



등록특허 10-2405656



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년06월07일  
(11) 등록번호 10-2405656  
(24) 등록일자 2022년05월31일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G09B 23/28* (2006.01) *A61B 34/30* (2016.01)  
*G09B 9/00* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*G09B 23/285* (2013.01)  
*A61B 34/30* (2016.02)
- (21) 출원번호 10-2022-7005342(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2014년12월19일  
심사청구일자 2022년03월07일
- (85) 번역문제출일자 2022년02월17일
- (65) 공개번호 10-2022-0025286
- (43) 공개일자 2022년03월03일
- (62) 원출원 특허 10-2016-7019144  
원출원일자(국제) 2014년12월19일  
심사청구일자 2019년12월11일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2014/071521
- (87) 국제공개번호 WO 2015/095715  
국제공개일자 2015년06월25일
- (30) 우선권주장  
61/919,631 2013년12월20일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
US20100167249 A1

(73) 특허권자  
인튜어티브 서지컬 오퍼레이션즈 인코포레이티드  
미국 캘리포니아 94086 서니베일 키퍼 로드 1020

(72) 발명자  
쟈크 앤서니 엠  
미국 94086 캘리포니아주 서니베일 키퍼 로드 1266 빌딩101  
차우 조이  
미국 94086 캘리포니아주 서니베일 키퍼 로드 1266 빌딩101  
밀러 브라이언 이  
미국 94086 캘리포니아주 서니베일 키퍼 로드 1266 빌딩101

(74) 대리인  
양영준, 김윤기

전체 청구항 수 : 총 18 항

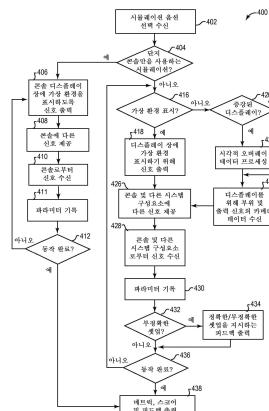
심사관 : 서문휘

## (54) 발명의 명칭 의료 절차 훈련을 위한 시뮬레이터 시스템

**(57) 요약**

구현예는 의료 절차 훈련을 위한 의료 시뮬레이션에 관한 것이다. 몇몇 구현예에서, 시스템은 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 물리적 수술 부위에 대한 물리적 수술 기구의 위치 및 구성 중 적어도 하나를 기술하는 위치 신호를 사용하여 가상 환경을 생성하는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소를 포함한다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요

(뒷면에 계속)

**대 표 도 - 도4**

소는 위치 신호의 변화에 따라 그리고 시스템의 사용자에 의한 입력에 대응하는 제어 신호에 따라 가상 환경을 업데이트한다. 업데이트는 가상 환경 내에서 가상 수술 기구를 이동시키는 것을 포함하고, 가상 수술 부위와 가상 수술 기구의 상호작용은 물리적 수술 기구와 물리적 수술 부위 사이에 물리적 관계에 의해 적어도 부분적으로 규정된다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 가상 환경의 현재 상태를 지시하는 시뮬레이션 상태 신호의 표현을 출력한다.

(52) CPC특허분류

*G09B 9/00* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

적어도 하나의 프로세서를 포함하는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소;

수술 기구를 포함하며, 물리적 수술 부위에 대해 시뮬레이션 영역에 위치되는 의료 디바이스 구조체; 및

물리적 수술 부위 및 의료 디바이스 구조체와 독립적으로 시뮬레이션 영역에서 움직일 수 있는 자립형 의료 구성요소를 포함하는 시스템이며,

시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 시뮬레이션된 셋업 절차에서 동작을 수행하도록 구성되고, 시뮬레이션된 셋업 절차에서 동작은:

물리적 수술 부위에 대한 자립형 의료 구성요소의 제1 위치를 결정하고;

물리적 수술 부위에 대한 의료 디바이스 구조체의 제2 위치를 결정하는 것을 포함하고,

시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 시뮬레이션된 셋업 절차로부터 결정된 제1 위치 및 제2 위치에 기초하여 시뮬레이션된 수술 절차에서 동작을 수행하도록 구성되는 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 의료 디바이스 구조체는 조작기 아암을 포함하고, 수술 기구는 조작기 아암에 결합되며, 시뮬레이션된 셋업 절차에서 동작은:

조작기 아암의 위치를 지시하는 아암 위치 신호를 수신하고, 조작기 아암 및 수술 기구는 시뮬레이션된 셋업 절차 중에 셋업 작업에서 적어도 하나의 사용자에 의해 공간 내에 위치되고;

조작기 아암의 위치를 기준 아암 위치와 비교하고;

조작기 아암의 위치를 비교한 결과에 기초하여 출력 디바이스에 의해 셋업 피드백 정보의 출력을 유발하는 것을 더 포함하는 시스템.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 자립형 의료 구성요소는 디스플레이 디바이스를 포함하는 제어 콘솔이고, 제어 콘솔은 시뮬레이션된 수술 절차 중에 시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 입력되는 제어 신호를 발생시키도록 사용자에 의해 동작 가능한 적어도 하나의 입력 제어 디바이스를 포함하는 시스템.

#### 청구항 4

제1항에 있어서, 자립형 의료 구성요소는 디스플레이 디바이스를 포함하는 관찰측 카트인 시스템.

#### 청구항 5

제4항에 있어서, 관찰측 카트의 디스플레이 디바이스는:

시뮬레이션된 수술 절차 중에 물리적 수술 부위의 카메라 뷰;

시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 의해 발생된 가상 수술 부위의 뷰; 또는

시뮬레이션된 수술 절차 중에 시스템의 사용자로부터 입력 제어 신호를 제공하는 것에 관련된 설명 피드백 중 적어도 하나를 표시하도록 구성되는 시스템.

#### 청구항 6

제4항에 있어서, 시뮬레이션된 셋업 절차에서 동작은:

관찰측 카트의 제1 위치를 물리적 수술 부위 및 의료 디바이스 구조체에 대하여 관찰측 카트에 대한 기준 위치

와 비교하고;

관찰측 카트의 제1 위치를 비교한 결과에 기초하여 출력 디바이스에 의해 셋업 피드백 정보의 출력을 유발하는 것을 더 포함하는 시스템.

#### 청구항 7

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 의료 디바이스 구조체는 물리적 수술 부위 및 자립형 의료 구성요소와 독립적으로 시뮬레이션 영역에서 움직일 수 있는 자립형 구성요소인 의료 디바이스 카트를 포함하고,  
의료 디바이스 구조체의 제2 위치는 시뮬레이션 영역에서 의료 디바이스 카트의 위치인 시스템.

#### 청구항 8

시뮬레이션 프로세싱 구성요소의 적어도 하나의 프로세서에 의해, 물리적 수술 부위에서 원격 조작식 의료 디바이스에 대한 시뮬레이션된 의료 절차를 조절하는 단계,

시뮬레이션된 의료 절차의 시뮬레이션된 셋업 절차에서:

적어도 하나의 프로세서에 의해, 물리적 수술 부위에 대하여 자립형 의료 구성요소의 제1 위치를 결정하는 단계로서, 자립형 의료 구성요소는 시뮬레이션된 셋업 절차 중에 셋업 작업에서 적어도 하나의 사용자에 의해 물리적 수술 부위에 대해 위치되고, 자립형 의료 구성요소는 물리적 수술 부위 및 원격 조작식 의료 디바이스와 독립적으로 움직일 수 있는 결정 단계; 및

적어도 하나의 프로세서에 의해, 물리적 수술 부위에 대하여 원격 조작식 의료 디바이스의 제2 위치를 결정하는 단계로서, 원격 조작식 의료 디바이스는 시뮬레이션된 셋업 절차 중에 셋업 작업 동안 적어도 하나의 피훈련자에 의해 위치되는 결정 단계;

적어도 하나의 프로세서에 의해, 자립형 의료 구성요소의 제1 위치를 저장 디바이스에 저장하는 단계;

적어도 하나의 프로세서에 의해, 원격 조작식 의료 디바이스의 제2 위치를 저장 디바이스에 저장하는 단계; 및

시뮬레이션된 셋업 절차로부터 결정된 자립형 의료 구성요소의 제1 위치 및 원격 조작식 의료 디바이스의 제2 위치에 기초하여 시뮬레이션된 수술 절차에서 동작을 수행하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 9

제8항에 있어서, 원격 조작식 의료 디바이스는 물리적 수술 부위 및 자립형 의료 구성요소와 독립적으로 시뮬레이션 영역에서 움직일 수 있는 자립형 구성요소인 의료 디바이스 카트를 포함하고,

원격 조작식 의료 디바이스의 제2 위치는 시뮬레이션 영역에서 의료 디바이스 카트의 위치인 방법.

#### 청구항 10

제8항에 있어서,

시뮬레이션된 의료 절차의 시뮬레이션된 셋업 절차에서, 적어도 하나의 프로세서에 의해, 시뮬레이션된 의료 절차 중에 적어도 하나의 피훈련자에 의해 이동된 원격 조작식 의료 디바이스의 하나 이상의 조작기 아암의 하나 이상의 위치에 기초하여 위치 신호를 수신하는 단계로서, 하나 이상의 조작기 아암은 물리적 수술 부위에 대해 물리적으로 위치설정 가능하고, 적어도 하나의 수술 기구는 하나 이상의 조작기 아암 중 적어도 하나에 결합되며, 하나 이상의 조작기 아암은 시뮬레이션된 셋업 절차 중에 셋업 작업에서 적어도 하나의 사용자에 의해 물리적 수술 부위에 대해 위치되는 수신 단계;

적어도 하나의 프로세서에 의해, 시뮬레이션된 셋업 절차의 셋업 작업 중에 하나 이상의 조작기 아암의 하나 이상의 위치를 저장 디바이스에 저장하는 단계;

적어도 하나의 프로세서에 의해, 시뮬레이션된 셋업 절차의 셋업 작업의 성과를 평가하기 위해 셋업 작업 중의 하나 이상의 위치를 기준 작업에서의 하나 이상의 기준 위치와 비교하는 단계; 및

적어도 하나의 프로세서에 의해, 시뮬레이션된 셋업 절차 중에 하나 이상의 출력 디바이스를 사용하여 피드백 정보의 출력을 유발하는 단계로서, 피드백 정보는 하나 이상의 조작기 아암의 하나 이상의 위치를 비교하는 것에 적어도 부분적으로 기초하는 유발 단계를 포함하는 방법.

**청구항 11**

제8항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 자립형 의료 구성요소는 디스플레이 디바이스를 포함하는 관찰측 카트이고, 시뮬레이션된 수술 절차의 동작은:

시뮬레이션된 수술 절차 중에 물리적 수술 부위의 카메라 뷰;

시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 의해 발생된 가상 수술 부위의 뷰; 또는

시뮬레이션된 수술 절차 중에 사용자로부터 입력 제어 신호를 제공하는 것에 관련된 설명 피드백 중 적어도 하나가 관찰측 카트의 디스플레이 디바이스에 의해 표시되도록 하는 것을 포함하는 방법.

**청구항 12**

제11항에 있어서, 시뮬레이션된 수술 절차에서,

가상 환경을 생성하는 단계;

가상 환경이 관찰측 카트의 디스플레이 디바이스에 의해 표시되도록 하는 단계;

피훈련자로부터의 제어 신호에 기초하여 가상 환경을 업데이트하는 단계로서, 업데이트 단계는 가상 환경 내에서 가상 수술 기구를 이동시키는 단계를 포함하고, 가상 환경의 가상 수술 부위와 가상 수술 기구의 상호작용은 원격 조작식 의료 디바이스의 물리적 수술 기구와 물리적 수술 부위 사이의 물리적 관계에 의해 적어도 부분적으로 규정되는, 업데이트 단계; 및

업데이트된 가상 환경이 관찰측 카트의 디스플레이 디바이스에 의해 표시되도록 하는 단계를 더 포함하는 방법.

**청구항 13**

제1 수술 기구를 조작하기 위한 제1 조작기 아암으로서, 적어도 하나의 사용자에 의해 물리적 수술 부위에 대해 위치설정 가능한 제1 조작기 아암;

제2 수술 기구를 조작하기 위한 제2 조작기 아암으로서, 적어도 하나의 사용자에 의해 물리적 수술 부위에 대해 위치설정 가능한 제2 조작기 아암; 및

적어도 하나의 프로세서를 포함하는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소를 포함하는 시스템이며,

시뮬레이션 프로세싱 구성요소는:

물리적 수술 부위에 대해 제1 조작기 아암의 제1 위치를 수신하고,

물리적 수술 부위에 대해 제2 조작기 아암의 제2 위치를 수신하고,

제1 위치 및 제2 위치에 기초하여 제1 조작기 아암 및 제2 조작기 아암의 시뮬레이션된 셋업을 구성하고,

기준 셋업에 기초하여 시뮬레이션된 셋업의 평가를 수행하고;

시뮬레이션된 셋업에 기초하여 시뮬레이션된 수술 환경에서 동작을 수행하도록 구성되는 시스템.

**청구항 14**

제13항에 있어서, 시뮬레이션된 셋업의 평가는 제1 위치 및 제2 위치를 기준 셋업의 기준 위치와 비교하는 것을 포함하는 시스템.

**청구항 15**

제13항에 있어서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 시뮬레이션된 셋업의 평가에 기초하여 출력 디바이스에 의해 셋업 피드백 정보의 출력을 유발하도록 추가로 구성되는 시스템.

**청구항 16**

제13항에 있어서, 시뮬레이션된 수술 환경에서 동작은 물리적 수술 부위에 대해 제1 수술 기구 및 제2 수술 기구의 위치 또는 구성 중 적어도 하나를 기술하는 제1 조작기 아암 및 제2 조작기 아암에 대한 위치 신호를 판독

하는 것을 포함하고, 위치 또는 구성 중 적어도 하나는 수술 환경 사용자에 의한 입력에 대응하는 제어 신호에 기초하는 시스템.

### 청구항 17

제13항 내지 제16항 중 어느 한 항에 있어서,

제1 조작기 아암 및 제2 조작기 아암은 의료 디바이스 구조체에 포함되고,

의료 디바이스 구조체는 물리적 수술 부위에 대해 시뮬레이션 영역에 위치되고,

의료 디바이스 구조체는 물리적 수술 부위와 독립적으로 시뮬레이션 영역에서 움직일 수 있는 자립형 구성요소인 의료 디바이스 카트를 포함하고,

의료 디바이스 구조체의 제2 위치는 시뮬레이션 영역에서 의료 디바이스 카트의 위치인 시스템.

### 청구항 18

제13항 내지 제16항 중 어느 한 항에 있어서,

시스템은 디스플레이 디바이스를 포함하는 관찰측 카트를 더 포함하고,

관찰측 카트는 물리적 수술 부위에 대해 독립적으로 시뮬레이션 영역에서 움직일 수 있는 자립형 구성요소이고,

시뮬레이션 프로세싱 구성요소는:

시뮬레이션 영역에서 관찰측 카트의 제3 위치를 결정하고;

관찰측 카트의 제3 위치를 물리적 수술 부위에 대하여 관찰측 카트에 대한 기준 위치와 비교하고;

관찰측 카트의 제3 위치를 관찰측 카트의 기준 위치와 비교한 결과에 기초하여 출력 디바이스에 의해 셋업 피드백 정보의 출력을 유발하도록 추가로 구성되는 시스템.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001]

개시된 특징은 의료용 훈련 장비 및 방법에 관한 것으로서, 더 구체적으로는 최소 침습성 수술 절차 및 기술에서 훈련을 위해 사용된 의료용 훈련 장비 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002]

환자에 대한 의료 절차는 하나 이상의 의료 요원에 의한 다양한 상이한 작업을 수반할 수 있다. 몇몇 의료 절차는 원격 조작식 의료 디바이스를 포함하여, 하나 이상의 디바이스를 사용하여 수행된 최소 침습성 수술 절차이다. 몇몇 이러한 시스템에서, 외과의사는 수술 및 다른 절차를 수행하기 위해 환자와 상호작용하는 수술 기구를 원격으로 정밀하게 제어하는 콘솔을 거쳐 수술하고 제어한다. 몇몇 시스템에서, 시스템의 다양한 다른 구성요소는 또한 절차를 수행하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 수술 기구는 환자 부근에 또는 환자 위에 위치된 개별 기구 디바이스 또는 카트 상에 제공될 수 있고, 비디오 출력 디바이스 및 다른 장비 및 디바이스가 하나 이상의 부가의 유닛 상에 제공될 수 있다.

[0003]

원격 조작식 의료 시스템의 사용에 있어서 특정 유형의 훈련을 제공하기 위한 시스템이 개발되어 왔다. 시뮬레이터 유닛이 예를 들어, 실제 다른 시스템 구성요소 대신에 외과의사 콘솔에 결합될 수 있어, 절차의 수행의 시뮬레이션을 외과의사에게 제공한다. 이러한 시스템에 의해, 외과의사는 어떻게 시뮬레이션된 기구가 콘솔 제어부의 조작에 응답하는지를 학습할 수 있다.

[0004]

그러나, 외과의사 및 다양한 다른 요원은 의료 절차 중에 원격 조작식 의료 시스템의 다른 구성요소 상에 작업을 수행할 수도 있다. 예를 들어, 조수(assistant)는 원격 조작식 아암 및 기구 유닛의 기구를 정확한 위치에 이동하여 위치설정할 수도 있는데, 이는 절차에 상당한 영향을 미칠 수 있다. 조수가 절차 중에 요구된 정보를 신속하게 발견하는 것이 가능한 것이 유리할 수 있다.

[0005]

계다가, 외과의사 및 조수에 의해 이러한 작업의 훈련 및 수행을 양자화하여, 이에 의해 이러한 요원이 경과를 추적하고 성과를 향상시킬 수 있게 하는 것이 유리할 수 있다.

## 발명의 내용

### 과제의 해결 수단

[0006]

본 출원의 구현예는 의료 절차 훈련을 위한 의료 시뮬레이션에 관한 것이다. 몇몇 구현예에서, 시스템은 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 물리적 수술 부위에 대한 물리적 수술 기구의 위치 및 구성 중 적어도 하나를 기술하는 위치 신호를 사용하여 가상 환경을 생성하는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소를 포함한다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 위치 신호의 변화에 따라 그리고 시스템의 사용자에 의한 입력에 대응하는 제어 신호에 따라 가상 환경을 업데이트한다. 가상 환경의 업데이트는 가상 환경 내에서 가상 수술 기구를 이동시키는 것을 포함하고, 가상 환경의 가상 수술 부위와 가상 수술 기구의 상호작용은 물리적 수술 기구와 물리적 수술 부위 사이에 물리적 관계에 의해 적어도 부분적으로 규정된다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 가상 환경의 현재 상태를 지시하는 시뮬레이션 상태 신호의 표현을 출력한다. 다양한 구현예는 더미(dummy) 기구, 해부학적 모델, 제어 콘솔, 디스플레이 디바이스, 원격 조작식 의료 디바이스, 및/또는 다른 변형예를 포함할 수 있다.

[0007]

몇몇 예시적인 구현예에서, 방법은 시뮬레이션 프로세싱 구성요소를 사용하여 시뮬레이션된 의료 절차를 조절하는 단계와, 시뮬레이션된 의료 절차 중에 적어도 하나의 피훈련자에 의해 이동된 원격 조작식 의료 디바이스의 요소의 하나 이상의 위치에 기초하여 위치 신호를 수신하는 단계를 포함한다. 요소는 시뮬레이션된 의료 절차를 수행하기 위해 물리적 수술 부위에 대해 물리적으로 위치설정 가능하다. 시뮬레이션 상태 신호가 위치 신호에 기초하여 결정되고, 여기서 시뮬레이션 상태 신호는 원격 조작식 의료 디바이스로부터 위치 신호의 통합을 포함하는 시뮬레이션된 의료 절차의 현재 상태를 지시한다. 시뮬레이션 상태 신호가 시뮬레이션 상태 신호의 표현을 출력하도록 동작하는 적어도 하나의 출력 디바이스에 송신된다. 방법의 다양한 구현예는 피훈련자에 의해 수행된 셋업 작업을 위해 시뮬레이션된 셋업 절차에서 위치 신호를 수신하는 단계와, 그리고/또는 시뮬레이션된 셋업 절차 후에 시뮬레이션된 수술 동작에서, 작업을 수행하는 적어도 하나의 피훈련자에 실시간 피드백 정보를 출력하는 단계, 및 다른 변형예를 포함할 수 있다.

[0008]

몇몇 예시적인 구현예에서, 방법은 시뮬레이션된 의료 절차에 있어서 물리적 시뮬레이션된 수술 부위에 대한 하나 이상의 물리적 수술 기구의 위치를 지시하는 위치 신호를 수신하는 단계를 포함한다. 가상 환경이 위치 신호에 기초하여 업데이트되고, 여기서 가상 환경은 물리적 수술 부위에 대응하는 가상 수술 부위를 구현한다. 제어 신호가 제어 콘솔로부터 수신되고 사용자에 의해 제어 콘솔의 하나 이상의 입력 제어부의 조작을 지시한다. 방법은 가상 환경 내에서 하나 이상의 가상 수술 기구를 이동시키는 것을 포함하여, 제어 신호에 기초하여 가상 환경을 업데이트한다. 가상 수술 부위와 가상 기구의 상호작용은 물리적 수술 부위에 대한 하나 이상의 물리적 수술 기구의 위치에 기초한다. 시뮬레이션 상태 신호가 시뮬레이션 상태 신호의 출력을 유발하도록 적어도 하나의 출력 디바이스에 출력되고, 여기서 시뮬레이션 상태 신호는 가상 환경의 현재 상태를 지시한다. 방법의 다양한 구현예는 원격 조작식 의료 디바이스의 연계된 조작기 아암에 결합되는 물리적 수술 기구, 또는 물리적 해부학적 모델에 대해 하나 이상의 사용자에 의해 수동으로 조작되는 물리적 수술 기구, 및 다른 변형예를 포함할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0009]

도 1은 몇몇 구현예에 따른 원격 조작식 의료 시스템을 포함하는 예시적인 시뮬레이션 시스템의 개략도이다.

도 2는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소 및 시뮬레이션 시스템의 다른 구성요소와의 통신의 예를 도시하는 블록도이다.

도 3은 본 명세서에 설명된 하나 이상의 구현예에 따른 시뮬레이션된 셋업 절차를 제공하기 위한 예시적인 방법을 도시하는 흐름도이다.

도 4는 본 명세서에 설명된 하나 이상의 구현예에 따른 시뮬레이션된 수술 동작을 제공하기 위한 예시적인 방법을 도시하는 흐름도이다.

도 5는 시뮬레이션된 의료 절차의 자동화된 평가를 위해 사용될 수 있는 예시적인 시스템의 태양의 개략도이다.

도 6a 및 도 6b는 시뮬레이션 시스템의 하나 이상의 디스플레이 스크린 상에 표시될 수 있는 훈련 화상 스크린의 예이다.

도 7a는 본 명세서에 설명된 다수의 구성요소의 예를 포함하는 일 예시적인 시뮬레이션 시스템을 도시한다.

도 7b는 도 7a의 외과의사 콘솔 상에 제공된 예시적인 디스플레이 스크린을 도시한다.

도 8은 예시적인 원격 조작식 의료 디바이스 및 해부학적 모델의 사시도이다.

도 9a는 본 명세서에 설명된 다수의 구성요소의 예를 포함하는 다른 예시적인 시뮬레이션 시스템을 도시한다.

도 9b는 도 9a의 외과의사 콘솔 상에 제공된 예시적인 디스플레이 스크린을 도시한다.

도 10a 내지 도 10c는 해부학적 모델 내의 기구를 추적하는 것에 관련된 예를 도시한다.

도 11a 및 도 11b는 원격 조작식 및 수동 수술 기구의 모두의 사용을 포함하는 시뮬레이션된 의료 절차에서 해부학적 모델의 사용의 일 예의 개략도이다.

도 12는 도 11a 내지 도 11b를 참조하여 해부학적 모델을 사용하기 위한 예시적인 방법을 도시하는 흐름도이다.

도 13a 및 도 13b는 수동 수술 기구의 사용을 포함하는 시뮬레이션된 의료 절차에서 해부학적 모델의 사용의 제 2 예의 개략도이다.

도 14는 도 13a 내지 도 13b를 참조하여 해부학적 모델을 사용하기 위한 예시적인 방법을 도시하는 흐름도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010]

본 출원은 시뮬레이션된 수술 절차 및 훈련 실습에 관한 특징을 개시하고 있다. 시뮬레이션 시스템 및 방법의 다양한 개시된 구현예는 위치설정을 위한 실제적인 셋업 절차, 특정 수술 절차를 위한 시뮬레이션 장비의 배치, 뿐만 아니라 실제적인 수술 동작을 위한 이러한 장비의 실제 사용을 제공하고 교육한다. 시뮬레이션은 고도로 실제적인 훈련을 제공하기 위해, 실제 의료 절차의 모든 스테이지에서 수반된 일부 또는 모든 구성요소를 수반할 수 있고, 이러한 절차에 임의의 요원을 수반할 수 있다. 모든 이들 시뮬레이션된 의료 절차 중에 수행된 다양한 작업이 기록되고 평가되어, 성과에 대한 적절한 피드백이 제공되어, 절차의 상세의 고도의 분석을 허용하고 의료 절차의 모든 기능을 위한 피훈련자가 이들의 스킬을 더 효율적으로 향상시키는 것을 가능하게 한다. 본 명세서에 설명된 다양한 시뮬레이션 특징은 사용자가 학습하고 실시할 수 있게 하고, 사용자 성과의 양자화 및 사용자 경과의 추적을 허용할 수 있다.

[0011]

몇몇 구현예는 미국 캘리포니아주 서니베일 소재의 Intuitive Surgical, Inc.에 의해 상용화된 다빈치(da Vinci)® 수술 시스템(예를 들어,, 다빈치® Si™ HD™ 수술 시스템으로서 시판되는 Model IS3000)과 같은 원격 조작식 의료 시스템을 사용하여 설명된다. 그러나, 통상의 기술자는 원격 조작식 및 적용 가능하면, 본 명세서에 개시된 특징이 비-원격 조작식(예를 들어, 수동) 실시예 및 구현예를 포함하여, 다양한 방식으로 실시되고 구현될 수도 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 다빈치® 수술 시스템(예를 들어, 다빈치® S™ HD™ 수술 시스템으로서 상용화된 Model IS3000; Model IS2000)에 대한 구현예는 단지 예시일 뿐이고, 본 명세서에 개시된 본 발명의 태양을 한정하는 것으로서 고려되어서는 안된다.

[0012]

여기서, "셋업 절차" 또는 "수술 셋업 절차"는 하나 이상의 이후의 수술 동작을 수행하도록 시스템 구성요소를 구성하는 셋업 작업을 칭한다. "수술 동작" 또는 "수술 부위 절차"는 수술 부위에서 수술 작업을 포함하는 실제 수술 동작을 칭한다. "시뮬레이션된 의료 절차" 또는 "시뮬레이션된 수술 절차"는 셋업 절차 및 수술 동작을 포함하는 전체 시뮬레이션된 절차를 칭할 수 있고, 또는 단지 셋업 절차 또는 수술 동작을 포함할 수 있다. 용어 "원격 조작식 의료 시스템"은 하나 이상의 마스터 제어기 디바이스 및 하나 이상의 슬레이브 원격 조작식 의료 디바이스를 사용하여 수술 절차를 수행하는데 사용된 하나 이상의 구성요소의 시스템을 칭한다. "원격 조작식 의료 디바이스"는 원격 마스터 디바이스에 의해 제어되는 슬레이브 디바이스일 수 있고, 원격 조작식 의료 디바이스로부터 원격으로 사용자에 의해 조작되는 제어 콘솔 또는 외과의사 콘솔과 같은 마스터 제어기 디바이스의 하나 이상에 의해 제공된 신호에 응답하여 이동되거나 조작될 수 있는 조작기 아암 및/또는 수술 기구와 같은 하나 이상의 요소를 포함할 수 있다. "웨트-랩(wet-lab)" 실습은 조직 샘플, 꽈지 모델, 또는 시체와 같은 실제(실제) 조직 상에서의 임의의 실습을 칭한다. "드라이-랩(dry-lab)"은 발포체(봉합을 위한), 와이어 상의 링 등과 같은 물체를 사용하는 "무생물" 실습을 포함하는, 비-조직 모델 또는 물체를 사용하는 실습을 칭한다.

[0013]

도 1은 몇몇 구현예에 따른 원격 조작식 의료 시스템을 포함하는 예시적인 시뮬레이션 시스템(100)의 개략도이다. 시뮬레이션 시스템(100)은 실제 환자를 사용하지 않고 실제 의료 절차를 시뮬레이션하는데 사용될 수 있다. 실제 인간 환자 상에서 발생하지 않는 임의의 시뮬레이션된 의료 절차 또는 훈련 활동이 시뮬레이션 시

스텝(100) 또는 그 변형예를 사용하여 수행될 수 있다. 예를 들어, 드라이-랩 훈련 작업(예를 들어, 무생물 실습)의 시뮬레이션 및/또는 웨트-랩 훈련 작업(예를 들어, 실제 조직, 돼지 모델, 또는 시체 상의 실습)이 수행될 수 있다.

[0014] 도시된 예에서, 시뮬레이션 시스템(100)은 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(또는 "프로세싱 구성요소")(102), 외과의사 콘솔(104), 환자측 카트(106), 및 관찰측 카트(108)를 포함할 수 있다. 다른 구성요소가 본 명세서의 다양한 구현예에 설명된 바와 같이, 시뮬레이션 시스템(100)에 부가적으로 또는 대안적으로 포함될 수 있다.

[0015] 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 시뮬레이션 시스템(100)의 다양한 다른 구성요소를 수반하는 시뮬레이션을 조정하고, 제어하고, 그리고/또는 구현할 수 있다. 시뮬레이션은 실제 환자가 수술될, 또는 수술되는 것처럼 시스템 구성요소를 수반하는 의료 절차 환경을 시뮬레이션한다. 몇몇 구현예에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 실제 물리적 수술 부위의 하나 이상의 요소를 묘사하는 가상 수술 부위를 포함하는 가상 환경의 디스플레이를 구현하고 제어한다. 몇몇 구현예는 물리적 모델 및/또는 물체를 포함하는 물리적 수술 부위를 포함할 수 있다.

[0016] 몇몇 구현예에서, 프로세싱 구성요소(102)는 시뮬레이션 시스템의 시뮬레이션 구성요소를 조정하고 그리고/또는 시뮬레이션된 의료 절차 중에 얻어진 파라미터를 모니터링하고 기록할 수 있다.

[0017] 시뮬레이션은 시뮬레이션 내의 이들 구성요소의 사용자 조작에 기초하여 시스템의 다른 구성요소로부터 다수의 입력을 수신하는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)를 수반하는 상호작용식의 것이다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 또한 이들 입력에 기초하여 다수의 출력을 제공하는데, 여기서 출력은 시뮬레이션 시스템의 구성요소를 조정하고 시스템(100)의 구성요소 중 하나 이상에 제공된 임의의 상이한 유형의 출력 디바이스(디스플레이 스크린, 오디오 스피커, 모터 등)를 거쳐 시스템의 사용자에 출력을 제공할 수 있다. 예를 들어, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 하나 이상의 출력 디바이스에 제공된 시뮬레이션 상태 신호를 거쳐 사용자에 출력을 제공할 수 있다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 또한 그가 출력하는 신호를 거쳐 사용자에 피드백 정보를 제공할 수 있다.

[0018] 시뮬레이션 상태 신호는 하나 이상의 시스템 구성요소로부터 입력(예를 들어, 입력으로부터의 영향)의 통합을 포함하는 시뮬레이션된 의료 절차의 현재 상태를 지시할 수 있다. 시뮬레이션된 의료 절차의 현재 "상태"는 시뮬레이션 시스템의 구성요소의 입력에 의해 영향을 받는 바와 같은 의료 절차의 수행의 현재 상태 또는 현재 경과점이다. 예를 들어, 몇몇 구현예에서, 시뮬레이션 상태 신호는 물리적 수술 부위에 대해 환자측 카트(106)의 원격 조작식 의료 디바이스의 물리적 원격 조작식 수술 기구의 현재 위치를 지시할 수 있는데, 여기서 이들 현재 기구 위치는 시뮬레이션된 의료 절차에서, 예를 들어 셋업 절차에서 부위에 대한 수술 기구의 위치설정에 있어서 현재 경과 상태를 지시한다. 예를 들어, 시뮬레이션 상태 신호는 또한 다른 기구 또는 표면파의 임의의 기구의 충돌, 또는 구성요소 요소의 위치오설정과 같은 의료 절차시의 이벤트를 지시할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 시뮬레이션된 의료 절차의 현재 상태는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 의해 구현된 가상 수술 부위와 같은 가상 환경의 현재 상태를 포함할 수 있다. 예를 들어, 시뮬레이션 상태 신호는 수술 기구의 가상 표현 및 현재 위치를 포함하는 가상 환경을 기술하는 데이터를 포함할 수 있다. 시뮬레이션 상태 신호는 외과의사 콘솔(102)로부터 제어 입력에 기초하여 가상 환경에서 가상 수술 기구의 현재 위치를 지시할 수 있는데, 여기서 가상 수술 기구의 위치는 시뮬레이션된 의료 절차의 수술 작업의 현재 상태를 지시한다.

[0019] 출력 디바이스(들)는 시뮬레이션 상태 신호의 표현을 출력할 수 있다. 표현은 그래픽(예를 들어, 완전 가상/합성 화상, 완전 카메라 화상, 또는 합성된 카메라/가상 화상), 촉각, 햅틱, 청각과 같은 다양한 유형의 출력을 사용하여 출력될 수 있다. 예를 들어, 시뮬레이션된 셋업 절차에서, 출력 표현은 물리적 기구의 그래픽 표현, 표시된 시각적 상태, 통지, 시각적 텍스트 및 마커, 오디오 큐(cue) 및 다른 출력, 햅틱 응답, 및/또는 다른 출력을 포함할 수 있다. 시뮬레이션된 수술 동작 중에, 출력 표현은 물리적 부위의 가상 환경 또는 화상과 같은 수술 부위에서 표시된 환경을 포함할 수 있다. 몇몇 예에서, 가상 환경의 초기 상태는 다양한 제어 출력 신호를 다른 구성요소에 제공함으로써 시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 의해 선택될 수 있고, 사용자는 외과의사 콘솔(104) 및/또는 환자측 카트(106)와 같은 구성요소를 거쳐 사용자 입력에 기초하여 상태 시뮬레이션 신호를 거쳐 가상 환경에 현재 업데이터를 경험할 수 있다. 출력 디바이스(들)는 피드백 정보를 제공하는 신호의 표현을 출력할 수 있다.

[0020] 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 후술되는 바와 같이, 하나 이상의 프로세서(예를 들어, 마이크로프로세서, 집적 회로, 로직, 및/또는 다른 프로세싱 회로), 뿐만 아니라 메모리, 입출력 인터페이스, 및 다른 구성요소를 사용하여 구현될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 시뮬레이-

이션 시스템 내의 다른 구성요소로부터 분리된 특정 외부 또는 자립형 유닛으로서 구현될 수 있다. 다른 구현 예에서, 프로세싱 구성요소(102)는 시뮬레이션 시스템(100)의 다른 구성요소 중 하나 내에 제공되거나 부분일 수 있고, 그리고/또는 시스템(100)의 다수의 다른 구성요소 내에 분산될 수 있다.

[0021] 외과의사 콘솔 또는 제어 콘솔과 같은 하나 이상의 마스터 콘솔(104)이 시스템(100) 내에 포함될 수 있어, 그에 의해 수술 기구가 원격 조작될 수 있는 외과의사 피훈련자와 같은 사용자 입력 제어부, 뿐만 아니라 다양한 다른 제어부를 제공한다. 외과의사 콘솔(104)은 시각적, 오디오 및/또는 햅틱 출력 디바이스와 같은 출력 디바이스를 또한 포함할 수 있다. 사용자는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 제어 입력 신호를 제공하도록 제어부를 동작한다. 제어 입력 신호는 또한 외과의사 콘솔(104)로부터 환자측 카트(106) 및/또는 관찰측 카트(108)와 같은 시뮬레이션 시스템의 다른 구성요소 중 하나 이상으로 제공될 수 있다. 예를 들어, 환자측 카트(106)의 원격 조작식 슬레이브 기구 아암은 제어될 수 있는데, 예를 들어 각각의 수술 기구는 외과의사 콘솔의 하나 이상의 대응 마스터 제어부에 의해 동작된다. 이러한 원격 조작식 의료 디바이스 및 수술 기구의 몇몇 예가 이하에 설명된다.

[0022] 외과의사 콘솔(104)은 접속부(105)에 의해 지시된 바와 같이 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)와 통신한다. 접속부(105)는 하나 이상의 와이어 또는 케이블, 무선 접속부 등과 같은 임의의 유형의 통신 채널일 수 있다. 외과의사 콘솔(104)은 콘솔(104)의 제어부의 조작을 지시하는 신호를 출력한다. 예를 들어, 사용자가 레버, 조이스틱, 또는 다이얼을 움직이고, 특정 버튼 또는 터치스크린을 선택하거나, 또는 다른 제어부를 선택하면, 대응 신호가 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)에 제공된다. 몇몇 구현예에서, 이들 신호는 환자측 카트(106) 및/또는 관찰측 카트(108)와 같은 실제 의료 절차 중에 원격 조작식 의료 시스템의 다른 구성요소에 제공된 표준 신호일 수 있고, 여기서 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)가 이들 동일한 신호를 프로세싱할 수 있다. 다른 구현예에서, 시뮬레이션에 특정한 시뮬레이션 신호는 외과의사 콘솔(104)에 의해 출력될 수 있다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 예를 들어, 시뮬레이션의 가상 환경을 업데이트하도록 입력을 사용할 수 있다.

[0023] 몇몇 구현예에서, 외과의사 콘솔(104)은 또한 환자측 카트(106) 및/또는 관찰측 카트(108)와 같은 시뮬레이션 시스템(100)의 하나 이상의 구성요소에 신호를 출력할 수 있다. 예를 들어, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(100)에 의해 수신된 신호는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 의해 이들 다른 구성요소에 릴레이될 수 있다. 대안적으로, 외과의사 콘솔(104)은 시뮬레이션 시스템의 다른 구성요소 중 하나 이상과의 접속부(105)와 유사한 개별 직접 접속부를 가질 수 있다. 출력 신호는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)를 사용하지 않는 원격 조작식 의료 시스템에 유사하게 이들 다른 구성요소의 동작을 구동할 수 있다.

[0024] 게다가, 외과의사 콘솔(104)은 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)로부터 접속부(105) 상에 신호를 수신한다. 이들 수신된 신호는 비디오, 오디오 및 햅틱 출력을 거쳐 그 사용자에 시뮬레이션 상태 신호의 표현을 제공하는 외과의사 콘솔의 시각적, 오디오 및/또는 햅틱 출력 디바이스를 업데이트하는데 사용되는 시뮬레이션 상태를 포함하여, 실제 의료 절차에 있어서 외과의사 콘솔(104)에 의해 일반적으로 수신될 것인 신호를 포함한다. 몇몇 구현예에서, 이들 신호는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)에 의해 제공되고 외과의사 콘솔에 표시된 시뮬레이션된 가상 환경의 현재 상태를 기술하기 위해 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)에 의해 발생될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 수신된 신호는 환자측 카트(106) 및/또는 관찰측 카트(108)로부터 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)에서 수신되고 이어서 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)로부터 외과의사 콘솔(104)에 릴레이된 신호와 같은, 시뮬레이션 시스템의 다른 구성요소의 하나 이상에 의해 제공된 신호를 포함할 수 있다. 또 다른 구현예에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 다른 구성요소의 하나 이상으로부터 신호를 수신하고 시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 의해 실행된 시뮬레이션에 기초하여 이들 신호를 프로세싱하거나 변경할 수 있다. 프로세싱된 신호는 이어서 그 사용을 위해 외과의사 콘솔(104)에 송신될 수 있다. 몇몇 예에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 수술 부위에서 내시경 또는 다른 활상 디바이스로부터 공급된 화상 또는 비디오와 같은 시뮬레이션 시스템의 다른 구성요소로부터 수신된 데이터와 합성되거나 통합되는 증강 현실 데이터를 생성할 수 있고, 합성된 데이터는 이어서 시뮬레이션 상태 신호로서 외과의사 콘솔(104)에 송신될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 외과의사 콘솔(104)은 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)를 사용하지 않는 원격 조작식 의료 시스템에 유사하게 이들 구성요소로부터 신호를 수신하기 위해 시뮬레이션 시스템의 다른 구성요소 중 하나 이상과의 접속부(105)와 유사한 부가의 개별 직접 접속부를 가질 수 있다.

[0025] 몇몇 구현예에서, 다수의 마스터 콘솔(104)은 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)와 통신할 수 있다. 예를 들어, 이러한 다수의 콘솔은 의료 절차 중에 동시에 전용 사용자에 의해 각각 동작될 수 있어, 예를 들어 각각의 사용자가 특정 디바이스 기구를 제어하게 하고, 하나의 사용자가 수술 실습에 있어서 다른 사용자를 보조하게 할 수 있는 등이다. 각각의 이러한 외과의사 콘솔(104)은 예를 들어 가상 환경을 기술하는 신호를 시뮬레이션

프로세싱 구성요소(102)에 송신할 수 있고 신호를 시뮬레이션 프로세싱 구성요소로부터 수신할 수 있다. 몇몇 시뮬레이션 구현예는 예를 들어, 콘솔(104)의 입력 제어부 또는 다른 디바이스[예를 들어, 시스템(100) 내의 다른 제어 패널]을 거쳐 제어를 패스하기 위해 명령을 송신함으로써, 콘솔(104)에서 사용자가 하나 이상의 수술 기구의 제어를 패스시킬 수 있게 하고(가상 및/또는 물리적) 또는 다른 구성요소의 제어 또는 입력을 상이한 콘솔(104)의 상이한 사용자에 패스시킬 수 있게 한다. 몇몇 경우에, 각각의 외과의사 콘솔에 적합한 신호가 그 콘솔에서 수신될 수 있어, 예를 들어 어느 기구를 특정 콘솔이 제어하는지에 기초하여 각각의 콘솔(104)에서 시뮬레이션된 수술 부위 상에 상이한 시작적 견지를 출력한다. 몇몇 구현예는 하나 초파의 콘솔(104)을 갖는 시뮬레이션에 특정한 특징을 포함할 수 있다. 예를 들어, 가상 포인터가 생성되어 콘솔(104)의 디스플레이 스크린 상에 표시될 수 있는데, 여기서 하나의 콘솔(104)에서 하나의 조작자(예를 들어, 숙련가)는 포인터를 제어하여 다른 콘솔(104)에서 다른 조작자(예를 들어, 신입 피훈련자)에 의해 견망되는 바와 같은 표시된 물체를 포인터할 수 있다.

[0026]

하나 이상의 환자측 카트(106)는 실제 원격 조작식 의료 절차 중에 행해진 제어된 디바이스의 실제적인 물리적 상호작용을 제공하도록 시뮬레이션 시스템(100) 내에 포함될 수 있다. 예를 들어, 환자측 카트(106)를 조작하는 피훈련자 조수와 같은 하나 이상의 사용자는 원격 조작식 의료 절차에 사용된 실제 환자측 디바이스를 사용하여 시뮬레이션된 의료 절차 중에 훈련될 수 있다. 몇몇 피훈련자(예를 들어, 다른 외과의사 피훈련자)는 물리적 원격 조작식 아암 또는 다른 요소 및/또는 다른 기능부를 움직이는 것과 같은, 환자측 카트(106)를 제어하기 위해 외과의사 콘솔(104)을 조작하도록 훈련될 수 있다. 이러한 특징은 사용자가 시뮬레이션된 의료 절차 중에 실제적으로, 정확하게, 그리고 효과적으로 훈련되는 것을 가능하게 한다.

[0027]

환자측 카트(106)는 시스템(100)의 다른 구성요소로부터 분리된 자립형 디바이스일 수 있다. 카트(106)는 환자상에서 원격 조작식 의료 수술을 가능하게 하기 위한 다양한 상이한 메커니즘 및 디바이스를 포함할 수 있다. 몇몇 예에서, 카트(106)는 그에 제거 가능하게 부착된 하나 이상의 수술 기구를 각각 가질 수 있는 다수의 제어형 조작기 아암(114)과 같은, 하나 이상의 조작 가능한 요소를 포함한다. 이러한 아암 및 이들의 수술 기구는 환자상에서 수술 의료 동작을 수행하기 위해 외과의사 콘솔(104)의 사용자가 기구를 조작하게 할 수 있는 것과 같은 특정 모션 범위 및 모드 내에서 구동될 수 있다. 예를 들어, 카트(106)의 아암 및/또는 기구 내의 액추에이터(예를 들어, 모터)는 콘솔(104)로부터 신호에 의해 제어될 수 있고, 수술 작업을 수행하기 위해 기구의 이동을 구동할 수 있다.

[0028]

몇몇 구현예에서, 부가의 환자측 카트(106)가 시뮬레이션에 포함될 수 있다. 몇몇 환자측 카트는 원격 조작식 의료 디바이스를 포함할 수 있고, 반면에 다른 환자측 카트는 다른 유형의 디바이스(다른 수술 기구, 비디오 디스플레이, 수술실 테이블 등)를 포함할 수 있다. 또 다른 환자측 카트는 원격 조작식 의료 디바이스 및 비-원격 조작식 디바이스의 모두를 포함할 수 있다.

[0029]

환자측 카트(106)의 피훈련자 사용자는 (예를 들어, 시뮬레이션된) 수술 동작이 발생하는 것을 허용하기 위해 카트(106)를 수반하는 셋업 절차를 수행할 수 있다. 예를 들어, 이 셋업 절차는 카트를 적절한 위치로 이동하는 것, 및 각각의 아암(114)을 적절한 위치로 이동하는 것과 같은 작업을 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 환자측 카트(106)의 셋업은 물리적 해부학적 모델(120)을 참조할 수 있다. 예를 들어, 해부학적 모델(120)은 인간 환자 또는 다른 피험자의 부분을 시뮬레이션할 수 있고, 환자측 카트(106)의 수술 기구가 적절하게 위치설정되게 하는 것을 허용하는 다양한 특징부를 포함할 수 있다. 몇몇 예에서, 카트(106)를 추가로 셋업하기 위해, 사용자는 해부학적 모델(120)의 적절한 구멍 내에 카트(106)의 수술 기구를 배치하여(예를 들어, 포트 배치를 거쳐 지정됨), 기구가 모델(120)의 내부 내에 시뮬레이션된 물리적 수술 부위로의 액세스를 얻게 된다. 아암(114) 상에 정확한 수술 기구를 설치하는 것, 요구된 기능을 가능하게 하기 위해 카트(106)의 특정 제어부를 선택하여 조작하는 것, 환자 정돈을 성취하거나 충돌을 회피하기 위해 조작기 아암의 위치설정을 조정하는 것 등과 같은 다른 셋업 작업이 또한 수행될 수도 있다.

[0030]

환자측 카트(106)는 접속부(107)에 의해 지시된 바와 같이 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)와 통신한다. 접속부(107)는 하나 이상의 와이어 또는 케이블, 무선 접속부 등과 같은 임의의 유형의 통신 채널일 수 있다. 환자측 카트(106)는 아암(114)에 부착되고 그리고/또는 카트(106)에 다른 방식으로 결합된 수술 기구의 조작 및 아암(114)의 이동과 같은 그 원격 조작식 기능을 제어하는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)로부터 신호를 수신할 수 있다. 게다가, 환자측 카트(106)는 카트의 사용자로의 카트(106) 상의 시작적, 오디오, 또는 다른 출력 디바이스로부터의 출력을 생성하는 시뮬레이션 상태 신호(예를 들어, 데이터)와 같은 다른 신호를 수신할 수 있다. 몇몇 예에서, 환자측 카트(106)에 의해 수신된 신호는 구현된 가상 환경에 기초하여 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)에 의해 생성될 수 있고, 그리고/또는 외과의사 콘솔에 의해 제공되고 시뮬레이션 프로세싱 구

성요소(102)에 의해 카트(106)로 통과될 수 있다.

[0031] 환자측 카트(106)는 또한 접속부(107) 상의 신호를 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)에 송신한다. 이러한 신호는 카트(106)의 센서에 의해 결정되는 바와 같은 카트(106)의 수술 기구 및 아암(114)의 위치 및 배향을 포함하여, 카트(106)의 현재 상태를 기술하는 데이터를 포함할 수 있다. 예를 들어, 조인트 위치 센서, 서보 모터 위치 인코더, 파이버 브래그 격자 형상 센서 등이 조작기 아암과 연계된 운동학적 정보(위치 및/또는 배향)를 결정하는데 사용될 수 있다. 신호는 환자측 카트(106)의 내시경 또는 다른 활상 기구에 의해 캡처된 바와 같은 물리적 수술 부위의 시각적 화상 및/또는 수술 부위 또는 시뮬레이션된 환자를 기술하는 다른 화상(예를 들어, 렌더링된 초음파 화상, 환자 활력징후 등)을 기술하는 데이터를 또한 포함할 수 있다. 카트 사용자의 동작 또는 메시지를 기술하는 입력 데이터, 마이크로폰으로부터의 또는 카트의 디바이스의 상호작용에 의해 발생된 오디오 데이터, 및 다른 형태의 데이터와 같은 다른 신호가 또한 송신될 수 있다. 특정 카트 제어부, 기능부 등의 상태와 같은 상태를 기술하는 다양한 다른 신호가 또한 송신될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 이를 신호는 실제 의료 절차를 위한 원격 조작식 의료 시스템의 외과의사 콘솔(104)에 제공된 표준 신호일 수 있고, 여기서 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 이를 동일한 신호를 프로세싱할 수 있다. 다른 구현예에서, 시뮬레이션에 특정한 시뮬레이션 신호는 환자측 카트(106)에 의해 출력될 수 있다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 예를 들어, 시뮬레이션의 가상 환경을 업데이트하기 위해 신호를 사용할 수 있다.

[0032] 몇몇 구현예에서, 환자측 카트(106)는 외과의사 콘솔에 송신되는 것에 응답하여 적절한 신호를 발생하는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)에 그 신호를 송신할 수 있다. 몇몇 경우 또는 구현예에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 카트(106)로부터 접속부(125)를 거쳐 외과의사 콘솔(104)에 직접 신호들 중 하나 이상을 텔레이할 수 있다. 또 다른 구현예에서, 환자측 카트(106)는 외과의사 콘솔(104), 관찰측 카트(108) 및/또는 다른 시스템 구성요소로의 부가의 직접 접속부를 가질 수 있다.

[0033] 몇몇 구현예에서, 해부학적 모델(120)은 그 자신의 센서를 포함할 수 있고, 접속부(107)에 유사한 접속부 상의 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)에 신호를 제공하고 그리고/또는 그로부터 신호를 수신할 수 있다. 예를 들어, 접속부(121)는 해부학적 모델(120)과 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102) 사이에 신호를 제공할 수 있다. 대안적으로, 모델(120)은 모델(120)과 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102) 사이에 신호를 텔레이할 수 있는 환자측 카트(106)에 접속할 수 있다. 모델(120) 상의 이러한 센서는 더 상세히 후술되는 바와 같이, 수동 수술 기구가 시뮬레이션에 의해 추적될 수 있게 한다.

[0034] 시스템(100)의 몇몇 구현예는 해부학적 모델(120)에 유사하게 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)로의 접속부 및 통신부를 포함할 수 있는 다른 수술실 장비[예를 들어, 모델(120)을 지지하는 수술 테이블, 부가의 수술 또는 지지 기능을 위한 보조 테이블 또는 카트 등]을 포함할 수 있다. 예를 들어, 이러한 다른 장비는 본 명세서에 설명된 시뮬레이션 작업 및 절차를 위해 포함되고 그 사용이 평가될 수 있다.

[0035] 하나 이상의 관찰측 카트(108)는 출력 정보를 시뮬레이션 시스템의 조수 사용자에게 제공하고, 그리고/또는 관찰 및 데이터 프로세싱 하드웨어와 같은 장비를 유지하도록 시뮬레이션 시스템(100)의 몇몇 구현예에서 포함될 수 있다. 관찰측 카트(108)는 시스템(100)의 다른 구성요소로부터 분리된 자립형 디바이스일 수 있다. 예를 들어, 몇몇 원격 조작식 의료 시스템에서, 관찰측 카트(108)는 환자측 카트(106)를 셋업하고 조작하는 조수와 같은 조수에 의해 사용될 수 있다. 관찰측 카트(108)는 수행되고 있는 의료 절차에 유용한 다양한 정보를 출력할 수 있는 디스플레이 스크린과 같은 하나 이상의 시각적 출력 디바이스를 포함한다. 예를 들어, 디스플레이 스크린은 환자측 카트(106)의 수술 기구 상에 제공된 내시경 카메라에 의해 캡처된 상태로 수술 부위의 뷔를 표시할 수 있는데, 이는 조수 사용자가 수술 동작을 위해 요구되는 위치로 카메라를 조정할 수 있게 한다. 디스플레이 스크린은 또한 외과의사 콘솔에 의해 외과의사에 의해 작동되는 하나 이상의 제어부의 상태, 의료 절차에 사용되는 다른 디바이스의 상태와 같은 다른 출력 정보를 표시할 수 있다.

[0036] 관찰측 카트(108)는 접속부(109)에 의해 지시된 바와 같이 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)와 통신한다. 접속부(109)는 하나 이상의 와이어 또는 케이블, 무선 접속부 등과 같은 임의의 유형의 통신 채널일 수 있다. 관찰측 카트(108)는 수술 부위를 시뮬레이션하는 가상 환경의 디스플레이 또는 물리적 수술 부위에서 캡처된 화상의 디스플레이, 다양한 시스템 구성요소에 관련된 상태 정보의 디스플레이, 및 카트(108)의 적절한 출력 디바이스를 거친 임의의 다른 유형의 출력(오디오, 햅틱 등)을 유발하는 시뮬레이션 상태 신호와 같은, 그 기능을 제어하는 신호를 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)로부터 수신할 수 있다. 게다가, 관찰측 카트(108)는 외과의사 콘솔(104)에 의해 제공되고 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)에 의해 카트(108)를 통해 텔레이되는 이러한 신호를 수신할 수 있다.

[0037]

관찰측 카트(108)는 또한 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102) 및/또는 시스템(100)의 다른 구성요소에 접속부(109) 상의 신호를 송신한다. 이러한 신호는 사용자에 의해 활성화되었던 관찰측 카트 상의 제어부 또는 다른 입력 디바이스의 현재 상태를 기술하는 데이터를 포함할 수 있다. 신호는 환자측 카트(106)와 같은 다른 구성요소로부터 관찰측 카트(108)에 의해 수신되고 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102) 및/또는 외과의사 콘솔(104)에 카트(108)에 의해 릴레이된 데이터를 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 카트(108)에 의해 출력된 신호는 원격 조작식 의료 시스템의 외과의사 콘솔(104)에 제공된 표준 신호일 수 있는데, 여기서 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 이를 동일한 신호를 프로세싱할 수 있다. 다른 구현예에서, 특정 시뮬레이션 신호가 관찰측 카트(108)에 의해 출력될 수 있다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 예를 들어, 시뮬레이션의 가상 환경을 업데이트하기 위해 신호를 사용할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 관찰측 카트(108)는 외과의사 콘솔(104)에 그리고/또는 환자측 카트(106)에 송신되는 것에 응답하여 적절한 신호를 발생하는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)에 그 신호를 송신할 수 있다. 몇몇 경우 또는 구현예에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 카트(108)로부터 접속부(127)를 거쳐 외과의사 콘솔(104)과 같은 다른 구성요소에 직접 신호들 중 하나 이상을 릴레이할 수 있다. 또 다른 구현예에서, 관찰측 카트(108)는 외과의사 콘솔(104), 환자측 카트(106), 및/또는 다른 구성요소로의 부가의 직접 접속부를 가질 수 있다.

[0038]

몇몇 구현예에서, 다양한 물리적 수술 기구가 실제 의료 절차를 완전히 시뮬레이션하기 위해 시뮬레이션 시스템(100)에 의해 사용될 수 있다. 이들 수술 기구는 시뮬레이션되는 실제 의료 절차에 사용되는 완전한 실제 수술 기구를 포함할 수 있다. 예를 들어, 캐뉼러(130) 및 복강경 기구(132)와 같은 표준 수동 수술 기구가 사용될 수 있는데, 이들은 원격 조작식 환자측 카트(106)를 필요로 하지 않는 기구일 수 있다. 더욱이, 수술 기구(134) 및 살균 어댑터/드레이프(drape) 기구(136)와 같은, 환자측 카트(106)와 함께 사용되는 수술 기구가 사용될 수 있는데, 이들은 환자측 카트(106)의 원격 조작식 조작기 아암에 제거 가능하게 부착된다.

[0039]

시뮬레이션 시스템(100)의 몇몇 구현예는 또한 또는 대안적으로 비작동식 "위조" 수술 기구(138)를 사용할 수 있다. 이들은 단지 시뮬레이션 시스템을 위해 사용된 더미이고 완전한 기구 기능성을 제공하지 않는 기구일 수 있다. 예를 들어, 비작동식 기구(138)는 완전 작동식 기구와 같이 조작기 아암(114)에 부착될 수 있지만, 단지 해부학적 모델(120)의 캐뉼러 또는 구멍 내에 삽입되지만 하면 되는 기구의 부분을 포함할 수 있다. 따라서, 애프트 및 엔드 이펙터(end effector)는 더미 기구로부터 제거될 수 있고, 그리고/또는 더미 기구는 시뮬레이션된 의료 절차 중에 이러한 기구를 셋업하고 사용하는 경험을 사용자에게 제공하는 기구 또는 다른 비작동식 버전의 기구를 갖지 않는 중공형 기구일 수 있다.

[0040]

도 2는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102) 및 시뮬레이션 시스템(100)의 다른 구성요소와의 통신의 예를 도시하는 블록도이다.

[0041]

시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 시뮬레이션의 다양한 기능을 수행할 수 있는 입력 프로세싱 블록(202)을 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 입력 프로세싱 블록(202)은 시뮬레이션 시스템에 의해 제공된 시뮬레이션을 위한 하나 이상의 가상 환경을 구현할 수 있다. 예를 들어, 가상 환경은 물리적 수술 부위 또는 그 부분을 시뮬레이션할 수 있는 2차원(2D) 또는 3차원(3D) 환경을 제공할 수 있다. 몇몇 예에서, 피부 표면 및 내부 장기 또는 다른 신체 구조의 가상 모델을 포함하는 인체의 부분, 뿐만 아니라 실제 수술 동작에 사용된 수술 기구 및 다른 물체의 가상 모델이 시뮬레이션될 수 있다. 가상 모델은 환자측 카트의 원격 조작식 아암 상의 수술 기구가 어떻게 이동되고 조작되는지를 지시하는 외과의사 콘솔 상의 마스터 제어부의 조작을 지시하는 외과의사 콘솔(104)에 의해 제공된 신호(210)에 기초하여 시뮬레이션 프로세싱 블록(202)에 의해 변경되고 업데이트될 수 있다. 신호(210)는 또한 특정 사용량 모드의 입력, 다른 수술 특징[예를 들어, 유체 스프레이, 석션(suction) 등]의 활성화, 또는 다른 기능의 수행과 같은 다른 명령을 지시할 수 있다.

[0042]

더욱이, 입력 프로세싱 블록(202)은 환자측 카트(106)로부터 신호(212)를 수신할 수 있다. 이들 신호는 조작기 아암 및 환자측 카트의 수술 기구의 위치 및 배향, 뿐만 아니라 전술된 바와 같은 카트(106) 상의 다양한 제어부의 상태를 포함할 수 있다. 입력 프로세싱 블록(202)은 또한 전술된 바와 같이, 카트(108) 상의 다양한 제어부의 상태 등을 포함할 수 있는 신호(214)를 관찰측 카트(108)로부터 수신할 수 있다. 입력 프로세싱 블록(202)은 또한 예를 들어 수동으로 조작된 수술 기구를 추적하는 해부학적 모델(120)의 하나 이상의 센서를 포함할 수 있는 추적된 디바이스(218)로부터 신호(215)를 수신할 수 있다. 구성요소 위치를 추적하는 수술실 센서들과 같은, 시뮬레이션 시스템의 다른 구성요소(도시 생략)가 입력 프로세싱 블록(202)에 신호를 유사하게 제공할 수 있다.

[0043]

입력 프로세싱 블록(202)은 또한 몇몇 구현예에서 시뮬레이터 사용자 인터페이스(UI)(220)로부터 신호(216)를

수신할 수 있다. 시뮬레이터 인터페이스(220)는 의료 절차의 시뮬레이션의 특징을 맞춤화하고 그리고/또는 선택하기 위해 시뮬레이션 시스템(100)의 사용자(들)에 하나 이상의 옵션 또는 선택을 제시할 수 있다. 시뮬레이터 인터페이스(220)는 수술 콘솔(104), 환자측 카트(106), 및/또는 관찰측 카트(108)와 같은, 시뮬레이션 시스템의 구성요소의 하나 이상에 제시될 수 있다. 대안적으로, 시뮬레이터 인터페이스는 컴퓨터 시스템(데스크탑 컴퓨터, 랩톱 컴퓨터, 서버, 휴대형 디바이스 등)과 같은 그 자신의 전용 디바이스 상에 구현될 수 있다. 예를 들어, 시뮬레이터 인터페이스(220)는 시뮬레이션될 다수의 상이한 의료 절차, 뿐만 아니라 이들 의료 절차를 위한 그리고 시뮬레이션 시스템에 사용된 구성요소를 위한 다양한 옵션, 설정, 및 선호도와 같은 옵션을 사용자에게 표시할 수 있다. 이들 선택은 입력 프로세싱 블록(202)에 신호(216) 내에서 제공될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 단일의 인터페이스(220)가 시뮬레이션된 셋업 절차 뿐만 아니라 시뮬레이션된 수술 동작을 위한 옵션을 제시할 수 있어, 따라서 통합된 인터페이스가 원격 조작식 의료 절차의 모든 스테이지의 시뮬레이션된 태양을 제어할 수 있게 한다.

[0044] 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 출력 블록(204)을 또한 포함할 수 있다. 이 블록은 시뮬레이션 프로세싱 블록(202)에 의해 명령된 바와 같이 시뮬레이션 시스템(100)의 다양한 구성요소를 제어하거나 구동하기 위한 신호를 제공할 수 있다. 예를 들어, 몇몇 신호는 원격 조작기 아암을 이동시키거나 다른 의료 기능(에어 석션 등)을 명령하기 위한 환자측 카트 상의 액추에이터를 제어하는 신호와 같은, 구성요소 상의 기능을 명령하기 위한 신호일 수 있다. 몇몇 신호는 사용자에 출력을 유발하는 시뮬레이션 상태 신호일 수 있다. 예를 들어, 출력 블록(204)은 외과의사 콘솔(104)의 제어부의 사용자의 조작에 대응하여 이동하는 가상 수술 부위 및 부위에서의 가상 수술 기구의 디스플레이를 유발하는 데이터와 같은, 외과의사 콘솔의 디스플레이 상에 비디오 출력을 제공하는 외과의사 콘솔(104)에 출력된 신호(230)를 송신할 수 있다. 유사하게, 출력 블록(204)은 신호(232)를 환자측 카트(106)에, 신호(234)를 관찰측 카트에, 그리고 신호(236)를 시뮬레이터 인터페이스(220)에 송신할 수 있어 이들의 기능과 관련한 이들 구성요소 상의 비디오 디스플레이를 구동한다. 예를 들어, 환자측 카트(106) 및/또는 관찰측 카트(108)는 하나 이상의 내시경 기구 또는 다른 활상 기구의 위치에 기초하여 수술 부위를 나타내는 그래픽 가상 환경을 표시할 수 있다. 상태 메시지와 같은 다른 시각적 출력이 마찬가지로 제공될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 출력 블록(204)은 상태, 업데이트 등을 제공하기 위해 디바이스를 추적하기 위한 신호(235)를 송신할 수 있다. 오디오 및 햄터 출력과 같은 다른 유형의 출력이 또한 구성요소에 신호에 의해 유발될 수 있다. 시뮬레이터 인터페이스(220)는 그래픽 메뉴 아이템 및/또는 다른 선택 및 옵션을 표시하는 그래픽 사용자 인터페이스, 또는 다른 유형의 인터페이스와 같은, 신호(236) 내에 제공된 바와 같은 사용자로부터 수신된 입력에 기초하여 그 시각적 외관을 업데이트할 수 있는 인터페이스를 표시할 수 있다.

[0045] 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 시뮬레이션 프로세싱 블록(202)과 통신하는 메모리(206)를 또한 포함할 수 있다. 메모리(206)는 시뮬레이션 프로세싱 블록(202) 및 시뮬레이션 시스템(100)에 의해 요구된 다양한 데이터를 저장할 수 있다. 예를 들어, 시뮬레이션을 구현하기 위한 프로그램 명령 및 하나 이상의 가상 환경, 3 차원 모델 및 다양한 설정을 기술하는 데이터가 메모리(206) 내에 저장될 수 있다. 게다가, 몇몇 구현예에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 시뮬레이션된 절차 중에 발생하는 이벤트 및 동작에 기초하여 파라미터를 모니터링할 수 있고, 이러한 파라미터를 메모리(206) 내에 저장할 수 있다. 예를 들어, 후술되는 바와 같이, 절차의 작업을 수행하기 위해 소요된 시간, 절차 중에 구성요소의 위치 등과 같은 파라미터가 저장될 수 있다.

[0046] 도 3은 본 명세서에 설명된 하나 이상의 구현예에 따른 시뮬레이션된 의료 절차를 제공하기 위한 예시적인 방법(300)을 도시하는 흐름도이다. 방법(300)은 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)에 의해 제어되고 그리고/또는 조정될 수 있다. 본 예에서, 시뮬레이션된 셋업 절차는 셋업 절차 후에 수행될 수 있는 시뮬레이션된 수술 동작 전에 그리고 준비시에 시뮬레이션 시스템의 하나 이상의 구성요소를 구성하기 위해 설명된다. 본 예는 시뮬레이션된 셋업 절차에서 조작기 아암을 갖는 환자측 카트(106)의 사용을 가정한다. 다른 구현예는 유사한 또는 등가의 셋업 구성요소 또는 작업을 포함할 수 있다.

[0047] 방법(300)의 시뮬레이션된 셋업 절차는 하나 이상의 사용자 피훈련자가 셋업 작업을 형성하는 동안 수행될 수 있다. 예를 들어, 단일의 피훈련자는 포괄적인 훈련을 얻기 위해 모든 작업을 수행하도록 요구될 수 있다. 다른 구현예에서, 다수의 피훈련자는 실제 수술 절차에서와 같이 시뮬레이션된 절차를 위한 셋업 작업을 수행하도록 동시에 또는 다른 방식으로 요구될 수 있다. 예를 들어, 하나의 피훈련자는 수술실에서 구성요소를 위치시키고, 다른 피훈련자는 포트를 배치시키고, 다른 피훈련자는 도킹을 위해 조작기 아암을 위치설정하도록 요구될 수도 있다. 시뮬레이션 시스템의 장점은 단일 시스템 상에서 다수의 피훈련자를 또는 동시에 훈련시키는 능력을 포함한다.

[0048] 블록 302에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 시뮬레이션 옵션 선택을 수신한다. 이들은 셋업 절차를 구성하

기 위한 다양한 선택일 수 있고, 예를 들어, 외과의사 콘솔(104) 및/또는 관찰측 카트(108)의 디스플레이 디바이스에 의해 표시되는 그래픽 사용자 인터페이스(220)와 같은 표시된 인터페이스로부터 사용자에 의해 입력될 수 있다. 선택은 일반, 비뇨기과, 부인과, 경구, 심장, 흉부 및/또는 소아과 수술 동작을 위해 설계된 절차와 같은, 시뮬레이션을 위해 셋업되는 수술 동작의 유형을 포함할 수 있다. 선택은 셋업 절차에 사용될 특정 시스템 구성요소, 수반된 사용자 피훈련자(들)의 경험 레벨, 시뮬레이션의 난이도 레벨(초보, 표준, 숙련 등), 절차를 위한 시간 파라미터 등을 또한 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 이 인터페이스는 셋업 후에 수행된 시뮬레이션된 수술 동작을 위해 사용된 동일한 인터페이스일 수 있다(예를 들어, 도 4에 설명된 바와 같이).

[0049]

블록 304에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 사용자가 시뮬레이션 시스템의 하나 이상의 구성요소를 위치설정하는 것을 지시하는 신호를 수신하여 기록한다. 이러한 구성요소는 시뮬레이션 영역 내의 특정 위치, 예를 들어 영역 내의 절대 위치 또는 서로에 대한 위치에 위치되도록 요구될 수도 있다. 예를 들어, 환자측 카트(106)는 수술 테이블 및/또는 해부학적 모델에 대해 배치될 수 있고, 그리고/또는 관찰측 카트(108)는 환자측 카트(106), 외과의사 콘솔(104), 또는 다른 구성요소에 대해 위치될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 외과의사 콘솔과 같은 부가의 구성요소가 셋업 시뮬레이션 중에 그리고 사용되는 임의의 다른 구성요소(마취 테이블 등) 내에 위치될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 구성요소 위치는 물리적 시뮬레이션 영역 위에 위치된 카메라용 센서, 구성요소의 모션을 검출하는 센서 등과 같은 센서를 사용하여 추적될 수 있고, 이들 위치는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)에 송신되어, 그에 의해 모니터링되고 기록될 수 있다. 사용자는 예를 들어, 관찰측 카트(108) 또는 다른 구성요소를 거쳐 입력을 제공함으로써, 그 또는 그녀가 시스템의 구성요소를 배치하는 것을 완료한 것을 프로세싱 구성요소에 또한 지시할 수 있다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 수신된 신호 및 작업을 완료하기 위해 소요된 시간과 같은 파라미터를 기록할 수 있고, 이 블록 중에 피드백이 제공될 수 있게 하는 신호를 출력할 수 있다. 예를 들어, 피드백은 배치에 대한 명령의 시각적 및/또는 오디오 표시, 실제 및/또는 원하는 구성요소 배치의 그래픽 공간 다이어그램 또는 맵, 사용자가 적절한 배치로부터 너무 많이 이탈하였을 때 경고, 특정 측정이 취해지지 않을 때(예를 들어, 팔을 위로 배치하지 않고 환자측 카트를 이동시킴) 경보 등을 포함할 수 있다. 피드백은 몇몇 구현예에서, 시스템 구성요소의 출력 디바이스들 중 하나 이상에 표시될 수 있다.

[0050]

블록 306에서, 방법은 사용자가 셋업 절차를 위해 모델을 위치설정하는 것을 지시하는 신호를 수신할 수 있다. 예를 들어, 몇몇 구현예에서, 정적 합성(static registration) 기술이 사용될 수 있고, 여기서 사용자는 조작기 아암 및 환자측 카트(108)의 기구를 이동시켜 하나 이상의 공지의 위치에서 모델의 표면에 접촉할 수 있다. 아암의 위치를 추적하는 센서를 사용하여, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 조작기 아암 및/또는 수술 기구와 같은 환자측 카트의 요소에 대해 3-D 공간에서 모델의 위치 및 배향을 결정할 수 있다. 예를 들어, 이는 수술실 및/또는 수술 부위의 가상 장면이 렌더링될 수 있게 하고, 또한 예를 들어 어느 포트(들)에서 사용자가 현재 사용중인지 그리고 적절하면 어떻게 정확한 포트로 이동시키는지에 대한 지시된 피드백, 예를 들어 제안, 평가 및/또는 채점은 시뮬레이터 시스템이 제공할 수 있게 할 수 있다. 레이저 정렬 가이드를 사용하거나 또는 모델의 위치 및 배향을 제약하는 강성 고정구에 아암을 도킹하는 것과 같은 다른 방법이 다른 구현예에서 사용될 수 있다. 사용자는 그 또는 그녀가 모델을 위치설정하는 것을 완료한 것을 시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 지시할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 센서 신호 및 작업을 완료하기 위해 소요된 시간과 같은 파라미터를 기록할 수 있고, 시각적 디스플레이를 업데이트하는 것과 같은 이 블록 중에 수행된 작업의 사용자 경과에 대한 피드백을 제공할 수 있다.

[0051]

다른 구현예에서, 해부학적 모델의 위치설정은 블록 306 대신에 방법(300)에서 이후의 시간에 감지될 수 있다. 예를 들어, 원격 조작식 의료 디바이스에 대한 모델의 위치 및 배향은 원격 조작식 아암의 센서를 사용하여 그리고/또는 모델의 센서를 사용하여 블록 310에서 도킹 후에 감지될 수 있다.

[0052]

블록 308에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 사용자가 수술 동작에서 사용을 위해 물리적 수술 부위에서 포트를 선택하거나 배치하는 것을 지시하는 신호를 수신하여 기록한다. 예를 들어, 포트는 물리적 수술 부위에 위치된 그리고/또는 포함하는 해부학적 모델 내에 배치될 수 있다. 포트는 수술 기구가 삽입될 것인 모델 내의 구멍 또는 다른 위치이고, 포트는 시뮬레이션을 위해 선택된 타겟 해부학 구조 및 수술 동작에 따라 특정 패턴 또는 거리 요구를 갖는다. 몇몇 구현예에서, 포트를 배치하는 것은 카메라 캐뉼러와 같은 모델의 선택된 구멍(예를 들어, 몇몇 구현예에서 모델 내의 센서로부터 검출될 수 있음)을 배치하는 것과, 원하는 수술 부위 부분이 내시경 또는 다른 카메라 수술 기구의 시야 내에 있고 캐뉼러 내에 배치될 수술 기구의 동작 범위 내에 있도록 기구 캐뉼러를 동작하는 것을 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 시스템은 해부학적 모델 내에 센서를 사용하여, 그리고/또는 도킹 후에 원격 조작식 아암 내에 센서를 사용하여(후술됨) 포트의 배치를 검출할 수 있다.

사용자는 그 또는 그녀가 포트를 배치하는 것을 완료한 것을 시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 지시할 수 있다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 센서 신호 및 작업을 완료하기 위해 소요된 시간과 같은 파라미터를 기록할 수 있고, 시각적 디스플레이를 업데이트하는 것을 포함하여, 이 블록 중에 수행된 작업의 정확도(배치된 포트의 위치의 정확도와 같은) 또는 사용자 경과에 대한 피드백을 제공할 수 있다.

[0053] 블록 310에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 사용자가 모델의 선택된 포트 위 또는 내의 적절한 위치 및 장소에 환자측 카트의 조작기 아암 및/또는 다른 요소를 위치설정하는 것("도킹하는 것")을 지시하는 신호를 수신하여 기록한다. 예를 들어, 사용자는 수동 조작기 충돌 회피 및 요구된 기구 모션 범위와 같은 파라미터의 견지에서, 특정 각도, 서로로부터의 거리 등에서 조작기 아암을 위치설정할 수 있다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 조작기 아암의 위치 및 배향을 지시하는 환자측 카트의 아암 내의 센서로부터 신호를 수신한다. 다양한 구현예는 사용자가 손 및/또는 리모콘으로 아암 또는 다른 요소를 수동으로 이동하게 할 수 있다. 사용자는 그 또는 그녀가 도킹을 완료한 것을 시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 지시할 수 있다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 센서 신호 및 작업을 완료하기 위해 소요된 시간과 같은 파라미터를 기록할 수 있고, 시각적 디스플레이의 업데이트와 같은, 이 블록 중에 수행된 작업의 정확도 또는 사용자 경과에 대한 피드백을 제공할 수 있다.

[0054] 블록 312에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 사용자가 환자측 카트의 수술 기구를 포트 내에 삽입하는 것을 지시하는 신호를 수신하여 기록한다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 환자측 카트의 아암 내의 센서로부터 그리고/또는 센서 및 수술 기구로부터, 모델의 아암 및/또는 표면에 대한 수술 기구의 위치를 지시하는 신호를 수신한다. 요구는 특정 거리 또는 삽입량, 적소에서의 기구의 잠금 등을 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 모델 내의 센서는 캐뉼러 내의 기구를 검출할 수 있다.

[0055] 몇몇 구현예에서, 수술 기구는 수술 기구로서 기능하지 않는 더미 기구이다. 게다가, 수동(예를 들어, 비-원격 조작식) 기구가 사용되면, 모델(및/또는 수술실 내의 다른 위치에서)의 센서는 이러한 수동 기구의 위치를 추적할 수 있다. 사용자는 수술 기구의 배치가 완료된 것을 시스템에 지시할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 센서 신호 및 블록 310 중에 작업을 완료하기 위해 소요된 시간과 같은 파라미터를 기록할 수 있다. 프로세싱 구성요소는 또한 블록 312에서 피드백을 제공할 수 있다. 이는 시뮬레이션 시스템의 하나 이상의 디스플레이 스크린에 의한 삽입 기구에 관한, 다양한 가상 화상의 비디오 디스플레이, 경과 지시기, 제안, 힌트, 경보 등을 발생하기 위해 신호를 출력하는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)를 포함할 수 있다.

[0056] 블록 304 내지 312에서, 다양한 유형의 비디오 출력이 제공될 수 있다. 예를 들어, 조수 사용자는 아암 및/또는 수술 기구가 셋업 절차 중에 적절하게 위치되는지 여부를 판정하는 것을 보조하기 위해 디스플레이[예를 들어, 관찰측 카트(108)에서]를 견망할 수 있다. 수술 부위의 디스플레이가 수술 부위에서 수술 기구 및 다른 물체의 현재 위치를 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 디스플레이에는 환자측 카트의 내시경 기구 또는 다른 활상 기구(예를 들어, 초음파 센서, 환자 활력징후 센서 등), 모델 카메라 또는 센서, 및/또는 물리적 부위에서 지향된 다른 시각적 센서와 같은, 환자측 카트 및/또는 모델에서 물리적 수술 부위의 캡처된 화상을 표시한다. 이 셋업은 돼지 또는 시체 훈련 프로토콜과 같은 무생물/드라이-랩 모델 또는 살아있는 조직에 훈련을 위해 사용될 수 있다.

[0057] 다른 구현예에서, 디스플레이에는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 의해 발생된 그리고 물리적 수술 부위에서 수술 기구 및/또는 다른 물체의 검출된 위치에 기초하여 가상 환경 및 가상 수술 부위를 표시한다. 예를 들어, 수술 기구 위치는 이들의 조작기 아암 내의 센서로부터 알려질 수 있고, 부위에서 다른 물체의 위치는 카메라(들)에 의해 송신된 캡처된 이미지로부터 알려질 수 있다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 이를 공지의 화상 및 위치에 기초하여 가상 환경을 생성한다. 가상 수술 기구 및 물체는 이들의 물리적 대응부(만일 존재하면)에 유사하게 보이도록 표시될 수 있고, 또는 가상 환경에서 상이한 외관을 갖는 가상 물체로서 표시될 수 있다.

[0058] 몇몇 구현예에서, 가상 환경은 실제 의료 절차에서 보여질 것과 같은 실제적인 주변부의 표시를 포함할 수 있다. 예를 들어, 표시된 수술 부위의 배경은 신체벽, 혈관, 또는 다른 실제적인 주변부를 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 가상 환경은 부위에서 물리적 물체의 정확한 표현을 포함할 수 있고, 반면에 부위의 배경 및 주변부는 실제 의료 절차로서 실제적인 것으로 보이도록 구성될 수 있다(예를 들어, 도 8b에 도시된 바와 같이).

[0059] 블록 314에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 최종 파라미터, 메트릭, 스코어, 및/또는 셋업 절차에 관련된 다른 피드백과 같은 피드백 정보를 출력할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 피드백 정보는 또한 또는 대안적으로 하

나 이상의 작업 또는 경험의 수행 중에 또는 완료시에 피훈련자에 표시될 수도 있어(예를 들어, 블록 304 내지 312에서), 피훈련자가 그 또는 그녀의 경과를 모니터링할 수 있게 하고 또는 신입으로부터 숙련자의 범위까지 다른 사람에 대해 그 또는 그녀의 성과를 비교할 수 있다.

[0060] 예를 들어, 메트릭은 기록된 파라미터로부터 결정될 수 있고, 셋업 절차 중에 다양한 작업을 위해 조수에 의해 소비된 시간, 뿐만 아니라 셋업에 사용된 구성요소 및 기구의 배치 위치의 요약을 포함할 수 있다. 평가 및 스코어가 또한 더 상세히 후술되는 바와 같이, 셋업 절차 중에 사용자에 의해 완료된 작업에 기초하여 시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 의해 결정될 수 있다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 어떻게 양호하게 피훈련자가 작업을 수행하는지와 같은 평가의 결과, 뿐만 아니라 작업을 더 양호하게 수행하기 위한 힌트 또는 명령을 지시하는 피드백을 출력할 수 있다. 이 정보의 일부 또는 모두는 시뮬레이션 시스템의 하나 이상의 디스플레이 또는 다른 출력 디바이스 상에 출력될 수 있다.

[0061] 블록 316에서, 방법은 셋업이 완료되는지 여부를 점검한다. 예를 들어, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 시스템 구성요소의 최종적인 위치설정을 평가하고, 시스템 구성요소 및 수술 기구가 수술 동작을 계속하는 것을 허용하도록 적절하게 배치되었는지 여부를 판정할 수 있다. 임의의 배치가 충분하게 부정확하거나 또는 사용자가 스테이지를 반복하도록 요청하면, 블록 318에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 사용자가 셋업 절차의 적절한 스테이지 또는 블록을 반복하게 한다.

[0062] 셋업이 완료되면, 블록 320에서, 방법은 시뮬레이션된 수술 동작이 셋업 절차를 위해 사용된 동일한 시뮬레이션 시스템 상에서 시작되어야 하는지 여부를 점검할 수 있다. 수술 시뮬레이션은 예를 들어, 블록 302의 시뮬레이션 선택에서 지시되어 있을 수도 있다. 수술 동작 시뮬레이션이 개시되려고 하면, 방법은 도 4에 설명된 바와 같이 계속된다. 그렇지 않으면, 방법은 종료하고, 또는 상이한 실습으로 해부학적 모델의 물리적 수술 부위에 수술 작업 실습을 교체하는 것과 같은, 다양한 추가의 동작이 훈련을 계속하거나 반복하도록 취해질 수도 있다.

[0063] 도 4는 본 명세서에 설명된 하나 이상의 구현예에 따른 시뮬레이션된 수술 동작을 제공하기 위한 예시적인 방법(400)을 도시하는 흐름도이다. 본 예에서, 시뮬레이션된 수술 동작은 수술 부위(가상 부위 및/또는 물리적 부위)에서 수술 작업을 수행하기 위해 설명된다. 방법(400)은 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)에 의해 제어되고 조절될 수 있다.

[0064] 몇몇 구현예에서, 방법(400)은 도 3의 셋업 절차 후에 수행될 수 있다. 따라서, 이러한 구현예는 모두 단일의 소프트웨어 및 사용자 인터페이스(UI) 프레임워크 하에서, 경과를 모니터링하고 추적하고 출력 및 피드백을 표시하기 위해 개별 외과의사 콘솔 및 환자측 카트를 갖는 원격 조작식 의료 시스템 상에 시뮬레이션 프레임워크를 사용하는 기능을 제공할 수 있다. 방법(400)은 도 3에 설명된 바와 같이 시뮬레이션 시스템 구성요소의 셋업이 완료되어 있는 것을 가정하고 설명된다.

[0065] 방법(400)의 시뮬레이션된 셋업 절차는 수술 작업을 수행하는 하나 이상의 사용자 피훈련자에 의해 수행될 수 있다. 예를 들어, 단일의 피훈련자는 외과의사 콘솔을 사용하여 시뮬레이션된 수술 작업을 수행하도록 요구될 수 있다. 다른 구현예에서, 다수의 피훈련자는 실제 수술 절차에서와 같이 시뮬레이션된 절차를 위한 수술 작업을 수행하도록 동시에 또는 다른 방식으로 요구될 수 있다. 예를 들어, 하나의(외과의사) 피훈련자는 외과의사 콘솔을 사용하여 기구를 제어하도록 요구될 수도 있고, 반면에 다른(조수) 피훈련자는 수술 부위에서 부가의 수동 기구를 제어하거나, 또는 몇몇 다른 보조 기능(예를 들어, 기구의 교환, 환자측 카트 상의 아암의 위치 조정, 내시경 피드의 밝기 조정, 포트 조정, 수동 복강경 기구를 사용하여 원격 조작식 기구에 봉합부 통과, 콘솔 외과의사를 보조하기 위해 자궁 조작기 조절 등)을 수행하도록 요구될 수도 있다. 다른 예에서, 2개(또는 그 이상)의 외과의사 콘솔에서 2명(또는 그 이상)의 외과의사 피훈련자는 작업의 제어를 분할하고, 기구의 제어를 교환하고, 그리고/또는 서로 훈련을 제공한다. 시뮬레이션 시스템의 장점은 단일 시스템 상에 그리고/또는 동시에 다수의 피훈련자를 훈련시키는 능력을 포함한다.

[0066] 블록 402에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 시뮬레이션을 위한 옵션 및 선택을 수신할 수 있다. 이러한 선택은 수행될 수술 동작의 유형, 수행될 동작의 특정 스테이지 또는 서브스테이지, 사용될 특정 구성요소 및/또는 기구 등을 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 3의 셋업 절차에 선택을 제공하는데 사용된 동일한 그래픽 인터페이스는 수술 동작을 위해 사용될 수 있다.

[0067] 블록 404에서, 방법은 시뮬레이션에 환자측 카트 및 관찰측 카트와 같은 다른 구성요소 없이, 단지 외과의사 콘솔만을 사용하는지 여부를 점검한다. 예를 들어, 사용자는 블록 402에서 콘솔만 있는 시뮬레이션을 지정할 수도 있다. 단지 외과의사 콘솔만이 사용되면, 블록 406에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 콘솔 디스플

레이 디바이스 상에 가상 환경을 표시하도록 신호(시뮬레이션 상태 신호)를 출력한다. 이 가상 환경은 콘솔의 사용자가 수술할 것인 수술 부위를 묘사할 수 있다. 예를 들어, 대응하는 실제 해부학적 구조에 유사하게 보이는 가상 해부학적 구조를 포함하는, 3D 가상 환경이 표시될 수 있다. 게다가, 콘솔의 사용자에 의해 제어된 가상 수술 기구가 또한 가상 환경에서 표시된다. 가상 환경에서 표시된 특정 가상 해부학적 구조 및 가상 수술 기구는 블록 402에서 행해진 선택에 기초할 수 있는데, 여기서 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 선택된 절차의 유형 및 사용자에 의해 행해진 다른 선택에 기초하여 적절한 환경을 결정할 수 있다.

[0068] 블록 408에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 콘솔에 다른 신호를 제공한다. 신호는 가상 환경에서 발생하는 임의의 이벤트 또는 상호작용을 사용자에게 통지하는 오디오 데이터, 콘솔에서 햅틱 출력을 출력하기 위한 햅틱 데이터, 및/또는 임의의 다른 적용 가능한 데이터와 같은, 시뮬레이션 상태 신호를 포함할 수 있다. 몇몇 구현 예에서, 제공된 신호는 메트릭, 스코어, 명령, 경고, 힌트, 또는 다른 정보와 같은 성과 피드백 정보를 또한 포함할 수 있다.

[0069] 블록 410에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 콘솔로부터 신호를 수신한다. 이를 신호는 핸드 그립, 버튼, 푸트 페달, 및 다른 제어부와 같은, 콘솔 상의 제어부의 사용자 조작에 기초하는 방향성 또는 위치설정 신호를 포함할 수 있다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 사용자가 물리적 원격 조작식 수술 기구를 제어하는 것처럼 사용자 입력에 대응하도록 가상 수술 기구를 이동시키는 것을 포함하여, 콘솔로부터 수신된 신호에 기초하여 가상 환경을 업데이트할 수 있다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 또한 예를 들어 물리적 모델에 따라, 가상 해부학적 구조체와 가상 수술 기구의 상호작용을 결정할 수 있다.

[0070] 블록 411에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 시뮬레이션 절차 중에 통신된 신호 및 이벤트와 같은 파라미터를 기록한다. 예를 들어, 이러한 신호 및 이벤트는 블록 406 내지 410에서 송신되고 수신된 신호, 이를 블록에서 제공된 경고 또는 다른 성과 피드백, 이를 블록에서 제공된 사용자 입력, 수술 작업을 완료하기 위해 피훈련자(들)에 의해 소비된 시간 등일 수 있다.

[0071] 블록 412에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 시뮬레이션된 수술 동작이 완료되었는지 여부를 점검할 수 있다. 예를 들어, 사용자는 시뮬레이션이 콘솔 제어부에 의한 입력을 거쳐 종료된 것을 지시할 수 있다. 동작이 완료되지 않았으면, 방법은 블록 408로 복귀하여 콘솔로부터 신호를 수신하고 가상 환경에서 시뮬레이션을 계속한다. 동작이 완료되었으면, 방법은 후술되는 블록 438로 계속된다.

[0072] 블록 404에서, 방법이 시뮬레이션된 수술 동작이 단지 외과의사 콘솔만을 사용하는 것이 아니라는 것을 발견하면, 방법은 블록 416으로 계속되고, 여기서 방법은 시뮬레이션이 가상 환경을 표시할 것인지 여부를 점검한다. 예를 들어, 가상 환경은 콘솔 디스플레이 및 관찰자측 카트 상의 디스플레이와 같은 시뮬레이션 시스템의 다른 디스플레이 상에 표시될 수 있고, 블록 406에서 전술된 바와 유사한 가상 환경일 수 있다. 가상 환경이 표시되려고 하면, 블록 418에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 디스플레이 상에 가상 환경을 표시하기 위해 하나 이상의 구성요소에 신호(시뮬레이션 상태 신호와 같은)를 출력한다. 방법은 이어서 후술되는 블록 416으로 진행한다.

[0073] 블록 416에서, 방법이 비가상 환경이 표시되어야 하는 것으로 결정하면, 카메라에 의해 캡처된 바와 같은 물리적 수술 부위의 화상이 수신되어 표시된다. 블록 420에서, 방법은 증강된 디스플레이가 출력되어야 하는지를 점검한다. 증강된 디스플레이는 카메라에 의해 캡처된 화상 위의 컴퓨터 발생된 그래픽의 표시를 허용한다. 만일 그렇지 않으면, 프로세스는 블록 424로 계속된다. 증강된 디스플레이가 사용되려고 하면, 블록 422에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 수신된 화상 위에 중첩되도록 시각적 오버레이 데이터를 프로세싱한다. 예를 들어, 이러한 시각적 디스플레이에는 경고, 명령 등과 같은 피드백 정보를 제공하는 텍스트, 그래픽, 및 인터페이스 객체를 포함할 수 있다. 몇몇 구현 예에서, 시각적 오버레이는 시스템의 아암, 수술 기구, 또는 다른 구성요소가 어디에 위치되어야 하는지를 지시하기 위한 지시기를 제공할 수 있다.

[0074] 블록 424에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 물리적 수술 부위 및/또는 시뮬레이션된 환자의 화상을 제공하는 하나 이상의 내시경 및/또는 다른 활상 기구(예를 들어, 초음파 센서, 활력징후 센서 등)로부터 카메라 데이터를 수신한다. 예를 들어, 내시경은 환자측 카트의 아암 상에 제공된 수술 기구 중 하나일 수 있다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 또한 외과의사 콘솔(104) 및 관찰측 카트(108)(사용되고 있으면)에서 디스플레이 스크린과 같은, 시스템의 디스플레이 디바이스 상에 수술 부위의 화상을 표시하도록 신호(시뮬레이션 상태 신호와 같은)를 결정하여 출력한다. 증강된 화상이 사용되지 않으면, 출력 신호는 단지 카메라 데이터만을 포함한다. 그렇지 않으면, 블록 422의 증강된 시각적 오버레이 신호는 표시를 위해 카메라 화상 및 출력을 위한 조합된 신호와 조합된다. 시뮬레이션에서 이후에, 신호는 디스플레이를 업데이트하는데 사용된다.

[0075]

블록 426에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 임의의 다른 신호를 외과의사 콘솔에 그리고 다른 시스템 구성요소에 제공한다. 신호는 시스템 구성요소에서 오디오를 출력하기 위한 오디오 데이터, 시스템 구성요소에서 햅틱 출력을 출력하기 위한 햅틱 데이터 등을 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 이들 신호는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소가 환자측 카트 및/또는 관찰측 카트에 레일레이하는 외과의사 콘솔로부터 수신된 제어 신호를 포함할 수 있다. 유사하게, 신호는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소가 외과의사 콘솔에 그리고/또는 관찰측 카트에 레일레이하는 환자측 카트로부터 수신된 위치 신호 및/또는 제어 신호를 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 제공된 신호는 메트릭, 스코어, 명령, 경고, 힌트 또는 다른 정보와 같은, 시스템 구성요소에 제공된 피드백 정보를 또한 포함할 수 있다(그리고/또는 피드백 정보는 블록 422에서 증강된 시각적 데이터 내에 포함될 수 있음).

[0076]

블록 428에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 외과의사 콘솔(104) 및 환자측 카트(106) 및 관찰측 카트(108)(존재하면)와 같은 다른 시스템 구성요소로부터 신호를 수신한다. 예를 들어, 외과의사 콘솔로부터의 제어 신호는 환자측 카트(106)의 아암 및 수술 기구를 이동시키거나 다른 방식으로 조작하는데 사용되는 마스터 레버와 같이, 콘솔 사용자에 의한 콘솔 상의 제어부의 조작을 지시할 수 있다. 환자측 카트로부터의 신호는 이들 아암 및 기구의 위치 및 배향을 지시하는 원격 조작식 아암 및 수술 기구 내의 센서로부터의 위치 신호를 포함할 수 있다. 관찰측 카트로부터의 신호는 조수 사용자에 의해 조작되는 카트 상의 제어부로부터의 제어 신호를 포함할 수 있다. 수동 수술 기구가 해부학적 모델과 함께 사용되는 몇몇 구현예에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 모델 내에 삽입되거나 접촉하는 수동 수술 기구의 위치를 지시하는 센서 신호를 포함할 수 있는 모델로부터의 신호를 수신할 수 있다.

[0077]

블록 430에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 시뮬레이션 절차 중에 통신된 신호 및 이벤트와 같은 파라미터를 기록한다. 예를 들어, 이러한 신호 및 이벤트는 블록 418 내지 428에서 송신되고 수신된 신호, 이를 블록에서 제공된 경고 또는 다른 성과 피드백, 이를 블록에서 제공된 사용자 입력, 수술 작업을 완료하기 위해 피훈련자(들)에 의해 소비된 시간 등일 수 있다.

[0078]

블록 406 내지 410 또는 블록 416 내지 428은 하나 이상의 수술 작업의 수행 및/또는 시뮬레이션된 수술 동작의 실습 중에 구현될 수 있다. 예를 들어, 피훈련자 외과의사와 같은 사용자는 가상 기구를 제어함으로써, 모델 내의 캐뉼러를 통해 삽입된 수술 기구를 원격 조작함으로써 시뮬레이션된 수술 부위에서 시뮬레이션된 실습을 수행할 수 있다. 이러한 실습은 가상 또는 물리적 수술 부위에서 봉합, 물체의 조작 등, 또는 하나 이상의 다른 시뮬레이션된 작업을 포함할 수 있다. 조수 피훈련자는 몇몇 구현예에서 작업들과 동시에 또는 작업들 사이에 환자측 작업을 수행할 수 있다.

[0079]

블록 432에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 부정확한 셋업이 수술 동작 시뮬레이션 중에 배치되어 있는지 여부를 점검한다. 이는 셋업 절차가 수술 동작 전에 시뮬레이션되고, 모델 포트의 부정확한 선택, 시스템 구성요소(예를 들어, 원격 조작식 아암, 수술 기구, 또는 해부학적 모델)의 위치설정을 포함하거나, 또는 다른 부정확한 설정 또는 선택을 포함할 때 해당될 수 있다. 이러한 부정확한 셋업 설정은 후속 수술 동작에 상당한 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, 충돌이 아암들 또는 기구들 사이에 발생할 수도 있고, 모션의 범위는 차단될 수도 있고, 모션의 한계가 조기에 도달될 수도 있는 등이다. 시뮬레이션된 수술 동작이 이 부정확한 셋업을 사용하여 수행되었으면, 블록 434에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 부정확한 셋업 및 어떻게 그리고 이 부정확한 셋업이 수술 동작에 영향을 미치는지를 지시하는 피드백을 시뮬레이션의 하나 이상의 사용자에 출력한다. 예를 들어, 출력 피드백 정보는 위치오설정된 아암 또는 수술 기구가 수술 작업을 누락하게 하거나 열악하게 수행되게 하고, 의도되지 않은 변화가 시뮬레이션된 환자 조직에 이루어지게 하는 등을 지시할 수 있다. 이 피드백은 사용자가 임의의 에러를 보정하게 하도록 정확한 셋업을 또한 지시할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 이러한 피드백은 시뮬레이션된 수술 동작 중에 임의의 점에서 출력될 수 있다.

[0080]

블록 434 후에, 또는 셋업이 정확하였으면, 방법은 블록 436으로 계속되고, 여기서 방법은 시뮬레이션된 수술 동작이 완료되었는지를 점검한다. 예를 들어, 이는 동작이 종료되었다는 것을 지시하기 위해 시스템에 입력을 제공하는 하나 이상의 사용자에 의해 지시될 수 있고, 또는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 평가 구성요소 위치, 수술 부위의 화상 등에 기초하여 동작이 종료되었다고 자동으로 결정할 수 있다. 시뮬레이션된 동작이 완료되지 않으면, 방법은 블록 416으로 복귀하여 수술 부위 환경을 계속 표시하고 시스템 구성요소들 사이에 신호를 통신한다. 시뮬레이션된 동작이 완료되면, 방법은 블록 438로 계속된다.

[0081]

블록 438에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 최종 파라미터, 메트릭, 스코어, 및/또는 다른 피드백과 같은 피드백 정보를 시뮬레이션의 사용자에게 출력한다. 몇몇 구현예에서, 피드백 정보는 또한 하나 이상의 실습의

수행 중에 또는 완료시에 피훈련자(들)에게 표시될 수도 있어(예를 들어, 블록 406 내지 410 또는 416 내지 428에서), 피훈련자는 그 또는 그녀의 경과를 모니터링할 수 있거나 또는 신입으로부터 숙련자 레벨까지 다른 사람의 데이터베이스에 대해 그 또는 그녀의 성과를 비교할 수 있게 된다. 도 3의 셋업 절차에 대해 전술된 바와 유사하게, 메트릭은 파라미터로부터 결정될 수 있고, 수술 동작 중에 다양한 작업을 위해 사용자에 의해 소요된 시간, 구성요소의 배치 위치의 요약 및 수술 동작에 사용된 기구 등을 포함할 수 있다. 평가 및/또는 스코어는 또한 후술되는 바와 같이, 수술 동작 중에 사용자에 의해 완료된 수술 작업에 기초하여 시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 의해 결정될 수 있다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 얼마나 양호하게 피훈련자가 작업을 수행했는지와 같은 평가 결과, 뿐만 아니라 작업을 더 양호하게 수행하기 위한 힌트 또는 명령을 지시하는 피드백을 출력할 수 있다. 이 정보의 일부 또는 모두는 시뮬레이션 시스템의 하나 이상의 디스플레이 및/또는 다른 출력 디바이스 상에 출력될 수 있다.

#### [0082] 시뮬레이션 중에 피훈련자 성과의 평가 및 안내

도 3 및 도 4와 관련하여 전술된 시뮬레이션된 셋업 절차 및 수술 동작 중에, 다양한 절차의 상이한 스테이지에서 구성요소의 위치 및 모션, 다양한 작업을 완료하기 위한 시간 등과 같은 셋업 및 수술 작업과 연계된 다양한 데이터 및 파라미터가 시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 의해 모니터링되고(측정되고) 기록될 수 있다. 시스템은 메트릭을 결정하고 기록된 파라미터에 기초하여 시뮬레이션 중에 하나 이상의 피훈련자의 성과와 연계된 자동 평가를 수행할 수 있다. 시스템은 또한 절차 중에 그리고 이후의 절차 동안 안내를 제공하기 위해, 절차 중에 그리고 평가에 기초하여 피훈련자에 실시간 성과 피드백을 제공할 수 있다.

몇몇 구현예에서, 평가는 이를 절차 중에 기록된 파라미터(및 그로부터 결정된 메트릭)를 대응 작업을 위한 저장된 기준 파라미터 및 메트릭에 자동으로 비교하는 것을 포함할 수 있다. 기준 파라미터는 이를 작업을 위한 정확한 또는 최적의 파라미터 또는 이전의 시뮬레이션된 의료 절차 중에 미리 기록된 파라미터일 수 있다. 관련 스킬과 연계된 파라미터는 피훈련자 향상을 측정하거나 또는 일 피훈련자의 성과 파라미터를 다른 피훈련자(동시 또는 이력)에 의해 또는 숙련 스킬 레벨을 갖는 것으로 고려되는 사람에 의해 나타내는 대응 파라미터에 비교하도록 평가될 수도 있다. 따라서, 특정 파라미터에서 피훈련자의 스킬 레벨은 피어에 대해(예를 들어, 예상된 향상을 참조하여 피훈련자의 경과를 결정하기 위해) 또는 숙련가에 대해(예를 들어, 높은 스킬 레벨로부터의 편차를 식별하기 위해) 평가될 수도 있다. 도 3 및 도 4의 환자측 스킬(환자의 장소에 물리적으로 가까운 작용과 연계됨, 예를 들어, 조작기 아암 위치 및 배향 셋업, 캐뉼러 포트 배치, 도킹, 수술 작업 중에 보조 등) 및 외과의사측 스킬(도 4의 수술 동작에서 수술 작업을 수행하는 것과 연계됨, 예를 들어 내시경 카메라를 원격 조작하거나 수동으로 위치설정하는 것 및 수술 부위에서 조작 기구를 이동시키는 것)의 모두가 평가될 수 있다.

평가 구성요소는 모든 작업의 전체 완료 시간, 특정 작업의 완료 시간, 조작기 또는 기구의 위치 및 배향, 뿐만 아니라 피훈련자에 의해 취해진 작용의 다른 파라미터와 같은, 피훈련자에 의해 수행된 작업과 연계된 파라미터를 측정할 수 있다. 몇몇 경우에, 평가는 파라미터 및 비교와 연계된 미리 결정된 기준에 기초하여 하나 이상의 스코어를 결정하는 것을 포함할 수 있는데, 여기서 스코어는 연계된 작업의 성과에 기초하여 피훈련자의 성과 레벨 또는 스킬을 지시할 수 있다. 예를 들어, 스코어는 절차 중에 하나 이상의 작업을 수행하는데 요구되는 시간 및/또는 하나 이상의 작업 중에 시스템 구성요소의 위치설정 또는 이동에 기초할 수 있다. 지정된 파라미터와 연계된 피훈련자 스킬 레벨은 조작기 아암의 센서 및 수술 기구의 센서로부터와 같이, 원격 조작식 의료 시스템으로부터 얻어진 운동역학 및/또는 다른 센서 정보에 의해 자동으로 채점될 수 있다.

도 3에서와 같은 시뮬레이션된 셋업 절차에 있어서, 평가 시스템은 실습 중에 지시된 기구의 위치 및 배향을 결정하기 위해 센서 정보를 사용할 수도 있다. 예를 들어, 센서 정보는 블록 304 내지 310의 수행 중에 얻어진 조작기 아암으로부터의 운동역학 정보(예를 들어, 수술 기구의 원격 중심 위치 및 셋업 조인트값을 사용하여), 뿐만 아니라 절차에서 사용된 다른 센서로부터의 센서 정보를 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 특정 수술 작업을 위한 특정 유효 또는 이상적 조작기 위치 및 배향을 규정하는 운동역학 셋업 템플레이트가 생성될 수 있다. 피훈련자의 수술 작업 실습 성과와 연계된 데이터는 성과 스코어를 생성하기 위해 템플레이트에 대해 비교된다. 이 비교는 피훈련자가 특정 수술 작업 실습을 위한 적절하게 선택된 포트를 갖는지, 조작기 아암 셋업 조인트 및 다른 구조체가 적절한 위치 및 배향에서 연계된 조작기 아암을 배치하도록 적절하게 구성되는지, 캐뉼러 포트가 최소화된 조작기 충돌 회피를 갖는 효과적인 수술 부위 액세스를 허용하도록 적절하게 위치되고 이격되어 있는지 등을 판정하는데 사용될 수 있다. 이상적인 템플레이트 정보는 예를 들어, 피훈련자의 이전의 성과로부터 군집된(clustered) 또는 평균화된 위치, 이동 및/또는 배치, 또는 기구, 아암 구성요소에 대한 공지의 최적 위치 등일 수 있다.

- [0087] 다른 예에서, 작업 실습 시간 파라미터는 캐뉼러 도킹 실습의 시작시에 타이머를 시동하고, 시스템이 모든 조작기가 연계된 캐뉼러로 적절하게 도킹되었다는 것을 감지할 때 타이머를 정지함으로써 측정될 수도 있다. 다른 예로서, 작업 실습 조작기 충돌 회피 파라미터는 피훈련자가 얼마나 가깝게 지정된 이상적인 위치 및 배향 내에 또는 지정된 위치 및 배향 외피 내에 조작기를 배치하게 되는지를 판정하기 위해 템플레이트 센서 정보에 대해 각각의 도킹된 조작기 아암으로부터의 센서 정보를 비교함으로써 측정될 수도 있다. 유사하게, 조작기 아암으로부터의 센서 정보는 해부학적 모델(120)의 공지의 물리적 치수와 함께, 피훈련자가 모델 내의 정확한 포트 배치 패턴 내에 캐뉼러를 적절하게 위치하였는지, 또는 각각의 캐뉼러를 위한 모션의 원격 중심(조작기 아암이 이동함에 따라 공간 내에서 고정 유지되는 각각의 캐뉼러 상의 위치)이 환자의 신체벽에서 조직 병변을 최소화하기 위해 정확하게 위치되어 있는지를 판정하는데 사용될 수 있다.
- [0088] 스코어는 다양한 방식으로 결정될 수 있다. 피훈련자는 예를 들어, 얼마나 양호하게 포트 배치가 선택된 수술 동작을 위해 선택되는지, 또는 정확한 포트 배치를 결정하기 위해 얼마의 시간이 소요되는지에 대해 채점될 수도 있다. 또는, 피훈련자는 어떻게 조작기 아암이 배치된 캐뉼러에 결합되는지(예를 들어, 조작기 아암 충돌 회피에 관련하여) 또는 피훈련자가 해부학적 모델 내에 배치된 캐뉼러에 조작기 아암을 결합하는데 얼마의 시간이 소요되는지에 대해 채점될 수도 있다.
- [0089] 메트릭은 또한 그 또는 그녀가 실습을 완료할 때 피훈련자의 성과를 지시하도록 샘플링되고 그리고/또는 결정될 수도 있고, 이를 중간 평가는 스코어를 얻기 위해 템플레이트에 대해 플롯팅될 수도 있다. 예를 들어, 이력 데이터는 특정 작용이 작업을 가장 효과적으로 완료하기 위해 특정 순서로 완료되어야 하는 것을 지시할 수도 있고, 센서 데이터는 피훈련자가 작용을 수행하는 실제 순서를 나타내는데 사용될 수도 있고, 완료된 작용들의 실제 순서에 대한 추천된 순서 사이의 차이가 피훈련자의 스코어를 결정하는데 사용될 수도 있다.
- [0090] 도 4의 수술 동작 중에 수행된 수술 작업에 있어서, 시스템은 메트릭을 컴퓨팅하기 위한 운동역학적 데이터(예를 들어, 이동 체적, 실습시의 애러, 기구의 모션의 경제학 등)에 기초하여 아암의 위치 및 실습의 하나 이상의 작업의 완료 시간과 같은 파라미터를 유사하게 기록하고 결정할 수 있다. 성과 파라미터는 실습 중에 수술 작업의 수행 중에 그리고 이를 파라미터로부터 결정된 메트릭에 다수회 측정될 수 있다. 드라이-랩 실습의 일 예에서, 훈련 실습은 링 및 기구 텁을 항상 시야의 중심에 유지하도록 카메라를 이동하면서, 그리고 피훈련자의 손을 중앙 제어 위치에 유지하도록 제어기를 재배치하면서, 피훈련자가 수술 기구로 링을 취출하고, 링을 떨어뜨리지 않고 링을 경로를 따라 최종 위치로 이동시키는 것(필요에 따라 다른 손으로 제어된 다른 기구에 링을 전달함)을 필요로 할 수 있다. 봉합 실습의 다른 예에서, 피훈련자는 카메라의 시야 내에 부위를 유지하면서 구성요소 내의 봉합 구멍의 미리 결정된 경로 내에 바늘을 구동시키거나 또는 봉합부의 위치에 대해 공간 요구를 갖고 개구를 봉합 폐쇄하도록 요구될 수도 있다. 수술 동작 중에 환자측 작업(예를 들어, 조수 피훈련자가 수술 부위에서 하나 이상의 기구를 안내하는 것, 부속 장비를 제어하는 것 등)은 이들의 성과가 유사하게 측정될 수 있게 할 수 있다.
- [0091] 수술 동작 평가의 스코어 및/또는 다른 결과는 평가된 수술 실습을 위해 피훈련자의 평가된 레벨 또는 스킬을 지시한다. 몇몇 구현예는 예를 들어, 수술 기구 엔드 이펙터가 수술 작업을 위한 이상적인 또는 정확한 위치, 및/또는 봉합, 조직의 절단 등을 위한 이상적인 장소에 얼마나 가까운지를 지시하는 그래픽 피드백을 제공할 수 있다. 몇몇 구현예는 정확한 또는 부정확한 봉합, 기구 위치, 피훈련자에 대한 힌트 등의 지시기와 같은, 작업 수행 중에 실시간 피드백을 출력할 수 있다. 몇몇 실시간 피드백은 설명적일 수 있어, 어떻게 기구가 배치되고, 이동되고, 또는 위치되어야 하는지를 지시한다.
- [0092] 몇몇 예에서, 파라미터 및/또는 스코어는 특정 사용자의 또는 팀의 성과에 기초하여 최초로 결정될 수 있고, 동일한 파라미터 및/또는 스코어는 이어서 동일한 유형의 절차의 수행 중에 두 번째로 기록될 수 있다. 이를 파라미터는 특정 절차를 위해 동일한 사용자 또는 팀의 성과를 평가하도록 비교될 수 있다. 다른 예에서, 파라미터는 상이한 사용자 또는 팀에 대해 기록될 수 있고, 상이한 사용자 및 팀을 평가하고 비교하도록 비교될 수 있다.
- [0093] 시뮬레이션 절차에 기초하는 이러한 피훈련자의 채점은 측정될 피훈련자의 성과 및 향상을 허용한다. 게다가, 피훈련자는 얼마나 양호하게 피훈련자가 요구된 작업을 수행할 수 있는지를 결정하고 그리고/또는 피훈련자의 상대 학습 속도 및 효용성을 평가하고 그리고/또는 피훈련자의 스킬 레벨을 결정하기 위해 다른 피훈련자와 관련하여 또는 이력 데이터와 관련하여 채점될 수 있다. 또한, 이력 채점의 집계는 피훈련자가 특정 작업을 수행하는 어려움을 갖는 것을 표명할 수도 있고, 따라서 훈련은 그 작업에 대한 훈련 프로그램을 향상시키도록 수정될 수 있다.

- [0094] 도 3 및 도 4의 방법은 또한 훈련 실습 중에 다양한 역할에서 다수의 피훈련자 또는 팀의 성과를 동시에 측정하고 평가하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 시뮬레이션 시스템은 하나 이상의 외과의사, 조수, 간호사 등과 같은 사람의 팀을 위한 훈련을 제공할 수 있다. 몇몇 예에서, 하나 이상의 조수 피훈련자는 도 3 및/또는 도 4의 방법을 위한 환자측 작업을 수행할 수 있고, 외과의사 피훈련자는 콘솔을 조작하면서 도 4의 방법에서 수술 작업을 수행할 수 있다. 외과의사 이외의 피훈련자는 이들이 종종 수술실에서 이들의 활동을 수행할 수 있기 때문에 환자측 스킬(예를 들어, 포트 배치, 도킹, 시스템 셋업, 카메라 및 기구 삽입)을 실시하기 위해 해부학적 모델을 사용할 수 있다. 팀은 또한 기구 교환, 포트 조정, 통상의 복강경 도구를 사용하여 봉합부 전달, 콘솔 외과의사를 보조하기 위해 자궁 조작기 조절 등과 같은 다양한 작업을 수행하고 조화하도록 이들의 소통을 훈련 할 수 있다.
- [0095] 이러한 피훈련자의 팀을 위한 훈련을 제공하는 몇몇 구현예에서, 전술된 평가 및 채점 방법론은 개별 피훈련자에 추가하여 수술실 팀의 성과를 평가하도록 확장될 수 있다. 예를 들어, 조화된 팀 작업을 위한 성과 레벨 또는 스킬을 지시하는 다양한 스코어가 출력될 수 있다. 이러한 평가는 경과를 추적하고 전술된 바와 같이 유사하게 이력 데이터에 비교하기 위해 자동화된 메트릭에 의해 보조될 수 있다. 이들 특징부는 팀이 이들의 효율을 이해하고 어떻게 이들이 항상할 수 있는지에 대한 숙달 표준을 제공하는 것을 도울 수 있다.
- [0096] 원격 조작식 의료 절차 훈련, 평가 및 채점의 몇몇 예는 본 명세서에 그대로 참조로서 합체되어 있는 발명의 명칭이 "수술 훈련을 위한 해부학적 모델 및 방법(Anatomical Model and Method for Surgical Training)"인 계류 중인 미국 특허 출원 제13/968,253호에 설명되어 있다.
- [0097] 도 5는 시뮬레이션 시스템(100)을 사용하여 시뮬레이션된 의료 절차의 자동화 평가를 위해 사용될 수 있는 예시적인 시스템(500)의 태양의 개략도이다. 도 5에 도시된 바와 같이, 본 예에서, 외과의사 콘솔(104)과 같은 입력 디바이스, 및/또는 환자측 카트(106)와 같은 원격 조작식 의료 디바이스, 또는 하나 이상의 의료 기구의 위치 및/또는 배향에 관한 데이터를 제공하는 것이 가능한 다른 시스템을 포함할 수 있는 의료 디바이스(502)가 사용된다. 의료 디바이스(502)는 평가 시스템(508) 내에 포함된 메모리(506) 내에 저장될 파라미터 정보(504)를 제공한다. 예를 들어, 평가 시스템(508)은 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102) 내에 구현될 수 있고, 메모리(506)는 예를 들어 메모리(206) 내에 구현될 수 있다.
- [0098] 파라미터 정보(504)는 전술된 바와 같이 운동역학적 정보 또는 다른 센서 정보와 같은, 피훈련자의 성과 및/또는 관련 데이터를 위한 성과 파라미터를 포함할 수 있다. 정보(504)는 예를 들어, 시뮬레이션 시스템의 응용 프로그램 인터페이스(API) 인터페이스를 거쳐 제공될 수도 있다. 외과의사 콘솔(104), 관찰측 카트(108) 등 상의 조작자(외과의사 또는 피훈련자와 같은)용 제어부의 위치 및/또는 배향을 설명하는 정보와 같은 파라미터 정보(504)가 환자측 카트(106)로부터 그리고/또는 시스템의 다른 구성요소로부터 제공될 수 있다.
- [0099] 몇몇 구현예에서, 해부학적 모델(120)과 연계된 해부학적 모델 정보(510)(예를 들어, 가능한 캐뉼러 포트의 물리적 치수, 장소, 수술 조작기 또는 기구의 장소 등)가 또한 메모리(506)에 입력된다. 피훈련자 성과 파라미터에 비교를 위한 기준선, 원하는 및/또는 정확한 파라미터 및 데이터를 지시하는 템플레이트 정보(512)가 또한 메모리(506) 내에 입력될 수 있다. 예를 들어, 시스템의 프로세서(514), 센서 등과 같은 시스템(100 또는 500)의 다른 구성요소에 의해 수집되고 그리고/또는 결정될 수 있는, 피훈련자 작업에 관련된 기록된 시간 및 작업 완료 등과 같은 이벤트 데이터와 같은 다른 파라미터 정보가 메모리(506) 내에 또한 저장될 수 있다. 따라서, 메모리(506)는 평가 시스템(508)이 피훈련자의 성과의 평가를 수행하기 위해 사용하는 정보를 저장할 수 있는 하나 이상의 물리적 메모리 장소일 수 있다. 이러한 평가는 평가를 수행하는데 사용될 수 있는 하나 이상의 정보 프로세싱 디바이스[예를 들어, 마이크로프로세서(들) 또는 다른 프로세싱 회로]일 수 있는 프로세서(514)에 의해 실행된다.
- [0100] 하나 이상의 스코어, 안내 피드백, 및/또는 다른 정보와 같은 평가 결과는 디스플레이 스크린 또는 다른 디스플레이 디바이스 상의 시작적 디스플레이, 프린터의 물리적 인쇄물, 또는 다른 출력과 같이, 출력 디바이스(516)를 거쳐 출력될 수 있다. 개별 실습 결과는 이력 데이터(520)에 추가될 수도 있고[예를 들어, 조작자 선택 입력(518)에서의 입력에 따라], 이는 이어서 템플레이트 정보(512)를 수정하는데 사용될 수도 있다. 몇몇 실시예에서, 조작자 입력 디바이스(518)는 수행될 특정 수술 실습 작업을 식별하는 것 및/또는 사용되는 특정 해부학적 모델을 식별하는 것과 같이, 훈련 시스템 조작자가 훈련 실습에 관련된 다양한 선택을 입력하는 것을 가능하게 한다. 평가 시스템은 평가를 수행하는데 사용되도록 적절한 정보[예를 들어, 적절한 템플레이트 정보(512)]를 자동으로 선택할 수 있다.
- [0101] 평가 시스템(508)의 실시예는 원격 조작식 의료 시스템 내에 매립될 수도 있고(예를 들어, 시스템의 디스플레이

를 거쳐 표시된 출력을 갖고) 또는 예를 들어 랩탑 컴퓨터 또는 다른 전자 디바이스와 같은 개별의 소형 컴퓨터 시스템 상에 구현될 수도 있다. 이러한 평가 시스템은 또한 다수의 의료 디바이스로부터 그리고 의료 요원(예를 들어, 외과의사)의 집단으로부터 데이터 수집을 용이하게 하고 그리고 피훈련자 또는 외과의사 집단 내의 데이터 및/또는 채점 비교를 용이하게 하기 위해 중앙 데이터베이스에 네트워킹될 수도 있다.

[0102] 수술 시스템 훈련을 위한 사용에 추가하여, 본 명세서에 개시된 다양한 특정부는 시뮬레이션된 의료 절차에서 수동 수술 기구를 사용하는 것에 기초하는 작업을 위해 사용될 수도 있다. 수술 부위에서의 장소에 도달하는 능력, 기구 간섭, 카메라 위치, 외과의사 편안함 등과 같은 훈련을 위한 채점 태양이 이러한 수동 작업에서 훈련을 위해 채택될 수 있다. 자동화된 채점 태양은 전술된 바와 같이 해부학적 모델 내의 다양한 센서에 의해 그리고/또는 다른 장소에서 캐뉼러, 수술 기구와 같은 하나 이상의 구성요소의 위치를 감지하는 것에 기초할 수 있다.

[0103] 다양한 구현예는 이상적인 또는 원하는 위치, 시간, 메트릭, 및/또는 스코어에 대한 차이, 피훈련자 레벨 및/또는 스킬, 및 정확한 또는 원하는 결과를 위한 제안 및/또는 설명을 지시하는, 시뮬레이션된 절차 중 및 후에 피훈련자에 대한 평가 및/또는 안내 피드백의 결과를 제공할 수 있다. 예를 들어, 얼마나 가깝게 조작기 아암이 수술 작업을 위해 이상적인 또는 정확한 위치에 위치되어 있는지를 지시하는 그래픽 다이어그램이 디스플레이 디바이스 상에 표시될 수 있다. 더욱이, 몇몇 구현예는 수술 기구의 정확한 또는 부정확한 배치 및 위치의 지시기, 피훈련자에 대한 힌트, 정확한 위치설정 및 배향의 그래픽 지시기 및 허용 가능한 모션 범위 및 특정 기구를 위한 배치 등과 같은 실시간 피드백을 작업의 수행 중에 출력할 수 있다. 몇몇 실시간 피드백은 설명적일 수 있어, 절차에 있어서 기구가 어디에 그리고 언제 배치되거나 위치설정되어야 하는지를 지시한다. 시스템은 어떻게 모델 내에 포트를 선택하고, 구성요소를 위치설정하고, 조작기 아암을 도킹하는지를 설명하는 사용 지침(tutorial)을 사람에게 제공할 수 있다.

[0104] 도 6a 및 도 6b는 전술된 바와 같은 시뮬레이션 시스템의 하나 이상의 디스플레이 스크린 상에 표시될 수 있는 훈련 화상 스크린(600)의 예이다. 예를 들어, 스크린(600) 상의 화상은 셋업 절차 중에 환자측 카트의 조작기 아암을 배치하는데 있어서 사용자를 보조하고 안내하도록 표시될 수 있다.

[0105] 도 6a에서, 디스플레이 스크린(600)은 예를 들어, 이하의 도 7a의 환자측 카트(706)와 유사하게, 환자측 카트의 예시적인 구현예의 화상(602)을 표시한다. 화상(602)은 3개의 조작기 아암(604)의 화상을 포함한다. 몇몇 구현예에서, 셋업 시뮬레이션 절차 중에, 사용자는 아암 화상(604)에 대응하는 물리적 아암을 물리적으로 이동시키고, 여기서 이 모션은 아암 센서를 거쳐 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(또는 다른 프로세싱 구성요소)에 의해 감지되고, 프로세싱 구성요소는 스크린(600) 상에 표시된 아암 화상(604)이 물리적 아암에 따라 이동할 수 있게 한다.

[0106] 지시기가 또한 셋업 절차의 특정 스테이지 또는 블록에서 원하는 위치에 대한 아암의 상황을 지시하기 위해 표시될 수 있다. 예를 들어, 화상(602)은 물리측 카트의 아암의 하나 이상의 위치가 현재 부정확하거나 차선인 것을 지시할 수 있다. 일 예에서, 디스플레이 스크린(600)은 위치가 부정확한 화상(602)의 영역 주위의 포위라인 또는 경계(606)를 표시할 수 있다. 본 예에서, 좌측 조작기 아암(604)은 라인(606)에 의해 둘러싸인 그 조인트의 영역에서 부정확한 것으로 도시되어 있다. 라인(606)은 따라서 부정확하게 위치된 영역으로 관찰자의 주의를 유도한다. 몇몇 구현예에서, 특정 조인트의 강조부(608)와 같은 더 정확한 지시가 부정확한 위치설정을 특히 지적할 수 있다. 예를 들어, 강조부(608)는 특정 컬러, 패턴, 또는 다른 구별되는 마크를 가질 수 있다. 범례(610)는 강조부(608)에 의해 지시되는 특정 문제점, 이 경우에 좌측 조작기 아암(환자측 조작기: PSM)(604)이 충분히 전방으로 지향하지 않는, 예를 들어 해부학적 모델을 향하는 것을 지시할 수 있다. 부정확한 위치 설정의 부가의 설명은 사용자에 의해 요구되면, 몇몇 구현예에서 표시될 수 있다.

[0107] 도 6b는 물리적 환자측 카트의 상이한 부분이 환자측 카트의 표시된 화상(602) 내에 지시된 바와 같이 부정확하게 위치설정되는 디스플레이 스크린(600)의 다른 예를 도시한다. 라인(616)은 본 예에서 내시경 중심 아암(ECM), 즉 환자측 카트의 중심 아암(604)인 부정확한 위치설정을 갖는 화상(602)의 영역을 지시한다. 강조부(618)는 보정되어야 하는 아암(604)의 특정 조인트를 지시한다. 예를 들어, 범례(610)는, 중심 내시경 조작기(604)가 현재 선택된 수술 동작을 위해 환자 또는 모델 내에 삽입될 때 그 상해의 기구가 정확한 또는 최적의 시야를 제공하는 "스윗 스팟(sweet spot)"에 위치되어 있지 않은 것을 강조부(618)가 지시하고 있다는 것을 관찰자에게 통지한다. 시작적, 오디오, 햅틱 또는 다른 유형을 포함하는 다른 유형의 라인, 경계, 및/또는 지시기가 다른 구현예에서 표시될 수 있다.

[0108] 스크린(600)의 것들과 같은 가상 현실 또는 다른 발생된 화상, 및/또는 카메라 화상에 중첩된 증강 현실(AR) 고

스트 화상이 사용자에 관련된 또는 관심있는 시스템 영역을 지시하거나 강조하기 위해 시스템 디스플레이 디바이스 상에 표시될 수 있다. 예를 들어, 조작기 아암 셋업 조인트는 전술된 바와 같이, 부정확한 위치가 강조되어 있을 수 있다. 게다가, 조작기 아암 및/또는 기구의 도달 가능 한계가 표시될 수 있다. 더욱이, 아암 및/또는 기구 사이의 내부 또는 외부 충돌이 있는 공간 영역이 사용자가 인식하게 하기 위해 구역으로서 강조될 수 있다.

[0109] 몇몇 구현예에서, 제안과 같은 피드백 정보가 스크린(600) 상에 표시될 수 있다. 예를 들어, 텍스트 제안은 강조된 아암이 정확한 위치로 이동하게 할 것인 추정된 이동량을 지시할 수 있다. 그래서 제안은 현재의 부정확한 위치에 대한 동일한 디스플레이(600) 상의 정확한 위치(예를 들어, 상이한 컬러 또는 상이한 포맷으로)를 표시할 수 있다. 더 광범위한 힌트가 또한 사용자가 판정을 연습하거나 판단하게 하도록 제공될 수 있다. 이러한 제안은 작업을 수행하기 위해 정확한 방식을 학습하도록 훈련 실습시에 사용자를 안내할 수 있다.

[0110] 다양한 다른 유형의 피드백 정보가 또한 셋업 시스템 상의 안내 및 조작기 아암의 정확한 위치설정, 뿐만 아니라 수술 작업 상의 안내를 제공하기 위해 셋업 절차 및 수술 동작 중에 하나 이상의 디스플레이 스크린 상에 표시될 수 있다. 예를 들어, 명령 및 경고와 같은 텍스트 정보 메시지가 절차 중에 정확한 또는 부정확한 작용 또는 위치설정을 사용자에게 통지하도록 표시될 수 있다. 몇몇 피드백은 오디오 출력 또는 햅틱 출력(예를 들어, 모터 제어형 조작기 아암 및/또는 수술 기구 상에)과 같은 다른 형태로 제공될 수 있다.

[0111] 시뮬레이션 시스템은 따라서 드라이-랩 또는 웨트-랩 환자측 훈련 시나리오와 같은 절차 중에 시스템 셋업 및 스킬을 위한 안내 및 피드백을 피훈련자에게 제공할 수 있다. 이는 또한 특히 다수의 피훈련자를 동시에 훈련할 때, 시뮬레이션 절차 중에 오류를 계속 포착하기 위한 훈련 조수의 부담을 감소시킬 수 있다. 시스템은 또한 예를 들어, 환자측 카트(및 다른 구성요소) 및/또는 해부학적 모델에서 수동 기구를 조작하는 조수 사용자, 뿐만 아니라 외과의사 콘솔을 조작하는 외과의사 피훈련자에 안내 및 피드백을 수술 동작 및 작업 중에 제공할 수 있다.

#### 예시적인 구현예

[0113] 시뮬레이션된 수술 절차의 다수의 상이한 변형예가 본 명세서에 설명된 시뮬레이션 시스템(100) 및 방법에 기초하여 구현될 수 있다. 몇몇 예시적인 시뮬레이션 구성이 후술된다.

[0114] 시뮬레이션은 환자측 카트(106), 관찰측 카트(108), 및/또는 수술 동작을 위한 셋업을 시뮬레이션하기 위해 요구되는 임의의 다른 시스템 구성요소를 사용하는 셋업 절차를 포함할 수 있다.

[0115] 몇몇 구현예에서, 단지 환자측 카트(106)만이 셋업 시뮬레이션에 사용된다. 예를 들어, 사용자는 카트, 카트의 아암, 및 카트의 수술 기구의 위치를 셋업할 수 있고, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 이들 요소의 위치를 관독하고 현재 시뮬레이션 상태 및 얼마나 양호하게 셋업이 수행되었는지에 대한 피드백을 제공할 수 있다. 예를 들어, 환자측 카트 상의 또는 다른 구성요소 상의 디스플레이 스크린, 및/또는 오디오 스피커와 같은 출력 디바이스가 셋업 절차의 현재 상태의 표현 및/또는 셋업 절차의 사용자 성과에 관한 피드백을 출력하는데 사용될 수 있다.

[0116] 시뮬레이션된 셋업 절차의 몇몇 구현예는 해부학적 모델의 사용을 포함할 수 있다. 조수 피훈련자가 수술 테이블 상에 해부학적 모델을 셋업할 수 있다. 모델은 강성 재료로 제조된 무생물 모델일 수 있고, 인간 환자의 부분과 같이 대략적으로 성형될 수 있다. 이 모델은 특정 수술 동작을 위한 특정 구성을 갖고 셋업될 수 있다. 예를 들어, 무생물 훈련 실습에 있어서, 수술 기구로 봉합, 절단 또는 다른 방식으로 조작될 재료의 와이어, 고무 또는 밸포체편 상에 조작될 비드 또는 링과 같은 실습 디바이스가 모델 내에 배치될 수 있다. 웨트-랩 실습에서, 모델은 돼지 또는 시체 모델과 같은 생물학적 시편일 수 있고, 그리고/또는 하나 이상의 생물학적 시편은 무생물 모델 내에 배치될 수 있다.

[0117] 셋업 절차의 몇몇 구현예에서, 조수 피훈련자는 해부학적 모델 옆에 수술 위치에 환자측 카트를 위치시킬 수 있다. 몇몇 구현예에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102) 환자측 카트(106)의 위치를 지시하는 신호를 수신할 수 있고, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 절차의 현재 상태의 지시 및 해부학적 모델에 대한 환자측 카트의 위치설정의 정확성에 대한 피드백을 조수 피훈련자에게 제공하는 신호를 환자측 카트(106) 또는 관찰측 카트(108) 상의 디스플레이 스크린과 같은 디스플레이에 제공할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 조수는 환자측 카트에 대해 모델을 위치시키는 표면 상의 다수의 점에서 모델 표면에 접촉하도록 환자측 카트의 아암을 위치설정할 수 있다. 조수 피훈련자는 이어서 해부학적 모델에 대해 환자측 카트의 아암 및 기구를 위치설정할 수 있다. 조수는 모델 내의 적절한 구멍을 선택하고, 캐뉼러를 모델의 선택된 구멍 내에 배치하고, 이어서 수술 기구를 적

절한 캐뉼러 내로 배치할 수 있다.

[0118] 몇몇 시뮬레이션에서, 완전하게 기능하는 수술 기구가 환자측 카트의 아암 상에 제공되고, 피훈련자는 모델 상의 포트 내에 수술 기구를 삽입할 수 있다. 다른 구현예에서, 하나 이상의 더미 기구가 환자측 카트의 아암 상에 제공된다. 이들 더미 기구는 캐뉼러 내에 삽입될 수 있지만, 클로, 시저, 또는 스캐팔과 같은 엔드 이펙터를 포함하지 않는 기구의 기부 부분을 포함할 수 있다.

[0119] 몇몇 구현예에서, 수동 기구는 또한 해부학적 모델과 연계하여 의료 절차에 사용될 수 있다. 조수 피훈련자는 모델의 적절한 구멍 내에 수동 기구를 배치할 수 있고, 이를 기구의 위치는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 의해 추적된다.

[0120] 다양한 구현예에서, 관찰측 카트(108)는 또한 또는 대안적으로 셋업 시뮬레이션에 사용될 수 있다. 몇몇 구현 예에서, 관찰측 카트는 해부학적 모델과 함께 그리고 환자측 카트는 셋업 절차에 사용된다. 사용자는 예를 들어 모델 위에 그리고/또는 내에 위치된 하나 이상의 카메라에 의해 캡처된 바와 같은 관찰측 카트의 디스플레이 스크린 상에 원격 조작식 의료 디바이스의 아암 및 기구 및/또는 모델을 견망할 수 있다. 예를 들어, 사용자는 사용자가 내시경 기구를 위치설정한 후에 수술 부위의 화상을 디스플레이 스크린에 제공하는 내시경의 시야에 기초하여, 수술 기구가 정확하게 위치설정되었는지를 판정하기 위해 관찰측 카트의 디스플레이 스크린을 견망할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 해부학적 모델, 물리적 수술 부위, 및/또는 원격 조작식 아암 및 기구를 모델링하는 가상 환경이 표시될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 사용자는 시뮬레이션된 절차에서 하나 이상의 기능을 제어하기 위해 관찰측 카트 상에 제어부를 사용하도록 요구될 수 있다.

[0121] 다른 구현예에서, 관찰측 카트는 해부학적 모델 없이 그리고/또는 환자측 카트 없이 셋업 절차에 사용된다. 예를 들어, 사용자는 수술 영역 내의 관찰측 카트의 위치설정, 및/또는 외과의사 콘솔과 같은 다른 구성요소에 대한 관찰측 카트의 위치설정시에 테스트될 수 있다.

[0122] 몇몇 구현예에서, 하나 이상의 외과의사 콘솔은 시뮬레이션된 셋업 절차 내에 포함될 수 있다. 예를 들어, 수술 영역 내의 외과의사 콘솔의 위치설정이 시뮬레이션될 수 있다. 외과의사 피훈련자는 또한 해부학적 모델 상의 포트 선택과 같은, 셋업 절차 중에 몇몇 작업을 수행하도록 요구될 수 있다. 외과의사 콘솔은 단독으로, 또는 환자측 카트, 관찰측 카트, 및/또는 해부학적 모델과 같은 다른 구성요소와 함께 사용될 수 있다. 예를 들어, 셋업 절차는 단지 외과의사 콘솔 및 해부학적 모델만을 포함할 수 있고, 여기서 수술 영역 내의 구성요소의 위치설정, 및 해부학적 모델 상의 기구의 셋업이 시뮬레이션된다. 일 예에서, 모델의 물리측에 기반하는 가상 수술 부위는 사용자가 모델 내에 수동 기구를 셋업하는 동안 외과의사 콘솔에 의해 표시될 수 있다.

[0123] 시뮬레이션 시스템의 임의의 다른 구성요소는 또한 셋업 시뮬레이션에서 단독으로 또는 다른 구성요소와 함께 사용될 수 있다. 예를 들어, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 사용된 시스템 구성요소를 모니터링할 수 있고, 조수는 수술 영역 또는 수술실 내에서 정확하게 각각의 시스템 구성요소를 위치설정하도록 요구될 수 있다.

[0124] 몇몇 구현예에서, 셋업 절차는 단지 수행된 시뮬레이션일 수 있다. 다른 구현예에서, 수술 동작의 시뮬레이션은 실제 수술 절차에서와 같이, 셋업 절차 후에 수행될 수 있다. 대안적으로, 시뮬레이션된 수술 동작은 셋업 절차의 시뮬레이션 없이, 그 자체로 수행될 수 있다.

[0125] 수술 동작의 시뮬레이션은 다양한 구현예를 사용하여 수행될 수 있다. 일 구현예에서, 단지 외과의사 콘솔만이 사용되고, 시뮬레이션 구성요소는 콘솔을 조작하는 외과의사 피훈련자에 의해 제공된 사용자 입력에 기초하여 가상 수술 기구가 가상 수술 부위에서 가상 구조를 조작하는 것으로 표시되어 있는 가상 환경 시뮬레이션을 제공한다.

[0126] 다른 구현예에서, 단지 외과의사 콘솔(들) 및 해부학적 모델은 시뮬레이션된 수술 동작에 사용된다. 예를 들어, 원격 조작식 수술 기구는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)에 의해 가상 환경에서 표시되고 콘솔 피훈련자에 의해 제어된 가상 기구일 수 있다. 하나 이상의 실제 수동 기구는 모델 내에 삽입되고 조수 피훈련자에 의해 제어될 수 있는데, 여기서 수동 기구 위치는 모델의 센서를 사용하여 시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 의해 추적되어, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소가 가상 원격 조작식 수술 기구 옆의 가상 환경 내에 수동 기구 텁, 또는 화상 캡처된 수동 기구의 가상 버전을 표시하게 한다.

[0127] 다른 변형예에서, 외과의사 콘솔 및 환자측 카트(106)는 수술 동작에 사용된다. 몇몇 예에서, 가상 환경은 예를 들어, 외과의사 콘솔(104)의 디스플레이 상에, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)에 의해 표시된다. 외과 의사 콘솔을 조작하는 피훈련자는 환자측 카트의 물리적 아암 및 수술 기구를 제어하는 입력을 제공하지만, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 시뮬레이션 시스템의 디스플레이 상에 수술 부위에서 이들 기구의 대응 가상 버

전을 표시한다. 따라서, 실제 또는 더미 기구가 환자측 카트의 수술 기구를 위해 사용될 수 있다. 이러한 구현예의 일 예가 도 7a 및 도 7b와 관련하여 이하에 개시된다.

[0128] 다른 변형예에서, 외과의사 콘솔 및 환자측 카트는 물리적 수술 부위가 외과의사 콘솔의 디스플레이 디바이스 상에 표시되는 시뮬레이션된 수술 동작에서 사용된다. 예를 들어, 물리적 수술 부위의 화상을 캡처하는 카메라를 갖는 하나 이상의 내시경(또는 다른 활상 기구)을 포함하는, 실제 완전하게 기능하는 수술 기구가 물리적 모델 내에 삽입된다. 화상은 콘솔 디스플레이 상에 표시된다. 콘솔 사용자는 따라서 그 또는 그녀가 조작하는 실제 기구를 볼 수 있다. 시뮬레이션 시스템은 파라미터 기록, 안내 및 평가 제공 등을 포함하여, 시뮬레이션을 조절할 수 있다. 이러한 구현예의 일 예가 도 9a 및 도 9b에 대해 이하에 개시된다.

[0129] 다른 변형예에서, 사용자에 표시된 화상은 생성된 가상 그래픽과 물리적 수술 부위의 캡처된 화상의 조합일 수 있다. 예를 들어, 일반적인 가상 기구가 다른 물리적 기구의 캡처된 화상 옆에 표시될 수 있고, 또는 물리적 기구의 화상이 실제 수술 부위처럼 보이도록 생성된 가상 배경 옆에 표시될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 물리적 수술 부위의 화상은 물리적 수술 부위의 화상의 부분 위에 표시되는 증강된 화상과 조합될 수 있다. 예를 들어, 그래픽이 물리적 부위의 화상 위에 중첩될 수 있어, 의료 절차 전, 중 후에, 상황, 명령, 경고, 및 다른 정보와 같은 피드백 정보를 제공한다.

[0130] 다른 변형예에서, 관찰측 카트가 시스템 내에 포함된다. 수술 부위의 상기 디스플레이 중 임의의 것이 또한 조수 사용자에 의해 전망되는 관찰측 카트 상의 하나 이상의 디스플레이 상에 표시될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 외과의사 콘솔 및 관찰측 카트는 몇몇 구현예에서 상이한 뷰 화상 또는 뷰를 표시할 수 있다. 예를 들어, 시뮬레이션 시스템의 몇몇 디스플레이 스크린은 물리적 수술 부위의 내시경 또는 카메라 뷰를 표시할 수 있고, 반면에 시스템의 다른 디스플레이 스크린은 물리적 수술 부위에 대응하는 가상 환경을 표시할 수 있다. 예를 들어, 물리적 부위의 카메라 뷰는 부위에서 수동 기구를 조작하기 위해 조수 사용자를 위한 관찰측 카트에 의해 표시될 수 있다. 한편, 물리적 부위에 대응하는 가상 환경이 외과의사 콘솔 상에 표시될 수 있다. 다른 예에서, 관찰측 카트는 외과의사 콘솔에 의해 표시된 수술 부위의 화상 대신에 또는 추가하여 설명 피드백을 표시할 수 있다.

[0131] 도 7a는 본 명세서에 설명된 다수의 구성요소의 예를 포함하는 시뮬레이션 시스템(700)의 일 예를 도시한다. 외과의사 콘솔(704)은 제어부를 조작하기 위해 콘솔에 앉아 있는 외과의사 또는 외과의사 피훈련자와 같은 사용자를 위한 제어부를 제공할 수 있고, 디스플레이 스크린(도 5b에 도시됨)을 또한 포함할 수 있다. 환자측 카트(706)는 아암의 단부에 수술 기구를 포함하고 외과의사 콘솔(504)에서 사용자에 의해 조작된 제어부에 응답하는 다수의 조작기 아암(714)을 포함한다. 수술실 테이블(722)이 환자측 카트(706)에 인접하여 위치되고, 환자측 카트의 수술 기구를 수용할 수 있는 해부학적 모델(720)을 포함할 수 있다(본 예에서 모델은 수술 테이블 위에 천으로 덮여있음). 관찰측 카트(708)는 디스플레이 스크린(726) 및 전자 장비와 같은 다른 구성요소를 포함할 수 있다. 본 예에서, 디스플레이 스크린(726)은 시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 의해 생성된 가상 수술 부위를 표시한다. 예를 들어, 모델(720)은 단지 하나 이상의 구멍을 갖지만 임의의 내부 물리적 수술 부위는 갖지 않는 표면 또는 물체일 수 있고, 여기서 스크린(726) 상의 가상 수술 부위는 임의의 물리적 대응 부위에 기초하지 않는다. 상이한 예에서, 스크린(726) 상에 표시된 가상 수술 부위는 모델(720) 내에 포함된 물리적 부위에 적어도 부분적으로 대응할 수 있다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 외과의사 콘솔(704), 환자측 카트(706) 등과 같은 시스템(700)의 구성요소 중 하나 이상 내에 위치될 수 있고, 또는 그 자신의 하우징(도시 생략) 내에 위치될 수 있다.

[0132] 도 7b에서, 외과의사 콘솔(704) 상에 제공된 예시적인 디스플레이 스크린(740)이 도시되어 있다. 몇몇 구현예에서, 2개의 입체 디스플레이 스크린(740)은 3D 뷰를 표시하도록 제공될 수 있고, 그리고/또는 스크린(740)은 터치 반응식 스크린일 수 있다. 본 예에서, 디스플레이 스크린(740)은 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(104)에 의해 생성된 가상 환경을 표시한다. 예를 들어, 가상 기구 팁(742)(예를 들어, 엔드 이펙터 또는 다른 단부 부분)이 표시되고, 콘솔(704)에서 제어부의 사용자 조작에 기초하여 디스플레이 스크린(740) 상에 이동된다. 이를 표시된 가상 기구 팁(742)은 또한 모델(720) 내에서 이동되는 환자측 카트(706)에서 물리적 기구 팁을 추적한다. 물체(746)의 부분을 봉합하는데 사용된 기구 팁(742)에 의해 파지된 스크린(744)와 같은, 환경 내의 물체가 또한 표시된다. 몇몇 구현예에서, 가상 스크린(744)은 가상 환경 내에서 생성되고, 그리고/또는 물체(746)는 모델(720) 내의 임의의 물리적 물체와는 상이한 새로운 가상 물체로서 생성된다. 다른 구현예에서, 가상 스크린(744)은 물리적 기구 팁에 의해 모델(720) 내에서 조작되는 물리적 스크린(744)에 대응할 수 있다. 유사하게, 조작된 물체(746)는 모델(720) 내의 물리적 물체에 또한 대응할 수 있다.

- [0133] 몇몇 구현예에서, 도 7a에 도시된 바와 같이, 관찰측 카트(708) 상의 디스플레이 스크린(726)은 콘솔(704)의 스크린(740) 상에 표시된 동일한 환경을 표시할 수 있다. 이는 조수 사용자가 콘솔 사용자가 견망하여 동작 절차 중에 더 큰 보조를 허용하는 장면을 견망할 수 있게 한다.
- [0134] 다른 구현예에서, 환자측 카트(706) 상의 내시경 또는 다른 활상 디바이스는 모델(720) 내의 물리적 부위의 화상을 캡처할 수 있고, 실제 물리적 부위의 이를 화상은 생성된 가상 환경 대신에, 또는 몇몇 가상의 생성된 물체와 조합하여 디스플레이 스크린(740) 및/또는 디스플레이 스크린(726) 상에 표시될 수 있다.
- [0135] 도 8은 도 7a에 도시된 환자측 카트(706)에 유사한 환자측 카트(106) 내에 포함될 수 있는 예시적인 원격 조작식 의료 디바이스(800), 및 예시적인 해부학적 모델의 사시도이다. 디바이스(800)는 다수의 조작기 아암을 포함할 수 있는데, 여기서 각각의 아암은 하나 이상의 수술 기구에 결합된다. 예를 들어, 각각의 아암은 환자를 위한 모델 내의 각각의 포트 또는 캐뉼러에 결합될("도킹될") 수 있는 원격 조작식 조작기로 고려될 수 있고, 조작기는 캐뉼러 및 캐뉼러를 통해 그리고 모델 또는 환자 내로 연장하여 물리적 수술 부위에 도달하는 기구의 모두를 제어한다. 예를 들어, 일 기구(802)는 카메라 또는 내시경 기구일 수 있고, 3개의 다른 기구(804, 806, 808)는 수술 동작 기구일 수 있다.
- [0136] 수술실 환경에서 환자 상의 작업의 시뮬레이션을 향상시키는데 사용되는 해부학적 모델(820)의 예가 도시되어 있다. 모델(820)은 환자의 표면을 시뮬레이션하는 상부면 및 캐뉼러 및 수술 기구가 그를 통해 삽입되는 다수의 구멍(822)을 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 하나의 캐뉼러 및 기구는 각각의 구멍 내에 삽입될 수 있고, 반면에 다른 구현예에서, 다수의 캐뉼러 및/또는 기구는 단일 구멍(예를 들어, 단일 부위)을 통해 삽입될 수 있다. 모델(820)은 가요성 재료, 스퀘드, 와이어 상의 비드 등과 같은, 실습 물체를 조작하는 물리적 실습이 발생할 수 있는 하나 이상의 물리적 수술 부위(824)를 유지할 수 있는 중공 공간을 아래에 또는 내부에 포함할 수 있다.
- [0137] 모델(820)은 테이블 상의 환자의 위치에 대응하는 위치에서 수술 테이블[전술된 테이블(722)과 같은] 상에 배치된다. 셋업 시뮬레이션 절차의 몇몇 구현예에서, 상이한 수술 동작이 다양한 상이한 포트 배치를 필요로 할 수도 있고, 훈련되는 사용자는 일 수술 동작을 위한 일 장소(예를 들어, 수술 테이블의 푸트에서, 환자의 다리 사이의 장소를 시뮬레이션함) 그리고 다른 수술 동작을 위한 제2 위치에서(예를 들어, 수술 테이블의 측에서) 디바이스(800)를 위치설정할 필요가 있을 수도 있다. 해부학적 모델(820) 및 실습의 몇몇 예는 본 명세서에 그대로 참조로서 합체되어 있는 발명의 명칭이 "수술 훈련을 위한 해부학적 모델 및 방법(Anatomical Model and Method for Surgical Training)"인 계류중인 미국 특허 출원 제13/968,253호에 설명되어 있다.
- [0138] 도 9a는 본 명세서에 설명된 다수의 구성요소의 예를 포함하는 시뮬레이션 시스템의 다른 예(900)를 도시한다. 도 7a에 유사하게, 외과의사 콘솔(904)은 사용자를 위한 제어부를 제공할 수 있고, 하나 이상의 디스플레이 스크린(도 9b에 도시된 예)을 또한 포함할 수 있다. 환자측 카트(906)는 아암의 단부에 수술 기구를 포함하고 외과의사 콘솔(904)에서 사용자에 의해 조작된 제어부에 응답하는 다수의 조작기 아암(914)을 포함한다. 수술실 테이블(922)이 환자측 카트(906)에 인접하여 위치되고, 전술된 바와 같이 유사하게 해부학적 모델(920)을 포함할 수 있다. 관찰측 카트(908)는 디스플레이 스크린(926) 및 전자 장비와 같은 다른 구성요소를 포함할 수 있다. 본 예에서, 디스플레이 스크린(926)은 도 9b에서 후술되는 바와 같이 외과의사 콘솔의 스크린 상에 표시된 환경에 유사한 가상 환경을 표시한다. 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)에 대응하는 구성요소가 전술된 바와 같이 유사하게 시스템(900)의 구성요소 중 하나 이상 내에 위치될 수 있다.
- [0139] 시뮬레이션 시스템(900)은 복강경 기구로서 도시되어 있는 수동 기구(930)와 같은 수동 수술 기구를 또한 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 수동 기구(930)는 외과의사 사용자가 외과의사 콘솔(904)을 사용하여 원격 조작식 수술 기구를 제어하는 동안, 시뮬레이션된 수술 동작 중에 모델(920) 내로 또는 그에 대해 조수 사용자에 의해 안내되고 조작될 수 있다. 외과의사 피훈련자, 조수 피훈련자는 시뮬레이션 중에 함께 훈련할 수 있다. 다른 구현예에서, 외과의사 피훈련자는 외과의사 콘솔(904)을 조작할 수 있고 하나 이상의 수동 기구(930)를 조작할 수 있는데, 여기서 예를 들어 하나 이상의 원격 조작식 기구가 시뮬레이션 시스템(예를 들어, 내시경 기구)에 의해 동작될 수 있다. 몇몇 구현예는 원격 조작식 기구를 사용하여 수술 동작의 시뮬레이션을 가능하게 하고 이어서 하나 이상의 수동 기구를 사용하여 동일한 수술 동작의 시뮬레이션을 가능하게 할 수 있다. 이들 2개의 시뮬레이션의 결과는 이어서 시스템에 의해 비교되고, 결과가 요약될 수 있다. 수동 기구(930)를 포함하는 몇몇 구현예가 후술된다.
- [0140] 도 9b에서, 외과의사 콘솔(904) 상에 제공될 수 있는 예시적인 디스플레이 스크린(940)이 도시되어 있다. 본 예에서, 디스플레이 스크린(940)은 2D 또는 3D 환경일 수 있고 몇몇 구현예에서 터치 반응식 스크린 상에 표시

될 수 있는 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(104)에 의해 발생된 가상 환경을 표시한다. 본 예에서, 가상 환경은 도 7b의 발생된 실습 환경 대신에 신체 조직 및 다른 신체 구성요소를 포함하여, 실제 환자 내의 실제 환자 수술 부위를 시뮬레이션하는 내부의 실제적인 배경을 제시한다. 가상 기구 텁(942)이 표시되고 콘솔(904)에서 제어부의 사용자 조작에 기초하여 디스플레이 스크린(940) 상에 이동된다. 표시된 기구 텁(942)은 또한 모델(920) 내의 물리적 수술 부위에서 이동된 환자측 카트(906)의 물리적 기구 텁을 추적한다.

[0141] 기구 텁 또는 엔드 이팩터(942a)에 의해 파지되어 실습으로서 가상 물체(948)를 따르는 트랙(946)을 따라 이동되는 링(944)과 같은 가상 환경 내의 물체가 또한 표시된다. 몇몇 구현예에서, 링(944) 및 와이어 트랙(946)은 가상 기구(942)에 대응하는 물리적 기구에 의해 조작되는 모델(920) 내에 제공된 물리적 대응 물체를 가질 수 있다. 다른 구현예에서, 가상 물체의 하나 이상에 대응하는 물리적 물체가 존재할 필요는 없다. 예를 들어, 가상 물체의 어느 것도 물리적 기구에 대응할 필요가 없고, 여기서 환자측 카트의 물리적 기구는 더미 기구일 수 있다. 또는, 단지 가상 기구는 모델 내에 어느 것과도 상호작용하지 않는 물리적 기구와 대응할 수 있다.

[0142] 예를 들어, 기구 텁(942b)은 모델(920) 내의 물리적 부위에서 어떠한 물리적 대응 물체도 갖지 않는 가상 물체(950)를 파지하고 있을 수 있다. 몇몇 구현예에서, 햅틱 출력이 외과의사 콘솔의 하나 이상의 액추에이터를 사용하여 외과의사 콘솔(904)의 제어부 상에 제공될 수 있어, 물체(950)를 조작하는 감각을 사용자에게 제공한다.

[0143] 몇몇 구현예에서, 기구 텁(952)은 스크린(840) 상에 그리고 가상 환경 내에 표시될 수 있다. 예를 들어, 텁(952)은 해부학적 모델(920) 내에 삽입되어 있는 도 9a에 도시된 수동 기구(930)와 같은 수동 기구에 대응할 수 있다. 기구(930)의 물리적 단부 또는 텁은 본 명세서의 몇몇 구현예에서 설명된 바와 같이 모델(920) 내에서 추적될 수 있고, 그 대응 가상 텁(952)은 스크린(940)의 가상 환경 내에서 이에 따라 이동된다. 예를 들어, 가상 텁(952)은 모델(920) 내의 물리적 물체와 대응하는 가상 물체와 그리고/또는 대응하는 물리적 물체가 없는 가상 물체와 상호작용하도록 표시될 수 있다.

[0144] 도 10a 내지 도 10c는 해부학적 모델 내의 기구를 추적하는 것에 관련된 예를 도시한다. 도 10a는 환자측 카트(1002) 및 해부학적 모델(1004)의 예시적인 구현예(1000)의 개략도이다. 환자측 카트(1002)의 조작기 아암(1006a, 1006b, 1006c)은 수술 기구(1008a, 1008b, 1008c) 각각인 동작 기구를 포함하고, 조작기 아암(1006d)은 내시경 기구(1008d)인 동작 기구를 포함한다. 각각의 기구(1008a 내지 1008d)는 연계된 캐뉼러(1010a, 1010b, 1010c, 또는 1010d) 각각 내에 삽입된다[예를 들어, 기구는 캐뉼러(1010) 내의 투관침일 수 있고, 또는 캐뉼러(1010)는 몇몇 예에서, 모델(1010) 내의 초기 삽입을 위한 것과 같은 투관침(1008)의 부분일 수 있음]. 캐뉼러(1010)는 모델(1004)의 구멍 내에 삽입된다.

[0145] 예를 들어, 내시경 기구(1008d)는 모델(1004) 내에 삽입된 기구 및 캐뉼러를 감지할 수 있는 것에 대해 그 자신의 감지 기준 원점(1014)을 가질 수 있다. 예를 들어, 내시경 카메라는 캐뉼러가 카메라의 시야 내로 이동될 때 모델 내의 캐뉼러(1010)의 화상을 캡처할 수 있다.

[0146] 모델(1004)은 모델(1004) 내에 삽입된(또는 다른 방식으로 상호작용하는) 기구를 추적하기 위한 그 자신의 감지 시스템을 또한 포함할 수 있다. 도 10a의 예시적인 구현예에서, 하나 이상의 센서가 캐뉼러(1010)를 감지하기 위해 모델(1004) 내에 제공된다. 본 예에서, 카메라 시스템(1020)은 모델(1004)의 내부를 감지하기 위해 모델(1004)의 내부 기부 상에 위치된다. 예를 들어, 카메라 시스템(1020)은 모델(1004)과 같은 환자측 요소(PSE) 부근에 또는 내에 위치될 수 있고, 또는 모델의 하부 또는 측면의 다른 위치에 위치될 수 있다. 카메라 시스템(1020)은 따라서 모델 내에 삽입되는 캐뉼러(1010)의 위치를 표시하는 화상, 뿐만 아니라 캐뉼러(1010)를 통해 삽입된 수술 기구(1008)의 위치를 표시하는 화상을 계속 캡처한다. 카메라 시스템(1020)은 따라서 카메라 시스템에 의해 캡처된 화상을 위한 기준점인 그 자신의 감지 기준 원점(1022)을 갖는다. 도 10a의 예에서, 해부학적 모델 내의 캐뉼러(1010)의 위치를 결정하는데 있어서 스테레오 삼각측량법을 허용하기 위해 2개의 카메라가 카메라 시스템(1020) 내에 도시되어 있다. 다른 구현예에서, 카메라 시스템(1020)은 단일의 카메라, 또는 캐뉼러 및 기구의 위치 또는 모션을 캡처하기 위한 다른 유형의 센서를 포함할 수 있다.

[0147] 도 10b는 도 10a의 모델(1004)을 갖는 카메라 시스템(1020)과 같은, 해부학적 모델 내의 카메라 시스템의 예시적인 뷰(1050)를 도시한다. 카메라 시스템(1020)은 2개의 카메라를 포함하고, 좌측뷰(1052)는 카메라들 중 하나의 뷰이고, 우측뷰(1054)는 다른 카메라의 뷰이다. 상부면(1056) 및 하부면(1058), 뿐만 아니라 모델의 상부 내의 구멍(1060)이 도시되어 있다. 캐뉼러(1010)는 모델의 특정 구멍을 통해 삽입되어 보일 수 있다. 2개의 카메라를 갖는 본 예에서, 스테레오 삼각측량법이 카메라의 원점 시스템을 참조하여 각각의 캐뉼러(1010)의 위치를 정확하게 결정하는데 사용될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 각각의 캐뉼러(1010)는 개별 마크 또는 다른 특징으로 각각의 다른 캐뉼러(1010)로부터 구별될 수 있다. 예를 들어, 각각의 캐뉼러(1010)는 감지 시스템

(1020)에 의해 각각의 캐뉼러(1010)의 용이한 구별을 허용하기 위한 상이한 외부 컬러를 가질 수 있다.

[0148] 도 10c는 표면 내에 구멍(1060)을 포함하는, 모델(1004)의 상부면의 외부면의 평면도를 도시한다. 마크(1070)는 카메라 시스템(1020)에 의해 검출되었던 캐뉼러(1010)가 그를 통해 삽입되어야 하는 특정 구멍을 지시한다. 이러한 뷰는 카메라 시스템(1020)의 감지뷰 및 시각적 소프트웨어에 사용된 해부학적 모델(1004)의 3D 컴퓨터 지원 설계(computer-aided design: CAD) 모델에 기초하여 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(104)에 의해 생성될 수 있다. 도 10c의 뷰는 시뮬레이션된 의료 절차 중에 설명 또는 안내 목적으로 모델을 위한 포트 배치를 표시하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 마킹된 사용된 포트를 표시하는 뷰가 시뮬레이션되는 특정 의료 절차에 사용될 정확한 포트를 표시하는 유사한 뷰 옆에 표시될 수 있다.

[0149] 수동 기구는 전술된 캐뉼러 및 원격 조작식 기구에 유사하게 감지 시스템(1020)에 의해 추적될 수 있다. 예를 들어, 수동 복강경 도구가 추적될 수 있다. 다른 기구는 자궁 조작기, 수축 도구, 바늘 통과 도구, 다른 조작기 아암 또는 시뮬레이션 시스템의 개별 구성요소에 부착된 기구, 또는 환자측 카트로부터 분리된 기구 또는 디바이스가 시뮬레이션 환경 내로 추적되고 합체되는 다른 기구를 포함할 수 있다.

[0150] 도 11a 및 도 11b는 원격 조작식 및 수동 수술 기구의 모두의 사용을 포함하는 시뮬레이션된 의료 절차에서 해부학적 모델(1100)의 사용의 일 예의 개략도이다. 도 11a는 모델(1100) 및 삽입된 기구의 외부도이고, 도 11b는 모델(1100)의 내부도이다. 모델(1100)은 전술된 모델과 유사할 수 있고, 캐뉼러(1104)가 셋업 절차 중에 그를 통해 삽입되어 있는 구멍(1102)을 모델의 상부 선반부 내에 포함한다. 복강경 기구 및 내시경과 같은 원격 조작식 수술 기구가 캐뉼러(1104) 내에 삽입될 수 있다. 대안적으로, 수동 복강경 기구(1110)와 같은 수동 수술 기구가 캐뉼러(1104) 중 하나 이상 내에 삽입될 수 있다.

[0151] 본 구현예에서, 센서는 캐뉼러(1104) 및 기구(1110)와 같은 수동 기구를 감지하도록 모델(1100) 내에 제공될 수 있다. 본 예에서, 카메라 시스템(1112)은 도 10a에 대해 설명된 바와 유사하게 모델(1100)의 내부를 감지하기 위해 모델(1100)의 내부 기구 상에 위치된다. 카메라 시스템(1112)은 따라서 캐뉼러(1104)가 모델 내에 삽입될 때를 나타내는 화상, 뿐만 아니라 수술 기구가 캐뉼러(1104) 내에 삽입될 때를 나타내는 화상을 캡처할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 원격 조작식 수술 기구의 위치는 원격 조작식 아암 내의 센서에 기초하여 미리 알려지기 때문에, 이러한 기구는 추적될 필요가 없고, 예를 들어 모델(1100)의 내부 중공부 내로 연장하지 않는 더미 기구가 사용될 수 있다.

[0152] 카메라 대신에 다른 유형의 센서가 다른 구현예에서 사용될 수 있다. 예를 들어, 전자기 센서, 다른 광학 센서 등이 캐뉼러 및 수동 수술 기구를 감지하는데 사용될 수 있다.

[0153] 도 12는 도 11a 내지 도 11b를 참조하여, 하나 이상의 시뮬레이션된 수술 절차에서 원격 조작식 수술 기구 및 수동 수술 기구의 모두를 갖는 해부학적 모델을 사용하기 위한 예시적인 방법을 도시하는 흐름도이다. 몇몇 구현예에서, 블록 1202 내지 1208은 시뮬레이션된 셋업 절차 중에 수행될 수 있고, 블록 1210 및 1212는 시뮬레이션된 수술 동작 중에 수행될 수 있다(블록 1210은 또한 시뮬레이션된 셋업 절차 중에 수행될 수 있음).

[0154] 블록 1202에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 환자측 카트의 원격 조작식 아암에 대한 모델(1100)의 위치를 수신할 수 있다. 예를 들어, 아암들 중 하나의 단부에서 원격 조작식 기구는 3D 공간에서 모드의 장소를 설정하기 위해 다수의 장소에서 모델에 접촉(정합)하도록 이동될 수 있다. 다른 구현예에서, 블록 1202는 생략되거나 이후의 시간에 수행될 수 있는데, 예를 들어 모델 장소는 원격 조작식 아암 내의 센서를 사용함으로써 이하의 블록 1206에서 캐뉼러에 기구를 도킹한 후에 원격 조작식 기구에 대해 결정될 수 있다.

[0155] 블록 1204에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 모델(1100) 내의 캐뉼러(1104)의 삽입을 감지하고, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 캐뉼러(1104)의 위치 및 배향을 추정한다. 예를 들어, 카메라 시스템(1112)과 같은 센서가 시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 신호를 송신할 수 있다. 블록 1206에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 예를 들어, 환자측 카트의 조작기 아암 내의 센서로부터의 신호에 기초하여, 캐뉼러(1104) 내의 원격 조작식 더미 기구의 도킹 및 삽입을 감지한다. 다른 구현예에서, 전체 수술 기구는 캐뉼러(1104) 내에 도킹되고 삽입될 수 있다. 블록 1208에서, 센서[카메라 시스템(1112)과 같은] 및 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 기구(1110)와 같은, 캐뉼러(1104) 내의 하나 이상의 수동 기구의 삽입을 감지한다. 블록 1206 및 1208은 임의의 순서로 그리고/또는 적어도 부분적으로 동시에 수행될 수 있다. 블록 1210에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 가상 환경을 생성하고, 원격 조작식 수술 기구 및 수동 수술 기구에 대응하는 가상 환경에서 가상 수술 기구를 생성한다. 블록 1212에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 콘솔 신호, 감지된 원격 조작식 기구, 및 감지된 수동 수술 기구에 기초하여 시뮬레이션된 수술 동작을 실행한다.

[0156]

방법(1200)의 몇몇 구현예는 가상 환경을 표시하는 것과 함께 해부학적 모델 및/또는 원격 조작식 의료 디바이스의 감지 시스템을 사용할 수 있다. 몇몇 예에서, 모델의 일반적인 화상이 원격 조작식 아암 없이 그리고 원격 조작식 아암에 대한 모델의 정확한 위치/배향 없이 표시될 수 있다. 예를 들어, 사용자에 의해 배치된 포트 장소는 원격 조작식 아암 운동역학을 사용하지 않고 모델 내부의 카메라를 사용하여 식별될 수 있다. 명령은 원격 조작식 아암을 모델에 도킹하기 전에 부정확한 포트 장소를 조정하기 위해 사용자에게 제공될 수 있다. 일단 도킹되면, 아암 운동역학이 원격 조작식 의료 디바이스에 대한 모델의 위치 및 배향을 추정하는데 사용될 수 있다. (다른 구현예는 원격 조작식 아암 센서를 사용하는 대신에, 환자측 카트에 대한 모델의 자세 및 장소를 추정하기 위해 해부학적 모델 내에 또는 상에 배치된 센서를 사용할 수 있다.) 수술 부위 및/또는 수술실의 전체 장면이 이어서 피훈련자에 표시될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 모델 내의 센서는 원격 조작식 디바이스에 대한 것인 모델의 추정치를 제공하도록 수술 기구를 추적할 수 있고, 이 장소의 추정치는 모델이 피훈련자에 의해 범프되거나 이동되는 경우에 정확한 상태 모델 장소를 연속적으로 제공하기 위해 절차 또는 동작 중에 업데이트될 수 있다.

[0157]

도 13a 및 도 13b는 수동 수술 기구의 사용을 포함하는 시뮬레이션된 의료 절차에서 해부학적 모델(1300)의 사용의 예의 개략도이다. 모델(1300)은 전술된 모델에 유사할 수 있다. 도 13a는 모델(1300) 및 삽입된 기구의 외부도이고, 도 13b는 모델(1300)의 내부도이다. 모델(1300)은 모델의 상부 부분에 구멍(1302)을 포함한다. 특정 구멍(1306)은 통상적으로 이를 구멍을 통해 삽입된 원격 조작식 기구를 위한 원격 중심으로서 지정될 수 있지만, 원격 조작식 기구를 위한 어떠한 캐뉼러도 이 구현예에서 배치될 필요가 없다. 캐뉼러(1304)와 같은 하나 이상의 캐뉼러가 수동 기구가 삽입될 구멍 내에서 셋업 절차 중에 모델(1300) 내에 삽입된다. 수동 복강경 기구(1310)와 같은 수동 수술 기구는 캐뉼러(1304) 내에 삽입될 수 있다.

[0158]

센서는 캐뉼러(1304)와 같은 캐뉼러 및 기구(1310)와 같은 수동 기구를 감지하기 위해 모델(1300) 내에 제공될 수 있다. 본 예에서, 카메라 시스템(1312)은 모델(1300)의 내부를 감지하기 위해 모델(1300)의 내부 기부 상에 위치된다. 카메라 시스템(1312)은 캐뉼러(1304)가 모델 내에 삽입되었을 때를 나타내는 화상, 뿐만 아니라 수동 수술 기구가 캐뉼러(1304) 내에 삽입되었을 때를 나타내는 화상을 캡처할 수 있다. 원격 조작식 수술 기구용 구멍(1306)은 모델의 공지의 기하학 구조 및 시뮬레이션되는 특정 의료 절차에 기초하여 시뮬레이션 프로세서에 의해 위치될 수 있다. 따라서, 이를 특정 구멍 장소는 아암 원격 중심을 점유할 수 있고, 어떠한 캐뉼러도 추적될 필요가 없고, 또한 임의의 원격 조작식 수술 기구가 모델과 도킹될 필요도 없다. 따라서, 이 구현예는 수동 수술 기구의 사용을 포함하고 환자측 카트의 사용을 필요로 하지 않는 시뮬레이션을 위해 사용될 수 있는데, 예를 들어 원격 조작식 수술 기구는 모두 시뮬레이션 프로세싱 구성요소에 의해 제공된 가상 환경에서 생성된 가상 기구일 수 있다.

[0159]

카메라 대신에 다른 유형의 센서가 다른 구현예에서 사용될 수 있다. 예를 들어, 전자기 센서, 다른 광학 센서 등이 캐뉼러 및 수동 수술 기구를 감지하는데 사용될 수 있다.

[0160]

도 14는 도 13을 참조하여, 시뮬레이션된 의료 절차 내의 수동 수술 기구를 사용하기 위한 예시적인 방법(1400)을 도시하는 흐름도이다. 몇몇 구현예에서, 블록(1402, 1406)은 시뮬레이션된 셋업 절차 중에 수행될 수 있고, 블록(1408, 1410)은 시뮬레이션된 수술 동작 중에 수행될 수 있다(블록 1408은 또한 셋업 절차 중에 수행될 수 있음).

[0161]

블록 1402에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소(102)는 원격 조작식 수술 기구가 그를 통해 삽입될 것인 모델 내의 구멍(원격 조작식 기구의 원격 중심) 및 수술 부위의 위치를 점유하는 것을 포함하여, 모델(1300)의 위치 및 배향을 점유한다. 이를 행하기 위해, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 모델의 기하학 구조 및 그 구멍 및 물리적 수술 부위 장소, 뿐만 아니라 셋업되는 수술 동작에 사용된 특정 구멍을 인지한다. 블록 1404에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 모델(1300)의 센서를 사용하여 모델(1300) 내의 캐뉼러(1304)의 삽입을 감지하고, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 캐뉼러(1304)의 위치 및 배향을 추정한다. 블록 1406에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 기구(1310)와 같은 캐뉼러(1304) 내의 하나 이상의 수동 기구의 삽입을 감지한다. 블록 1408에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 가상 환경을 생성하고, 원격 조작식 수술 기구 및 수동 수술 기구에 대응하는 가상 환경에서 가상 수술 기구를 생성한다. 수동 수술 기구와 모델(1300) 내의 원격 조작식 기구를 위한 점유된 구멍 장소 사이의 상대 위치는 가상 환경에서 이를 기구의 상대 위치설정을 가능하게 한다. 블록 1410에서, 시뮬레이션 프로세싱 구성요소는 시뮬레이션된 수술 동작을 실행하고 콘솔 신호(가상 원격 조작식 수술 기구를 이동시키기 위한) 및 감지된 수동 수술 기구에 기초하여 가상 환경을 업데이트한다.

[0162]

본 명세서에 설명된 특징부는 다양한 시뮬레이션 구현예에서 광범위한 기능성 및 장점을 제공한다. 예를 들어,

시뮬레이션 프로세싱 구성요소(예를 들어, 프로세싱 유닛)는 외과의사 콘솔(예를 들어, 마스터 제어기를 갖는) 및/또는 환자측 카트(예를 들어, 슬레이브 조작기 아암 및 기구를 갖는)와 상호작용할 수 있다. 콘솔 마스터는 환자측 카트 상에 기구를 갖거나 갖지 않고(또는 더미 기구를 갖고) 슬레이브 아암을 구동할 수 있다.

[0163] 시뮬레이션 시스템은 시뮬레이션된 수술 동작에 앞서 조작기 아암의 정확한 위치설정 및 시스템 셋업 상의 안내 및 다른 피드백을 시뮬레이션하고 제공할 수 있다. 이는 무생물 훈련 실습 또는 웨트-랩 실습을 사용하여 외과 의사에게 표준화된 일관적인 훈련을 제공하는데 사용될 수 있다. 시뮬레이션된 수술 동작은 전체 의료 절차가 시뮬레이션되게 할 수 있는 시뮬레이션된 셋업 절차를 따를 수 있다. 이는 피훈련자가 부적절하게 수행된 작업의 결과를 볼 수 있게 한다. 예를 들어, 셋업 절차에서 수행된 부적절한 또는 부정확한 작업은 후속의 수술 동작에서 영향을 미칠 수도 있고, 여기서 시뮬레이션 시스템은 피훈련자가 학습하고 향상시키기 위해 이 전체 효과를 시뮬레이션한다.

[0164] 시뮬레이션 시스템은 가상 환경(예를 들어, 설치되면 내시경 피드 및 기구를 무시함), 조합된 또는 증강된 환경(예를 들어, 발생된 그래픽 시각적 오버레이 또는 가상 환경 객체를 갖는 내시경 피드), 또는 완전히 시각적 화상(예를 들어, 내시경) 피드를 표시할 수 있다. 예를 들어, 몇몇 구현에는 외과의사 콘솔 디스플레이 스크린 상에 그리고 하나 이상의 외부 디스플레이 스크린 상에 환자측 카트로부터 가상 환경 및/또는 내시경 비디오 피드를 표시할 수 있다(예를 들어, 2D 또는 3D로). 몇몇 예에서, 가상 또는 증강 화상은 명령 또는 성과 메트릭을 제공하기 위해 임의의 훈련 실습 중에 외과의사 콘솔 상의 디스플레이 시스템을 통해 출력될 수 있다(Intuitive Surgical, Inc.로부터의 TilePro를 사용하는 것과 같이). 예를 들어, 카메라 화상에 중첩된 가상 현실(VR) 또는 다른 발생된 화상, 및/또는 증강 현실(AR) 고스트 화상이 강조된 부정확한 위치, 표시된 기구의 도달 가능성 한계, 및/또는 내부/외부 충돌을 갖는 환자 카트 셋업 조인트와 같은, 시스템 관련 또는 관심 영역을 지시하거나 강조하기 위해 시스템 디스플레이 디바이스 상에 표시될 수 있다. 이는 훈련 절차 중에 오류를 포착하기 위한 훈련 조수의 부담을 감소시킬 수 있다.

[0165] 시스템은 훈련 메트릭을 컴퓨팅하고 순전히 가상 훈련 실습으로서 유사한 인터페이스를 사용하여 이러한 메트릭을 표시하기 위해 콘솔 외과의사에 의해 무생물 훈련 또는 웨트-랩 실습의 완료 중에 마스터 콘솔(들) 및 원격 조작식 슬레이브 의료 디바이스(들)의 운동역학 및 이벤트를 기록할 수 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 시스템은 실제 기구를 사용하는 환자측 실습 및 셋업 절차의 완료 중에 원격 조작식 디바이스의 운동역학 및 이벤트를 기록할 수 있고, 훈련 메트릭을 컴퓨팅하고 순전히 가상 훈련 실습으로서 유사한 인터페이스를 사용하여 이러한 메트릭을 표시할 수 있다. 또한, 시스템은 메트릭을 제공하고 이러한 메트릭을 표시하기 위해 돼지 모델 상의 실습 모듈의 완료 중에(예를 들어, 현장외 훈련 중에) 마스터 및 슬레이브의 운동역학 및 이벤트를 기록할 수 있다. 데이터 및 양자화 및 피훈련자 성과의 추적의 이러한 상세한 집합은 피훈련자 및 시뮬레이션 작업자가 높은 상세로 훈련 경과를 리뷰할 수 있게 하여, 개별 피훈련자 경과 뿐만 아니라 훈련 절차의 식견 및 향상을 유도하고, 따라서 전체 더 큰 훈련 효용성을 허용한다.

[0166] 임의의 훈련 환경 또는 구성으로부터의 모든 데이터는 데이터의 액세스 가능성, 외과의사 훈련의 모니터링 및 시뮬레이션된 절차 중에 피훈련자 요원의 성과, 실습의 표준화, 및 훈련 중에 외과의사로의 피드백(예를 들어, 외과의사 훈련을 향상시키기 위한)을 향상시키기 위해 동일한 방식으로 로컬식으로 또는 원격으로 기록되고 저장될 수 있다. 시뮬레이션 시스템은 시스템 아키텍처와는 별개의 하나의 소프트웨어 플랫폼에 대부분의 훈련 내용을 집중할 수 있는데, 이는 훈련을 수용하기 위한 시스템 소프트웨어를 변경하는 어려움을 회피할 수 있다(잠재적으로, FDA 문제점을 유도하는 등).

[0167] 원격 조작식 의료 디바이스 수술은 임의의 기존의 형태의 수술과는 달리, 수술 및 외과의사 훈련을 기록하고, 추적하고, 모니터링하는 전례가 없는 능력을 제공한다. 본 명세서에 설명된 구현에는 예를 들어, 시뮬레이션 및 훈련 목적으로 수확될 수 있는 데이터 및 이 능력의 사용을 유효하게 할 수 있다. 원격 조작식 및 비-원격 조작식 시스템의 다양한 구현예의 몇몇 부가의 장점은 이하를 포함할 수 있다.

[0168] 본 명세서에 설명된 특징부는 예를 들어, 단일의 원격 조작식 의료 시스템과 같은, 단일 시스템 상에 사용자 훈련 및 평가를 집중할 수 있다. 몇몇 시스템은 모두 단일의 소프트웨어 및 사용자 인터페이스(UI) 프레임워크 하에서, 경과를 모니터링하고 추적하고 피드백을 표시하기 위해 개별의 외과의사 콘솔 및 환자측 카트를 갖는 원격 조작식 의료 시스템 상에 단일의 시뮬레이션 프레임워크를 사용하는 능력을 제공할 수 있다. 몇몇 시스템은 원격 조작식 의료 시스템을 사용하여 웨트-랩 또는 돼지 모델 실습 및 드라이-랩 실습 중에 증강 현실 출력 및 피드백을 제공하는 능력을 제공할 수 있다. 몇몇 시스템은 가상 환경 실습, 무생물 실습, 웨트-랩 또는 돼지 모델 등을 포함하는 다양한 유형의 훈련 실습을 위해 사용된 단일의 소프트웨어 및 하드웨어 아키텍처를 사

용하여 훈련 데이터를 조합하는 능력을 제공할 수 있다. 하나 이상의 특징부는 임의의 훈련 실습 또는 현장외 실험실 실습이 단일의 시뮬레이션 아키텍처를 사용하여 수행될 수 있게 하여 훈련 및 학습을 안내하기 위한 실시간(절차 중에) 및 실습 종료 메트릭을 제공할 수 있다.

[0169] 본 명세서에 특징부는, 특히 시뮬레이터 시스템 상에 일반적으로 구현되지 않는 작업을 위한 훈련 데이터의 액세스 가능성을 향상시킬 수 있다. 특징부는 시스템이 다수의 유형의 훈련 작업을 위해 사용될 수 있기 때문에, 훈련의 표준화를 향상시킬 수 있다. 특징부는 피훈련자를 학습하는 것을 돋기 위해 요원을 훈련함으로써 제공된 것에 추가하여 피드백을 양자화하고 전달함으로써 현장외 훈련 실험실에서 외과의사 훈련을 향상시킬 수 있다. 또한, 특징부는 의료 요원이 다수의 외과의사 피훈련자를 동시에 더 양호하게 관리하는 것(예를 들어, 두 얼 외과의사 콘솔 훈련)을 보조할 수 있다. 더욱이, 특징부는 셋업 절차 중에 수행된 작업을 시뮬레이션함으로써, 그리고 시스템에 의해 결정되고 셋업 실습을 위해 실시간으로 표시된 피드백을 제공함으로써, 임상 판매 대표자(clinical sales representatives: CSRs) 또는 다른 지도자에 의해 수행된 외과의사 훈련을 향상시킬 수 있다.

[0170] 본 명세서에 설명된 특징부는 무생물 훈련 실습, 웨트-랩 훈련 시나리오, 및 VR 기반 훈련 실습을 지원하기 위해 원격 조작식 및 비-원격 조작식 의료 시뮬레이션 시스템의 능력을 확장할 수 있다. 단일의 시뮬레이션 시스템은 예를 들어, 이들의 CSR에 의해, 전용 훈련 전문가(TS)에 의해, 또는 독립적으로 외과의사에 의해 수행된 모든 훈련을 관리하고 기록할 수 있다. 시뮬레이션 시스템은 실제 수술의 외부의 시스템과의 모든 상호작용을 시뮬레이션하는데 사용될 수 있다.

[0171] 본 명세서의 다양한 방법에 설명된 블록은 적절한 경우에 도시된 것과는 상이한 순서로 그리고/또는 동일한 방법(또는 다른 방법)에서 다른 블록과 동시에(부분적으로 또는 완전히) 수행될 수 있다는 것이 주목되어야 한다. 몇몇 구현예에서, 블록들은 방법에서 다수회, 상이한 순서로, 그리고/또는 상이한 횟수로 발생할 수 있다.

[0172] 특징부 및 구현예를 예시하는 이 설명 및 첨부 도면은 한정으로서 취해져서는 안된다. 다양한 기계적, 조성적, 구조적, 전기적 및 작동적 변화가 본 명세서 및 청구범위의 사상 및 범주로부터 벗어나지 않고 이루어질 수도 있다. 몇몇 경우에, 공지의 회로, 구조 또는 기술은 설명된 특징부를 불명료하게 하지 않기 위해 상세히 도시되거나 설명되어 있지 않다.

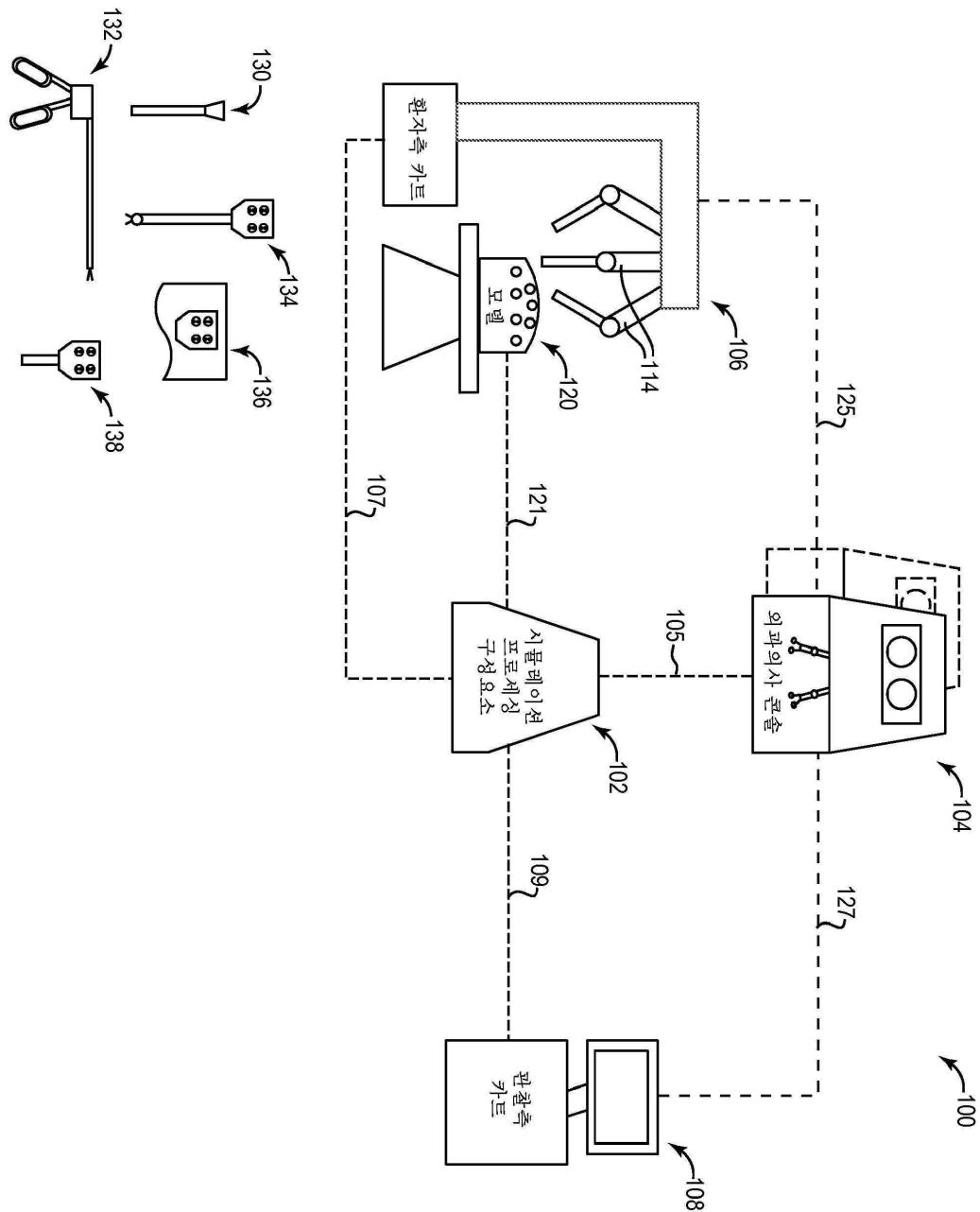
[0173] 또한, 이 설명의 용어는 청구범위의 범주를 한정하도록 의도된 것은 아니다. 예를 들어, 공간적 상대 용어 - "밀에", "아래", "하부", "위", "상부", "근위", "원위" 등과 같은 - 는 도면에 도시된 바와 같이 다른 요소 또는 특징부에 대한 하나의 요소의 또는 특징부의 관계를 설명하는데 사용될 수도 있다. 이를 공간적 상대 용어는 도면에 도시된 위치 및 배향에 추가하여 사용 또는 동작시에 디바이스의 상이한 위치(즉, 장소) 및 배향(즉, 회전 배치)을 포함하도록 의도된다. 예를 들어, 도면의 디바이스가 전복되면, 다른 요소 또는 특징부의 "아래" 또는 "밀에" 있는 것으로서 설명된 요소는 이어서 다른 요소 또는 특징부의 "위" 또는 "상부"에 있게 될 것이다. 따라서, 예시적인 용어 "아래"는 위 및 아래의 위치 및 배향의 모두를 포함할 수 있다. 디바이스는 다른 방식으로 배향될 수도 있고(90도 또는 다른 배향으로 회전됨) 본 명세서에 사용된 공간적 상대 기술자는 이에 따라 해석된다. 마찬가지로, 다양한 축을 따른 그리고 축 주위의 이동의 설명은 다양한 특정 디바이스 위치 및 배향을 포함한다. 게다가, 단수 형태의 표현은 문맥상 달리 지시되지 않으면, 복수의 형태를 마찬가지로 포함하도록 의도된다. 결합된 것으로서 설명된 구성요소는 전기적으로 또는 기계적으로 직접 결합될 수도 있고, 또는 하나 이상의 중간 구성요소를 거쳐 간접적으로 결합될 수도 있다.

[0174] 일 구현예를 참조하여 상세히 설명된 요소는, 하나 이상의 요소가 구현예를 비기능적으로 하거나 또는 상충하는 기능을 제공하지 않으면, 실용적일 때마다, 이를 요소가 구체적으로 도시되거나 설명되지 않은 다른 구현예에 포함될 수도 있다. 예를 들어, 요소가 일 실시예를 참조하여 상세히 설명되고 제2 실시예를 참조하여 설명되지 않으면, 요소는 그럼에도 불구하고 제2 실시예에 포함될 수도 있다.

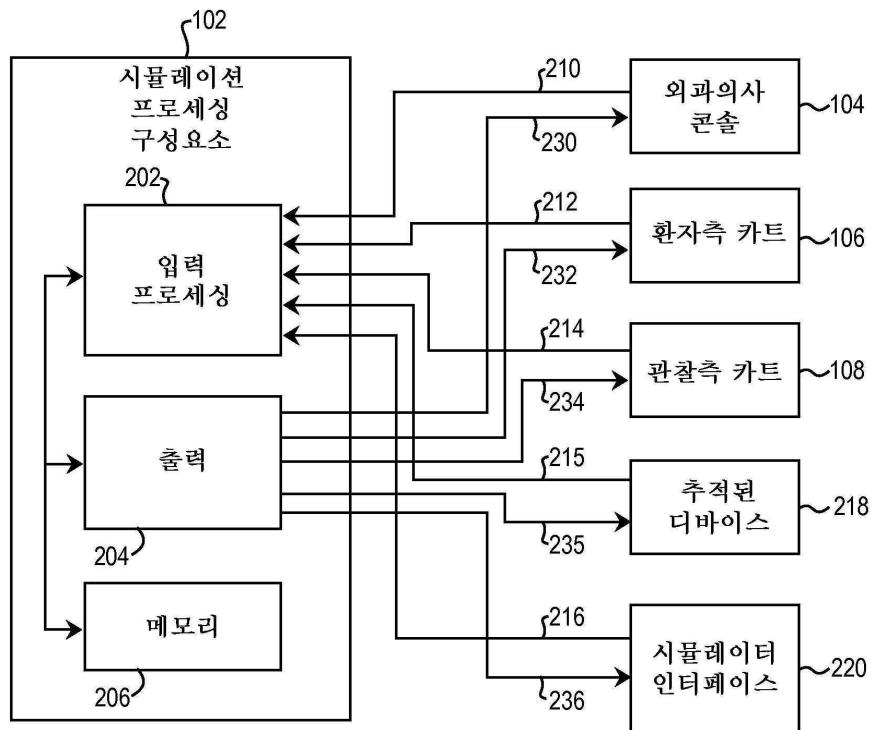
[0175] 본 명세서에 설명된 기능적인 방법, 블록, 특징, 디바이스 및 시스템은 통상의 기술자에 알려진 바와 같이, 일체화되거나 상이한 조합으로 분할될 수도 있다. 개시된 방법 및 동작은 특정 순서로 제시될 수도 있지만, 순서는 상이한 특정 구현예에서 변경될 수도 있다. 몇몇 구현예에서, 본 명세서에서 순차적인 것으로서 도시된 다수의 단계 또는 블록은 적어도 부분적으로 동시에 수행될 수도 있다.

도면

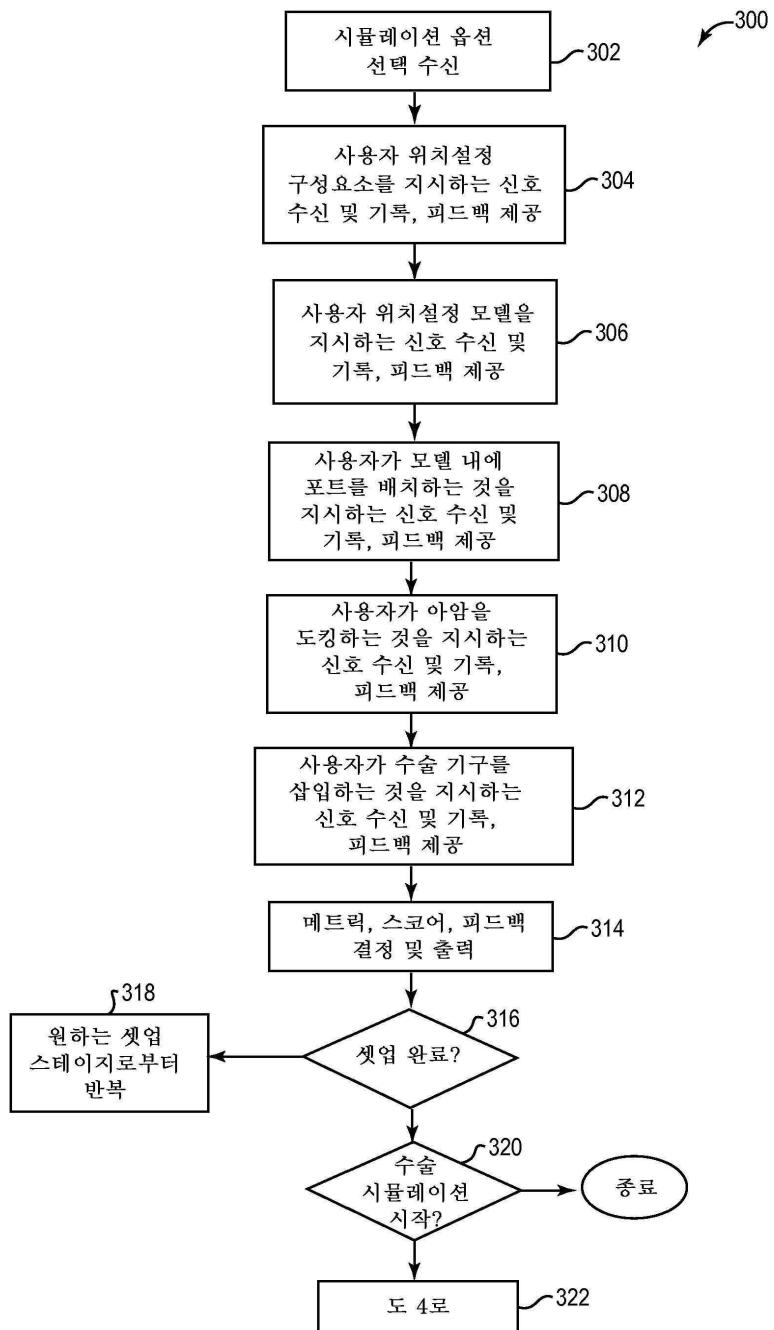
도면 1



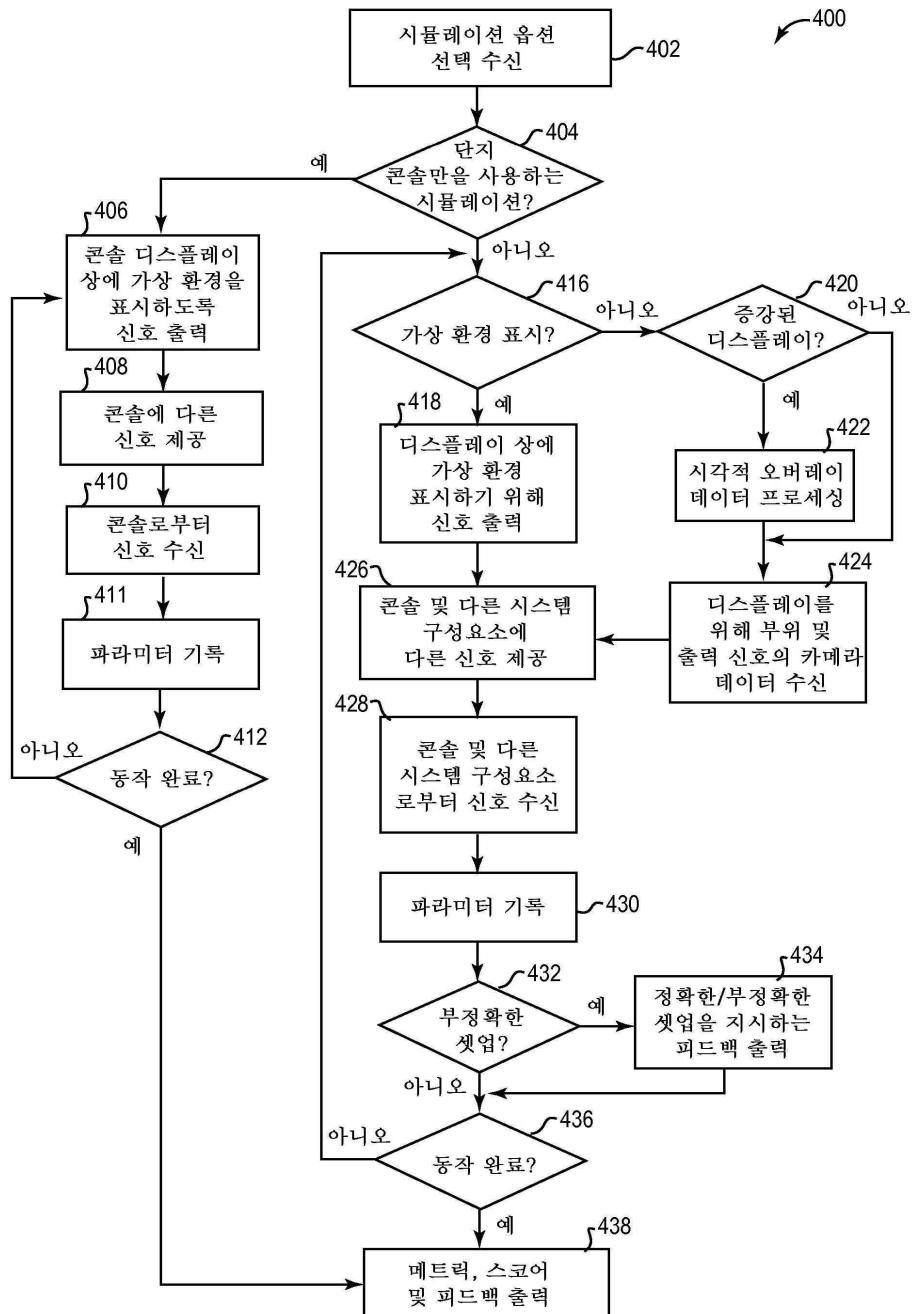
## 도면2



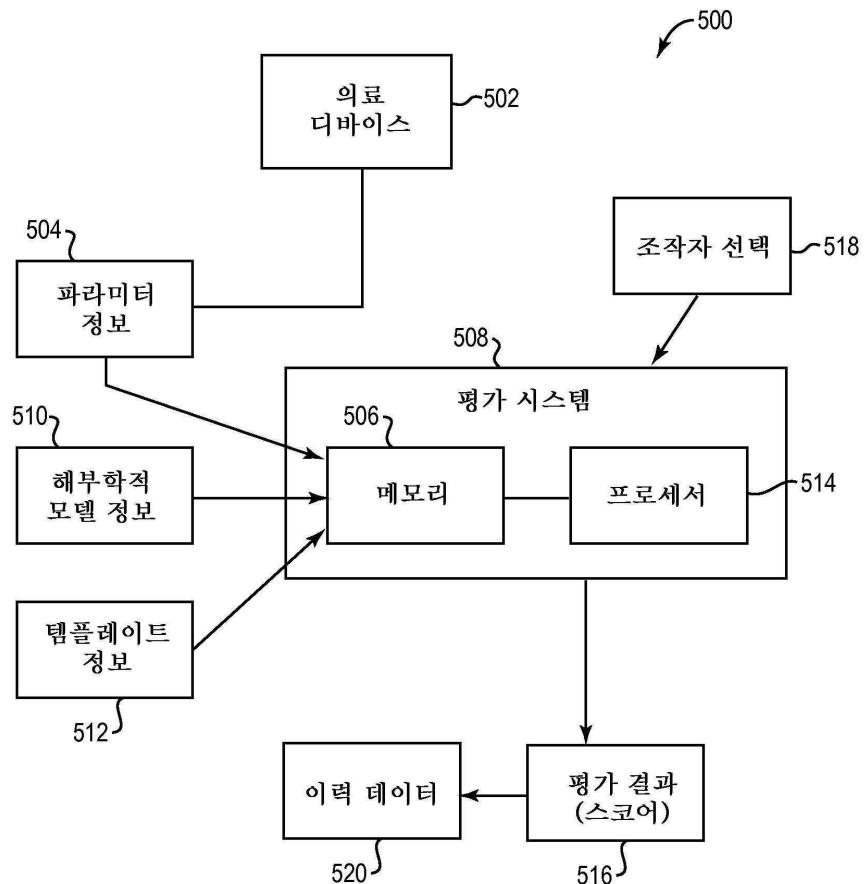
## 도면3



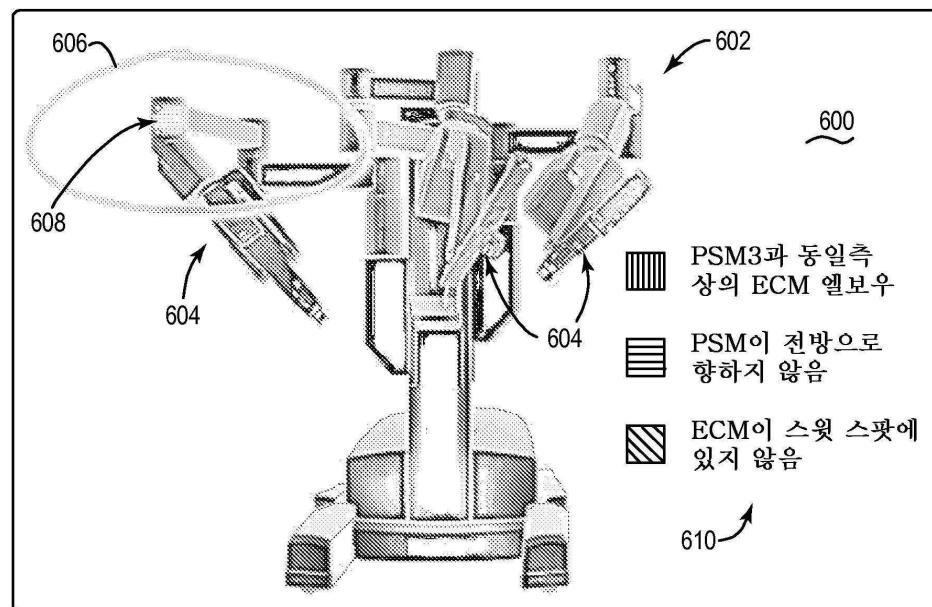
## 도면4



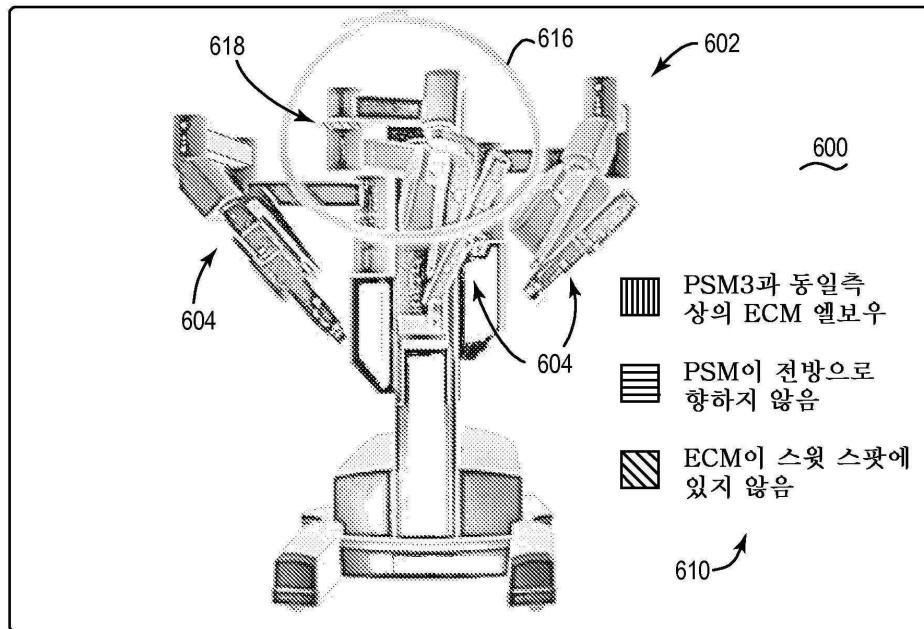
## 도면5



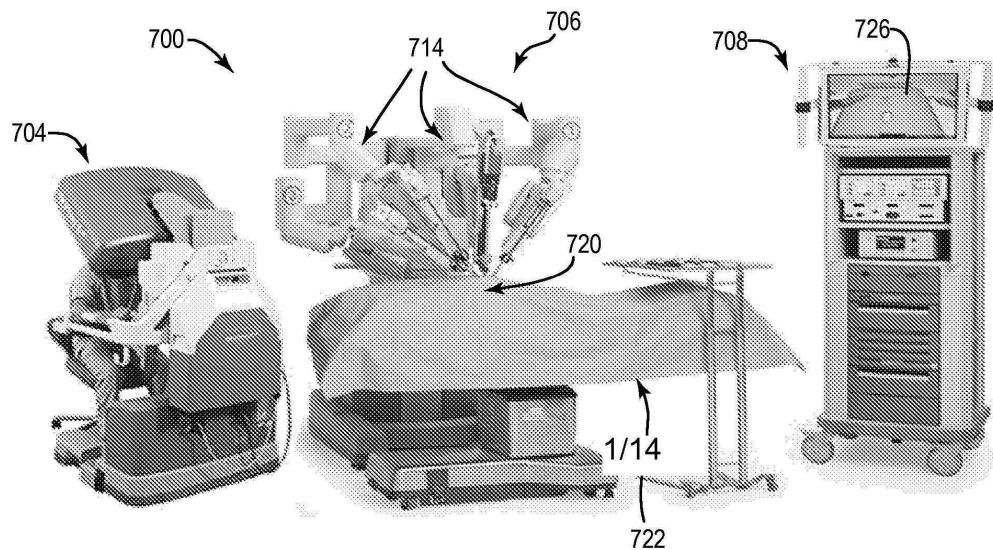
## 도면6a



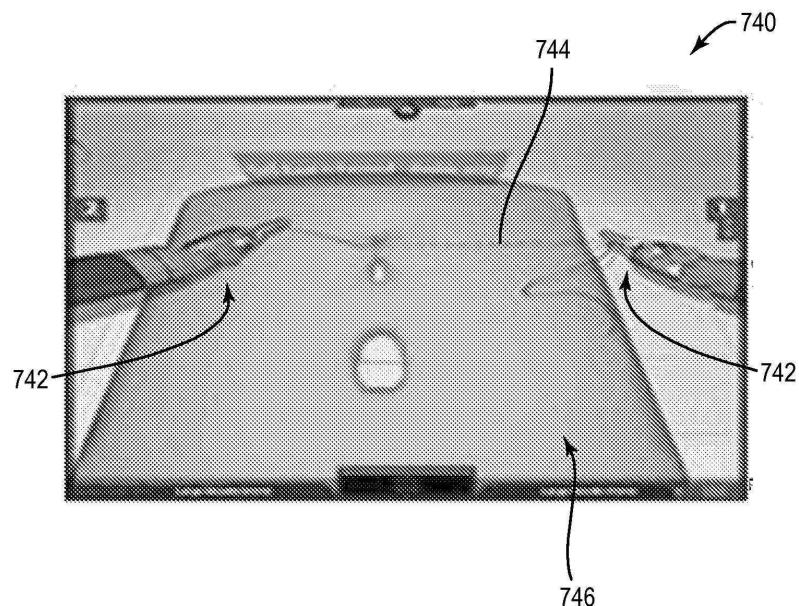
도면6b



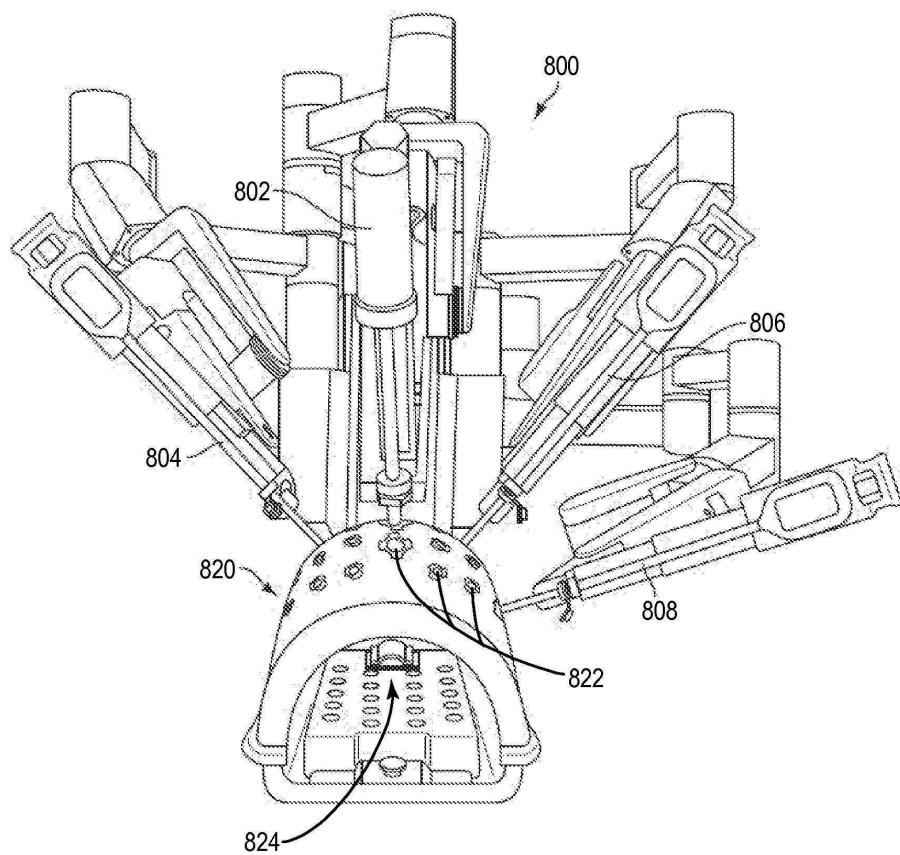
도면7a



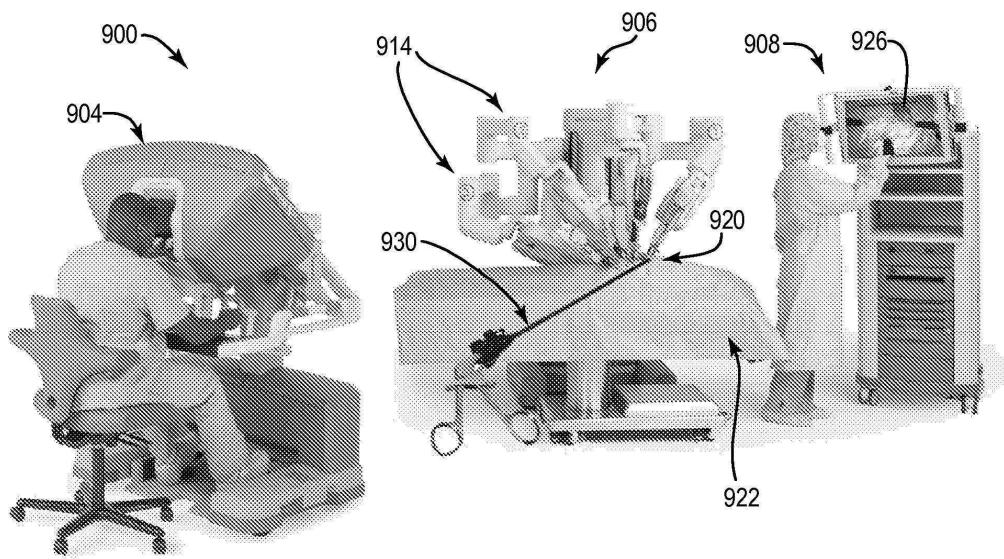
도면7b



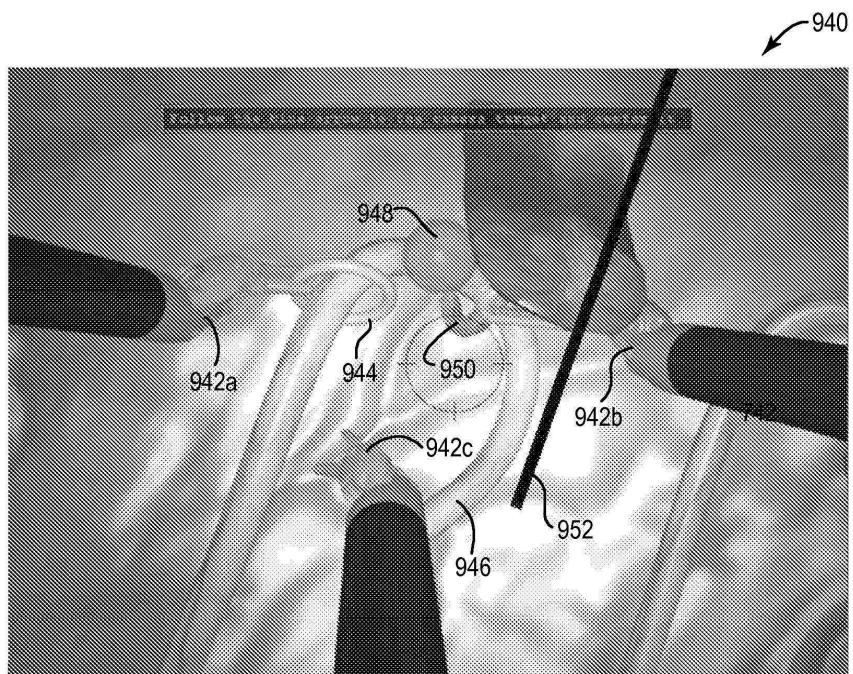
도면8



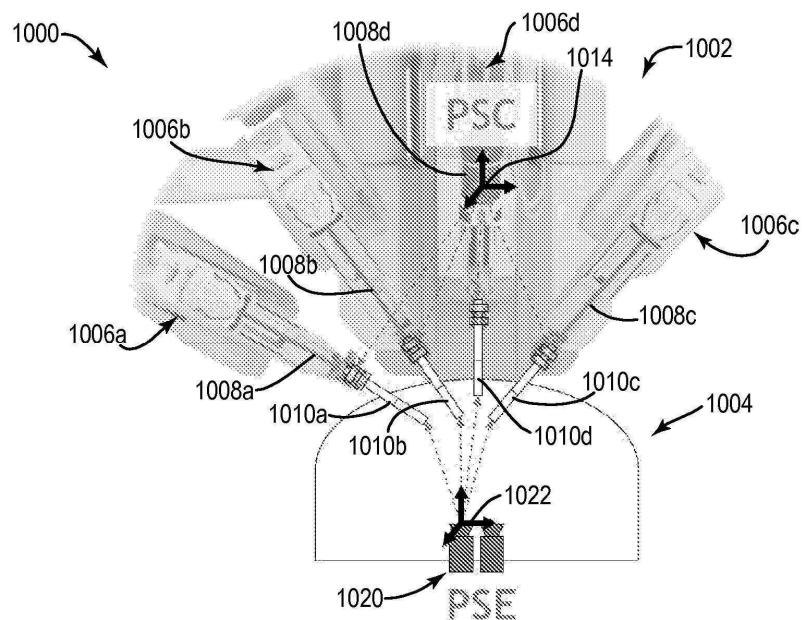
도면9a



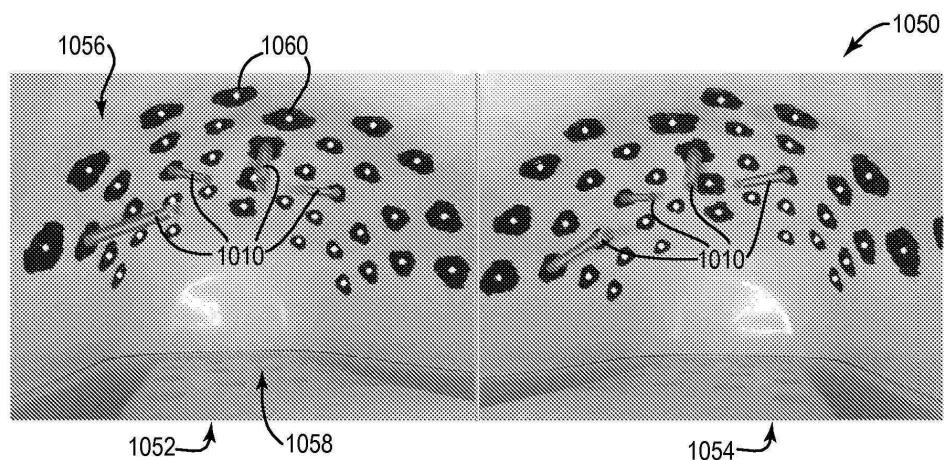
도면9b



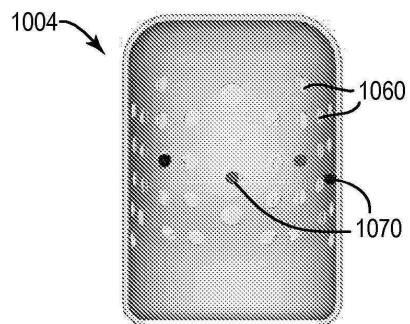
도면 10a



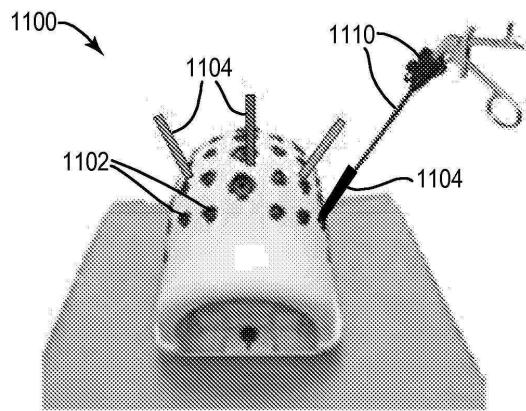
도면 10b



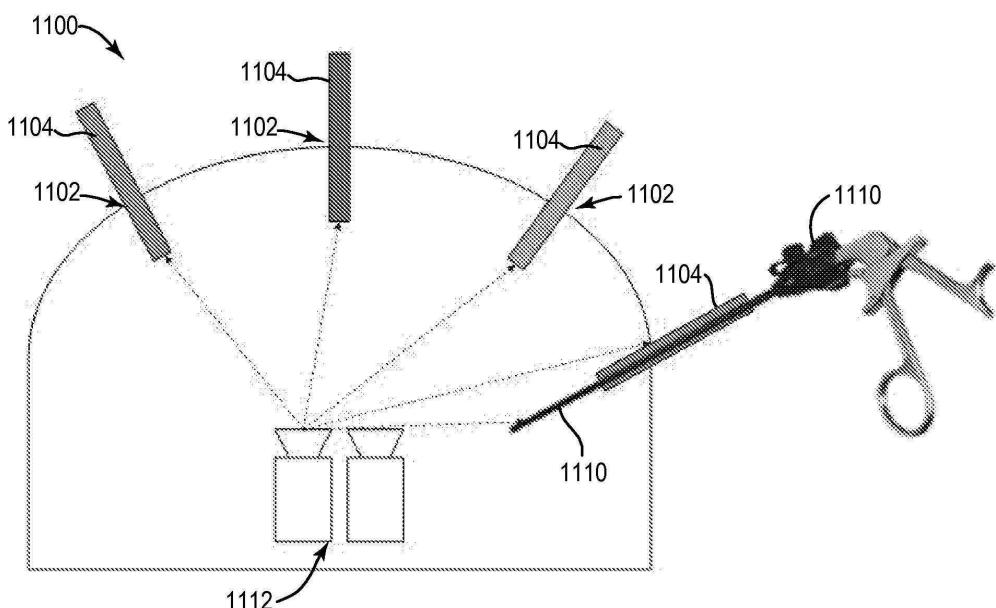
도면 10c



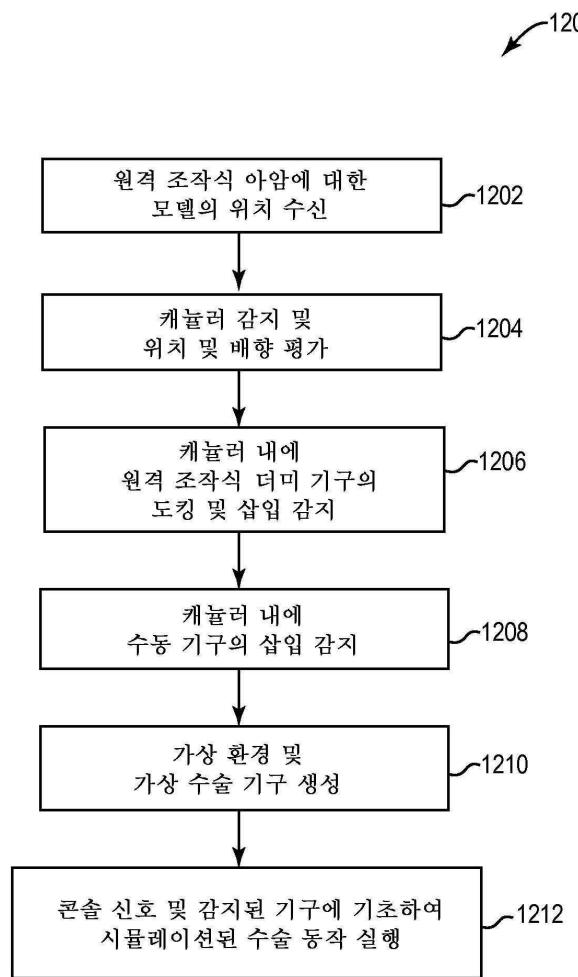
도면11a



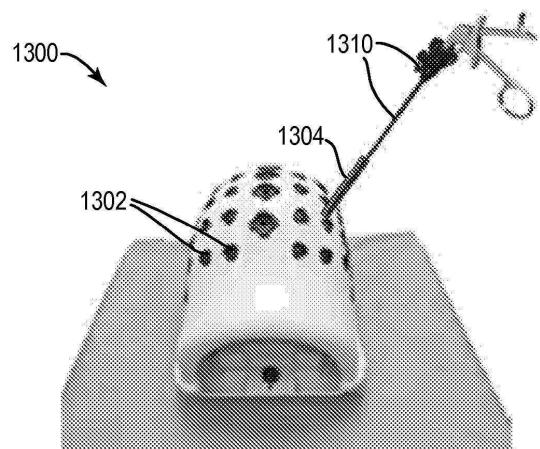
도면11b



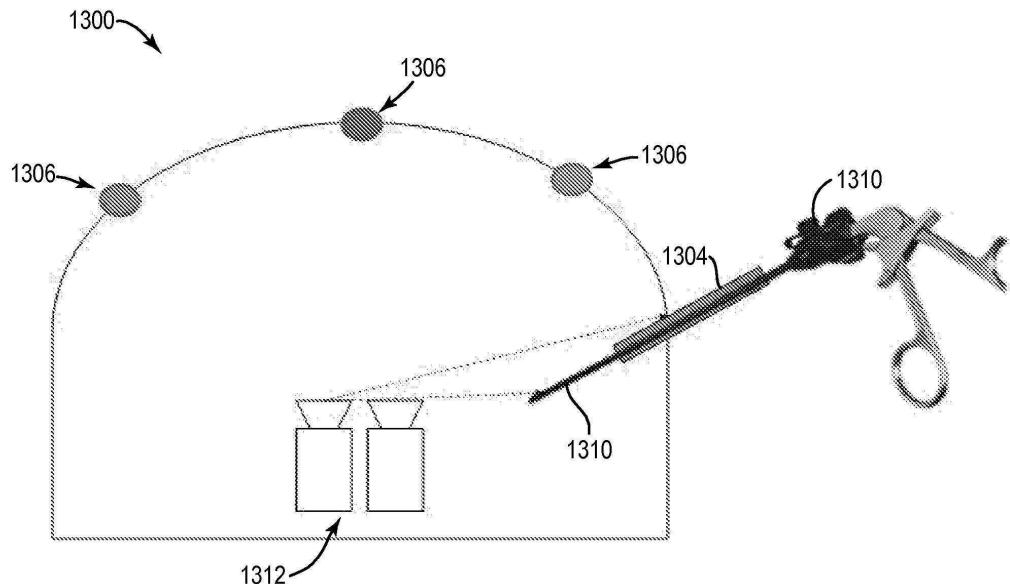
## 도면12



## 도면13a



도면13b



도면14

