



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년12월12일

(11) 등록번호 10-2476611

(24) 등록일자 2022년12월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 34/30 (2016.01) A61G 13/02 (2006.01)

A61G 13/04 (2006.01) A61G 13/06 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61B 34/30 (2016.02)

A61G 13/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-7005159

(22) 출원일자(국제) 2015년10월27일

심사청구일자 2020년10월14일

(85) 번역문제출일자 2017년02월23일

(65) 공개번호 10-2017-0074846

(43) 공개일자 2017년06월30일

(86) 국제출원번호 PCT/US2015/057664

(87) 국제공개번호 WO 2016/069655

국제공개일자 2016년05월06일

(30) 우선권주장

62/069,245 2014년10월27일 미국(US)

62/134,296 2015년03월17일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US20130085510 A1

US20110015521 A1

(73) 특허권자

인튜어티브 서지컬 오퍼레이션즈 인코포레이티드  
미국 캘리포니아 94086 서니베일 키퍼 로드 1020

(72) 발명자

그리피스 폴 쥐.

미국 캘리포니아 95054 산타 클라라 칼라일 코트  
4503 아파트 2304

이코워츠 브랜던 디.

미국 캘리포니아 94086 서니베일 마리아 레인 834  
아파트 1050

(74) 대리인

양영준, 김윤기

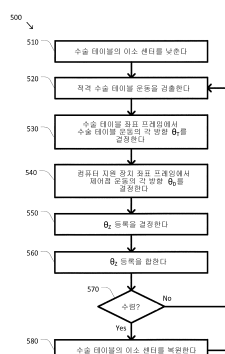
전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 전창익

(54) 발명의 명칭 수술 테이블에 등록하기 위한 시스템 및 방법

**(57) 요약**

수술 테이블을 등록하는 시스템 및 방법이 제공되어 있고 컴퓨터 지원 의료 장치는 관절식 암 및 상기 관절식 암에 결합된 제어 유닛을 포함한다. 상기 관절식 암은 신체 개구에서 환자 안으로 삽입되도록 구성된 말단에 장착된 기기를 갖고 있다. 상기 제어 유닛은 통신 접속부를 통해 상기 제어 유닛에 결합된 수술 테이블의 제1 운동을 검출하도록 구성되어 있다. 상기 수술 테이블의 제1 운동은 상기 관절식 암의 제어점의 상응하는 제2 운동을 유발한다. 상기 제어 유닛은 또한, 수술 테이블 좌표 프레임에서 상기 제1 운동의 제1 각 방향을 결정하고, 컴퓨터 지원 의료 장치 좌표 프레임에서 상기 제2 운동의 제2 각 방향을 결정하고, 상기 제1 각 방향 및 제2 방향에 기초하여 상기 수술 테이블과 상기 컴퓨터 지원 의료 장치 사이의 제3 각도 관계를 결정하도록 구성되어 있다.

**대표도** - 도5

(52) CPC특허분류

*A61G 13/04* (2013.01)

*A61G 13/06* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

컴퓨터 지원 의료 시스템에 있어서,

관절식 암을 포함하는 컴퓨터 지원 의료 장치로서, 상기 관절식 암은 말단에 장착된 기기를 갖도록 구성되고, 상기 말단에 장착된 기기는 신체 개구에서 환자 안으로 삽입되도록 구성된 컴퓨터 지원 의료 장치; 및

상기 관절식 암에 결합된 제어 유닛을 포함하고,

상기 제어 유닛은,

상기 관절식 암의 제어점의 상응하는 제2 운동을 유발하는, 통신 접속부를 통해 상기 제어 유닛에 결합된 수술 테이블의 제1 운동을 검출하고,

수술 테이블 좌표 프레임에서 상기 제1 운동의 제1 각 방향을 결정하고,

컴퓨터 지원 의료 장치 좌표 프레임에서 상기 제2 운동의 제2 각 방향을 결정하고,

상기 제1 각 방향 및 제2 방향에 기초하여 상기 수술 테이블과 상기 컴퓨터 지원 의료 장치 사이의 제3 각도 관계를 결정하도록 구성된 컴퓨터 지원 의료 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제어점은 상기 신체 개구와 연관된 상기 관절식 암의 원격 운동 중심에 상응하는 컴퓨터 지원 의료 시스템.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제어 유닛은 또한,

상기 제1 운동의 시작에서 기록된 제1 수술 테이블 변환 및 상기 제1 운동의 끝에서의 제2 수술 테이블 변환에 기초하여 상기 제1 각 방향을 결정하도록, 또는

상기 제2 운동의 시작에서의 제어점의 제1 위치 및 상기 제2 운동의 끝에서의 상기 제어점의 제2 위치에 기초하여 상기 제2 각 방향을 결정하도록 구성된 컴퓨터 지원 의료 시스템.

#### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제2 운동은 일련의 증분 운동을 포함하는 컴퓨터 지원 의료 시스템.

#### 청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 유닛은 상기 컴퓨터 지원 의료 장치의 다수의 관절식 암과 연관된 제어점들의 합에 기초하여 상기 컴퓨터 지원 의료 장치 좌표 프레임에서 상기 제2 운동의 제2 각 방향을 결정하도록 구성되고, 상기 제어점들은 상기 제어점을 포함하고, 상기 다수의 관절식 암은 상기 관절식 암을 포함하는 컴퓨터 지원 의료 시스템.

#### 청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어 유닛은 또한, 합성 각도 관계를 형성하기 위해 상기 제3 각도 관계를 다른 각도 관계와 합하도록 구성되거나 - 상기 다른 각도 관계는 추가 수술 테이블 운동으로 인한 상기 수술 테이블과 상기 컴퓨터 지원 의료 장치 사이의 각도 관계에 상응함 -, 또는

상기 제어 유닛은 또한, 상기 합성 각도 관계를 형성하기 위해 상기 제3 각도 관계를 다른 각도 관계와 합의하

도록 구성되고,

상기 제어 유닛은 또한, 상기 합성 각도 관계가 수립할 때까지 상기 제3 각도 관계를 상기 다른 각도 관계와 계속 합하고, 상기 합성 각도 관계가 수립할 때까지 상기 수술 테이블의 이소센터를 낮추도록 구성되는 컴퓨터 지원 의료 시스템.

#### 청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 유닛은 또한, 상기 제3 각도 관계에 기초하여 수술 테이블-컴퓨터 지원 의료 장치 변환을 생성하도록 구성된 컴퓨터 지원 의료 시스템.

#### 청구항 8

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 유닛은 상기 제1 운동 및 제2 운동을 검출하기 전에 상기 수술 테이블의 이소센터를 낮추거나, 또는

상기 제1 운동의 회전 중심이 상기 제어점 위에 소정의 높이에 위치되어 있을 때, 상기 제어 유닛은 상기 제1 각 방향을 180도 만큼 조정하는 컴퓨터 지원 의료 시스템.

#### 청구항 9

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 유닛은 또한, 상기 제1 각 방향과 제2 각 방향 사이의 차이에 기초하여 상기 제3 각도 관계를 결정하도록 구성된 컴퓨터 지원 의료 시스템.

#### 청구항 10

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 유닛은 또한, 상기 제1 운동을 실행하도록 상기 수술 테이블을 지향시키도록 구성된 컴퓨터 지원 의료 시스템.

#### 청구항 11

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 유닛은 또한,

제1 축에 대한 제1 회전을 포함하고 상기 제어점의 상응하는 제4 운동을 유발하는 상기 수술 테이블의 제3 운동을 검출하고,

상기 제1 축과 상이한 제2 축에 대한 제2 회전을 포함하고 상기 제어점의 상응하는 제6 운동을 유발하는 상기 수술 테이블의 제5 운동을 검출하고,

상기 제어점의 제1 회전과 제4 운동에 기초하여 상기 제어점과 제1 축 사이의 제1 수직 거리를 결정하고,

상기 제어점의 제2 회전과 제6 운동에 기초하여 상기 제어점과 제2 축 사이의 제2 수직 거리를 결정하고,

상기 제어점의 위치와 상기 제1 수직 거리 및 제2 수직 거리에 기초하여 상기 컴퓨터 지원 의료 장치와 상기 수술 테이블 사이의 XY 등록을 결정하도록 구성된 컴퓨터 지원 의료 시스템.

#### 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제1 축 및 제2 축은 적어도 30도의 각도 거리를 갖거나, 또는

상기 제1 축은 틸트 회전축이고 상기 제2 축은 트랜스렌부르크 회전축이거나, 또는

상기 제1 운동 및 제3 운동은 동일한 운동이거나, 또는

상기 제4 운동 및 제6 운동은 상기 컴퓨터 지원 의료 장치의 다수의 관절식 암과 연관된 제어점의 함에 기초하거나, 또는

상기 제3 운동은 틸트 조정이고 상기 제5 운동은 트랜스렌부르크 조정인 컴퓨터 지원 의료 시스템.

#### 청구항 13

비임시 기계 관독가능 매체에 있어서,

컴퓨터 지원 의료 장치와 연관된 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때,

수술 테이블의 제1 운동을 검출하는 단계로서, 상기 제1 운동은 상기 컴퓨터 지원 의료 장치의 관절식 암의 제어점의 상응하는 제2 운동을 유발하고, 상기 컴퓨터 지원 의료 장치는 통신 접속부를 통해 상기 수술 테이블에 결합되어 있는 단계;

수술 테이블 좌표 프레임에서 상기 제1 운동의 제1 각 방향을 결정하는 단계;

컴퓨터 지원 의료 장치 좌표 프레임에서 상기 제2 운동의 제2 각 방향을 결정하는 단계; 및

상기 제1 각 방향 및 제2 각 방향에 기초하여 상기 수술 테이블과 상기 컴퓨터 지원 의료 장치 사이의 제3 각도 관계를 결정하는 단계를 포함하는 방법을 상기 하나 이상의 프로세서가 실행하도록 구성된 복수의 기계 판독가능 명령어를 포함하는 비임시 기계 판독가능 매체.

#### 청구항 14

제13항에 있어서,

상기 제어점은 상기 관절식 암의 원격 운동 중심에 상응하고,

상기 방법은 또한,

상기 제1 각 방향을 결정하는 단계는 제1 수술 테이블 변환 및 제2 수술 테이블 변환에 기초하고, 상기 제1 수술 테이블 변환은 상기 제1 운동의 시작에 존재하고, 상기 제2 수술 테이블 변환은 상기 제1 운동의 끝에 존재하는 상기 제1 각 방향을 결정하는 단계; 및

상기 제2 각 방향을 결정하는 단계는 상기 제어점의 제1 위치 및 상기 제어점의 제2 위치에 기초하고, 상기 제어점의 제1 위치는 상기 제2 운동의 시작에 존재하고, 상기 제어점의 제2 위치는 상기 제2 운동의 끝에 존재하는 상기 제2 각 방향을 결정하는 단계를 포함하는 비임시 기계 판독가능 매체.

#### 청구항 15

제13항 또는 제14항에 있어서, 상기 방법은 또한,

제1 축에 대한 제1 회전을 포함하고 상기 제어점의 상응하는 제4 운동을 유발하는 상기 수술 테이블의 제3 운동을 검출하는 단계;

상기 제1 축과 상이한 제2 축에 대한 제2 회전을 포함하고 상기 제어점의 상응하는 제6 운동을 유발하는 상기 수술 테이블의 제5 운동을 검출하는 단계;

상기 제어점의 제1 회전과 제4 운동에 기초하여 상기 제어점과 제1 축 사이의 제1 수직 거리를 결정하는 단계;

상기 제어점의 제2 회전과 제6 운동에 기초하여 상기 제어점과 제2 축 사이의 제2 수직 거리를 결정하는 단계; 및

상기 제어점의 위치와 상기 제1 수직 거리 및 제2 수직 거리에 기초하여 상기 컴퓨터 지원 의료 장치와 상기 수술 테이블 사이의 XY 등록을 결정하는 단계를 포함하는 비임시 기계 판독가능 매체.

#### 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

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

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

청구항 56

삭제

청구항 57

삭제

청구항 58

삭제

청구항 59

삭제

청구항 60

삭제

청구항 61

삭제

청구항 62

삭제

청구항 63

삭제

청구항 64

삭제

청구항 65

삭제

청구항 66

삭제

청구항 67

삭제



청구항 68

삭제

청구항 69

삭제

청구항 70

삭제

청구항 71

삭제

청구항 72

삭제

청구항 73

삭제

청구항 74

삭제

청구항 75

삭제

청구항 76

삭제

청구항 77

삭제

청구항 78

삭제

청구항 79

삭제

청구항 80

삭제

청구항 81

삭제

청구항 82

삭제

청구항 83

삭제

## 청구항 84

삭제

## 청구항 85

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 관절식 암을 갖는 장치의 동작에 관한 것이고 특히 관절식 암을 갖는 장치와 통합 수술 테이블 사이의 등록을 결정하는 것에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 점점 보다 많은 장치가 자율 및 반자율 전자 장치로 대체되고 있다. 이것은 특히 수술실, 중재실, 중환자실, 응급실등에서 발견되는 큰 어레이의 자율 및 반자율 전자 장치를 갖는 병원에 적용된다. 예를 들어, 유리 및 수은 기온계는 전자 온도계로 대체되고 있고, 정맥 주사기는 이제 전자 모니터 및 유량 조절기를 포함하고 있고, 전통 휴대형 수술 기기는 컴퓨터 지원 의료 장치로 대체되고 있다. 점점 보다 많은 자율 및 반자율 장치가 사용될 수록, 이러한 장치의 2개 이상이 공통 목표를 달성하기 위해 협동할 기회가 제공된다.

[0003] 예를 들어, 수술 테이블의 상부가 이동할 수 있도록 하는 관절식 구조부를 갖는 수술 테이블 위에 위치한 환자에게 시술을 행하도록, 하나 이상의 관절식 암을 갖는 컴퓨터 지원 수술 장치가 사용되고 있는 수술실 또는 중재실의 시나리오를 생각해보자. 의사 및/또는 다른 수술실 직원이 수술 테이블을 사용하여 환자를 재조정하고 및/또는 이동하기를 원할 때, 이러한 이동은 컴퓨터 지원 수술 장치의 관절식 암에 상대적으로 일어난다. 환자의 부상, 컴퓨터 지원 장치의 손상, 및/또는 수술 테이블의 손상을 피하기 위해, 컴퓨터 지원 수술 장치는 수술 테이블의 운동을 검출하고 이에 따라 관절식 암을 조정하는 것이 바람직하다. 이것을 효과적으로 하기 위해, 수술 테이블과 컴퓨터 지원 수술 장치 사이의 지리학적 및/또는 운동학적 관계를 아는 것이 자주 도움이 된다. 이러한 문제의 하나의 솔루션은 수술실 직원이 위치 및 방향을 수동으로 입력하도록 하는 것이다. 실제, 이것은 번거롭고, 비현실적이고 및/또는 오류 발생이 쉬운 절차일 수 있다. 다른 솔루션은 예를 들어, 컴퓨터 지원 수술 장치 및 수술 테이블의 위치 및 방향을 결정하는데 사용될 수 있는 컴퓨터 지원 수술 장치와 수술 테이블 사이의 관절식 구조부를 사용함으로써 및/또는 컴퓨터 지원 수술 장치를 수술 테이블에 볼트로 쥘으로써, 수술 테이블에 상대적인 공지된 위치 및 방향에 컴퓨터 지원 수술 장치를 배치하는 단계를 수반한다. 이러한 방법의 모두는 컴퓨터 지원 수술 장치의 가능한 위치 및 방향을 지나치게 제한할 수 있어서, 컴퓨터 지원 수술 장치가 다양한 크기의 환자에 및/또는 상이한 타입의 시술에 효과적으로 사용되는 것을 어렵게 할 수 있다. 또한, 이러한 방법은 컴퓨터 지원 수술 장치 및/또는 수술 테이블이 이동될 때 실행되어야 하는 추가 단계를 도입할 수 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

(특허문헌 0001) 미국 특허 출원 공개 공보 제2007/0270685호(2007.11)

(특허문헌 0002) 미국 특허 출원 공개 공보 제2012/0101508호(2012.04)

(특허문헌 0003) 미국 특허 출원 공개 공보 제2009/0326324호(2009.12)

(특허문헌 0004) 미국 특허 출원 공개 공보 제2007/0013336호(2007.01)

(특허문헌 0005) 미국 특허 출원 공개 공보 제2013/0085510호(2013.04)

(특허문헌 0006) 미국 특허 출원 공개 공보 제2012/0029694호(2012.02)

(특허문헌 0007) 미국 특허 출원 공개 공보 제2007/0185376호(2007.08)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0004] 따라서, 컴퓨터 지원 수술 장치 및 수술 테이블의 위치 및 방향을 결정하는(즉, 등록) 향상된 시스템 및 방법을 갖는 것이 유리할 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0005] 일부 실시예에 따라, 컴퓨터 지원 의료 장치는 관절식 암 및 상기 관절식 암에 결합된 제어 유닛을 포함한다. 상기 관절식 암은 신체 개구에서 환자 안으로 삽입되도록 구성된 말단에 장착된 기기를 갖고 있다. 상기 제어 유닛은 통신 접속부를 통해 상기 제어 유닛에 결합된 수술 테이블의 제1 운동을 검출하도록 구성되어 있다. 상기 수술 테이블의 제1 운동은 상기 관절식 암의 제어점의 상응하는 제2 운동을 유발한다. 상기 제어 유닛은 또한, 수술 테이블 좌표 프레임에서 상기 제1 운동의 제1 각 방향을 결정하고, 컴퓨터 지원 의료 장치 좌표 프레임에서 상기 제2 운동의 제2 각 방향을 결정하고, 상기 제1 각 방향 및 제2 방향에 기초하여 상기 수술 테이블과 상기 컴퓨터 지원 의료 장치 사이의 제3 각도 관계를 결정하도록 구성되어 있다.

[0006] 일부 실시예에 따라, 상기 제어 유닛은 또한, 상기 수술 테이블의 제3 운동을 검출하도록 구성되어 있다. 상기 수술 테이블의 제3 운동은 제1 축에 대한 제1 회전을 포함한다. 상기 수술 테이블의 제3 운동은 상기 제어점의 상응하는 제4 운동을 유발한다. 상기 제어 유닛은, 또한 상기 수술 테이블의 제5 운동을 검출하도록 구성되어 있다. 상기 수술 테이블의 제5 운동은 제2 축에 대한 제2 회전을 포함한다. 상기 수술 테이블의 제5 운동은 상기 제어점의 상응하는 제6 운동을 유발한다. 상기 제2 축은 상기 제1 축과 상이하다. 상기 제어 유닛은 또한, 상기 제어점의 제1 회전과 제4 운동에 기초하여 상기 제어점과 제1 축 사이의 제1 수직 거리를 결정하고, 상기 제어점의 제2 회전과 제6 운동에 기초하여 상기 제어점과 제2 축 사이의 제2 수직 거리를 결정하고, 상기 제어점의 위치와 상기 제1 수직 거리 및 제2 수직 거리에 기초하여 상기 컴퓨터 지원 의료 장치와 상기 수술 테이블 사이의 XY 등록을 결정하도록 구성되어 있다.

[0007] 일부 실시예에 따라, 수술 테이블 및 컴퓨터 지원 의료 장치를 등록하는 방법은 상기 수술 테이블의 제1 운동을 검출하는 단계를 포함한다. 상기 제1 운동은 상기 컴퓨터 지원 의료 장치의 관절식 암의 제어점의 상응하는 제2 운동을 유발한다. 상기 컴퓨터 지원 의료 장치는 통신 접속부를 통해 상기 수술 테이블에 결합되어 있다. 상기 방법은 수술 테이블 좌표 프레임에서 상기 제1 운동의 제1 각 방향을 결정하는 단계, 컴퓨터 지원 의료 장치 좌표 프레임에서 상기 제2 운동의 제2 각 방향을 결정하는 단계, 및 상기 제1 각 방향 및 제2 방향에 기초하여 상기 수술 테이블과 상기 컴퓨터 지원 의료 장치 사이의 제3 각도 관계를 결정하는 단계를 더 포함한다.

[0008] 일부 실시예에 따라, 상기 방법은 상기 수술 테이블의 제3 운동을 검출하는 단계를 더 포함한다. 상기 수술 테이블의 제3 운동은 제1 축에 대한 제1 회전을 포함한다. 상기 수술 테이블의 제3 운동은 상기 제어점의 상응하는 제4 운동을 유발한다. 상기 방법은 또한 상기 수술 테이블의 제5 운동을 검출하는 단계를 더 포함한다. 상기 수술 테이블의 제5 운동은 제2 축에 대한 제2 회전을 포함한다. 상기 수술 테이블의 제5 운동은 상기 제어점의 상응하는 제6 운동을 유발한다. 상기 제2 축은 상기 제1 축과 상이하다. 상기 방법은 상기 제어점의 제1 회전과 제4 운동에 기초하여 상기 제어점과 제1 축 사이의 제1 수직 거리를 결정하는 단계, 상기 제어점의 제2 회전과 제6 운동에 기초하여 상기 제어점과 제2 축 사이의 제2 수직 거리를 결정하는 단계, 및 상기 제어점의 위치와 상기 제1 수직 거리 및 제2 수직 거리에 기초하여 상기 컴퓨터 지원 의료 장치와 상기 수술 테이블 사이의 XY 등록을 결정하는 단계를 더 포함한다.

[0009] 일부 실시예에 따라, 비임시 기계 판독가능 매체는 의료 장치와 연관된 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 방법을 상기 하나 이상의 프로세서가 실행하도록 구성된 복수의 기계 판독가능 명령어를 포함한다. 상기 방법은 상기 수술 테이블의 제1 운동을 검출하는 단계를 포함한다. 상기 제1 운동은 상기 컴퓨터 지원 의료 장치의 관절식 암의 제어점의 상응하는 제2 운동을 유발한다. 상기 컴퓨터 지원 의료 장치는 통신 접속부를 통해 상기 수술 테이블에 결합되어 있다. 상기 방법은 수술 테이블 좌표 프레임에서 상기 제1 운동의 제1 각 방향을 결정하는 단계, 컴퓨터 지원 의료 장치 좌표 프레임에서 상기 제2 운동의 제2 각 방향을 결정하는 단계, 및 상기 제1 각 방향 및 제2 방향에 기초하여 상기 수술 테이블과 상기 컴퓨터 지원 의료 장치 사이의 제3 각도 관계를 결정하는 단계를 더 포함한다.

[0010] 일부 실시예에 따라, 상기 방법은 상기 수술 테이블의 제3 운동을 검출하는 단계를 더 포함한다. 상기 수술 테이블의 제3 운동은 제1 축에 대한 제1 회전을 포함한다. 상기 수술 테이블의 제3 운동은 상기 제어점의 상응하는

는 제4 운동을 유발한다. 상기 방법은 상기 수술 테이블의 제5 운동을 검출하는 단계를 더 포함한다. 상기 수술 테이블의 제5 운동은 제2 축에 대한 제2 회전을 포함한다. 상기 수술 테이블의 제5 운동은 상기 제어점의 상응하는 제6 운동을 유발한다. 상기 제2 축은 상기 제1 축과 상이하다. 상기 방법은 상기 제어점의 제1 회전과 제4 운동에 기초하여 상기 제어점과 제1 축 사이의 제1 수직 거리를 결정하는 단계, 상기 제어점의 제2 회전과 제6 운동에 기초하여 상기 제어점과 제2 축 사이의 제2 수직 거리를 결정하는 단계, 및 상기 제어점의 위치와 상기 제1 수직 거리 및 제2 수직 거리에 기초하여 상기 컴퓨터 지원 의료 장치와 상기 수술 테이블 사이의 XY 등록을 결정하는 단계를 더 포함한다.

## 도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 일부 실시예에 따른 컴퓨터 지원 시스템의 단순도이다.

도 2는 일부 실시예에 따른 컴퓨터 지원 시스템을 도시하는 단순도이다.

도 3는 일부 실시예에 따른 컴퓨터 지원 의료 시스템의 운동학 모델을 도시하는 단순도이다.

도 4a 도 4b는 일부 실시예에 따른 수술 테이블과 컴퓨터 지원 장치 사이의 관계의 단순도이다.

도 5는 일부 실시예에 따른 수술 테이블을 컴퓨터 지원 장치에  $\Theta_z$  등록하는 방법의 단순도이다.

도 6은 일부 실시예에 따른 장치 베이스 좌표 프레임과 테이블 베이스 좌표 프레임 사이의 관계의 단순도이다.

도 7은 일부 실시예에 따른 수술 테이블을 컴퓨터 지원 장치에 XY 등록하는 방법의 단순도이다.

도 8a 내지 도 8g는 여기에 기술된 일체 컴퓨터 지원 디바이스 및 가동 수술 테이블을 통합하는 다양한 컴퓨터 지원 디바이스 시스템을 도시하는 개략 단순도이다.

도면에서, 동일한 표시를 갖는 부재는 동일하거나 유사한 기능을 갖고 있다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 다음의 설명에서, 본 발명과 일치하는 일부 실시예를 기술하는 특정 세부사항이 제시되어 있다. 그러나, 일부 실시예는 이러한 특정 세부사항의 일부 또는 모두 없이 실시될 수 있다는 것을 당업자는 이해할 것이다. 여기에 개시된 특정 실시예는 설명을 위한 것이고 제한을 위한 것이 아니다. 당업자는 다른 요소가 여기에 구체적으로 기술되지 않았지만, 본 발명의 범위 및 정신 안에 있다는 것을 이해할 수 있다. 또한, 불필요한 반복을 피하기 위해, 하나의 실시예와 연관되어 도시되고 기술된 하나 이상의 특징은 달리 특정되지 않거나 하나 이상의 특징이 실시예를 비기능적으로 한다면 다른 실시예에 통합될 수 있다. 용어 "포함하는"은 포하지만 제한되지 않는 것을 의미하고, 포함된 하나 이상의 개별적인 아이템의 각각은 달리 언급되지 않으면 옵션으로 생각해야 한다. 마찬가지로, 용어 "할 수 있다"는 아이템이 옵션이라는 것을 나타낸다.

[0013] 도 1은 일부 실시예에 따른 컴퓨터 지원 시스템(100)의 단순도이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 컴퓨터 지원 시스템(100)은 하나 이상의 가동 또는 관절식 암(120)을 구비한 장치(110)를 포함하고 있다. 이러한 하나 이상의 관절식 암(120)의 각각은 하나 이상의 엔드 이펙터를 지원한다. 일부 예에서, 장치(110)는 컴퓨터 지원 수술 장치와 일치할 수 있다. 이러한 하나 이상의 관절식 암(120)은 각각 관절식 암(120)의 적어도 하나의 말단부에 장착되는 하나 이상의 기기, 수술 기기, 이미징 장치 및/또는 그밖에 유사한 것에 대한 지지를 제공한다. 장치(110)는 장치(110)를 작동하기 위한 하나 이상의 마스터 컨트롤, 하나 이상의 관절식 암(120), 및/또는 엔드 이펙터를 포함할 수 있는 오퍼레이터 워크스테이션(도시되지 않음)에 더 결합될 수 있다. 일부 실시예에서, 장치(110) 및 오퍼레이터 워크스테이션은 캘리포니아, 서니베일의 인튜어티브 서지컬 인코퍼레이티드에 의해 판매되는 da Vinci<sup>®</sup> Surgical System에 상응할 수 있다. 일부 실시예에서, 다른 구성, 보다 적거나 많은 관절식 암, 및/또는 그밖의 유사한 것을 구비한 컴퓨터 지원 수술 장치가 옵션으로 컴퓨터 지원 시스템(100)과 함께 사용될 수 있다.

[0014] 장치(110)는 인터페이스를 통해 제어 유닛(130)에 결합되어 있다. 이러한 인터페이스는 하나 이상의 무선 링크, 케이블, 커넥터, 및/또는 버스를 포함할 수 있고 하나 이상의 네트워크 스위칭 및/또는 라우팅 장치를 구비한 하나 이상의 네트워크를 더 포함할 수 있다. 제어 유닛(130)은 메모리(150)에 결합된 프로세서(140)를 포함하고 있다. 제어 유닛(130)의 동작은 프로세서(140)에 의해 제어된다. 제어 유닛(130)이 오직 하나의 프로세서(140)를 갖는 것으로 도시되어 있지만, 프로세서(140)는 제어 유닛(130) 내의 하나 이상의 중앙 처리 유닛,

멀티코어 프로세서, 마이크로프로세서, 마이크로컨트롤러, 디지털 신호 프로세서, 전계 프로그래머블 게이트 어레이(FPGA), 주문형 집적 회로(ASIC) 및/또는 그밖의 것을 나타낼 수 있다는 것을 이해해야 한다. 제어 유닛(130)은 컴퓨팅 장치에 더해진 독립형 서브시스템 및/또는 보드 또는 가상 머신으로서 구현될 수 있다. 일부 실시예에서, 제어 유닛은 오퍼레이터 워크스테이션의 일부로서 포함되고 및/또는 오퍼레이터 워크스테이션으로부터 떨어져 동작되지만 함께 동작될 수도 있다.

[0015] 메모리(150)는 제어 유닛(130)에 의해 실행되는 소프트웨어 및/또는 제어 유닛(130)의 동작 동안 사용되는 하나 이상의 데이터 구조를 저장하는데 사용된다. 메모리(150)는 하나 이상 타입의 기계 판독가능 매체를 포함할 수 있다. 일부 공통 형태의 기계 판독가능 매체는 플로피 디스크, 플렉시블 디스크, 하드 디스크, 자기 테이프, 임의의 다른 자기 매체, CD-ROM, 임의의 다른 광학 매체, 펀치 카드, 페이퍼 테이프, 구멍의 패턴을 갖는 임의의 다른 물리적 매체, RAM, PROM, EPROM, FLASH-EPROM, 임의의 다른 메모리 칩 또는 카트리지, 및/또는 프로세서 또는 컴퓨터가 판독하도록 구성된 임의의 다른 매체를 포함할 수 있다.

[0016] 도시된 바와 같이, 메모리(150)는 장치(110)의 자율 및/또는 반자율 제어를 지원하는 모션 제어 애플리케이션(160)을 포함하고 있다. 모션 제어 애플리케이션(160)은 장치(110)로부터 위치, 모션, 및/또는 센서 정보를 수신하고, 수술 테이블 및/또는 이미징 장치와 같은 다른 장치에 대해 다른 제어 유닛과 위치, 모션, 및/또는 충돌 회피 정보를 교환하고, 및/또는 장치(110), 관절식 암(120), 및/또는 장치(110)의 엔드 이펙터에 대한 모션을 계획하고 및/또는 모션의 계획을 돕기 위한 하나 이상의 애플리케이션 프로그래밍 인터페이스(API)를 포함할 수 있다. 그리고 모션 제어 애플리케이션(160)이 소프트웨어 애플리케이션으로서 도시되어 있지만, 모션 제어 애플리케이션(160)은 하드웨어, 소프트웨어, 및/또는 하드웨어 및 소프트웨어의 조합을 사용하여 구현될 수 있다.

[0017] 일부 실시예에서, 컴퓨터 지원 시스템(100)은 동작실 및/또는 조정실에서 발견될 수 있다. 그리고 컴퓨터 지원 시스템(100)이 2개의 관절식 암(120)을 갖는 오직 하나의 장치(110)를 포함하고 있지만, 컴퓨터 지원 시스템(100)은 장치(110)와 유사하고 및/또는 상이한 설계의 관절식 암 및/또는 엔드 이펙터를 갖는 임의의 수의 장치를 포함할 수 있다는 것을 당업자는 이해할 것이다. 일부 예에서, 이러한 장치의 각각은 보다 적거나 보다 많은 관절식 암 및/또는 엔드 이펙터를 포함할 수 있다.

[0018] 컴퓨터 지원 시스템(100)은 수술 테이블(170)을 더 포함한다. 하나 이상의 관절식 암(120)과 같이, 수술 테이블(170)은 수술 테이블(170)의 베이스와 상대적인 테이블 상부(180)의 관절식 이동을 지원한다. 일부 예에서, 테이블 상부(180)의 관절식 이동은 테이블 상부(180)의 높이, 틸트, 슬라이드, 트랜스렌부르크 방향등을 변경하기 위한 서포트를 포함할 수 있다. 도시되지는 않았지만, 수술 테이블(170)은 테이블 상부(180)의 위치 및/또는 방향을 제어하기 위한 수술 테이블 명령 유닛과 같은 하나 이상의 제어 입력부를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 수술 테이블(170)은 독일의 Trumpf Medical Systems GmbH에 의해 판매되는 수술 테이블의 하나 이상에 상응할 수 있다.

[0019] 수술 테이블(170)은 또한 상응하는 인터페이스를 통해 제어 유닛(130)에 결합되어 있다. 이러한 인터페이스는 하나 이상의 무선 링크, 케이블, 커넥터, 및/또는 버스를 포함할 수 있고, 하나 이상의 네트워크 스위칭 및/또는 라우팅 장치를 갖는 하나 이상의 네트워크를 더 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 수술 테이블(170)은 제어 유닛(130)과 상이한 제어 유닛에 결합될 수 있다. 일부 예에서, 모션 제어 애플리케이션(160)은 수술 테이블(170) 및/또는 테이블 상부(180)와 연관된 위치, 운동, 및/또는 다른 센서 정보를 수신하기 위한 하나 이상의 애플리케이션 프로그래밍 인터페이스(API)를 포함할 수 있다. 일부 예에서, 모션 제어 애플리케이션(160)은 수술 테이블(170) 및/또는 수술 상부(180)에 대한 모션을 계획하고 및/또는 계획하는 것을 도울 수 있다. 일부 예에서, 모션 제어 애플리케이션(160)은 관절식 암, 기기, 엔드 이펙터, 수술 테이블 구성요소 등의 이동, 조인트 및 링크의 운동 제한 범위를 피하여 관절식 암, 기기, 엔드 이펙터, 수술 테이블 구성요소등의 다른 운동을 보상하고, 내시경과 같은 뷰잉 장치를 조정하여 관심의 영역 및/또는 하나 이상의 기기 또는 엔드 이펙터를 뷰잉 장치의 시야 안에 유지 및/또는 배치하도록 구성된, 충돌 회피와 연관된 운동 계획에 기여할 수 있다. 일부 예에서, 모션 제어 애플리케이션(160)은 수술 테이블 명령 유닛을 사용함으로써 수술 테이블(170) 및/또는 테이블 상부(180)의 이동을 방지하는 것과 같이 하여 수술 테이블(170) 및/또는 테이블 상부(180)의 모션을 방지할 수 있다. 일부 예에서, 모션 제어 애플리케이션(160)은 레지스터 장치(110)와 수술 테이블(170) 사이의 기하학적 관계를 알도록 수술 테이블(170)과 함께 레지스터 장치(110)를 도울 수 있다. 일부 예에서, 기하학적 관계는 레지스터 장치(110) 및 수술 테이블(170)에 대해 유지되는 좌표 프레임들 사이에 병진 및/또는 하나 이상의 회전을 포함할 수 있다.



- [0020] 도 2는 일부 실시예에 따른 컴퓨터 지원 시스템(200)을 도시하는 단순도이다. 예를 들어, 컴퓨터 지원 시스템(200)은 컴퓨터 지원 시스템(100)과 일치할 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 컴퓨터 지원 시스템(200)은 하나 이상의 관절식 암을 갖는 컴퓨터 지원 장치(210) 및 수술 테이블(280)을 포함하고 있다. 도 2에는 도시되어 있지 않지만, 컴퓨터 지원 장치(210) 및 수술 테이블(280)은 하나 이상의 인터페이스 및 하나 이상의 제어 유닛을 사용하여 함께 결합되어서, 적어도 수술 테이블(280)에 대한 운동학 정보가 컴퓨터 지원 장치(210)의 관절식 암의 모션을 실행하는데 사용되는 모션 제어 애플리케이션에 알려진다.
- [0021] 컴퓨터 지원 장치(210)는 다양한 링크 및 조인트를 포함하고 있다. 도 2의 실시예에서, 컴퓨터 지원 장치는 일반적으로 3개의 상이한 세트의 링크 및 조인트로 분리된다. 먼저 모바일 카트(215) 또는 환자측 카트(215)의 인접 단부에 셋업 구조부(220)가 있다. 이러한 셋업 구조부의 말단부에는 관절식 암을 형성하는 일련의 링크 및 셋업 조인트(240)가 결합되어 있다. 그리고 이러한 셋업 조인트(240)의 말단부에는 다관절 매니퓰레이터(260)가 결합되어 있다. 일부 예에서, 일련의 셋업 조인트(240) 및 매니퓰레이터(260)는 관절식 암(120)중 하나에 대응할 수 있다. 그리고 컴퓨터 지원 장치가 오직 하나의 일련의 셋업 조인트(240) 및 상응하는 매니퓰레이터(260)를 갖는 것으로 도시되어 있지만, 당업자는 컴퓨터 지원 장치가 하나 보다 많은 일련의 셋업 조인트(240) 및 상응하는 매니퓰레이터(260)를 포함할 수 있어서 컴퓨터 지원 장치는 다수의 관절식 암을 장착할 수 있음을 이해할 것이다.
- [0022] 도시된 바와 같이, 컴퓨터 지원 장치(210)는 이동 카트(215)에 장착되어 있다. 이러한 이동 카트(215)에 의해 컴퓨터 지원 장치(210)는 컴퓨터 지원 장치를 수술 테이블(280)에 근접하여 보다 더 잘 위치지정하도록 수술실 사이에서 또는 수술실 안에서와 같이 위치 이동될 수 있다. 셋업 구조부(220)는 이동 카트(215)에 장착되어 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 셋업 구조부(220)는 컬럼 링크(221, 222)를 포함하는 2파트 컬럼을 포함하고 있다. 컬럼 링크(222)의 상단부 또는 말단부에는 쇼울더 조인트(223)가 결합되어 있다. 쇼울더 조인트(223)에는 붐 링크(224, 225)를 포함하는 2-파트 붐이 결합되어 있다. 붐 링크(225)의 말단부에는 팔목 조인트(226)가 있고, 팔목 조인트(226)에는 암 장착 플랫폼(227)이 결합되어 있다.
- [0023] 셋업 구조부(220)의 링크 및 조인트는 암 장착 플랫폼(227)의 위치 및 방향(즉, 포즈)을 변경하기 위한 다양한 자유도를 포함하고 있다. 예를 들어, 2-파트 컬럼이 축(232)을 따라 쇼울더 조인트(223)를 이동시킴으로써 암 장착 플랫폼(227)의 높이를 조정하는데 사용될 수 있다. 이러한 암 장착 플랫폼(227)은 쇼울더 조인트(223)를 사용하여 이동 카트(215), 2-파트 컬럼, 및 축(232)에 대해 추가로 회전될 수 있다. 암 장착 플랫폼(227)의 수평 위치는 2-파트 붐을 사용하여 축(234)을 따라 조정될 수 있다. 그리고 암 장착 플랫폼(227)의 방향 역시 팔목 조인트(226)를 사용하여 암 장착 플랫폼 배향 축(236)에 대해 회전함으로써 조정될 수 있다. 따라서, 셋업 구조부(220)의 링크 및 조인트의 모션 리미트에 의해, 암 장착 플랫폼(227)의 위치는 2-파트 컬럼을 사용하여 이동 카트(215) 위로 수직으로 조정될 수 있다. 암 장착 플랫폼(227)의 위치 역시 각각 2-파트 붐 및 쇼울더 조인트(223)를 사용하여 이동 카트(215)에 대해 방사형으로 그리고 각지게 조정될 수 있다. 그리고 암 장착 플랫폼(227)의 각도 방향 역시 팔목 조인트(226)를 사용하여 변경될 수 있다.
- [0024] 암 장착 플랫폼(227)은 하나 이상의 관절식 암을 위한 장착점으로서 사용될 수 있다. 이동 카트(215)에 대해 암 장착 플랫폼(227)의 높이, 수평 위치, 및 방향을 조정하는 기능은 수술 또는 시술이 시행되는 이동 카트(215) 근방에 위치된, 환자와 같은, 작업 공간에 대해 하나 이상의 관절식 암을 위치지정하고 배향하기 위한 유연한 셋업 구조부를 제공한다. 예를 들어, 암 장착 플랫폼(227)이 환자 위에 위치지정되어 다양한 관절식 암 및 이들의 상응하는 매니퓰레이터 및 기기가 환자에게 시술을 실행하기에 충분한 범위의 운동을 가질 수 있다. 도 2는 제1 셋업 조인트(242)를 사용하여 암 장착 플랫폼(227)에 결합된 단일 관절식 암을 도시하고 있다. 그리고, 오직 하나의 관절식 암이 도시되어 있지만, 당업자는 다수의 관절식 암이 추가 제1 셋업 조인트를 사용하여 암 장착 플랫폼(227)에 결합될 수 있음을 이해할 것이다.
- [0025] 제1 셋업 조인트(242)는 관절식 암의 셋업 조인트(240) 섹션의 최근접부를 형성한다. 셋업 조인트(240)는 일련의 조인트 및 링크를 더 포함할 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 셋업 조인트(240)는 적어도, (뚜렷이 도시되지 않은) 하나 이상의 조인트를 통해 결합된 링크(244, 246)를 포함한다. 셋업 조인트(240)의 조인트 및 링크는 제1 셋업 조인트(242)를 사용하여 축(252)에 대해 암 장착 플랫폼(227)에 상대적으로 셋업 조인트(240)를 회전시키고, 제1 셋업 조인트(242)와 링크(246) 사이의 방사형 또는 수평 거리를 조정하고, 축(254)을 따라 배향 플랫폼에 상대적으로 링크(246)의 말단부에서 매니퓰레이터 마운트(262)의 높이를 조정하고, 매니퓰레이터 마운트(262)를 축(254)에 대해 회전시키는 기능을 포함하고 있다. 일부 예에서, 셋업 조인트(240)는 암 장착 플랫폼(227)에 상대적으로 매니퓰레이터 마운트(262)의 포즈를 변경하기 위한 추가 자유도를 허용하는 추가적인

조인트, 링크 및 축을 더 포함할 수 있다.

[0026] 매니퓰레이터(260)는 매니퓰레이터 마운트(262)를 통해 셋업 조인트(240)의 말단부에 결합되어 있다. 매니퓰레이터(260)는 매니퓰레이터(260)의 말단부에 장착된 기기 캐리지(268)와 함께 추가 조인트(264) 및 링크(266)를 포함하고 있다. 기기(270)가 기기 캐리지(268)에 장착되어 있다. 이러한 기기(270)는 삽입축을 따라 정렬된 샤프트(272)를 포함하고 있다. 샤프트(272)는 보통 매니퓰레이터(260)와 연관된 원격 운동 중심(274)을 통해 통과되도록 정렬되어 있다. 운동의 원격 운동 중심(274)의 위치는 보통 매니퓰레이터 마운트(262)에 대해 고정 병진 관계로 유지되어서 매니퓰레이터(260)의 조인트(264)의 동작에 의해 운동의 원격 운동 중심(274)에 대해 샤프트(272)가 회전한다. 이러한 실시예에 따라, 매니퓰레이터 마운트(262)에 대한 운동의 원격 운동 중심(274)의 고정 병진 관계는 매니퓰레이터(262)의 조인트(264) 및 링크(266)의 물리적 제약을 사용하여, 조인트(264)에 대해 허용된 운동에 대한 소프트웨어 제약을 사용하여, 및/또는 이 둘의 조합에 의해 유지된다. 조인트 및 링크의 물리적 제약을 사용하여 조작되는 원격 운동 중심을 사용하는 컴퓨터 지원 수술 장치의 대표적인 예가 2013년 5월 13일에 출원된, "Redundant Axis and Degree of Freedom for Hardware-Constrained Remote Center Robotic Manipulator" 표제의 미국 특허 출원 번호 13/906,888에 기술되어 있고, 소프트웨어 제약에 의해 조작되는 운동의 원격 센서를 사용하여 컴퓨터 지원 수술 장치의 대표적인 실시예가 2005년 5월 10일에 출원된, "Software Center and Highly Configurable Robotic Systems for Surgery and Other Uses" 표제의 미국 특허 번호 8,004,229에 기술되어 있고, 이들의 내용은 그 전체가 여기에 언급되어 통합되어 있다. 일부 예에서, 원격 운동 중심(274)은 샤프트(272)가 환자(278) 안으로 삽입될 때 환자(278) 안의, 절개 사이트 또는 신체 구멍과 같은, 신체 개구위 위치에 상응할 수 있다. 원격 운동 중심(274)이 수술 포트에 상응하기 때문에, 기기(270)가 사용될 때, 원격 운동 중심(274)은 환자(278)에 대해 고정된 상태가 되어 운동의 원격 운동 중심(274)에서 환자(278)의 인체에 대한 스트레스를 제한한다. 일부 예에서, 샤프트(272)는 옵션으로 수술 포트에 위치된 캐놀라(도시되지 않음)를 통과할 수 있다. 일부 예에서, 비교적 더 큰 샤프트 또는 가이드 튜브 외경(예를 들어, 4-5 mm 이상)를 갖는 기기는 캐놀라를 사용하여 신체 개구를 통과할 수 있고, 이러한 캐놀라는 비교적 더 작은 샤프트 또는 가이드 튜브 외경(예를 들어, 2-3 mm 이하)을 갖는 기기에 옵션으로 생략될 수 있다.

[0027] 샤프트(272)의 말단부에 엔드 이펙터(276)가 있다. 조인트(264) 및 링크(266)로 인한 매니퓰레이터(260)의 자유도에 의해 적어도 매니퓰레이터 마운트(262)에 대해 샤프트(272) 및/또는 엔드 이펙터(276)의 롤, 피치, 및 요를 제어할 수 있다. 일부 예에서, 매니퓰레이터(260)의 자유도는 기기 캐리지(268)를 사용하여 샤프트(272)를 전진 및/또는 후퇴시키는 기능을 더 포함하여 엔드 이펙터(276)는 삽입축을 따라 그리고 운동의 원격 운동 중심(274)에 상대적으로 전진 및/또는 후퇴될 수 있다. 일부 예에서, 매니퓰레이터(260)는 캘리포니아, 서니베일의 인튜어티브 서지컬 인코퍼레이티드에 판매되는 da Vinci<sup>®</sup> Surgical System와 함께 사용하기 위한 매니퓰레이터와 일치할 수 있다. 일부 예에서, 기기(270)는 내시경과 같은 이미징 장치, 그립퍼, 소작 또는 메스와 같은 수술 기기 동일 수 있다. 일부 예에서, 엔드 이펙터(276)는 샤프트(272)의 말단부에 대해 엔드 이펙터(276)의 일부의 추가 국부적인 조작을 가능하게 하는 롤, 피치, 요, 그립 등과 같은 추가 자유도를 포함할 수 있다.

[0028] 수술 또는 다른 의료 시술 동안, 환자(278)는 보통 수술 테이블(280) 위에 위치되어 있다. 수술 테이블(280)은 테이블 베이스(282)가 이동 카트(215)에 근접하여 위치된 상태로 테이블 베이스(282) 및 테이블 상부(284)를 포함하여 기기(270) 및/또는 엔드 이펙터(276)는 기기(270)의 샤프트(272)가 환자(278)의 신체 개구에 삽입되어 있는 동안 컴퓨터 지원 장치(210)에 의해 조작될 수 있다. 수술 테이블(280)은 테이블 베이스(282)와 테이블 상부(284) 사이에 하나 이상의 조인트 또는 링크를 포함하는 관절식 구조부(290)를 더 포함하여, 테이블 베이스(282)에 대한, 테이블 상부(284), 그래서 환자(278)의 상대 위치가 제어될 수 있다. 일부 예에서, 관절식 구조부(290)는 테이블 상부(284) 위의 포인트에 위치될 수 있는 가상 규정된 테이블 운동 이소(iso) 센터(286)에 상대적으로 테이블 상부(284)가 제어되도록 구성될 수 있다. 일부 예에서, 이소센터(286)는 환자(278)의 내부에 위치될 수 있다. 일부 예에서, 이소센터(286)는 원격 운동 중심(274)에 상응하는 신체 개구 사이트와 같은, 신체 개구중 하나에 또는 근방에 환자의 인체 벽과 연어될 수 있다.

[0029] 도 2에 도시된 바와 같이, 관절식 구조부(290)는 테이블 상부(824)가 테이블 베이스(282)에 상대적으로 상승 및/또는 하강될 수 있도록 높이 조정 조인트(292)를 포함하고 있다. 관절식 구조부(290)는 이소센터(286)에 대해 테이블 상부(284)의 틸트(296) 및 트랜델렌부르크(296) 방향 모두를 변경하기 위해 조인트 및 링크를 더 포함하고 있다. 이러한 틸트(294)에 의해 테이블 상부(284)가 좌우로 기울어질 수 있어서 환자(278)의 좌측 또는 우측이 환자(278)의 타측에 대해 상방으로(즉, 테이블 상부(284)의 종방향으로, 또는 상하(두개골-미골부) 축에 대해) 회전된다. 트랜델렌부르크(296)에 의해 테이블 상부(284)는 회전되어 환자(278)의 발이 상승되거나(트랜

텔렌부르크) 환자(278)의 머리가 상승된다(역 트렌델렌부르크). 일부 예에서, 틸트(294) 및/또는 트렌델렌부르크(296) 회전은 이소센트(286)에 대한 회전을 발생시키도록 조정될 수 있다. 관절식 구조부(290)는 도 2에 도시된 바와 같이 대략 좌측 및/또는 우측 운동으로 테이블 상부(284)가 테이블 베이스(282)에 대해 종방향(두개골-미골부) 축을 따라 미끄러지도록 추가 링크 및 조인트(298)를 더 포함하고 있다.

[0030] 도 8a 내지 도 8g는 여기에 기술된 통합 컴퓨터 지원 장치 및 가동 수술 테이블 특징부를 포함하는 다양한 컴퓨터 지원 장치 시스템 구조를 도시하는 단순 개략도이다. 이러한 다양한 도시된 시스템 구성요소는 여기에 기술된 원리에 따르고 있다. 이러한 도면에서, 구성요소는 이해를 위해 단순화되어 있고, 개별적인 링크, 조인트, 매니플레이터, 기기, 엔드 이펙터 등과 같은 다양한 세부요소는 도시되어 있지 않지만, 이들은 다양한 구성요소에 포함되어 있는 것으로 이해해야 한다.

[0031] 이러한 구조에서, 하나 이상의 수술 기기 또는 기기의 클러스터와 연관된 캐놀라는 도시되어 있지 않고, 캐놀라 및 다른 기기 가이드 장치가 비교적 더 큰 샤프트 또는 가이드 튜브 외경(예를 들어, 4-5 mm 이상)을 갖는 기기 또는 기기 클러스터에 옵션으로 사용될 수 있고 비교적 더 작은 샤프트 또는 가이드 튜브 외경(예를 들어, 2-3 mm 이하)을 갖는 기기에 대해 옵션으로 생략될 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0032] 또한, 이러한 구조에서, 원격조정 매니플레이터는 수술 동안 하드웨어 제약(예를 들어, 고정 교차 기기 피치, 요, 및 롤 축) 또는 소프트웨어 제약(예를 들어, 소프트웨어 제약된 교차 기기 피치, 요, 롤 축)을 사용함으로써 원격 운동 중심을 규정하는 매니플레이터를 포함하는 것으로 이해해야 한다. 이러한 기기 회전축의 하이브리드가 규정되는 것(예를 들어, 하드웨어 제약된 롤 축 및 소프트웨어 제약된 피치 및 요 축) 역시 가능하다. 또한, 일부 매니플레이터 시술 동안 어떤 회전의 수술 기기 축도 규정하고 제약할 수 없고, 일부 매니플레이터는 시술 동안 오직 하나 이상의 회전의 기기 축을 규정하고 제약할 수 있다.

[0033] 도 8a는 가동 수술 테이블(1100) 및 단일 기기 컴퓨터 지원 장치(1101a)를 도시하고 있다. 수술 테이블(1100)은 가동 테이블 상부(1102) 및 말단부에서 테이블 상부(1102)를 지지하기 위해 기계적으로 접지된 테이블 베이스(1104)로부터 뻗은 테이블 지지 구조부(1103)를 포함하고 있다. 일부 예에서, 수술 테이블(1100)은 수술 테이블(170 및/또는 280)과 일치할 수 있다. 컴퓨터 지원 장치(1101a)는 원격조정 매니플레이터 및 단일 기기 어셈블리(1105a)를 포함하고 있다. 컴퓨터 지원 장치(1101a)는 또한 근접 베이스(1107a)에서 기계적으로 접지되어 있고 말단부에서 매니플레이터 및 기기 어셈블리(1105a)를 지지하도록 뻗은 지지 구조부(1106a)를 포함하고 있다. 지지 구조부(1106a)는 어셈블리(1105a)가 수술 테이블(1100)에 대해 이동되고 다양한 고정 자세로 유지될 수 있도록 구성되어 있다. 베이스(1107a)는 옵션으로 수술 테이블(1100)에 대해 영구 고정되거나 이동가능하다. 수술 테이블(1100) 및 컴퓨터 지원 장치(1101a)는 여기에 기술된 바와 같이 함께 작동한다.

[0034] 도 8a는 또한 상응하는 지지 구조부(1106b)에 의해 지지되는 상응하는 개별적인 원격조정 매니플레이터 및 단일-기기 어셈블리(1105b)를 갖는, 2, 3, 4, 5개 이상의 개별적인 컴퓨터 지원 장치가 포함될 수 있다는 것을 도시한 옵션의 제2 컴퓨터 지원 장치(1101b)를 도시하고 있다. 컴퓨터 지원 장치(1101b)는 기계적으로 접지되어 있고, 어셈블리(1105b)는 컴퓨터 지원 장치(1101a)와 유사한 포즈를 갖고 있다. 수술 테이블(1100) 및 컴퓨터 지원 장치(1101a, 1101b)는 함께 멀티-기기 수술 시스템을 만들고, 이들은 여기에 기술된 대로 함께 작동한다. 일부 예에서, 컴퓨터 지원 장치(1101a 및/또는 1101b)는 컴퓨터 지원 장치(110 및/또는 210)와 일치할 수 있다.

[0035] 도 8b에 도시된 바와 같이, 다른 가동 수술 테이블(1100) 및 컴퓨터 지원 장치(1111)가 도시되어 있다. 컴퓨터 지원 장치(1111)는 대표적인 매니플레이터 및 기기 어셈블리(1105a, 1105b)에 의해 도시된 바와 같이, 2, 3, 4, 5개 이상의 개별적인 원격조정 매니플레이터 및 단일-기기 어셈블리를 포함하는 멀티-기기 장치이다. 컴퓨터 지원 장치(1111)의 어셈블리(1105a, 1105b)는 결합 지지 구조부(1112)에 의해 지지되어, 어셈블리(1105a, 1105b)는 수술 테이블(1100)에 대해 그룹으로서 함께 이동되고 포즈를 가질 수 있다. 컴퓨터 지원 장치(1111)의 어셈블리(1105a, 1105b)는 또한 상응하는 개별적인 지지 구조부(1113a, 1113b)에 의해 각각 지지되어, 각각의 어셈블리(1105a, 1105b)는 수술 테이블(1100) 및 하나 이상의 다른 어셈블리(1105a, 1105b)에 대해 개별적으로 이동되고 포즈를 가질 수 있다. 각각의 멀티-기기 수술 시스템 구조부의 예는 인튜어티브 서지컬 인코퍼레이티드에 의해 판매되는, da Vinci Si® Surgical System 및 da Vinci® Xi™ Surgical System이다. 수술 테이블(1100) 및 예시의 컴퓨터 지원 장치(1111)를 포함하는 수술 매니플레이터 시스템은 여기에 기술된 바와 같이 함께 작동한다. 일부 예에서, 컴퓨터 지원 장치(1111)는 컴퓨터 지원 장치(110 및/또는 210)와 일치한다.

[0036] 도 8a 및 도 8b의 컴퓨터 지원 장치는 각각 플로어에 기계적으로 접지되어 도시되어 있다. 그러나, 이러한 하



나 이상의 컴퓨터 지원 장치는 옵션으로 벽 또는 천장에 기계적으로 접지될 수 있고 이러한 벽 또는 천장에 대해 영구 고정되거나 이동가능할 수 있다. 일부 예에서, 컴퓨터 지원 장치는 컴퓨터 지원 시스템의 지지 베이스가 수술 테이블에 대해 이동될 수 있도록 하는 트랙 또는 격자 시스템을 사용하여 벽 또는 천장에 장착될 수 있다. 일부 예에서, 하나 이상의 고정되거나 해제가능한 장착 클램프는 각각의 지지 베이스를 이러한 트랙 또는 격자 시스템에 장착하는데 사용될 수 있다. 도 8c에 도시된 바와 같이, 컴퓨터 지원 장치(1121a)는 벽에 기계적으로 접지되고, 컴퓨터 지원 장치(1121b)는 천장에 기계적으로 접지되어 있다.

[0037] 추가로, 컴퓨터 지원 장치는 가동 수술 테이블(1100)을 통해 간접적으로 기계적으로 접지될 수 있다. 도 8d에 도시된 바와 같이, 컴퓨터 지원 장치(1131a)는 수술 테이블(1100)의 테이블 상부(1102)에 결합되어 있다. 컴퓨터 지원 장치(1131a)는 도 8d에 점선 구조부로 도시한 바와 같이, 테이블 지지 구조부(1103) 또는 테이블 베이스(1104)와 같은, 수술 테이블(1100)의 다른 부분에 옵션으로 결합될 수 있다. 테이블 상부(1102)가 테이블 지지 구조부(1103) 또는 테이블 베이스(1104)에 대해 이동할 때, 컴퓨터 지원 장치(1131)는 마찬가지로 테이블 지지 구조부(1103) 또는 테이블 베이스(1104)에 대해 이동한다. 그러나, 컴퓨터 지원 장치(1131a)가 테이블 지지 구조부(1103) 또는 테이블 베이스(1104)에 결합될 때, 컴퓨터 지원 장치(1131a)의 베이스는 테이블 상부(1102)가 이동할 때 그라운드에 대해 고정된 상태로 있게 된다. 테이블 운동이 발생함에 따라, 환자에게 기기가 삽입되는 신체 개구 역시 이동할 수 있는데, 그 이유는 환자의 신체가 이동하고 테이블 상부(1102)에 대해 신체 위치를 변경할 수 있기 때문이다. 따라서, 컴퓨터 지원 장치(1131a)가 테이블 상부(1102)에 결합되는 실시예에 있어서, 테이블 상부(1102)는 로컬 기계 그라운드로서 기능하고, 신체 개구는 테이블 상부(1102)에 대해 이동하고, 컴퓨터 지원 장치(1131a)에 대해서도 이동한다. 도 8d는 또한 멀티-기기 시스템을 생성하기 위해 컴퓨터 지원 장치(1131a)와 마찬가지로 구성된, 제2 컴퓨터 지원 장치(1131b)가 옵션으로 추가될 수 있다는 것을 보여주고 있다. 이러한 수술 테이블에 결합된 하나 이상의 컴퓨터 지원 장치를 포함하는 시스템은 여기에 개시된 바와 같이 작동한다.

[0038] 일부 실시예에서, 동일하거나 하이브리드 기계적 접지를 갖는 컴퓨터 지원 장치의 다른 조합이 가능하다. 예를 들어, 플로어에 기계적으로 접지된 하나의 컴퓨터 지원 장치 및, 수술 테이블을 통해 이러한 플로어에 기계적으로 접지된 제2 컴퓨터 지원 장치를 포함할 수 있다. 이러한 하이브리드 기계적 접지 시스템은 여기에 개시된 바와 같이 작동한다.

[0039] 본 특징은 또한 2개 이상의 수술 기기가 단일 신체 개구를 통해 신체에 들어가는 단일-신체 개구 시스템을 포함하고 있다. 이러한 시스템의 예는 여기에 언급되어 통합된, 2010년 8월 12일에 출원된, "Surgical System Instrument Mounting" 표제의 미국 특허 번호 8,852,208 및, 2007년 6월 13일에 출원된 "Minimally Invasive Surgical System" 표제의 미국 특허 번호 9,060,678에서 볼 수 있다. 도 8e는 상술된 바와 같이 수술 테이블(1100)과 함께 원격조정 멀티-기기 컴퓨터 지원 장치(1141)를 도시하고 있다. 2개 이상의 기기(1142)는 각각 상응하는 매니퓰레이터(1143)에 결합되어 있고 기기(1142) 및 기기 매니퓰레이터(1143)의 클러스터는 시스템 매니퓰레이터(1145)에 의해 함께 이동한다. 이러한 시스템 매니퓰레이터(1144)는 시스템 매니퓰레이터(1144)가 이동되고 다양한 포즈에서 고정될 수 있도록 하는 지지 어셈블리(1145)에 의해 지지된다. 지지 어셈블리(1145)는 상기 설명과 일치하는 베이스(1146)에 기계적으로 접지되어 있다. 2개 이상의 기기(1142)는 단일 신체 개구에서 환자에게 삽입된다. 옵션으로, 기기(1142)는 단일 가이드 튜브를 통해 함께 뺄고, 가이드 튜브는 옵션으로, 상술된 문헌에서 기술된 바와 같이, 캐놀라를 통해 뺄어 있다. 컴퓨터 지원 장치(1141) 및 수술 테이블(1100)은 여기에 기술된 바와 같이 함께 작동한다.

[0040] 도 8f는 옵션으로 테이블 상부(1102), 테이블 지지 구조부(1103), 또는 테이블 베이스(1104)에 결합되어, 수술 테이블(1100)을 통해 기계적으로 접지된 다른 멀티-기기, 단일 신체 개구 컴퓨터 지원 장치(1151)를 도시하고 있다. 도 8d에 대한 상기 설명 역시 도 8f에 도시된 기계적 접지 옵션에 적용된다. 컴퓨터 지원 장치(1151) 및 수술 테이블(1100)은 여기에 기술된 바와 같이 함께 작동한다.

[0041] 도 8g는 하나 이상의 원격조정 멀티-기기, 단일 신체 개구 컴퓨터 지원 장치(1161) 및 하나 이상의 원격조정 단일-기기 컴퓨터 지원 장치(1162)가 여기에 기술된 바와 같이 수술 테이블(1100)과 함께 작동하도록 결합될 수 있음을 도시하고 있다. 컴퓨터 지원 장치(1161, 1162)의 각각은 직접 또는 다른 구조부를 통해, 여기에 기술된 다양한 방식으로 기계적으로 접지될 수 있다.

[0042] 도 3은 일부 실시예에 따른 컴퓨터 지원 의료 시스템의 운동학 모델(300)의 단순도이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 운동학 모델(300)은 많은 소스 및/또는 장치와 연관된 운동학 정보를 포함할 수 있다. 이러한 운동학 정보는 컴퓨터 지원 의료 장치 및 수술 테이블의 링크 및 조인트에 대한 공지된 운동학 모델에 기초한다. 이러한

운동학 정보는 또한 컴퓨터 지원 의료 장치 및 수술 테이블의 조인트의 위치 및/또는 방향과 연관된 정보에 기초한다. 일부 예에서, 이러한 조인트의 위치 및/또는 방향과 연관된 정보는 프리즘 조인트의 선형 위치 및 회전 조인트의 회전 위치를 측정하는, 인코더와 같은, 하나 이상의 센서로부터 유도될 수 있다.

[0043] 이러한 운동학 모델(300)은 다수의 좌표 프레임 또는 좌표계 및, 좌표 프레임의 하나로부터 좌표 프레임의 다른 것으로 위치 및/또는 방향을 변환하기 위한 동종 변환과 같은 변환을 포함하고 있다. 일부 예에서, 운동학 모델(300)은 도 3에 포함된 변환 링크에 의해 표시된 순방향 및/또는 반전/역방향 변환을 구성함으로써 좌표 프레임중 임의의 다른 것에서 좌표 프레임중 하나의 위치 및/또는 방향의 순방향 및/또는 역방향 맵핑을 허용하도록 사용될 수 있다. 일부 예에서, 변환이 행렬 형태로 동종 변환으로서 모델화될 때, 이러한 구성은 행렬 승산을 사용하여 달성될 수 있다. 일부 실시예에서, 운동학 모델(300)은 도 2의 컴퓨터 지원 장치(210) 및 수술 테이블(280)의 운동학 관계를 모델화하는데 사용될 수 있다.

[0044] 운동학 모델(300)은 수술 테이블(170) 및/또는 수술 테이블(280)과 같은, 수술 테이블의 위치 및/또는 방향을 모델화하는데 사용되는 테이블 베이스 좌표 프레임(305)을 포함하고 있다. 일부 예에서, 이러한 테이블 베이스 좌표 프레임(305)은 수술 테이블과 연관된 기준점 및/또는 방향에 대한 수술 테이블의 다른 점을 모델화하는데 사용될 수 있다. 일부 예에서, 이러한 기준점 및/또는 방향은 테이블 베이스(282)와 같은, 수술 테이블의 테이블 베이스와 연관될 수 있다. 일부 예에서, 테이블 베이스 좌표 프레임(305)은 컴퓨터 지원 시스템을 위한 글로벌 좌표 프레임으로서 사용되기에 적합할 수 있다.

[0045] 운동학 모델(300)은 테이블 상부(284)와 같은, 수술 테이블의 테이블 상부를 나타내는 좌표 프레임에서의 위치 및/또는 방향을 모델화하는데 사용될 수 있는 테이블 상부 좌표 프레임(310)을 더 포함하고 있다. 일부 예에서, 테이블 상부 좌표 프레임(310)은 회전 센터 또는 이소센터(286)와 같은, 테이블 상부의 이소 센터에 센터링될 수 있다. 일부 예에서, 테이블 상부 좌표 프레임(310)의 z축은 수술 테이블이 놓인 표면 또는 플로어에 대해 수직으로 및/또는 테이블 상부의 표면에 직교하는 방향을 가질 수 있다. 일부 예에서, 테이블 상부 좌표 프레임(310)의 x축과 y축은 테이블 상부의 종방향(상하) 및 측방향(좌우) 주축을 포착하도록 배향될 수 있다. 일부 예에서, 테이블 베이스-테이블 상부 좌표 변환(315)은 테이블 상부 좌표 프레임(310)과 테이블 베이스 좌표 프레임(305) 상의 위치 및/또는 방향을 맵핑하는데 사용될 수 있다. 일부 예에서, 관절식 구조부(290)와 같은, 수술 테이블의 관절식 구조부의 하나 이상의 운동학 모델은 과거 및/또는 현재 조인트 센서 관독값과 함께 테이블 베이스-테이블 상부 좌표 변환(315)을 결정하는데 사용된다. 일부 예에서, 도 2의 실시예와 일치하여, 테이블 베이스-테이블 상부 좌표 변환(315)이 수술 테이블과 연관된 높이, 틸트, 트랜스렌부르크, 및/또는 슬라이드 세팅의 합성 효과를 모델화한다.

[0046] 운동학 모델(300)은 컴퓨터 지원 장치(110) 및/또는 컴퓨터 지원 장치(210)와 같은 컴퓨터 지원 장치의 위치 및/또는 방향을 모델화하는데 사용될 수 있는 장치 베이스 좌표 프레임을 더 포함하고 있다. 일부 예에서, 장치 베이스 좌표 프레임(320)은 컴퓨터 지원 장치와 연관된 기준점 및/또는 방향에 대해 컴퓨터 지원 장치의 다른 포인트를 모델화하는데 사용될 수 있다. 일부 예에서, 이러한 기준점 및/또는 방향은 이동 카트(215)와 같은, 컴퓨터 지원 장치의 장치 베이스와 연관될 수 있다. 일부 예에서, 장치 베이스 좌표 프레임(320)은 컴퓨터 지원 시스템에 대한 글로벌 좌표 프레임으로서 사용되기에 적합할 수 있다.

[0047] 수술 테이블과 컴퓨터 지원 장치 사이의 위치 및/또는 방향 관계를 추적하기 위해, 수술 테이블과 컴퓨터 지원 장치 사이에 등록을 실행하는 것이 바람직하다. 도 3에 도시된 바와 같이, 이러한 등록은 테이블 상부 좌표 프레임(310)과 장치 베이스 좌표 프레임(320) 사이에서 등록 변환(325)을 결정하는데 사용될 수 있다. 일부 실시예에서, 등록 변환(325)은 테이블 상부 좌표 프레임(310)과 장치 베이스 좌표 프레임(320) 사이의 일부 또는 전체 변환일 수 있다. 이러한 등록 변환(325)은 수술 테이블과 컴퓨터 지원 장치 사이의 구조적 배열에 기초하여 결정된다.

[0048] 컴퓨터 지원 장치가 테이블 상부(1102)에 장착된 도 8d 및 도 8f의 예에서, 등록 변환(325)은 테이블 베이스-테이블 상부 좌표 변환(315)으로 결정되고 컴퓨터 지원 장치가 테이블 상부(112)에 어디에 장착되는지를 안다.

[0049] 이러한 컴퓨터 지원 장치가 플로어에 배치되거나 벽 또는 천장에 장착되는 도 8a 내지 도 8c, 도 8e 및 도 8f의 예에서, 등록 변환(325)의 결정은 장치 베이스 좌표 프레임(320) 및 테이블 베이스 좌표 프레임(305)을 일부 제한함으로써 단순화된다. 일부 예에서, 이러한 제한은 장치 베이스 좌표 프레임(320) 및 테이블 베이스 좌표 프레임(305)이 동일한 수직상향 또는 z축에 일치하는 것을 포함한다. 수술 테이블이 바닥에 위치되었고 (예를 들어, 바닥에 수직인) 방의 벽 및 (예를 들어, 바닥에 평행한) 천장의 상대 방향이 알려져 있다는 가정하에, 공통 수직상향 또는 z 축(또는 적절한 방향 변환)이 장치 베이스 좌표 프레임(320) 및 테이블 베이스 좌표 프레임

(305) 모두 또는 적절한 방향 변환에 대해 유지되는 것이 가능하다. 일부 예에서, 공통  $z$  축 때문에, 등록 변환(325)은 옵션으로, 테이블 베이스 좌표 프레임(305)의  $z$ 축에 대한 장치 베이스-테이블 베이스의 회전 관계만을 모델화할 수 있다(예를 들어,  $\Theta_z$  등록). 일부 예에서, 등록 변환(325)은 또한 테이블 베이스 좌표 프레임(305)과 장치 베이스 좌표 프레임(320) 사이의 수평 오프셋을 모델화할 수 있다(예를 들어,  $XY$  등록). 이것은 컴퓨터 지원 장치 및 수술 테이블 사이의 수직( $z$ ) 관계가 알려져 있기 때문에 가능하다. 따라서, 테이블 베이스-테이블 상부 변환(315)의 테이블 상부의 높이의 변화는 장치 베이스 좌표 프레임(320)의 수직 조정과 유사한데, 그 이유는 테이블 베이스 좌표 프레임(305) 및 장치 베이스 좌표 프레임(320)의 수직축이 동일하거나 거의 동일하여서 테이블 베이스 좌표 프레임(305)과 장치 베이스 좌표 프레임(320) 사이의 높이의 변화가 서로 적절한 허용오차내에 있기 때문이다. 일부 예에서, 테이블 베이스-테이블 상부 변환(315)에서의 틸트 및 트랜스レーション 부르크 조정은 테이블 상부(또는 그 이소 센터)의 높이 및  $\Theta_z$  및/또는  $XY$  등록을 앞으로써 장치 베이스 좌표 프레임(320)에 맵핑될 수 있다. 일부 예에서, 등록 변환(325) 및 테이블 베이스-테이블 상부 변환(315)은 컴퓨터 지원 수술 장치가 구조적으로 그러한 경우가 아닐때도 테이블 상부에 부착된 것처럼 컴퓨터 지원 수술 장치를 모델화하는데 사용될 수 있다.

[0050] 운동학 모델(300)은 컴퓨터 지원 장치의 관절식 암의 가장 인접한 포인트와 연관된 공유 좌표 프레임에 대한 적절한 모델로서 사용되는 암 장착 플랫폼 좌표 프레임(330)을 더 포함하고 있다. 일부 실시예에서, 암 장착 플랫폼 좌표 프레임(330)은 암 장착 플랫폼(227)과 같은, 암 장착 플랫폼 상의 가까운 포인트와 연관될 수 있다. 일부 예에서, 암 장착 플랫폼 좌표 프레임(330)의 중심점은 암 장착 플랫폼 좌표 프레임(330)의  $z$ 축이 암 장착 플랫폼 방향 축(236)과 정렬된 상태에서 암 장착 플랫폼 방향 축(236)에 위치될 수 있다. 일부 예에서, 장치 베이스-암 장착 플랫폼 좌표 프레임(335)은 장치 베이스 좌표 프레임(320)과 암 장착 플랫폼 좌표 프레임(330) 사이의 위치 및/또는 방향을 맵핑하는데 사용된다. 일부 예에서, 셋업 구조부(220)와 같은, 장치 베이스와 암 장착 플랫폼 사이의 컴퓨터 지원 장치의 링크 및 조인트의 하나 이상의 운동학 모델은 과거 및/또는 현재 조인트 센서 판독값과 함께 장치 베이스-암 장착 플랫폼 좌표 프레임(335)을 결정하는데 사용된다. 도 2의 실시예와 일치하는 일부 예에서, 장치 베이스-암 장착 플랫폼 좌표 변환(335)은 컴퓨터 지원 장치의 셋업 구조부의 2-파트 컬럼, 쇼울더 조인트, 2-파트 붐, 및 팔목 조인트의 합성 효과를 모델화할 수 있다.

[0051] 운동학 모델(300)은 컴퓨터 지원 장치의 관절식 암의 각각과 연관된 일련의 좌표 프레임 및 변환을 더 포함하고 있다. 도 3에 도시된 바와 같이, 운동학 모델(300)은 3개의 관절식 암에 대한 좌표 프레임 및 변환을 포함하고 있지만, 당업자는 상이한 컴퓨터 지원 장치가 (예를 들어, 1, 2, 4, 5 이상의) 보다 적은 및/또는 보다 많은 관절식 암을 포함할 수 있다는 것을 이해할 것이다. 도 2의 컴퓨터 지원 장치(210)의 링크 및 조인트의 구성과 일치하여, 관절식 암의 각각은 관절식 암의 말단부에 장착된 기기의 타입에 따라, 매니플레이터 마운트 좌표 프레임, 원격 중심 좌표 프레임, 및 기기 또는 카메라 좌표 프레임을 사용하여 모델화된다.

[0052] 운동학 모델(300)에서, 관절식 암중 첫번째 관절식 암의 운동학 관계는 매니플레이터 마운트 좌표 프레임(341), 원격 중심 좌표 프레임(342), 기기 좌표 프레임(343), 암 장착 플랫폼-매니플레이터 장착 변환(344), 매니플레이터 마운트-원격 운동 중심 변환(345), 및 원격 운동 중심-기기 변환(346)을 사용하여 포착된다. 매니플레이터 마운트 좌표 프레임(341)은 매니플레이터(260)와 같은 매니플레이터와 연관된 위치 및/또는 방향을 나타내기 위한 적절한 모델을 나타낸다. 매니플레이터 마운트 좌표 프레임(341)은 상응하는 관절식 암의 매니플레이터 마운트(262)와 같은 매니플레이터 마운트와 연관되어 있다. 그다음, 암 장착 플랫폼-매니플레이터 장착 변환(344)은 상응하는 셋업 조인트(240)의 과거 및/또는 현재 조인트 센서 판독값과 함께, 상응하는 셋업 조인트(240)와 같은, 암 장착 플랫폼과 상응하는 매니플레이터 마운트 사이의 컴퓨터 지원 장치의 링크 및 조인트의 하나 이상의 운동학 모델에 기초한다.

[0053] 원격 운동 중심 좌표 프레임(342)은 상응하는 매니플레이터(260)의 상응하는 원격 운동 중심(274)과 같은, 매니플레이터에 장착된 기기의 원격 운동 중심과 연관되어 있다. 그다음, 매니플레이터 마운트-원격 운동 중심 변환(345)은 상응하는 조인트(264)의 과거 및/또는 현재 조인트 센서 판독값과 함께, 상응하는 매니플레이터(260)의 상응하는 조인트(264), 상응하는 링크(266), 및 상응하는 캐리지(268)와 같은, 상응하는 매니플레이터 마운트와 상응하는 원격 운동 중심 사이의 컴퓨터 지원 장치의 링크 및 조인트의 하나 이상의 운동학 모델에 기초하고 있다. 상응하는 원격 운동 중심이 도 2의 실시예와 같이, 상응하는 매니플레이터 마운트에 고정된 위치 관계로 유지되고 있을 때, 매니플레이터 마운트-원격 운동 중심 변환(345)은 본질적으로, 매니플레이터 및 기기가 작동될 때 변하지 않는 정적 병진 요소와, 매니플레이터 및 기기가 작동될 때 변하는 동적 회전 요소를 포함하고 있다.



- [0054] 기기 좌표 프레임(343)은 상응하는 엔드 이펙터(276)와 같은, 기기의 말단부에 위치한 엔드 이펙터와 연관되어 있다. 그다음, 원격 운동 중심-기기 변환(346)은 과거 및/또는 현재 조인트 센서 판독값과 함께, 상응하는 기기, 엔드 이펙터 및 원격 운동 중심을 이동시키고 및/또는 배향시키는 컴퓨터 지원 장치의 링크 및 조인트의 하나 이상의 운동학 모델에 기초하고 있다. 일부 예에서, 원격 운동 중심-기기 변환(346)은 상응하는 샤프트(272)와 같은 샤프트가 원격 운동 중심을 통과하는 방향 및 이러한 샤프트가 원격 운동 중심에 대해 진행하고 및/또는 후퇴하는 거리를 처리한다. 일부 예에서, 원격 운동 중심-기기 변환(346)은 기기의 샤프트의 삽입 축이 원격 운동 중심을 통과하는 것을 반영하도록 억제될 수 있고 샤프트에 의해 규정된 축에 대해 샤프트 및 엔드 이펙터의 회전을 처리한다.
- [0055] 운동학 모델(300)에서, 관절식 암의 제2 관절식 암의 운동학 관계는 매니퓰레이터 마운트 좌표 프레임(351), 원격 운동 중심 좌표 프레임(352), 기기 좌표 프레임(353), 암 장착 플랫폼-매니퓰레이터 장착 변환(354), 마운트-원격 운동 중심 변환(355), 및 원격 운동 중심-기기 변환(356)을 사용하여 포착된다. 매니퓰레이터 마운트 좌표 프레임(351)은 매니퓰레이터(260)와 같은 매니퓰레이터와 연관된 위치 및/또는 방향을 나타내기 위한 적절한 모델을 나타낸다. 매니퓰레이터 마운트 좌표 프레임(351)은 상응하는 관절식 암의 매니퓰레이터 마운트(262)와 같은 매니퓰레이터 마운트와 연관되어 있다. 그다음, 암 장착 플랫폼-매니퓰레이터 장착 변환(354)은 상응하는 셋업 조인트(240)의 과거 및/또는 현재 조인트 센서 판독값과 함께, 상응하는 셋업 조인트(240)와 같은, 암 장착 플랫폼과 상응하는 매니퓰레이터 마운트 사이의 컴퓨터 지원 장치의 링크 및 조인트의 하나 이상의 운동학 모델에 기초하고 있다.
- [0056] 원격 운동 중심 좌표 프레임(352)은 상응하는 매니퓰레이터(260)의 상응하는 운동의 원격 운동 중심(274)와 같은, 관절식 암에 장착된 매니퓰레이터의 원격 운동 중심과 연관되어 있다. 그다음, 매니퓰레이터 마운트-원격 운동 중심 변환(355)은 상응하는 조인트(264)의 과거 및/또는 현재 조인트 센서 판독값과 함께, 상응하는 매니퓰레이터(260)의 상응하는 조인트(264), 상응하는 링크(266), 및 상응하는 캐리지(268)와 같은, 상응하는 매니퓰레이터 마운트와 상응하는 원격 운동 중심 사이의 컴퓨터 지원 장치의 링크 및 조인트의 하나 이상의 운동학 모델에 기초하고 있다. 상응하는 원격 운동 중심이 도 2의 실시예에서와 같이, 상응하는 매니퓰레이터 마운트에 대해 고정된 위치 관계로 유지되고 있을 때, 마운트-원격 운동 중심 변환(355)은 본질적으로, 매니퓰레이터 및 기기가 작동될 때 변하지 않는 정적 병진 요소 및 매니퓰레이터 및 기기가 작동될 때 변하는 동적 회전 요소를 포함한다.
- [0057] 기기 좌표 프레임(353)은 상응하는 기기(270) 및/또는 엔드 이펙터(276)와 같은, 기기의 말단부에 위치한 엔드 이펙터와 연관되어 있다. 그다음, 원격 운동 중심-기기 변환(356)은 과거 및/또는 현재 조인트 센서 판독값과 함께, 상응하는 기기, 엔드 이펙터 및 원격 운동 중심을 이동시키고 및/또는 배향시키는 컴퓨터 지원 장치의 링크 및 조인트의 하나 이상의 운동학 모델에 기초하고 있다. 일부 예에서, 원격 운동 중심-기기 변환(356)은 상응하는 샤프트(272)와 같은, 샤프트가 원격 운동 중심을 통과하는 방향 및, 샤프트가 원격 운동 중심에 대해 진행하고 및/또는 후퇴하는 거리를 처리한다. 일부 예에서, 원격 운동 중심-기기 변환(356)은 기기의 샤프트의 삽입축이 원격 운동 중심을 통과하는 것을 반영하기 위해 억제될 수 있고 샤프트에 의해 규정된 삽입축에 대한 샤프트 및 엔드 이펙터의 회전을 처리할 수 있다.
- [0058] 운동학 모델(300)에서, 관절식 암의 제3 관절식 암의 운동학 관계는 매니퓰레이터 마운트 좌표 프레임(361), 원격 운동 중심 좌표 프레임(362), 카메라 좌표 프레임(363), 암 장착 플랫폼-매니퓰레이터 장착 변환(364), 매니퓰레이터 마운트-원격 운동 중심 변환(365), 및 원격 운동 중심-기기 변환(366)을 사용하여 포착된다. 매니퓰레이터 마운트 좌표 프레임(361)은 매니퓰레이터(260)와 같은 매니퓰레이터와 연관된 위치 및/또는 방향을 나타내기 위한 적절한 모델을 나타낸다. 매니퓰레이터 마운트 좌표 프레임(361)은 상응하는 관절식 암의 매니퓰레이터 마운트(262)와 같은 매니퓰레이터 마운트와 연관되어 있다. 그다음, 암 장착 플랫폼-매니퓰레이터 장착 변환(364)은 상응하는 셋업 조인트(240)의 과거 및/또는 현재 조인트 센서 판독값과 함께, 상응하는 셋업 조인트(240)와 같은, 암 장착 플랫폼과 상응하는 매니퓰레이터 마운트 사이의 컴퓨터 지원 장치의 링크 및 조인트의 하나 이상의 운동학 모델에 기초하고 있다.
- [0059] 원격 운동 중심 좌표 프레임(362)은 상응하는 매니퓰레이터(260)의 상응하는 운동의 원격 운동 중심(274)와 같은, 관절식 암에 장착된 매니퓰레이터의 원격 운동 중심과 연관되어 있다. 그다음, 매니퓰레이터 마운트-원격 운동 중심 변환(365)은 상응하는 조인트(264)의 과거 및/또는 현재 조인트 센서 판독값과 함께, 상응하는 매니퓰레이터(260)의 상응하는 조인트(264), 상응하는 링크(266), 및 상응하는 캐리지(268)와 같은, 상응하는 매니퓰레이터 마운트와 상응하는 원격 운동 중심 사이의 컴퓨터 지원 장치의 링크 및 조인트의 하나 이상의 운동학 모델에 기초하고 있다. 상응하는 원격 운동 중심이 도 2의 실시예에서와 같이, 상응하는 매니퓰레이터 마운트

에 대해 고정된 위치 관계로 유지되고 있을 때, 마운트-원격 운동 중심 변환(365)은 본질적으로, 매니퓰레이터 및 기기가 작동될 때 변하지 않는 정적 병진 요소 및 매니퓰레이터 및 기기가 작동될 때 변하는 동적 회전 요소를 포함한다.

[0060] 카메라 좌표 프레임(363)은 관절식 암에 장착된, 내시경과 같은 이미징 장치와 연관되어 있다. 그다음, 원격 운동 중심-카메라 변환(366)은 과거 및/또는 조인트 센서 관독값과 함께, 이미징 장치 및 상응하는 원격 운동 중심을 이동시키고 및/또는 배향시키는 컴퓨터 지원 장치의 링크 및 조인트의 하나 이상의 운동학 모델에 기초하고 있다. 일부 예에서, 원격 운동 중심-카메라 변환(366)은 상응하는 샤프트(272)와 같은, 샤프트가 원격 운동 중심을 통과하는 방향 및, 샤프트가 원격 운동 중심에 대해 진행하고 및/또는 후퇴하는 거리를 처리한다. 일부 예에서, 원격 운동 중심-카메라 변환(366)은 이미징 장치의 샤프트의 삽입축이 원격 운동 중심을 통과하는 것을 반영하기 위해 억제될 수 있고 샤프트에 의해 규정된 축에 대한 이미징 장치의 회전을 처리할 수 있다.

[0061] 상술되고 여기에 더 강조된 바와 같이, 도 3은 청구범위를 제한하지 않는 예에 불과하다. 당업자는 많은 수정, 대안, 및 수정을 이해할 것이다. 일부 실시예에 따라, 수술 테이블과 컴퓨터 지원 장치 사이의 등록은 대안의 등록 변환을 사용하여 테이블 상부 좌표 프레임(310)과 장치 베이스 좌표 프레임(320) 사이에서 결정될 수 있다. 대안의 등록 변환이 사용될 때, 등록 변환(325)은 테이블 베이스-테이블 상부 변환(315)의 반전/역방향으로 대안의 등록 변환을 구성함으로써 결정된다. 일부 실시예에 따라, 컴퓨터 지원 장치를 모델화하는데 사용된 좌표 프레임 및/또는 변환은 컴퓨터 지원 장치, 그 관절식 암, 그 엔드 이펙터, 그 매니퓰레이터, 및/또는 그 기기의 링크 및 조인트의 특정 구성에 따라 상이하게 배치될 수 있다. 일부 실시예에 따라, 운동학 모델(300)의 좌표 프레임 및 변환은 하나 이상의 가상 기기 및/또는 가상 카메라와 연관된 좌표 프레임 및 변환을 모델화하는데 사용될 수 있다. 일부 예에서, 가상 기기 및/또는 카메라는 이전에 저장되고 및/또는 래치된(latched) 기기 위치, 운동으로 인한 기기 및/또는 카메라의 투사, 의사 및/또는 다른 직원에 의해 규정된 기준점 등과 연관될 수 있다.

[0062] 상술된 바와 같이, 컴퓨터 지원 시스템(100 및/또는 200)과 같은 컴퓨터 지원 시스템이 작동되고 있을 때, 기기가 환자 위의 신체 개구에 삽입되는 동안 수술 테이블(170 및/또는 280)과 같은, 수술 테이블의 운동이 허용되고 있는 동안 기기 및/또는 엔드 이펙터의 연속 제어를 허용하는 것이 바람직할 것이다. 수술 테이블 운동 동안 시술의 능동적인 지속을 허용하는 시스템의 예는 2015년 3월 17일에 출원된 "System and Method for Integrated Surgical Table" 표제의 미국 특허 가출원 번호 62/134,207 및 동시에 출원된, ISRG006930PCT / 70228.498W001 대리인 번호를 갖는 "System and Method for Integrated Surgical Table" 표제의 PCT 특허 출원에 보다 상세하게 기술되어 있고, 양측 모두가 여기에 언급되어 전체가 통합되어 있다. 일부 예에서, 이로 인해, 먼저, 환자로부터 매니퓰레이터-제어 수술 기기를 제거하고 환자에 삽입된 상태의 캐들라로부터 매니퓰레이터를 잠금해제할 필요없이 수술 테이블 운동이 일어나기 때문에 보다 적은 시간을 소비하는 시술이 가능할 수 있다. 일부 예에서, 이로 인해, 의사 및/또는 다른 의료진은 수술 테이블 운동이 일어나고 있는 동안 장기 이동을 감시할 수 있어서 보다 최적의 수술 테이블 포즈를 얻을 수 있다. 일부 예에서, 또한, 이로 인해 수술 테이블 운동 동안 시술의 능동적인 연속성이 가능하다.

[0063] 일부 실시예에 따라, 수술 테이블의 상부의 이동에 의해 유발된 환자의 이동이 컴퓨터 지원 장치에 의해 알려지고 보상되도록 수술 테이블과 컴퓨터 지원 장치 사이의 등록 변환(325)을 아는 것이 도움이 된다. 도 4a 및 도 4b는 일부 실시예에 따른 수술 테이블(410)과 컴퓨터 지원 장치(420) 사이의 관계의 단순도이다. 일부 예에서, 수술 테이블(410)은 수술 테이블(170 및/또는 280)과 일치할 수 있고 컴퓨터 지원 장치는 컴퓨터 지원 장치(110, 210), 및/또는 도 8a 내지 도 8g의 컴퓨터 지원 장치중 하나와 일치할 수 있다. 도 4a에 도시된 바와 같이, 환자(430)는 수술 테이블(410) 위에 배치된다. 환자(430)가 수술 테이블(410)에 끈으로 단단히 묶여 있고 원격 운동 중심(274)에 상응하는 신체 개구와 같은, 환자(430)의 해부학적 구조의 하나 이상의 부분이 수술 테이블(410)의 상부에 대해 고정되어 있다고 가정할 때, 수술 테이블(410)이 이동하면 이에 상응하여 환자(430)의 해부학적 구조의 하나 이상이 이동한다. 이러한 가정이 다소 부정확할지라도, 아래에 보다 상세하게 설명되는 바와 같이, 수술 테이블 좌표 프레임에서의 수술 테이블(410)의 상부의 이동 및 컴퓨터 지원 장치 좌표 프레임에서의 환자(430)의 해부학적 구조의 이동을 감시함으로써, 수술 테이블(410)과 컴퓨터 지원 장치(420) 사이의 지리적 관계의 근사 추정값을 결정하는 것이 가능하다.

[0064] (좌표축  $X_T$  및  $Y_T$ 를 사용하여 도시된) 테이블 베이스 좌표 프레임(440) 및 (좌표축  $X_D$  및  $Y_D$ 를 사용하여 도시된) 장치 베이스 좌표 프레임(450)이 공통 수직방향 또는 z축을 갖고 있고 컴퓨터 지원 장치의 베이스의 높이가 수술 테이블의 베이스에 상대적으로 알려져 있다고 가정할 때, 수술 테이블(410)과 컴퓨터 지원 장치(420) 사이의

지리학적 관계는 수술 테이블(410)과 컴퓨터 지원 장치(420) 사이의 수직상향 또는  $z$ 축에 대한 각도 회전 및 수평 오프셋을 결정하는 것으로 특징지어질 수 있다. 이것은 테이블 베이스 좌표 프레임(440) 및 장치 베이스 좌표 프레임(450)이  $z$ 축에서 일치할 때, 테이블 베이스 좌표 프레임(440)과 장치 베이스 좌표 프레임(450) 사이의  $z$  좌표값의 차이가 이미 알려져 있기 때문에 가능하다.

[0065] 일부 예에서, 테이블 베이스 좌표 프레임(440)은 테이블 베이스 좌표 프레임(350)에 상응할 수 있고 및/또는 장치 베이스 좌표 프레임(450)은 장치 베이스 좌표 프레임(330)에 상응할 수 있다. 또한, 테이블 베이스 좌표 프레임(440)의  $xy$  평면과 장치 베이스 좌표 프레임(450)의  $xy$  평면은 평행하다. 따라서, 수술 테이블(410)과 컴퓨터 지원 장치(420) 사이의 완전한 등록은 테이블 베이스 좌표 프레임(440)과 장치 베이스 좌표 프레임(450) 사이의 수평 오프셋,  $\Delta_{xy}$  및 테이블 베이스 좌표 프레임(440)과 장치 베이스 좌표 프레임(450) 사이의,  $z$  축에 대한 회전,  $\Theta_z$ 를 결정하는 단계를 수반한다. 그러나, 실제로, 수술 테이블(410)과 컴퓨터 지원 장치(420) 사이의 완전한 등록은 수술 테이블(410)과 컴퓨터 지원 장치(420) 사이의 상대 운동을 수반하는 동작에 필요하지 않을 수 있는데, 그 이유는 테이블 베이스 좌표 프레임(440)의 변환이  $\Theta_z$ 를 사용하여 장치 베이스 좌표 프레임(450)의 변환에 맵핑될 수 있기 때문이다. 또한, 테이블 베이스 좌표 프레임(440)에 대한 수술 테이블(410)의 상부의 회전은  $\Theta_z$ 를 사용하여 장치 베이스 좌표 프레임(450)의 회전에 맵핑될 수 있다. 따라서,  $\Theta_z$ 를 결정하는 부분 등록(partial registration)은 자주 대부분의 목적에 충분하다.

[0066] 도 4b는 테이블 베이스 좌표 프레임(440)에서의 수술 테이블(410)의 상부의 이동,  $\Delta_T$ , 및 장치 베이스 좌표 프레임(450)에서의, 원격 운동 중심(274)과 같은, 컴퓨터 지원 장치(420)의 제어점의 이동,  $\Delta_D$ 를 감시함으로써  $\Theta_z$ 가 결정되는 방법을 도시하고 있다. 도 4b에 도시된 바와 같이, 수술 테이블(410)과 컴퓨터 지원 장치(420)의 이동 사이의 병진 차이는 이들이 2개의 이동 사이의 각도 차이  $\Theta_z$ 에 영향을 주지 않기 때문에 제거되었다. 일부 예에서, 이러한 이동  $\Delta_T$ 은 수술 테이블(410)의 틸트, 트랜스లే션부르크, 및/또는 슬라이드 조정의 결과로서 일어날 수 있다. 도 4b가 도시하는 바와 같이,  $\Delta_T$ 의 크기 및  $\Delta_D$ 의 크기는 각각, 테이블 베이스 좌표 프레임(440)과 장치 베이스 좌표 프레임(450)의  $xy$  평면에서의  $\Delta_T$  및  $\Delta_D$ 의 상대 방향을 아는 것만큼 중요하지 않다. 도시된 바와 같이, 수술 테이블(410)의 상부의 이동  $\Delta_T$ 가 일어날 때, 테이블 베이스-테이블 상부 변환(315)과 같은, 테이블 베이스-테이블 상부 변환이  $X_T$  축에 대한 이동  $\Delta_T$ 의 각 방향  $\Theta_T$ 를 결정하는데 사용된다. 또한, 도 3의 도시된 것과 같은, 컴퓨터 지원 장치(420)의 하나 이상의 운동학 모델이  $X_D$  축에 대한, 원격 운동 중심과 같은, 제어점의 이동  $\Delta_D$ 의 각 방향  $\Theta_D$ 를 결정하는데 사용된다. 이러한  $\Theta_D$ 와  $\Theta_T$  사이의 차이는 등록 변환을 위한 기초가 되는, 테이블 베이스 좌표 프레임(440)과 장치 베이스 좌표 프레임(450) 사이의  $\Theta_z$ 를 나타낸다.

[0067] 도 5는 일부 실시예에 따른 수술 테이블을 컴퓨터 지원 장치에  $\Theta_z$  등록하는 방법 500의 단순도이다. 방법 500의 프로세스 510-580중 하나 이상은 적어도 일부, 하나 이상의 프로세서(예를 들어, 제어 유닛(130)의 프로세서(140))에 의해 실행될 때 이러한 하나 이상의 프로세서가 프로세스 510-580중 하나 이상을 실행하도록 할 수 있는 비임시, 유형, 기계 판독가능 매체에 저장된 실행가능한 코드의 형태로 구현될 수 있다. 일부 실시예에서, 방법 500은 수술 테이블(170, 280, 및/또는 410)과 같은 수술 테이블과 컴퓨터 지원 장치(110, 210, 420, 및/또는 도 8a 내지 도 8g의 컴퓨터 지원 장치중 하나와 같은 컴퓨터 지원 장치 사이의 부분 등록을 실행하는데 사용될 수 있다. 이러한 부분 등록은 테이블 베이스 좌표 프레임(305 및/또는 440)과 같은 테이블 베이스 좌표 프레임과, 장치 베이스 좌표 프레임(330 및/또는 450)과 같은, 장치 베이스 좌표 프레임 사이의  $\Theta_z$ 를 결정할 수 있다. 일부 실시예에서, 프로세스(510, 570 및/또는 580)중 하나 이상은 옵션이고 생략될 수 있다.

[0068] 옵션의 프로세스 510에서, 수술 테이블의 이소센터가 낮아진다. 이소센터(286)와 같은, 수술 테이블의 이소센터가, 적어도 트랜스లే션부르크 회전이 일어나는 인위적으로 규정된 포인트를 나타내기 때문에, 방법 500 동안 사용되는 컴퓨터 지원 장치의 하나 이상의 제어점 위에 있는 높이에 설정되는 것이 가능하다. 제어점이 수술 테이블의 이소센터 아래에 위치되어 있을 때, 이러한 제어점의 이동은 테이블 상부의 이동과 반대 방향에 있어, 프로세스 530 동안 결정되는 수술 테이블의 상부의 이동의 각 방향이  $180^\circ$  위상 변이된다. 이러한 문제를 피하기 위해, 수술 테이블의 이소센터는 적어도 방법 500의 등록의 초기 부분 동안 낮추어질 수 있다. 일부 예에서, 수술 테이블의 이소센터는 옵션으로, 예를 들어, 수술 테이블의 틸트 축에 대한 회전의 중심과 일치하도록

수술 테이블의 상부에 또는 그 아래의 포인트까지 낮추어질 수 있다. 일부 예에서, 이러한 낮춤 이전의 수술 테이블의 이소센터 위치가 프로세스 580 동안 사용을 위해 저장된다. 일부 예에서, 또한, 수술 테이블의 이소센터를 낮춤으로써 수술 테이블의 상부의 수평 이동을 강화할 수 있어, 등록 프로세스가 수행하는 속도가 향상될 수 있다.

[0069] 프로세스 520에서, 수술 테이블의 적격(qualifying) 운동이 검출된다. 컴퓨터 지원 장치의, 원격 운동 중심과 같은, 제어점의 이동 모두가 방법 500의 등록 동안 사용에 적합한 것은 아니다. 일부 예에서, 임의의 수평 이동을 발생하지 않는, 수술 테이블의 수직 이동은 방법 500 동안 사용에 적절한 정보를 제공하지 않는다. 일부 예에서, 수술 테이블 이동의 결과로서 발생하지 않는 제어점의 수평 이동의 작은 진동이 있을 수 있다. 일부 예에서, 이러한 작은 진동은 환자의 자율 운동(예를 들어, 호흡, 심박 등), 관절식 암 및/또는 컴퓨터 지원 장치의 매니퓰레이터의 진동, 흡입제의 변화 등의 결과로서 발생할 수 있다. 이러한 진동 및 센서 오류와 같은 다른 오류가 등록에 도입할 수 있는 영향을 줄이기 위해, 등록은 적격 운동으로 제한될 수 있다. 일부 예에서, 적격 운동은 발생할 수 있는 진동에 기초하여 결정되는 임계값을 초과하는 제어점의 순 수평 운동이다. 일부 예에서, 이러한 임계값은 약 8 내지 10 mm 정도이다. 일부 예에서, 이러한 적격 운동은 제어점의 초기 수평 위치를 래치 및/또는 저장한 다음 제어점의 실제 수평 위치를 주기적으로 감시함으로써 그리고 이러한 실제 수평 위치와 초기 수평 위치 사이의 거리가 임계값을 초과할 때까지 기다림으로써 검출된다. 일단 이러한 적격 운동이 검출되면, 등록 추정을 위한 기초로서 사용된다.

[0070] 일부 실시예에서, 이러한 순 수평 운동이 적격 운동인지 여부를 결정하기 위해 코히어런스 체크 역시 사용될 수 있다. 일부 예에서, 프로세스 520이 제어점의 실제 수평 위치를 주기적으로 감시할 때, 제어점의 실제 수평 위치가 감시되는 연속 인스턴스 사이의 제어점의 실제 수평 위치의 증분 변화를 나타내는 일련의 증분 운동 또는 벡터를 기록할 수 있다. 일부 예에서, 이러한 증분 운동의 각각은 1 mm와 같은 사전결정된 길이 보다 더 길 수 있다. 일부 예에서, 이러한 증분 운동의 각각은 10 ms와 같은, 사전결정된 기간 동안의 제어점의 순 운동일 수 있다. 일부 예에서, 이러한 순 수평 운동은 증분 운동에 의해 기술되는 운동의 경로와 비교되어 이러한 순 수평 운동이 증분 운동의 정확한 근사값인지 여부를 결정한다. 일부 예에서, 이러한 증분 운동의 각도 성분은 순 수평 운동의 각도 성분과 비교되어 일치하는 운동 방향이 존재하는지 여부를 결정한다. 일부 예에서, 이러한 경로의 길이는 순 수평 운동의 크기와 비교되어 일치하는 운동 패턴이 존재하는지 여부를 결정한다. 일부 예에서, 기록된 벡터의 벡터 합의 크기(즉, 순 수평 운동의 크기)는 기록된 벡터의 각각의 크기의 합과 비교된다. 일부 예에서, 기록된 벡터의 벡터 합의 크기 및 이러한 벡터의 각각의 크기의 합이 90 퍼센트와 같은, 서로의 구성가능한 백분율 안에 있을 때, 이러한 순 수평 운동은 적격 운동이다. 일부 예에서, 등식 1은  $\vec{v}_i$ 가 기록된 벡터의 각각의 단계를 나타내는 코히어런스 테스트를 실행하는데 사용된다.

$$\frac{|\sum \vec{v}_i|}{\sum |\vec{v}_i|} \geq \text{Configurable\_Threshold}$$

[0071] 등식 1

[0072] 일부 예에서, 수술 테이블 운동에 대한 정보는 수술 테이블과 컴퓨터 지원 장치 사이에서 교환된다. 일부 예에서, 이러한 수술 테이블 운동은 테이블 베이스-테이블 상부 변환(315)과 같은 테이블 베이스-테이블 상부 변환을 사용하여 특징지어진다. 일부 예에서, 이러한 수술 테이블은 현 테이블 베이스-테이블 상부 변환을 컴퓨터 지원 장치에 제공한다. 일부 예에서, 이러한 수술 테이블은 테이블 베이스-테이블 상부 변환이 제공된 마지막 시간 이후 현 테이블 베이스-테이블 상부 변환 사이의 차이(또는 델타)를 제공한다. 일부 예에서, 이러한 수술 테이블은 수술 테이블의 관절식 구조부의 조인트의 현 위치 및/또는 속도를 제공하여 컴퓨터 지원 장치는 수술 테이블의 관절식 구조부의 하나 이상의 운동학 모델을 사용하여 현 테이블 베이스-테이블 상부 변환을 결정할 수 있다. 일부 예에서, 이러한 수술 테이블은 컴퓨터 지원 장치에 하나 이상의 메시지를 전송하여 테이블 베이스-테이블 상부 변환, 델타 테이블 베이스-테이블 상부 변환, 현 조인트 위치, 및/또는 현 조인트 속도를 교환한다.

[0073] 프로세스 530에서, 수술 테이블 운동의 각 방향  $\theta_T$ 는 수술 테이블 좌표 프레임에서 결정된다. 일부 예에서, 수술 테이블 운동의 각 방향  $\theta_T$ 는 테이블 베이스-테이블 상부 변환을 감시함으로써 수술 테이블 좌표 프레임에서 결정된다. 일부 예에서, 프로세스 520 동안 검출된 적격 운동의 시작시에 취해진 래치 및/또는 저장된 버전 및 프로세스 520 동안 검출된 적격 운동의 끝에서 취해진 래치 및/또는 저장된 버전의, 테이블 베이스-테이블 상부 변환의 2개의 버전이 사용된다. 일부 예에서, 2개의 테이블 베이스-테이블 상부 변환 사이의 차이가 각



방향  $\theta_T$ 를 결정하는데 사용된다. 일부 예에서, 이러한 2개의 테이블 베이스-테이블 상부 변환은 삼각법을 사용하여 각 방향  $\theta_T$ 를 결정하는데 사용되는 시작 및 종료 수평 위치 사이의 차이를 갖는 임의의 포인트의 시작 및 종료 수평 위치를 결정하는데 사용된다.

[0074] 프로세스 540에서, 제어점 운동의 각 방향  $\theta_D$ 가 컴퓨터 지원 장치 좌표 프레임에서 결정된다. 일부 예에서, 제어점 운동의 각 방향  $\theta_D$ 는 컴퓨터 지원 장치 좌표 프레임에서 제어점의 이동을 감지함으로써 컴퓨터 지원 장치 좌표 프레임에서 결정된다. 일부 예에서, 프로세스 520 동안 검출된 적격 운동의 시작과 끝에서 취해진 제어점의 2개의 수평 위치는 삼각법을 사용하여 각 방향  $\theta_D$ 를 결정하는데 사용될 수 있다.

[0075] 프로세스 550에서,  $\theta_Z$  등록이 결정된다. 일부 예에서,  $\theta_Z$  등록은 프로세스 540 동안 결정된 제어점의 각 방향  $\theta_D$ 와 프로세스 530 동안 결정된 수술 테이블의 각 방향  $\theta_T$  사이의 각도 차이를 취함으로써 결정된다.

[0076] 프로세스 560에서,  $\theta_Z$  등록이 합해진다(aggregate). 프로세스 520에 대해 상술된 바와 같이, 진동 및/또는 다른 오류에 의해 프로세스 550 동안의  $\theta_Z$  등록에 부정확함이 도입된다. 이러한 부정확함을 줄이도록 돕기 위해,  $\theta_Z$  등록이 다른  $\theta_Z$  등록 값과 합해져 합성  $\theta_Z$  등록 값을 결정한다. 일부 예에서, 다른  $\theta_Z$  등록 값이 옵션으로 원격 운동 중심과 같은, 컴퓨터 지원 장치의 다른 제어점과 연관될 수 있다. 일부 예에서, 다른  $\theta_Z$  등록 값은 옵션으로 동일한 제어점 및/또는 다른 제어점에 대한 일련의 적격 운동과 연관될 수 있다. 이러한 방식으로, 합성  $\theta_Z$  등록은 시간이 지남에 따라 계속 갱신될 수 있다. 일부 예에서,  $\theta_Z$  등록은 평균 함수(averaging function)를 사용하여 합해질 수 있다. 일부 예에서, 이러한  $\theta_Z$  등록은 나중에 얻어진  $\theta_Z$  등록 값을 보다 강조하기 위해 지수평활법을 사용하여 합해질 수 있다. 일부 예에서, 칼만 필터링 및/또는 다른 최소제곱법과 같은 랜덤니스 감소 프로세스가 옵션으로  $\theta_Z$  등록 값을 합하는데 사용될 수 있다.

[0077] 옵션의 프로세스 570에서, 합성  $\theta_Z$  등록이 수렴되는지 여부가 결정된다. 합성  $\theta_Z$  등록이, 프로세스 560 동안 합해질 때, 이러한 합성  $\theta_Z$  등록이 상당히 안정된 값으로 수렴되는지 여부를 결정하기 위해 감시된다. 일부 예에서, 이러한 합성  $\theta_Z$  등록은 새로운  $\theta_Z$  등록 값이 결정됨에 따라, 합성  $\theta_Z$  등록에 대한 증분 변화가 1 내지 10 도와 같은 임계값(예를 들어, 2도) 아래에 있을 때 수렴되는 것으로 간주된다. 이러한 합성  $\theta_Z$  등록이 수렴되지 않을 때, 추가의  $\theta_Z$  등록 값이 프로세스 520 내지 560을 반복함으로써 결정된다. 이러한 합성  $\theta_Z$  등록이 수렴될 때, 이소센터는 프로세스 580을 사용하여 저장된다.

[0078] 옵션의 프로세스 580에서, 수술 테이블의 이소센터가 복원된다. 이러한 수술 테이블의 이소센터의 위치는 프로세스 510 동안 저장된 이소센터의 위치로 복원된다. 이러한 이소센터의 위치가 복원된 후에, 프로세스 520-560이 합성  $\theta_Z$  등록을 더 개선하기 위해 반복된다. 그러나, 일부 예에서, 수술 테이블의 이소센터를 복원한 후에, 프로세스 520이 변경되어 트랜델렌부르크 조정과 연관된 운동이 더 이상 적격 운동이 아닐 수 있다. 이러한 방식으로, 180° 위상 변이와 연관된 이슈는 합성  $\theta_Z$  등록을 위한 초기 값을 결정하기 위해 여전히 트랜델렌부르크 조정을 사용하는 동안 회피될 수 있다.

[0079] 도 6은 일부 실시예에 따른 장치 베이스 좌표 프레임(450)과 테이블 베이스 좌표 프레임(440) 사이의 관계의 단 순도이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 장치 베이스 좌표 프레임(450)과 테이블 베이스 좌표 프레임(440) 사이의 관계는 장치 베이스 좌표 프레임(450)에 대해 재배향되고 XY 평면에 투사된다. 도 6은 또한 수술 테이블에서의 틸트 및/또는 트랜델렌부르크 운동 및 도킹된 관절식 암중 하나의 원격 운동 중심과 같은, 제어점의 최종 이동을 관찰함으로써  $\Delta_{xy}$ 가 결정될 수 있는 방법을 보여준다. 원격 운동 중심과 같은, 관절식 암 상의 적절히 선택된 제어점이 수술 테이블의 상부에 대해 고정된 위치에 위치되어 있다고 가정할 때(원격 운동 중심이 신체 개구에서 환자의 해부학적 구조에 고정되어 있을 때의 합당한 가정), 틸트 및/또는 트랜델렌부르크 회전으로 인한 제어점으로서의 운동은 공지된 포인트에 대한 회전으로서 모델화될 수 있다. 일부 예에서, 이러한 공지된 포인트는 수술 테이블의 틸트에 대한 피벗 센터 및/또는 수술 테이블의 이소센터에 상응할 수 있다. 일부 예에서, 이러한 공지된 포인트는 테이블 베이스 좌표 프레임(450)의 XY 센터에 위치되어 있다. 등식 2에 도시된 바와 같이, 틸트 및/또는 트랜델렌부르크 회전의 각속도 변화가  $\dot{\Delta}_{\theta}$ 이고 공지된 포인트와 제어점 사이의 XY 평면에서의



지리학적 관계가  $\vec{R}$  일 때, 제어점의 위치의 속도/변화는 벡터 크로스 프로덕트를 통해  $\vec{\Delta}_{CP}$ 로서 모델화될 수 있다.

$$\vec{\Delta}_{CP} = \vec{\Delta}_{\theta} \times \vec{R}$$

등식 2

일부 예에서, 이러한 제어점의 위치 및 이동은 제어점과 연관된 관절식 암 및/또는 매니플레이터의 운동학 모델을 사용하여 컴퓨터 지원 장치에 의해 알고 회전의 각속도는 수술 테이블로부터 알게 된다. 이것은 등식 2에서  $\vec{R}$  를 알려지지 않은 상태로 남겨놓는다. 불행하게도, 등식 2의 크로스 프로덕트는 가역이 아니어서,  $\vec{R}$ 의 부분 결정은 등식 3에 도시된 바와 같이 회전의 축과 제어점 사이의 최단 거리 또는 오프셋을 결정함으로써 추론할 수 있다.

$$\text{offset} = \frac{\vec{\Delta}_{CP} \times \vec{\Delta}_{\theta}}{\|\vec{\Delta}_{\theta}\|^2}$$

등식 3

도 4에 도시된 수술 테이블 방향에 기초하여, 틸트 회전은  $X_T$  축에 대해 일어나고 트랜스렐렌부르크 회전의 수평 투사는  $Y_T$  축에 대해 일어난다. 따라서,  $Y_T$  방향의 제어점의 이동을 유발하는 틸트 회전은 고정 포인트에 대한 제어점의  $Y_T$  오프셋을 결정하는데 사용될 수 있고,  $X_T$  방향의 제어점의 이동을 유발하는 트랜스렐렌부르크 회전은 고정 포인트에 대한 제어점의  $X_T$  오프셋을 결정하는데 사용될 수 있다. 이것은 방법 500으로부터의  $\theta_z$ 의 이전 지식과 결합되어 제어점의 공지된 위치에 대한  $X_T$  및  $Y_T$  축을 따른  $X_T$  및  $Y_T$  오프셋을 투사하는데 사용되어 테이블 베이스 좌표 프레임(440)의 XY 중심, 따라서  $\Delta XY$ 를 결정한다. 일부 예에서, 등식 3의 계산은 XY 평면에서의 다양한 벡터의 투사와 함께 작용함으로써 단순화될 수 있다.

도 7은 일부 실시예에 따른 수술 테이블을 컴퓨터 지원 장치에 XY 등록하는 방법 700의 단순도이다. 방법 700의 프로세스 710-790중 하나 이상은 적어도 일부, 하나 이상의 프로세서(예를 들어, 제어 유닛(130)의 프로세서(140))에 의해 실행될 때 이러한 하나 이상의 프로세서가 프로세스 710-790중 하나 이상을 실행하도록 할 수 있는 비임시, 유형, 기계 판독가능 매체에 저장된 실행가능한 코드의 형태로 구현될 수 있다. 일부 실시예에서, 방법 700은 수술 테이블(170, 280, 및/또는 410)과 같은 수술 테이블과 컴퓨터 지원 장치(110, 210, 420), 및/또는 도 8a 내지 도 8g의 컴퓨터 지원 장치중 하나와 같은 컴퓨터 지원 장치 사이의 부분 등록을 실행하는데 사용될 수 있다. 이러한 부분 등록은 테이블 베이스 좌표 프레임(305 및/또는 440)과 같은 테이블 베이스 좌표 프레임과, 장치 베이스 좌표 프레임(330 및/또는 450)과 같은, 장치 베이스 좌표 프레임 사이의  $\Delta_{XY}$ 를 결정할 수 있다.

프로세스 710에서, 수술 테이블의 적격 운동이 검출된다. 컴퓨터 지원 장치의, 원격 운동 중심과 같은, 제어점의 이동이 모두 방법 700의 등록 동안 사용되기에 적절한 것은 아니다. 일부 예에서, 적격 운동은 틸트 회전이므로 인한 제어점의 수평 이동일 수 있거나 트랜스렐렌부르크 회전이므로 인한 제어점의 수평 이동일 수 있다. 일부 예에서, 이러한 적격 운동은 순 수평 운동  $\vec{\Delta}_{CP}$ 으로서 결정되거나 제어점의 속도로서 결정될 수 있다. 일부 실시예에서, 이러한 순 수평 운동 또는 속도는 수술 테이블 운동 이외의 운동 소스로 인한 제어점의 진동 등의 효과를 줄이도록 저역통과 필터링될 수 있다. 일부 예에서, 프로세스 520 동안 실행되는 것과 유사한, 운동 길이 임계값 및/또는 코히어런스 체크 역시 순 수평 운동이 적격 운동인지 여부를 결정하는데 사용될 수 있다.

프로세스 720에서, 제1 수술 테이블 운동의 회전의 제1 각속도 및 제1 축이 결정된다. 일부 예에서, 회전의 제1 각속도 및 제1 축은 제1 회전 벡터  $\vec{\Delta}_{\theta 1}$ 를 규정한다. 일부 예에서, 이러한 회전의 제1 각속도 및 제1 축은 제1 수술 테이블 운동이 틸트 회전 또는 트랜스렐렌부르크 회전인지 그리고 틸트 및/또는 트랜스렐렌부르크 회전의 양인지를 기술하는 수술 테이블과 컴퓨터 지원 수술 장치 사이에 교환되는 하나 이상의 메시지에서 결정된다. 일부 예에서, 도 6의 예에 도시된 바와 같이, 제1 수술 테이블 운동이 틸트 회전일 때 회전의 제1 축은  $X_T$  축이고 제1 수술 테이블 운동이 트랜스렐렌부르크 회전일 때 회전의 제1 축은  $Y_T$  축이다.

프로세스 730에서, 제1 수술 테이블 위치로 인한 제어점의 제1 이동이 결정된다. 제어점의 위치의 속도 및/또

는 제어점의 위치의 변화를 감시함으로써, 제어점의 제1 이동  $\vec{\Delta}_{CP1}$  이 결정된다. 일부 예에서, 조인트 센서 판독값과 함께 상응하는 관절식 압 및/또는 매니플레이터의 운동학 모델이 제어점의 제1 이동  $\vec{\Delta}_{CP1}$ 를 결정하는데 사용된다.

[0088] 프로세스 740에서, 제2 수술 테이블 운동의 회전의 제2 각속도 및 제2 축이 결정된다. 이러한 회전의 제2 축은 회전의 제1 축과 상이하다. 일부 예에서, 회전의 제2 각속도 및 제2 축은 제2 회전 벡터  $\vec{\Delta}_{\theta 2}$ 를 규정한다. 일부 예에서, 이러한 회전의 제2 각속도 및 제2 축은 제2 수술 테이블 운동이 틸트 회전 또는 트랜델렌부르크 회전 및 틸트 및/또는 트랜델렌부르크 회전의 양인지 여부를 기술하는 수술 테이블과 컴퓨터 지원 수술 장치 사이에 교환되는 하나 이상의 메시지에서 결정된다. 일부 예에서, 도 6의 예에 도시된 바와 같이, 제2 수술 테이블 운동이 틸트 회전일 때 회전의 제2 축은  $X_T$  축이고 제2 수술 테이블 운동이 트랜델렌부르크 회전일 때 회전의 제2 축은  $Y_T$  축이다.

[0089] 프로세스 750에서, 제2 수술 테이블 위치로 인한 제어점의 제2 이동이 결정된다. 제어점의 각속도 및/또는 제어점의 위치의 변화를 감시함으로써, 제어점의 제2 이동  $\vec{\Delta}_{CP2}$  가 결정된다. 일부 예에서, 조인트 센서 판독값과 함께 상응하는 관절식 압 및/또는 매니플레이터의 운동학 모델이 제어점의 제2 이동  $\vec{\Delta}_{CP2}$ 를 결정하는데 사용된다.

[0090] 프로세스 760에서, XY 등록이 결정된다. 일부 예에서, 이러한 XY 등록은 먼저 제1 오프셋을 결정하기 위해 프로세스 720 및 730 동안 결정된 제1 회전 벡터  $\vec{\Delta}_{\theta 1}$  및 제1 제어점 이동  $\vec{\Delta}_{CP1}$ 를 사용하는 등식 3을 적용함으로써 그다음, 제2 오프셋을 결정하기 위해 프로세스 740 및 750 동안 결정된 제2 회전 벡터  $\vec{\Delta}_{\theta 2}$  및 제2 제어점 이동  $\vec{\Delta}_{CP2}$ 를 사용하는 등식 3을 적용함으로써 결정된다. 제1 및 제2 회전축이 상이하기 때문에, 제1 및 제2 오프셋은  $\Delta_{XY}$ 의 형태로 XY 등록을 결정하기 위해 제어점의 위치에 대해 그리고 각각의 회전축에 수직으로 투사될 수 있다. 일부 예에서, 제어점의 위치에 대해 제1 및 제2 오프셋을 투사하는 방향이 방법 500의  $\Theta_Z$  등록에 기초하여 결정된다. 도 6의 예에서, 제1 및 제2 회전축이  $X_T$  및  $Y_T$  축에 각각 상응할 때, 제1 및 제2 오프셋은  $Y_T$  및  $X_T$  오프셋에 각각에 상응한다. 일부 예에서,  $Y_T$  및  $X_T$  오프셋은 각각  $Y_T$  및  $X_T$  축을 따라 투사된다. 일부 예에서,  $Y_T$  및  $X_T$  축의 방향은  $\Theta_Z$  등록으로 인해 장치 좌표 프레임(450)에 대해 알려져 있다. 일부 예에서, XY 평면의  $\vec{\Delta}_{CP1}$  및  $\vec{\Delta}_{CP2}$ 의 투사는 옵션으로 사용될 수 있다.

[0091] 프로세스 770에서, XY 등록이 합해진다. XY 등록의 부정확성을 줄이고 및/또는 XY 등록을 향상시키는 것을 돕기 위해, XY 등록은 합성 XY 등록 값을 결정하도록 다른 XY 등록 값과 합해진다. 일부 예에서, 다른 XY 등록 값은 옵션으로 다른 원격 운동 중심과 같은, 컴퓨터 지원 장치의 다른 제어점과 연관될 수 있다. 일부 예에서, 다른 XY 등록 값은 옵션으로, 동일한 제어점 및/또는 다른 제어점을 위한 일련의 제1 및/또는 제2 이동과 연관될 수 있다. 일부 예에서, 이러한 XY 등록은 평균 함수를 사용하여 합해질 수 있다. 일부 예에서, 이러한 XY 등록은 나중에 얻어진 XY 등록 값을 보다 크게 강조하기 위해 지수평활법을 사용하여 합해질 수 있다. 일부 예에서, 칼만 필터링 및/또는 다른 최소제곱법과 같은 랜덤니스 감소 프로세스가 옵션으로 XY 등록 값을 합하는데 사용될 수 있다.

[0092] 옵션의 프로세스 780에서, 합성 XY 등록이 수렴되는지 여부가 결정된다. 합성 XY 등록이, 프로세스 770 동안 합해질 때, 이러한 합성 XY 등록이 상당히 안정된 값으로 수렴되는지 여부를 결정하기 위해 감시된다. 일부 예에서, 이러한 합성 XY 등록은 새로운 XY 등록 값이 결정됨에 따라, 합성 XY 등록에 대한 증분 변화가 20 내지 40 mm와 같은 임계값(예를 들어, 30 mm) 아래에 있을 때 수렴되는 것으로 간주된다. 이러한 합성 XY 등록이 수렴되지 않을 때, 추가의 XY 등록 값이 프로세스 710 내지 770을 반복함으로써 결정된다. 이러한 합성 XY 등록이 수렴될 때, 일한 XY 등록은 프로세스 790을 사용하여 완료되고 XY 등록은 컴퓨터 지원 장치의 다른 제어 알고리즘에 사용가능하게 된다.

- [0093] 상술되고 여기에 더 강조된 바와 같이, 도 5 및 도 7은 청구범위를 제한하지 않는 예에 불과하다. 당업자는 많은 수정, 대안, 및 수정을 이해할 것이다. 일부 실시예에 따라, 각각, 프로세스 510 및 580 동안 수술 테이블의 이소센터를 낮추고 복원하는 대신에, 제어점 및 이소센터에 대한 추가 정보가 옵션으로, 수술 테이블 운동의 각방향  $\Theta_T$ 의 결정에서 임의의 가능한  $180^\circ$  위상 변이를 처리하는데 사용될 수 있다. 일부 예에서, 테이블 베이스 좌표 프레임의 이소센터의 높이는 장치 베이스 좌표 프레임의 제어점의 높이와 비교되고, 제어점의 높이가 이소센터의 높이 아래에 있을 때,  $\Theta_T$ 의 값은  $180^\circ$  만큼 교정된다. 일부 예에서, 이러한  $180^\circ$  교정은 수술 테이블의 운동의 회전의 중심이 제어점 위에 위치될 때마다 적용된다.
- [0094] 일부 실시예에 따라, 상이한 관절식 암의 제어점의 순 운동의 합은 옵션으로 프로세스 520, 730 및/또는 750 동안 결정된 순 운동으로서 사용될 수 있다. 일부 예에서, 다수의 관절식 암이 환자에 도킹될 때, 이러한 관절식 암의 각각의 하나 이상의 제어점의 순 운동은 방법 500 및/또는 700의 다른 프로세스에서 사용되는 순 운동을 결정하기 위해 합해진다. 일부 예에서, 상이한 관절식 암의 제어점 사이의 지리학적 관계가 환자의 해부학적 구조로 인해 서로 거의 고정되어 있기 때문에, 적격 수술 테이블 운동은 마찬가지로 제어점의 각각에 영향을 준다. 일부 예에서, 제어점의 순 운동의 합은 프로세스 520 및/또는 720 동안 적격 수술 테이블 운동이 일어날 때를 결정하는데 사용된다. 일부 예에서, 이러한 제어점으로부터의 순 운동의 합은 프로세스 540 동안 제어점의 합 각방향  $\Theta_D$ 를 결정하는데 사용되고, 그다음, 이것은 프로세스 550 동안  $\Theta_Z$ 를 결정하는데 사용된다. 일부 예에서, 제어점으로부터의 순 운동의 합은 프로세스 730 및/또는 750 동안 제어점의 합친 제1 및/또는 제2 이동을 결정하는데 사용되고, 그다음, 이것은 프로세스 770 동안 XY 등록을 결정하는데 사용된다.
- [0095] 일부 예에서, 이러한 합은 옵션으로 평균 함수, 지수평활법, 칼만 필터링, 최소제곱법등을 사용하여 결정될 수 있다. 일부 예에서, 이러한 다수의 제어점에 기초한 합이 방법 500 및/또는 700에서 더 일찍 일어날 때, 이것은 프로세스 560 및/또는 570 동안 실행된 합을 단순화할 수 있다. 일부 예에서, 다수의 제어점의 순 운동의 합이 개별적인 제어점의 순 운동의 각각과 일치할 때, 프로세스 570 및/또는 780의 수렴 테스트가 옵션으로 제거될 수 있다. 일부 예에서, 개별적인 제어점의 순 운동은 개별적인 제어점의 순 운동의 각각과 이러한 순 운동의 합 사이에 임계 차이 보다 크기 않을 때 순 운동의 합과 일치할 수 있다. 일부 예에서, 이러한 임계 차이는 10퍼센트 이하이다.
- [0096] 일부 실시예에 따라, 등록을 실행하기 위해 방법 500 및/또는 700 동안 사용된 적격 운동은 상이한 방법으로 생성될 수 있다. 일부 예에서, 이러한 적격 운동은 예를 들어, 컴퓨터 지원 장치에 의해 요청될 수 있는 수술 테이블의 일련의 하나 이상의 테스트 및/또는 등록 운동의 결과로서 일어날 수 있다. 일부 예에서, 이러한 일련의 테스트 운동은  $\Theta_Z$  및/또는  $\Delta_{XY}$ 의 결정에서 신속한 수렴을 달성하도록 선택된다. 일부 예에서, 이러한 적격 운동은 시술 동안 수술 테이블 및/또는 환자를 위치지정하기 위해 의료진에 의해 선택된 수술 테이블 운동을 감시한 결과로서 일어난다.
- [0097] 일부 실시예에 따라, 회전의 제1 축과 제2 축에서의 편차는 옵션으로 방법 700에 사용될 수 있다. 일부 예에서, 이러한 회전의 제1 축 및 제2 축은  $X_T$  및  $Y_T$  축이 아닐 수 있다. 일부 예에서, 방법 700은 회전의 제1 축과 제2 축이 적어도 적절한 각거리로 떨어져 있고(예를 들어,  $30^\circ$ ) 제1 축과 제2 축 사이의 방향 및 장치 베이스 좌표 프레임이 알려져 있는 한 XY 등록을 결정하는데 사용된다. 일부 예에서, 제1 및 제2 수술 테이블 운동이 일어나는 순서는 탄력적이다. 일부 예에서, 틸트 회전이 트랜델렌부르크 회전 이전에 사용될 수 있고 및/또는 트랜델렌부르크 회전이 틸트 회전 이전에 사용될 수 있다.
- [0098] 일부 실시예에서, 방법 700은 틸트 등록 또는 트랜델렌부르크 등록을 다루는 부분 XY 등록을 실행하는데 사용될 수 있다. 일부 예에서, 방법 700은 틸트 회전으로부터 유도된 오프셋 및 트랜델렌부르크 회전으로부터 유도된 오프셋을 별개로 결정하고 및/또는 합하도록 수정될 수 있다. 일부 예에서, 틸트 및 트랜델렌부르크 회전으로부터 유도된 별개의 오프셋이 결합되어 전체 XY 등록을 결정한다. 일부 예에서, 틸트 및 트랜델렌부르크 회전으로부터 유도된 오프셋중 하나 또는 모두가 독립적으로 수렴되는지 여부를 결정하기 위해 상태 변수가 옵션으로 사용될 수 있다.
- [0099] 일부 실시예에 따라, 방법 500 및/또는 700 동안 결정된 등록은 수술 테이블의 베이스 및 컴퓨터 지원 장치의 베이스가 서로 고정된 상태로 있는 한 유효한 상태로 남는다. 일부 예에서, 예를 들어, 하나 이상의 피트(feet), 휠, 및/또는 장착 클램프가 잠금해제될 때 일어날 수 있는, 수술 테이블의 베이스 및/또는 컴퓨터 지원 장치의 베이스가 이동할 때마다, 방법 500 및/또는 700은 반복되어 등록을 달성한다. 일부 예에서, 수술 테이블의 베이스 및/또는 컴퓨터 지원 장치의 베이스중 어느 하나의 이동은 피트, 휠, 및 장착 클램프 록의 각각이

맞물리고 및/또는 맞물림해제되는 횃수를 추적하는 순차 번호 및 휠중 하나의 각각의 휠 추적 회전과 연관된 회전 인코더 및/또는 회전 카운터를 감시함으로써 결정될 수 있다. 이러한 순차 번호중 하나의 변화는 수술 테이블의 베이스 및/또는 컴퓨터 지원 장치의 베이스의 이동이 일어났는지 또는 일어나고 있는지를 나타낸다.

[0100] 일부 실시예에서, 방법 500 및/또는 700 동안 결정된 등록은 수술 테이블과 컴퓨터 지원 장치의 통신, 수술 테이블 및/또는 컴퓨터 지원 장치의 전력의 손실, 수술 테이블 및/또는 컴퓨터 지원 장치의 리셋등이 손실되지 않는 한 유효하다.

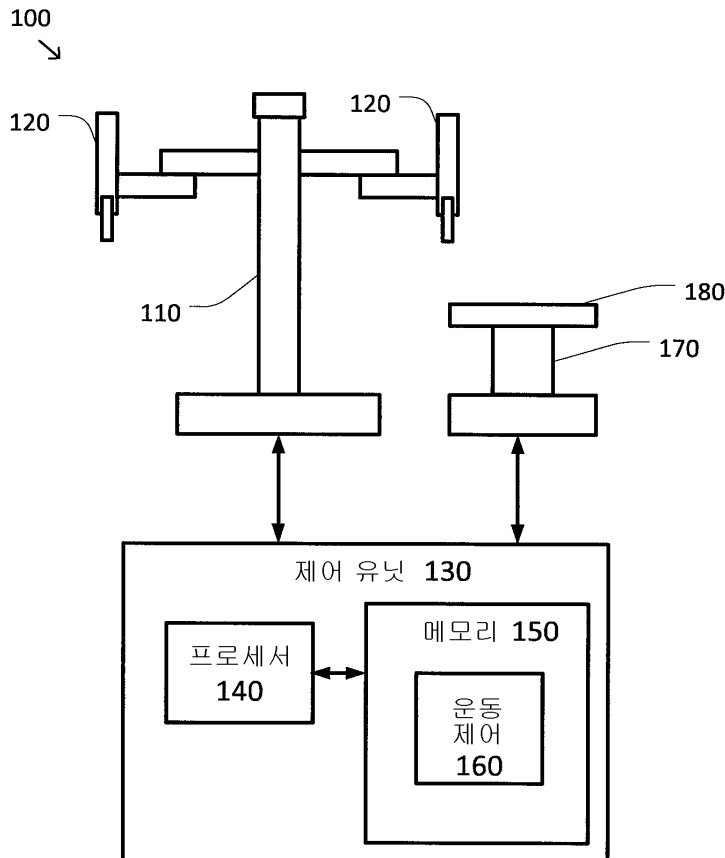
[0101] 일부 실시예에 따라, 방법 500은 종료될 수 있고 등록은 프로세스 580이 완료된 이후에 완료된 것으로 간주된다.

[0102] 제어 유닛(130)과 같은 제어 유닛의 일부 예는 하나 이상의 프로세서(예를 들어, 프로세서(140))에 의해 실행될 때 이러한 하나 이상의 프로세서가 방법 500 및/또는 700의 프로세스를 실행하도록 할 수 있는 실행가능한 코드를 포함하는 비임시, 유형, 기계 판독가능 매체를 포함할 수 있다. 방법 500 및/또는 700의 프로세스를 포함할 수 있는 일부 공통 형태의 기계 판독가능 매체는 예를 들어, 플로피 디스크, 플렉시블 디스크, 하드 디스크, 자기 테이프, 임의의 다른 자기 매체, CD-ROM, 임의의 다른 광학 매체, 펀치 카드, 페이퍼 테이프, 구멍의 패턴을 갖는 임의의 다른 물리적 매체, RAM, PROM, EPROM, FLASH-EPROM, 임의의 다른 메모리 칩 또는 카트리지, 및/또는 프로세서 또는 컴퓨터가 판독하도록 구성된 임의의 다른 매체이다.

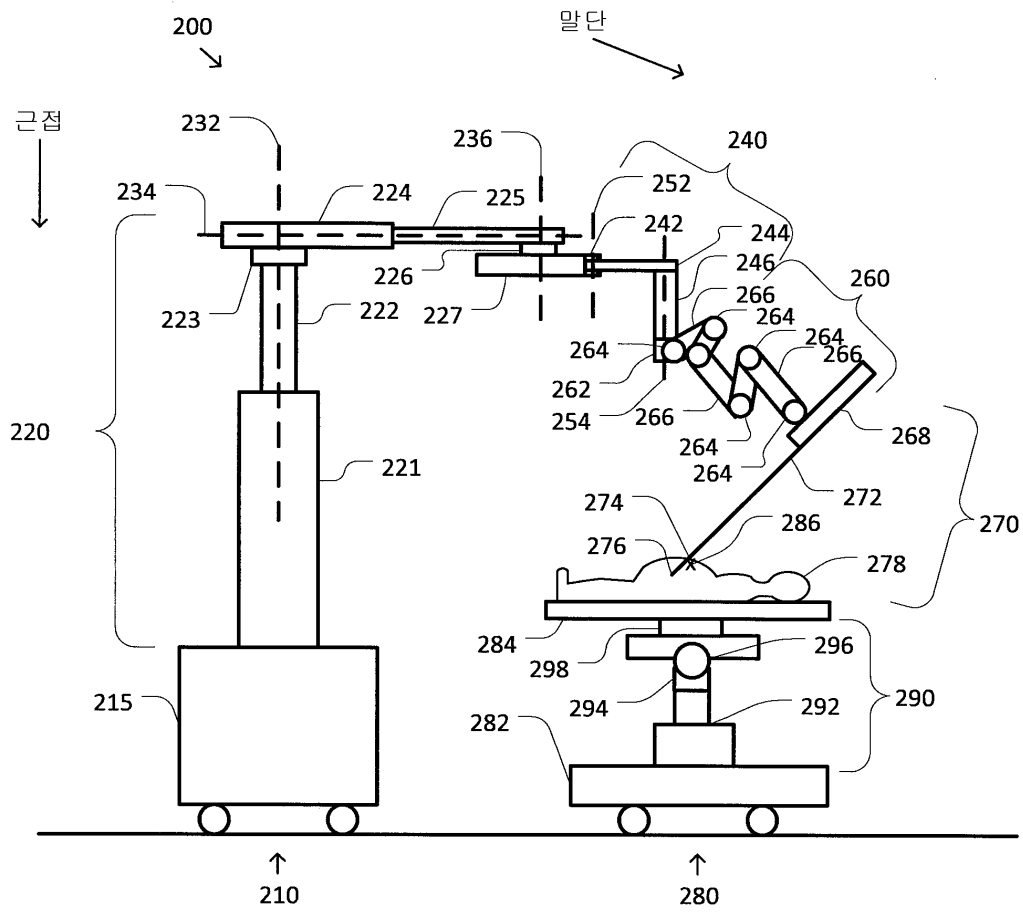
[0103] 실시예가 도시되고 설명되어 있지만, 광범위한 수정, 변경 및 대안이 본원에 가능하고 일부 예에서, 이러한 실시예의 일부 특징은 다른 특징의 상응하는 사용 없이 채용될 수 있다. 당업자는 많은 변형, 대안 및 수정을 인식할 것이다. 따라서, 본 발명의 범위는 다음의 청구범위에 의해서만 제한되어야 하고, 청구범위는 넓게 그리고 여기에 개시된 실시예의 범위와 일치하는 방식으로 해석되는 것이 적절하다.

## 도면

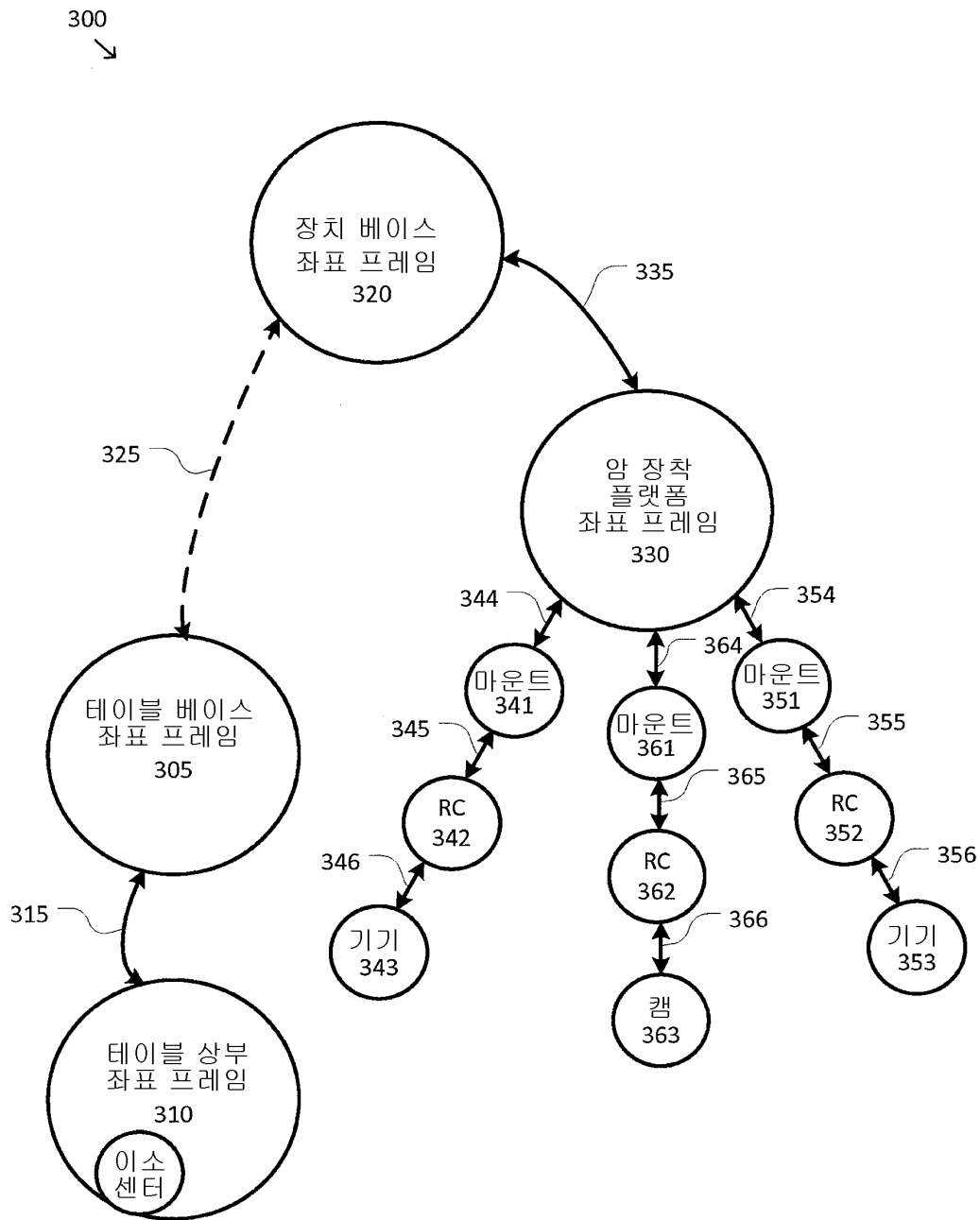
### 도면1



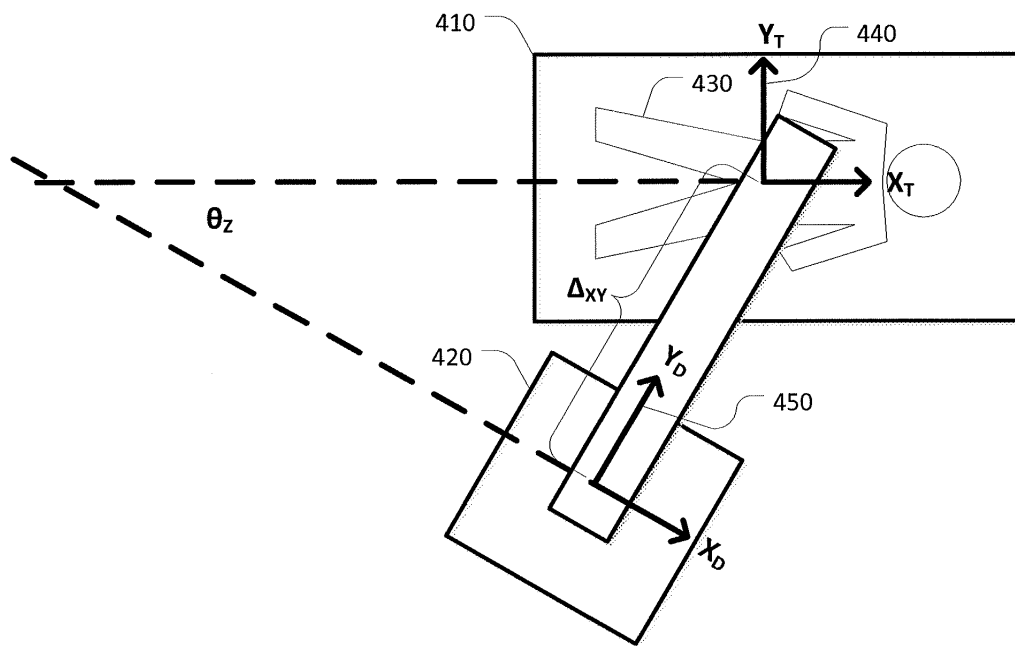
도면2



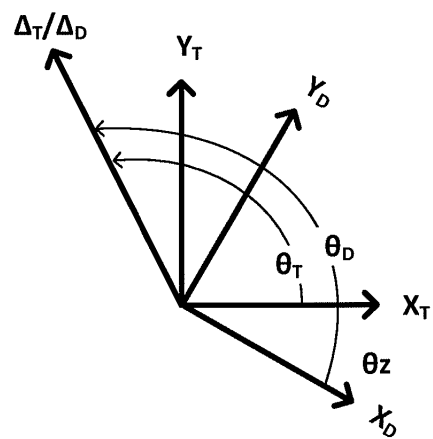
도면3



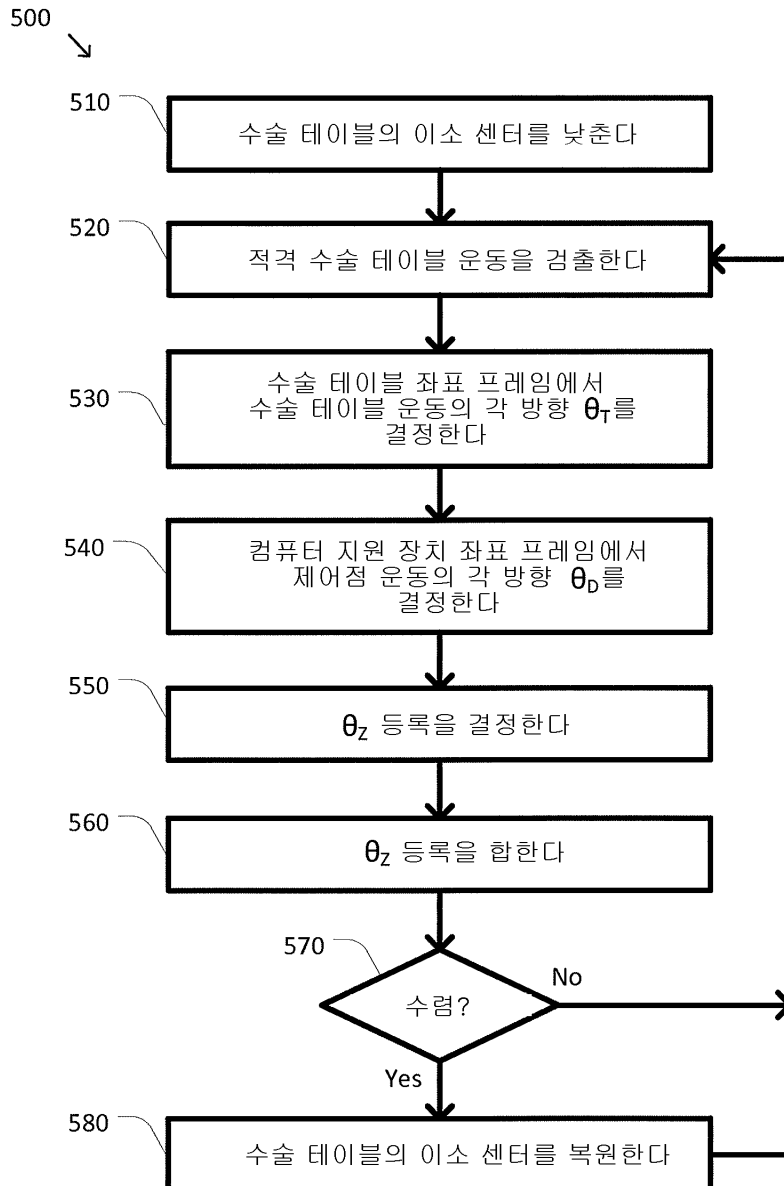
도면4a



도면4b

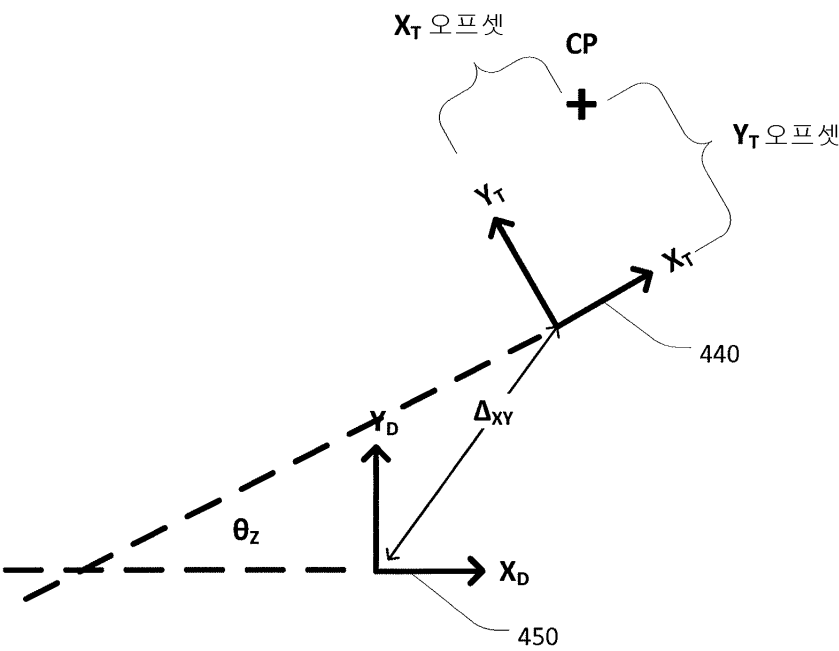


도면5

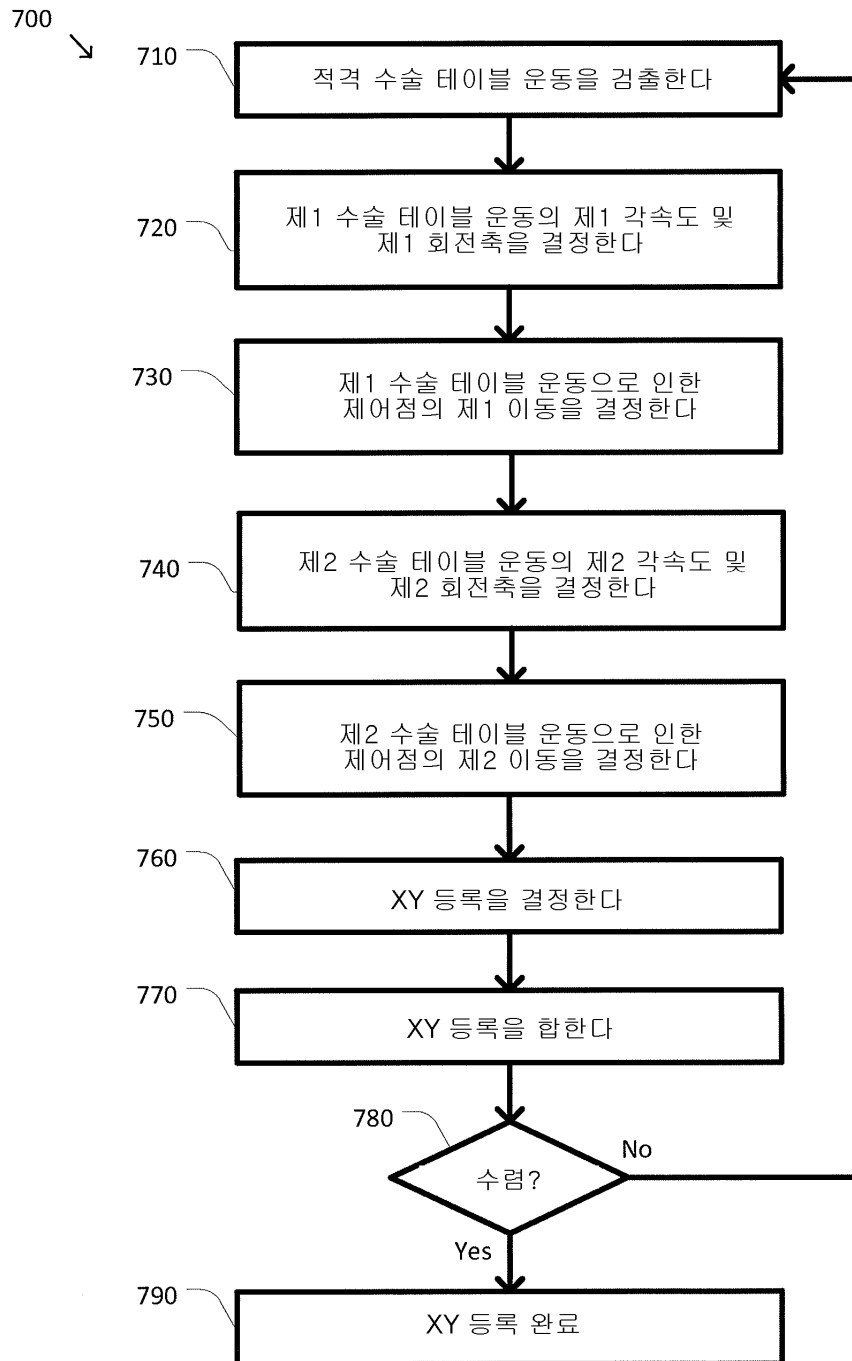




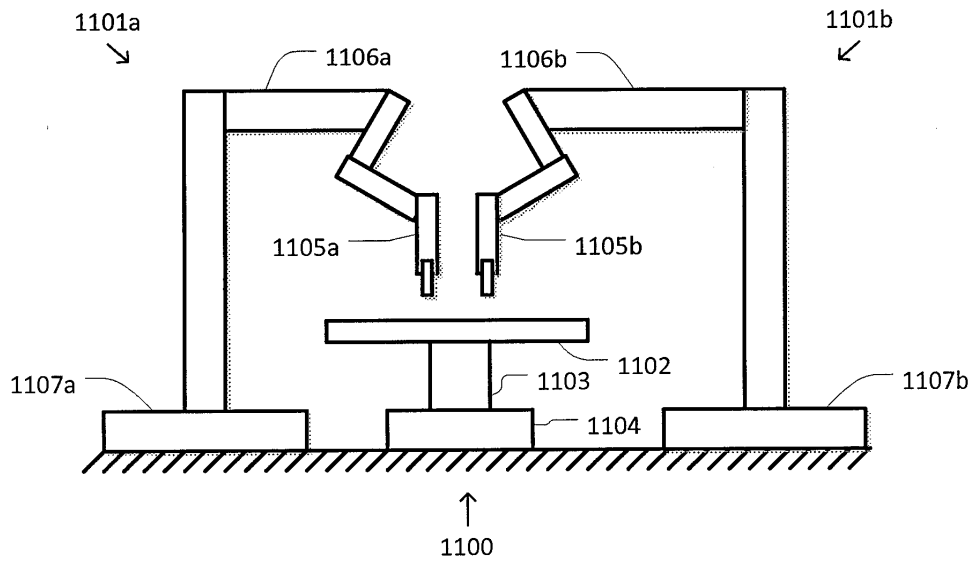
도면6



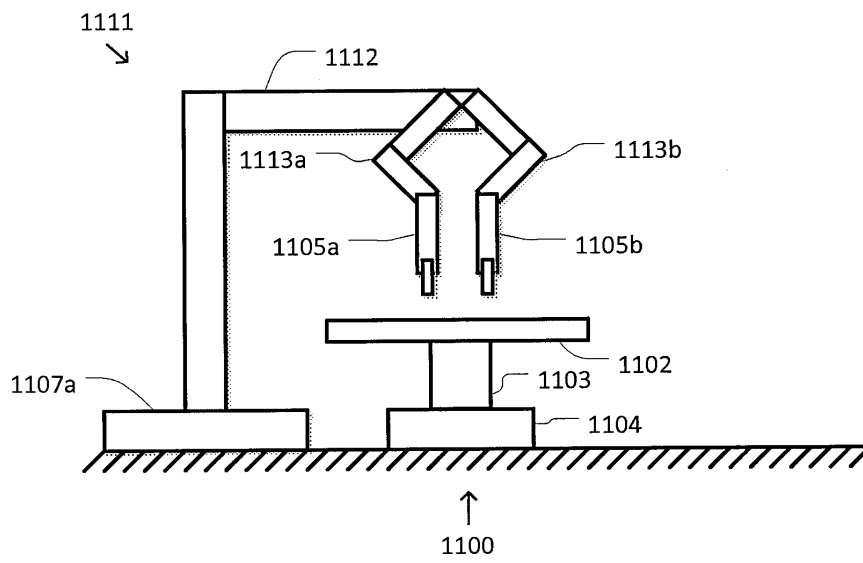
도면7



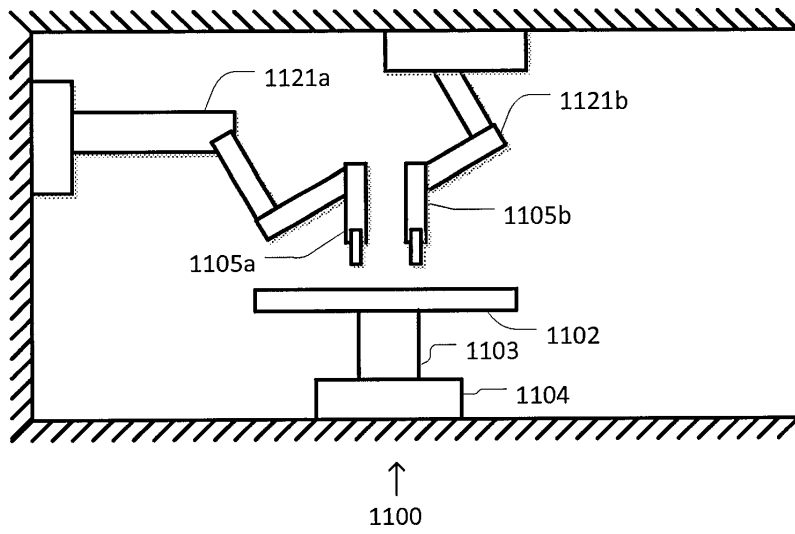
도면8a



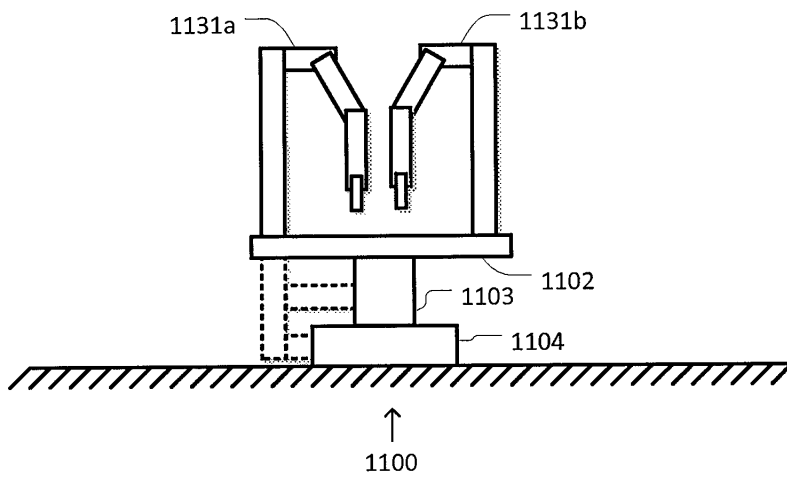
도면8b



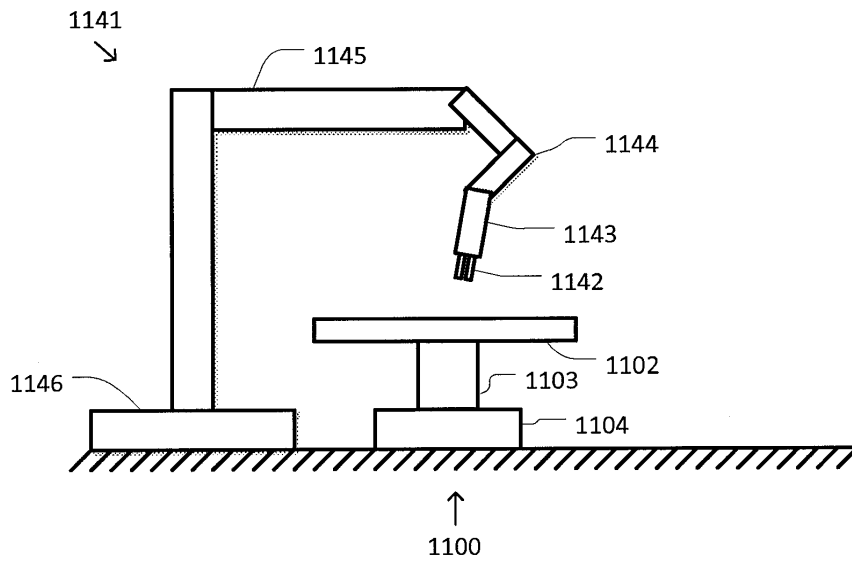
도면8c



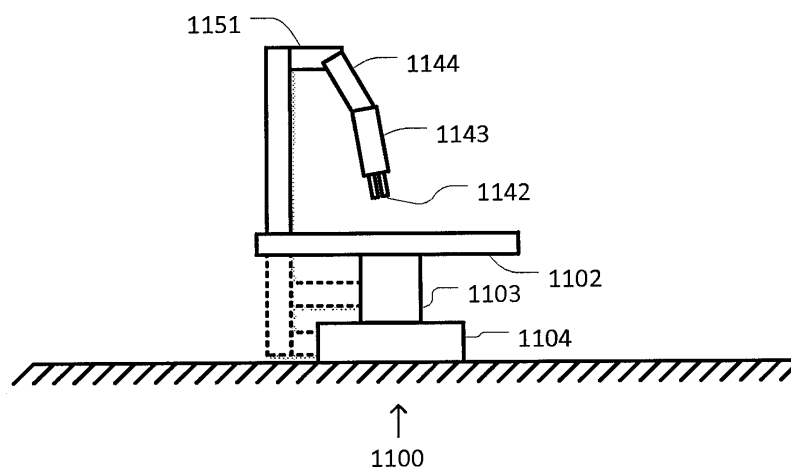
도면8d



도면8e



도면8f



도면 8g

