용해서 위치 **Lref**에서의 고정된 보편 기준 프레임 내에서 위치 **L4**에서의 캐블라(432)의 3-차원 자세를 얻는다.
- [0077] 기준 고정부(415)가 장착된 조작기에 대한 3-차원 자세 정보는 최소 침습 수술 시스템 내에 내부적으로 알려진다. 이로써 캐블라(431, 432)에 대해 고정된 보편 기준 프레임에 생성된 자세 정보가 조작기에 대한 기준 프레임에 맵핑될 수 있다.
- [0078] 줄로 이어진 캐블라(432)와 수술 기구(433) 사이에 제2 줄(423)을 추가함으로써 수동 삽입 수술 기구(433)(도 4b)의 삽입 깊이가 직접 측정된다. 형상 센서가 위치 **L0-2**를 통해서 줄(421)을 통해서 캐블라(432)까지 연장되고, 캐블라(432)로부터 줄(423)을 통해서 수술 기구(433)의 공지된 특징부까지 연장된다. 도 4b의 예에서, 위치 **Lref**에서 고정된 보편 기준 프레임 내의 위치 **L5**에서의 자세와 위치 **Lref**에서 고정된 보편 기준 프레임 내의 위치 **L4**에서의 자세를 사용해서 삽입 깊이를 결정한다. 두 위치에서 자세들 사이의 거리는 기구(433)가 삽입됨에 따라 감소한다.
- [0079] 최소 침습 원격조종 수술 결합형 시스템을 이용하는 시스템은 카메라에 대한 기준이 카메라 각도, 카메라 끝의

삽입 깊이 및 초점 깊이와 같은 시스템에 알려진 상황 변수를 사용할 수 있다는 점에서 상당한 이점을 가진다. 복강경 시스템에서만도 모든 변수가 직접 측정되어야 한다.

- [0080] 동일한 기준점까지 뒤로 연결된 줄에 의해서 캐놀라 위치들을 전부 직접 측정해서 상기 설명된 것과 동일한 방식으로 카메라 캐놀라와 관련해서 기구 캐놀라의 벡터를 확립할 수 있다. 스코프 삽입 깊이는 상기 설명된 대로 추가의 줄을 사용해서 측정될 수 있다.
- [0081] 상기 설명된 대로, 한 양태에서, 형상 센서는 광섬유 브래그 격자를 가진 다중-코어 광섬유를 사용하여 실시된다. 한 예에서, 광섬유는 아래 더 완전히 설명된 대로 3개의 코어 광섬유이다. 다른 구체예에서, 다양한 수의 코어가 사용될 수 있다.
- [0082] 이 예에서, 호출기(170)가 광섬유를 호출하고, 광섬유로부터의 형상 정보를 컨트롤러(180)의 입력/출력 모듈(181)에 제공한다. 호출기(170)는 광 주파수 영역 반사파 측정법을 실시하며, 광섬유의 각 코어에 대해서 표준 광 후방산란 반사계를 이용한다.
- [0083] 형상 정보는 불연속 곡선 좌표 $S(t)$ 의 함수로서 분석된다. 컨트롤러(180)의 프로세서 모듈(182)의 프로세서가 메모리(183)에 저장된 형상 정보 처리 모듈(184)의 컴퓨터 명령을 실행한다. 프로세서는 위치 $L0$ 에서의 기준 프레임을 결정한다. 다음에, 프로세서는 위치 $L0$ 에서의 기준 프레임의 위치에서 위치 $L1$ 에서의 공지된 특징부의 기하 중심까지 적분을 수행한다. 한 양태에서, 공지된 특징부의 기하 중심 위치는 공지된 특징부를 표시하는 형상 신호의 중심을 발견함으로써 결정된다.
- [0084] 적분(하기 식 (15) 참조)은 위치 $L1$ 에서 공지된 특징부의 x - y - z 위치 및 배향을 생성하고, 차례로 이것을 사용해서 위치 $Lref$ 에서의 고정된 보편 기준 프레임에 대해 공지된 특징부의 기하 중심의 위치 및 각도를 결정할 수 있다.
- [0085] 곡선 좌표 $L0+S1$ 에서 좌표 (x_n, y_n, z_n) 를 얻기 위해서 사용된 한 과정의 더 상세한 설명은 동시에 양도된 동시 계류중인 미국 특허출원 공개 US 2009/0324161 A1에 설명되며, 이것은 그 전체가 본원에 참고자료로 포함된다.
- [0086] 도 5는 광섬유 코어(500)의 한 구성형태의 도식도이다. 동시에 양도된 동시 계류중인 미국 특허출원 공개 US 2009/0324161 A1에 다른 구성형태들도 예시된다.
- [0087] 도 5에서는 명료하게 하기 위해 둘러싼 외피와 섬유는 생략된다. 도시된 많은 수직선은 각각 각각의 인접한 광섬유 브래그 격자들을 나타낸다. 하기 설명된 대로, 각 코어는 단일 광섬유에서 3개 이상의 코어로 이루어진 하나의 코어이다.
- [0088] 도 5에 도시되고 상기 설명된 대로, 곡선 좌표계 $S(t)$ 는 섬유 및 그에 따른 코어(500)와 다른 코어들(미도시)에 대해서 한정된다. 일부 경우, 좌표계 $S(t)$ 의 원점의 위치 $L0$ 는 상기 설명된 대로 고정부(115)에 대해 한정된다.
- [0089] 일단 원점 위치 $L0$ 이 한정되면, 하나 이상의 형상 감지 구간이 코어를 따라 있는 위치들 사이에 한정된다. 코어에서 각 한정된 형상 감지 구간은 1개의 광섬유 브래그 격자의 일부, 또는 1개의 완전한 광섬유 브래그 격자, 또는 많은 인접한 광섬유 브래그 격자들을 함유한다. 도 5에 도시된 대로, 코어(500)는 그것의 전체 길이를 따라 한정된 광섬유 브래그 격자들을 가지며, 형상 감지 구간(518)이 코어의 원단부에 한정되고, 광섬유 브래그 격자가 형성된 코어에는 추가의 구간들은 한정되지 않는다. 형상 감지 구간은 위치 $L9$ 에서 시작해서 거리 $S9$ 만큼 연장된다.
- [0090] 도 6은 예시적인 기준 프레임이 한정된 광섬유(600)의 근단부의 도식도이다. 도 6에 도시된 대로, 섬유(600)는 외피층(600a) 내에 3개의 광섬유 브래그 격자 형성 코어(602a, 602b, 602c)를 가진다. 각 코어(602a, 602b, 602c)는 광섬유(600)에 중심이 있는 정삼각형의 꼭지점에 위치된다.
- [0091] 도 6에 도시된 대로, 데카르트 기준 프레임이 광섬유(600)에 대해 한정된다. 이 데카르트 기준 프레임의 한 축은 코어 중 하나와 교차하고(예시로서 x -축이 코어(602a)와 교차하는 것으로 도시된다), 다른 축은 광섬유(600)의 중심선에 접선이다. 코어를 통해서 연장되도록 x -축을 한정함으로써 광섬유(600)의 중심선 주변으로 회전 기준이 제공된다. x -축의 정의는 임의적이며, 광섬유가 매립된 운동학적 사슬의 기하구조에 기초할 수 있다. 예를 들어, x -축은 광섬유가 매립되거나 결합된 운동학적 사슬의 한 조인트 축과 정렬될 수 있다.
- [0092] 도 6에 도시된 데카르트 기준 프레임(x, y, z)은 곡선 좌표계 $S(t)$ 의 원점과 일치하는 원점과 함께 정의되었을 때는 베이스 프레임으로서 기능한다. 데카르트 기준 프레임이 구간 시작 위치에서의 원점과 함께 정의되었을

때는 데카르트 기준 프레임이 형상 감지 구간 기준 프레임으로서 기능한다. 데카르트 기준 프레임은 구간 종료 위치에서도 유사하게 정의될 수 있다. 도 6에는 3개의 코어가 도시되지만, 다른 수의 코어도 사용될 수 있다 (예를 들어, 평면 휨 측정을 위해서는 2개의 대향하는 코어, 섬유 꼬임을 측정하기 위해서는 4개의 코어 등).

[0093] 도 7은 형상 감지에 사용된 광섬유에서 구간 시작점에서의 기준 프레임을 예시하는 도식도이다. 도 7은 광섬유 (700)를 묘사하며, 한 구체예에서 이것은 도 6에 예시된 대로 3개의 코어를 갖도록 구성된다(4개의 코어 또는 다른 코어 구성형태도 사용될 수 있다). 2개의 형상 감지 구간이 광섬유(700)에 한정된다. 제1 구간(702a)은 곡선 기준 위치 **L0**(구간 시작)에서 곡선 기준 위치 **L0+S1**(구간 종료)까지 한정된다. 제2 구간(702b)은 곡선 기준 위치 **L1**(구간 시작)에서 곡선 기준 위치 **L1+S2**(구간 종료)까지 한정된다. 본 발명의 양태에 따라서, 제1 데카르트 기준 프레임(704a)이 구간 시작점 **L0**에서 한정된다. 기준 프레임(704a)의 z-축은 구간 시작점 **L0**에서 광섬유(700)의 중심선에 접선이다. 기준 프레임(704a)의 x-축은 도 6에서 설명되고 예시적으로 도시된 대로 코어들 중 하나를 통해서 지나간다. 유사하게, 제2 데카르트 기준 프레임(704b)이 구간 시작점 **L1**에서 한정되고, 이때 기준 프레임(704b)의 z-축은 구간 시작점 **L1**에서 광섬유(700)의 중심선에 접선이다. 기준 프레임(704b)의 x-축인 기준 프레임(704a)의 x-축과 동일한 코어를 통해서 지나간다.

[0094] 도 8에 예시된 베이스 기준 프레임과 도 7에 예시된 2개의 구간 시작 기준 프레임은 상호 관련되며, 전체 3개는 동일한 코어(예를 들어, 코어(702a))를 통해서 한정된 하나의 법선축(예를 들어, x-축)을 가진다.

[0095] 다음은 컨트롤러(180)의 전자 데이터 처리 유닛, 간단히 말하면 프로세서에 의해서 수행되는 계산을 예시한다. 당업자는 전자 데이터 처리 유닛을 구성하는데 있어서 많은 하드웨어, 펌웨어 및 소프트웨어 옵션이 존재하며, 필요한 계산의 실시가 본 설명에 비추어 통상적으로 이루어진다는 것을 이해할 것이다.

[0096] 국소 변형응력 $\varepsilon(s)$ 는 주어진 섬유 코어를 따라 거리의 함수로서 작성된다:

$$\varepsilon_n = \varepsilon(\Delta d_n) \quad (1)$$

[0097]

[0098] 상기 식에서, Δd 는 지수 n 당 거리 증분이다. Δd 값은 OFDR-기반 호출기의 분해능에 따라서 설정된다. 예를 들어, 국소 변형응력 $\varepsilon(s)$ 는 각 코어에 대해 각 섬유 코어를 따라 거리의 함수로서 버지니아 로어노크 소재의 Luna Innovations Incorporated로부터 상업적으로 입수가능한 제품인 "광 후방산란 반사계"를 사용하여 얻어진다. 이러한 장치는 본원에 참고자료로 포함되는 광 후방산란 반사계 사용자 가이드 챕터 5-6, 33-60(Luna Technologies, Inc. 2004)(OBR 제어 소프트웨어 버전 0.42 베타의 문서 버전 1.0)에 나타난 대로, 섬유 코어를 따라 거리의 함수로서 반사된 빛의 상 도함수를 출력할 수 있다. 이러한 상 도함수 정보는 식 (1)에서 소정의 국소 변형응력 $\varepsilon(s)$ 에 비례한다.

[0099] 섭동이 미리 설정된 경우, 코어들 사이의 차등 변형응력이 필요하다. 3개의 코어에 대해서 필요한 차등 변형응력은 다음과 같다:

$$\Delta \varepsilon_{p,n} = \varepsilon_{2,n} - \varepsilon_{1,n} \quad (2a)$$

$$\Delta \varepsilon_{q,n} = \varepsilon_{3,n} - \varepsilon_{1,n} \quad (2b)$$

[0100]

[0101] 상기 식에서, $\Delta \varepsilon_p$ 및 $\Delta \varepsilon_q$ 는 2개의 차등 변형응력 어레이를 지정한다.

[0102] 다음에, 이들 차등 변형응력이 간단한 선형 변환을 이용해서 정규 직교 좌표계에서 국소 휨으로 전환될 수 있다:

$$\begin{bmatrix} \theta_{x,n} \\ \theta_{y,n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{px} & m_{qx} \\ m_{py} & m_{qy} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \varepsilon_{p,n} \\ \Delta \varepsilon_{q,n} \end{bmatrix} \quad (3)$$

[0103]

[0104] \overline{m} 은 다중-코어 섬유를 충분히 설명하며, 좌표계에서 코어들의 위치 및 섬유의 초기 회전 배향의 효과를 포착한다.

[0105] 다음에, 이들 2개의 회전값을 사용하여, 하기 등식에 따라서 x-축을 중심으로 한 각도 $\theta_{x,n}$ 의 제1 회전과 y-축을 중심으로 한 $\theta_{y,n}$ 의 제2 회전의 곱과 동등한 회전 행렬을 생성한다:

$$\overline{\overline{R}}_{x,n} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

$$\overline{\overline{R}}_{y,n} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix}$$

$$\overline{\overline{R}}_n = \overline{\overline{R}}_{x,n} \overline{\overline{R}}_{y,n} \quad (4)$$

[0106]

[0107] 소 각도 근사를 위해서 상기 식은 다음과 같이 단순화된다:

$$\overline{\overline{R}}_n = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \theta_{y,n} \\ 0 & 1 & -\theta_{x,n} \\ -\theta_{y,n} & \theta_{x,n} & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

[0108]

[0109] 상기 식에서, 1차 소 각도 근사가 사용되기 때문에, $\theta_x \ll 1$ 이고, $\theta_y \ll 1$ 인 경우에만 $\overline{\overline{R}}_n$ 이 유효 회전 행렬이 된다.

[0110] 충분히 작은 공간 증분이 사용될 경우 상기 조건을 만족시키는 것이 어렵다. 다음에, 이 회전 행렬이 섬유상의 n 번째 위치에 있는 좌표계로 이동된다. 이 방식에서, 계산을 반복함으로써 섬유의 길이를 따라 나아가면서 그 길을 따라서 접선 벡터와 회전 좌표계를 한정하는 벡터들을 재구성한다. 반복 등식은 다음과 같다:

$$\overline{\overline{C}}_{n+1} = \overline{\overline{C}}_n \overline{\overline{R}}_n \quad (6)$$

[0111]

[0112] 또는, 소 각도 근사를 사용할 경우에는 다음과 같다:

$$\begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix}_{n+1} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix}_n \begin{bmatrix} 1 & 0 & \theta_y \\ 0 & 1 & -\theta_x \\ -\theta_y & \theta_x & 1 \end{bmatrix}_n \quad (7)$$

[0113]

[0114] 이로써 어레이를 따라 어떤 위치에서도 좌표계는 다음과 같이 주어진다:

$$\overline{\overline{C}}_p = \overline{\overline{C}}_0 \overline{\overline{R}}_0 \overline{\overline{R}}_1 \overline{\overline{R}}_2 \cdots \overline{\overline{R}}_p = \overline{\overline{C}}_0 \prod_{n=0}^p \overline{\overline{R}}_n \quad (8)$$

[0115]

[0116] 이 좌표계 행렬

$$\overline{\overline{C}}_0 = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix}_0 \quad (9)$$

[0117]

[0118] 의 초기값은 외부 좌표계에서 섬유의 초기 배향을 설명한다. 섬유가 처음에 z-축을 따라 정렬된다면, 이 행렬은 다음과 같이 될 것이다:

$$\overline{\overline{C}}_0 = \begin{bmatrix} \sin \beta & -\cos \beta & 0 \\ \cos \beta & \sin \beta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}_0 \quad (10)$$

[0119]

[0120] 상기 설명에서, 처음 2개 벡터는 여전히 1의 자유도를 가지는데, 이것은 축을 중심으로 한 점유의 회전이며, 상기 m-행렬에서의 동일한 회전 자유도이다. 많은 실시형태에서 이런 상황은 일반적으로 문제가 되지 않는데, 일반적으로 운동학적 사슬에 점유가 매립되거나 결합되는 방식과 보정에 의해 자동으로 처리되기 때문이다. 또한, 이것은 초기 행렬이 다음과 같이 제한되는 경우에도 완전한 일반성이 보유될 수 있음을 의미한다:

$$\overline{\overline{C}}_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}_0 \quad (11)$$

[0121]

[0122] 접선 벡터 \vec{t} 는 $\overline{\overline{C}}_{\text{matrix}}$ 의 마지막 칼럼이다:

$$\vec{t} = \overline{\overline{C}} \bullet \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

[0123]

[0124] 따라서, 어떤 특정 지점에서 접선 벡터는 앞선 회전 벡터들을 전부 곱한 값이다.

$$\vec{t}_p = \overline{\overline{C}}_0 \prod_{n=0}^p \overline{\overline{R}}_n \bullet \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

[0125]

[0126] 점유를 따라 어떤 지점에서든 그 위치는 앞선 접선 벡터들 전부의 합계에 이들이 표시된 점유의 길이를 곱한 값이다:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_q = \Delta d \sum_{p=0}^q \vec{t}_p \quad (14)$$

[0127]

[0128] 접선 벡터에 대한 식으로 치환하면 다음과 같이 된다:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_q = \Delta d \sum_{p=0}^q \left\{ \overline{\overline{C}}_0 \prod_{n=0}^p \overline{\overline{R}}_n \right\} \bullet \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (15)$$

[0129]

[0130] 일반성을 위해서, 임의의 오프셋 벡터를 추가함으로써 계산된 좌표들을 어떤 임의의 좌표계에 배치할 수 있다:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_q = \Delta d \sum_{p=0}^q \left[\left\{ \overline{\overline{C}}_0 \prod_{n=0}^p \overline{\overline{R}}_n \right\} \bullet \hat{z} \right] + \vec{v}_0 \quad (16)$$

[0131]

[0132] 여기서,

$$\vec{v}_0 = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{bmatrix} \quad (17)$$

[0133]

[0134] 및

$$\hat{z} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (18)$$

[0135]

[0136] 이다.

[0137]

구간의 종료점에서 기준이 되는 프레임의 위치 및 배향을 그 구간의 시작점에서 기준이 되는 프레임과 관련하여 계산하는 경우, $\overline{\vec{C}}_0$ 는 동일성 행렬이고, \vec{v}_0 는 0의 벡터로서, 해당 구간의 시작점에서 기준이 되는 프레임을 나타낸다. 또는 달리, 상기 계산은 다른 베이스에서, 또는 예를 들어 운동학적 사슬의 베이스에 위치한 보편 프레임에서 수행될 수 있다. 이 경우, $\overline{\vec{C}}_0$ 은 상기 언급된 베이스 프레임과 관련하여 해당 구간의 시작점에서 기준이 되는 프레임의 배향을 특정하는 3x3 행렬이고, \vec{v}_0 는 상기 언급된 베이스 프레임과 관련하여 시작 구간에서 기준이 되는 프레임의 원점의 위치를 특정하는 3x1 벡터이다.

[0138]

상기 언급된 대로, 일부 예에서, 양 Δd 는 사용된 특정 간섭계의 특성으로부터 알게 된다. 또는 달리, Δd 는, 예를 들어 고정부를 사용하여 해당 섬유 구간을 직선 라인에 배치하고, 등식 18로부터 계산된 구간 끝 위치와 해당 구간의 기지의 물리적 길이를 비교함으로써 보정될 수 있다.

[0139]

본 발명의 양태 및 구체예들을 예시하는 상기 설명 및 첨부한 도면들은 보호된 본 발명을 한정하는 청구항들을 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다. 다양한 기계적, 조성적, 구조적, 전기적 및 작동적 변화가 상기 설명 및 청구항의 정신 및 범위로부터 벗어나지 않고 이루어질 수 있다. 일부 예에서, 본 발명이 모호해지는 것을 피하기 위해서 잘 공지된 회로, 구조 및 기술은 상세히 나타내거나 설명되지 않았다.

[0140]

본원에서 사용된 광섬유 브래그 격자는 굴절률에서 공간적 주기성을 생성하기 위하여 코어의 굴절률을 연속적으로 조정하는 것을 포함한다. 이런 간격화는, 각 굴절률 변화로부터의 부분적 반사들이 좁은 대역의 파장에 간섭성 부가됨으로써 훨씬 더 넓은 대역을 통해 지나가는 동안에도 단지 이 좁은 대역의 파장만을 반사하도록 선택될 수 있다. 광섬유 브래그 격자를 제작하는 과정에서 이런 조정은 기지의 거리만큼 간격화되며, 이로써 기지의 파장 대역에서 반사가 일어난다. 그러나, 섬유 코어에 변형응력이 유도된 경우, 조정 간격은 코어의 변형 응력의 양에 따라서 변할 것이다.

[0141]

또한, 본 명세서의 용어는 본 발명을 제한하는 의도가 아니다. 예를 들어, "밑", "아래", "하부", "위", "상부", "부근", "원위" 등과 같은 공간적인 상대적 용어들은 도면에 예시된 한 요소 또는 특징부의 다른 요소 또는 특징부와 관계를 설명하기 위해서 사용될 수 있다. 이러한 공간적인 상대적 용어들은 도면에 도시된 위치 및 배향에 더하여 사용중인 또는 작동중인 장치의 상이한 위치(즉, 위치) 및 배향(즉, 회전가능한 배치)을 포괄하도록 의도된다. 예를 들어, 도면의 장치가 반전된다면, 다른 요소 또는 특징부의 "아래" 또는 "밑"이라고 설명된 요소가 다른 요소 또는 특징부의 "위" 또는 "바로 위"가 된다. 따라서, 예시적인 용어 "아래"는 위와 아래의 위치와 배향을 둘 다 포괄할 수 있다. 장치는 다른 식으로 배향될 수 있고(90도 회전되거나, 또는 다른 배향으로), 본원에서 사용된 공간적으로 상대적 설명은 그에 따라서 해석된다. 마찬가지로, 다양한 축을 따른 이동 및 축 주위에서의 움직임에 대한 설명도 역시 다양한 특별한 장치 위치 및 배향을 포함한다.

[0142]

또한, 단수형 "한" 및 "그"는 문맥상 다른 의미가 아니라면 복수 형태도 포함하도록 의도된다. 그리고, 용어 "포함한다", "포함하는", "포함한다" 등은 언급된 특징부, 단계, 작업, 요소 및/또는 구성요소의 존재를 명시하지만, 하나 이상의 다른 특징부, 단계, 작업, 요소, 구성요소 및/또는 군의 존재 또는 부가를 배제하지 않는다. 짝을 이루어 설명된 구성요소들은 전기적으로 또는 기계적으로 직접 연결될 수 있거나, 또는 이들은 하나 이상의 중간 구성요소를 통해 간접적으로 연결될 수 있다.

[0143]

기계 구조 또는 구성요소와 관련하여 사용된 용어 "가요성"은 광범하게 해석되어야 한다. 본래 이 용어는 손상

없이 될 수 있는 구조나 구성요소를 의미한다. 예를 들어, 가요성 기계 구조는 뱀 모양 구조에서의 "척추"와 유사한 일련의 밀접히 위치된 구성요소들을 포함할 수 있다. 이러한 구조에서 각 구성요소는 운동학적 사슬에 있는 짧은 링크이며, 각 링크 사이의 움직이는 기계적 구속장치(예를 들어, 핀 힌지, 컵/볼 등)가 링크들 사이의 상대적 운동에 1(예를 들어, 피치) 또는 2(예를 들어, 피치와 요우)의 자유도(DOF)를 허용할 수 있다. 다른 예로서, 가요성 기계 구조는 될 수 있는 클로즈드 튜브(예를 들어, 니티놀, 폴리머 등) 또는 다른 될 수 있는 피스(예를 들어, 컵-컷 튜브, 나선 코일 등) 등의 연속형일 수 있다. 따라서, 짧은 가요성 구조는 운동학적 사슬의 2개 링크 사이에 1 이상의 DOF를 제공하는 단일 기계적 구속장치(조인트)로서 모형화되어 사용될 수 있으며, 구조 자체가 몇 개의 연결된 링크로 이루어진 운동학적 사슬일 수도 있다.

[0144] 도 1에서는 메모리가 일체화된 구조로서 예시되지만, 이것은 모든 메모리가 동일한 물리적 위치에 있을 필요가 있다는 것으로서 해석되어서는 안 된다. 전체 메모리 또는 일부 메모리는 프로세서와 상이한 물리적 위치에 있을 수 있다. 메모리는 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리, 또는 이 둘의 어떤 조합을 말한다.

[0145] 프로세서는 프로세서에 의해 실행되는 명령을 담은 메모리에 연결된다. 이것은 컴퓨터 시스템 내에서 달성되거나, 또는 모뎀과 아날로그 라인, 또는 디지털 인터페이스와 디지털 전송선을 통한 다른 컴퓨터와의 접속을 통해 달성될 수 있다.

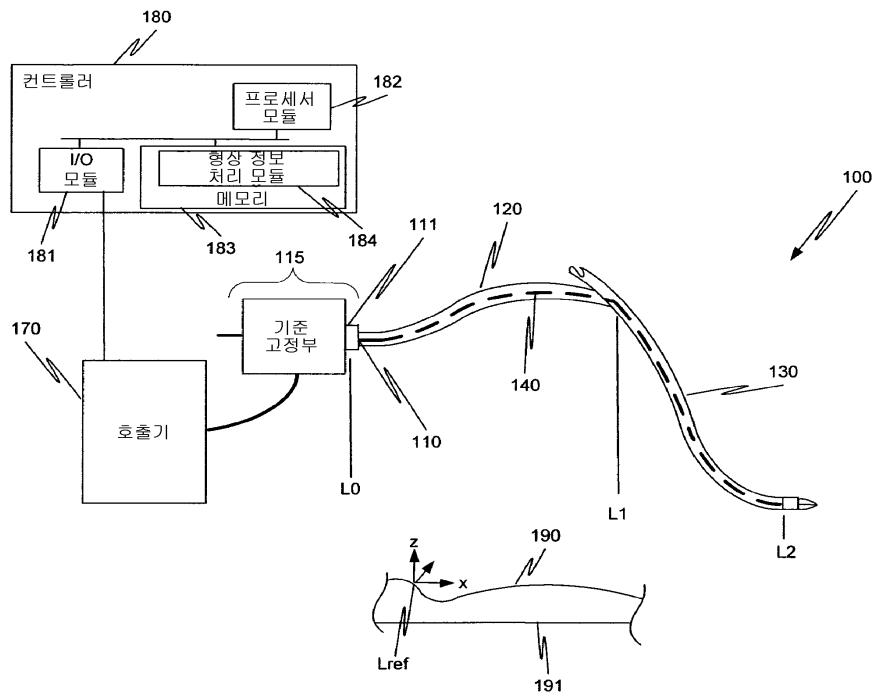
[0146] 여기서, 컴퓨터 프로그램 제품은 핸드 트래킹과 관련해서 설명된 과정들 중 어느 하나 또는 어떤 조합에 필요한 컴퓨터 판독가능한 코드를 저장하도록 구성된 매체, 또는 핸드 트래킹과 관련해서 설명된 과정들 중 어느 하나 또는 어떤 조합을 위한 컴퓨터 판독가능한 코드가 저장된 매체를 포함한다. 컴퓨터 프로그램 제품의 일부 예들은 CD-ROM 디스크, DVD 디스크, 플래시 메모리, ROM 카드, 플로피 디스크, 자기 테이프, 컴퓨터 하드 드라이브, 네트워크상의 서버 및 컴퓨터 판독가능한 프로그램 코드를 표시하는 네트워크를 통해 송신되는 신호들이다. 비-일시적 유형 컴퓨터 프로그램 제품은 다양한 컨트롤러와 관련해서 설명된 과정들 중 어느 하나 또는 어떤 조합을 위한 컴퓨터 판독가능한 명령을 저장하도록 구성된, 또는 다양한 컨트롤러와 관련해서 설명된 과정들 중 어느 하나 또는 어떤 조합을 위한 컴퓨터 판독가능한 명령이 저장된 비-일시적 유형 매체를 포함한다. 비-일시적 유형 컴퓨터 프로그램 제품은 CD-ROM 디스크, DVD 디스크, 플래시 메모리, ROM 카드, 플로피 디스크, 자기 테이프, 컴퓨터 하드 드라이브 및 다른 비-일시적 물리적 저장 매체이다.

[0147] 본 명세서의 관점에서, 형상 정보 처리 모듈과 관련하여 설명된 작업들 중 어느 하나, 또는 어떤 조합에서 사용된 지시는 사용자에게 관심 있는 작동 시스템 및 컴퓨터 프로그래밍 언어를 사용하여 광범한 컴퓨터 시스템 구성형태에서 실시될 수 있다.

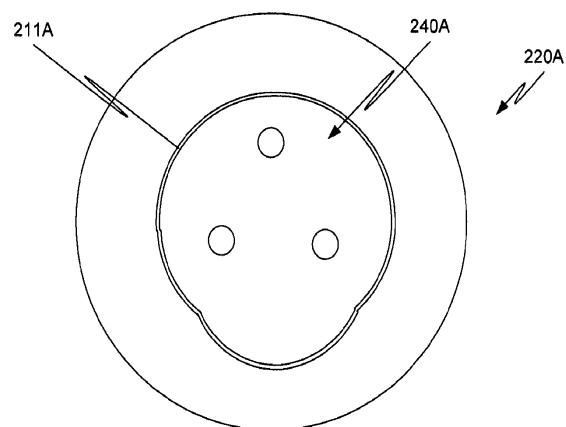
[0148] 모든 실시예 및 예시적인 언급은 비제한적이며, 본원에 설명된 특정 실시형태 및 구체예들과 이들의 등가물에만 청구항을 한정하는데 사용되어서는 안 된다. 표제는 단지 형식적인 것으로서, 어떤 식으로도 주제를 제한해서는 안 되며, 한 표제 아래의 내용은 하나 이상의 표제 아래의 내용에도 적용되거나, 서로 상호 언급될 수 있다. 마지막으로, 본 명세서의 관점에서 한 양태 또는 구체예와 관련하여 설명된 특정한 특징들은 도면에 구체적으로 도시되거나 내용에 설명되지 않았더라도 본 발명에서 개시된 다른 양태들 또는 구체예들에도 적용될 수 있다.

도면

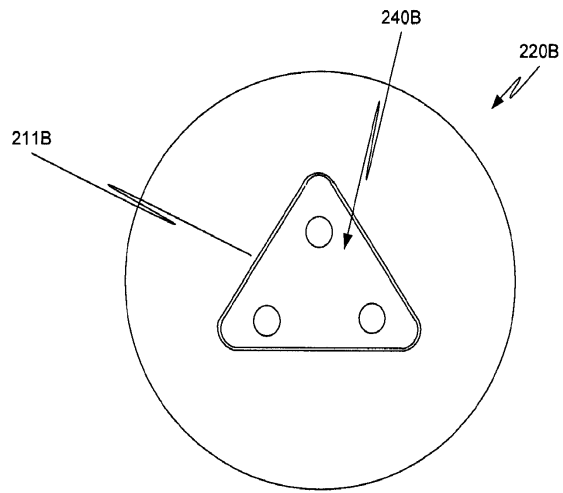
도면1



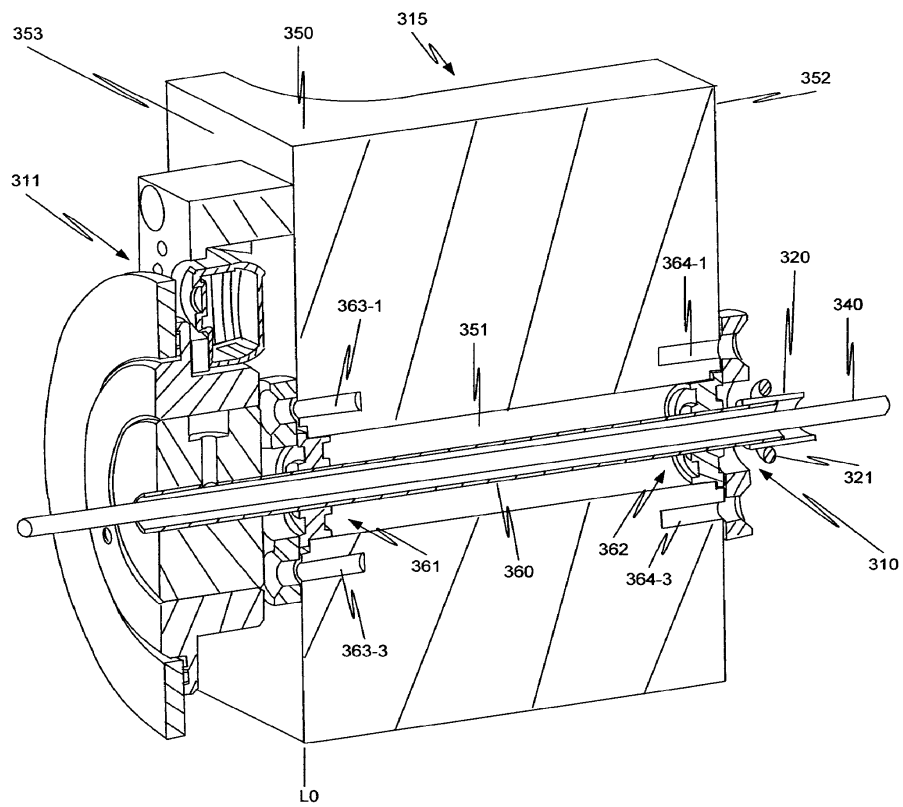
도면2a



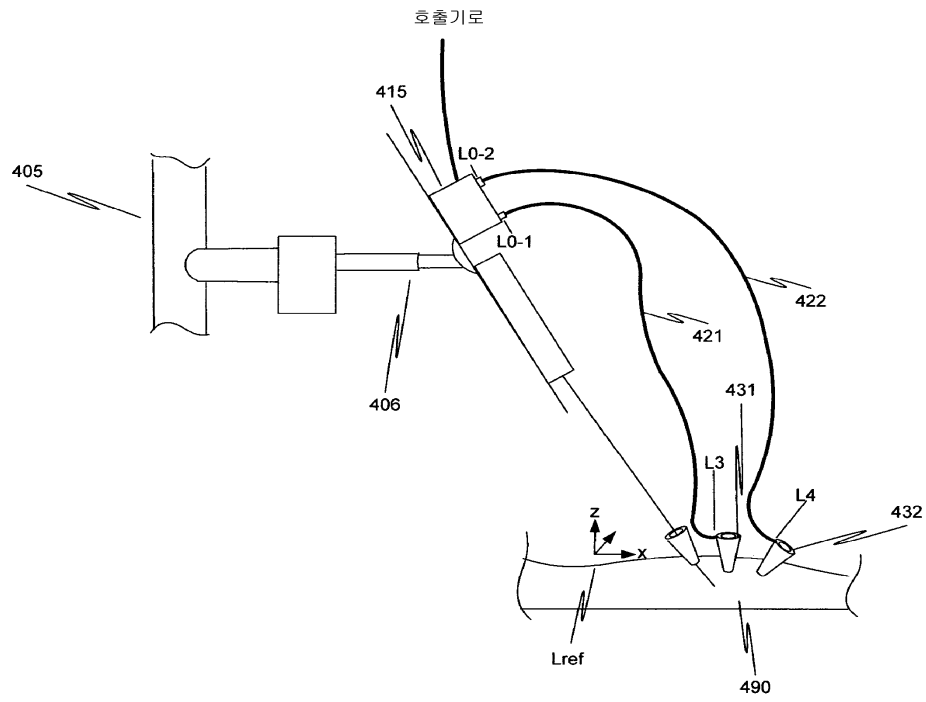
도면2b



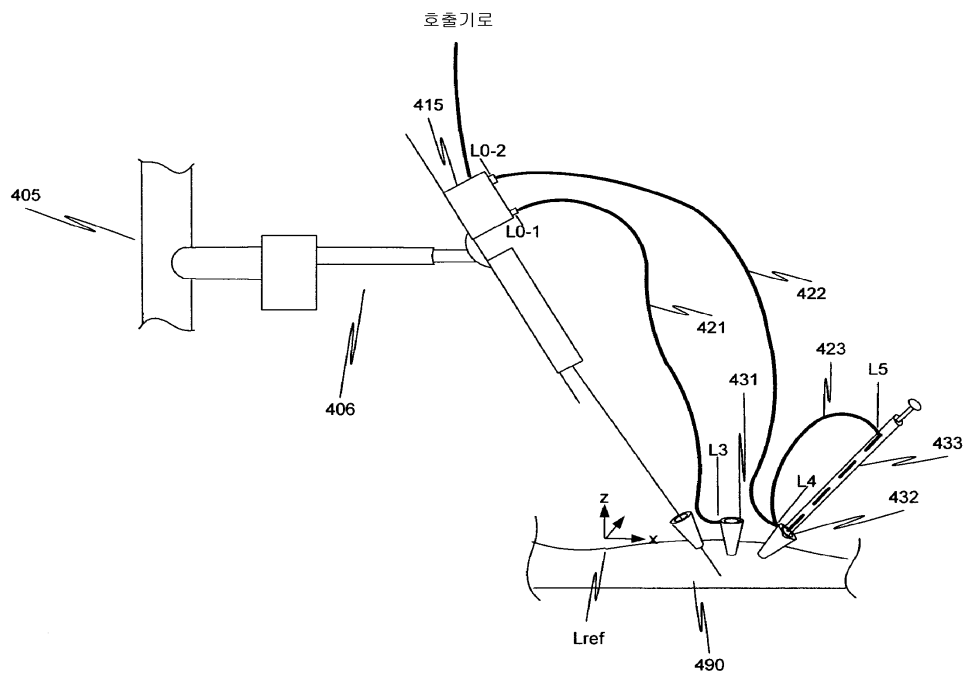
도면3



도면4a



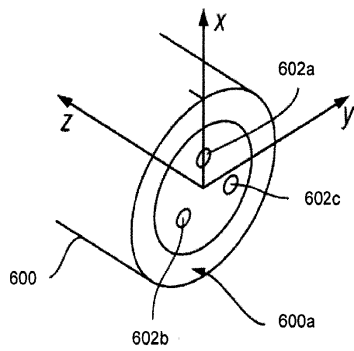
도면4b



도면5



도면6



도면7

