



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0005684
(43) 공개일자 2018년01월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 17/20 (2006.01) A61B 5/00 (2006.01)
G06T 15/04 (2011.01) G06T 7/33 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G06T 17/20 (2013.01)
A61B 5/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7035207
(22) 출원일자(국제) 2015년05월07일
심사청구일자 2017년12월07일
(85) 번역문제출일자 2017년12월06일
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/029680
(87) 국제공개번호 WO 2016/178690
국제공개일자 2016년11월10일

(71) 출원인
지멘스 악티엔게젤샤프트
독일 뮌헨 베르너-본-지멘스-슈트라세 1 (우:
80333)
(72) 발명자
카멘, 알리
미국 08558 뉴저지 스킨맨 라 코스타 코트 15
크루크너, 슈테판
독일 12487 베를린 슈도스탈리 164
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 남앤드남

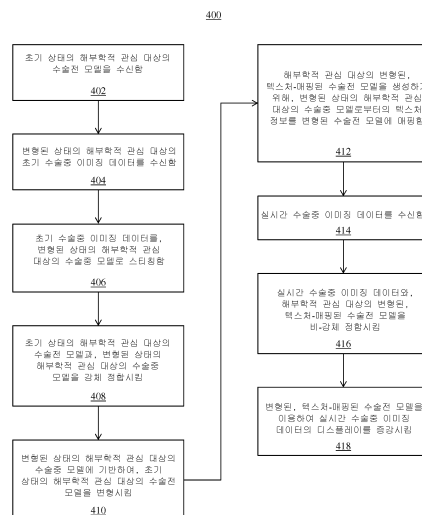
전체 청구항 수 : 총 34 항

(54) 발명의 명칭 해부학적 모델 증강을 통한 복강경 수술 절차들의 안내를 위한 시스템 및 방법

(57) 요약

모델 증강을 위한 시스템들 및 방법들은, 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 이미징 데이터를 수신하는 것을 포함한다. 수술중 이미징 데이터는 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델로 스티칭된다. 생물 역학적 모델에 기반하여 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델을 변형시킴으로써, 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델이 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 정합된다. 해부학적 관심 대상의 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 생성하기 위해, 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델로부터의 텍스처 정보가 변형된 수술전 모델에 매핑된다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

G06T 15/04 (2013.01)

G06T 7/344 (2017.01)

G06T 2200/04 (2013.01)

G06T 2200/08 (2013.01)

G06T 2207/20076 (2013.01)

G06T 2207/30056 (2013.01)

G06T 2210/41 (2013.01)

(72) 발명자

창, 야오-젠

미국 08540 뉴저지 프린스턴 윌리엄 리빙스턴 코트
247

만시, 톰마소

미국 08536 뉴저지 플레인스보로 옛지미어 애비뉴
70

파세리니, 티지아노

미국 08536 뉴저지 플레인스보로 사우스 린덴 레인
12

첸, 테렌스

미국 08540 뉴저지 프린스턴 스칼렛 오크 드라이브
18

마운트니, 피터

영국 에스이23 2큐유 포레스트 힐 런던 페리 라이
즈 121

시크, 안턴

독일 84149 발덴 라이머베크 2

명세서

청구범위

청구항 1

모델(model) 증강을 위한 방법으로서,

변형된 상태의 해부학적 관심 대상(object of interest)의 수술중 이미징 데이터(intra-operative imaging data)를 수신하는 단계;

상기 수술중 이미징 데이터를 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델로 스티칭(stitching)하는 단계;

생물역학적 모델에 기반하여 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델(pre-operative model)을 변형시킴으로써, 상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델을 정합(registering)시키는 단계; 및

상기 해부학적 관심 대상의 변형된, 텍스처-매핑된(texture-mapped) 수술전 모델을 생성하기 위해, 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델로부터의 텍스처(texture) 정보를 변형된 수술전 모델에 매핑(mapping)하는 단계

를 포함하는,

모델 증강을 위한 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 수술중 이미징 데이터를 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델로 스티칭하는 단계는,

상기 수술중 이미징 데이터에서 대응하는 프레임(frame)들을 식별하는 단계;

상기 대응하는 프레임들 간의 상대 포즈(pose)들에 대한 가설들을 컴퓨팅(computing)하는 단계; 및

상기 가설들에 기반하여 상기 수술중 모델을 생성하는 단계

를 더 포함하는,

모델 증강을 위한 방법.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 대응하는 프레임들 간의 상대 포즈들에 대한 가설들을 컴퓨팅하는 단계는,

대응하는 이미지(image) 측정들 및 랜드마크(landmark)들; 및

3차원 깊이 채널(channel)들

중 적어도 하나에 기반하는,

모델 증강을 위한 방법.

청구항 4

제1 항에 있어서,

초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델을 정합시키는 단계는,

상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델

간의 적어도 3 개의 대응성(correspondence)들을 식별함으로써, 상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델을 강체 정합(rigidly registering)시키는 단계를 더 포함하는,
모델 증강을 위한 방법.

청구항 5

제1 항에 있어서,
생물역학적 모델에 기반하여 상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델을 변형시키는 것은,
상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델 간의 치밀(dense) 대응성들을 식별하는 것;
상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델 간의, 식별된 치밀 대응성들에서의 오정렬(misalignment)들을 결정하는 것;
상기 오정렬들을 일관된 힘들의 구역들로 변환하는 것; 및
상기 일관된 힘들의 구역들을 상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델에 적용하는 것을 더 포함하는,
모델 증강을 위한 방법.

청구항 6

제5 항에 있어서,
생물역학적 모델에 기반하여 상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델을 변형시키는 것은,
상기 해부학적 관심 대상의 생물역학적 모델에 따라, 상기 일관된 힘들의 구역들에 기반하여, 상기 해부학적 관심 대상의 수술전 모델을 변형시키는 것; 및
변형된 수술전 모델과 상기 수술중 모델 간의 거리 메트릭(metric)을 최소화하는 것을 더 포함하는,
모델 증강을 위한 방법.

청구항 7

제1 항에 있어서,
상기 해부학적 관심 대상의 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 생성하기 위해, 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델로부터의 텍스처 정보를 변형된 수술전 모델에 매핑하는 단계는,
상기 해부학적 관심 대상의 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 그래프(graph)로서 표현하는 단계 -상기 그래프는 상기 그래프의 노드(node)들에 대응하는, 상기 수술중 모델 상에서 가시적인 삼각형 면들, 및 상기 그래프의 모서리들에 의해 연결되는 이웃 면들을 가짐-;
하나 또는 그 초과인 가시성 테스트(test)들에 기반하여 노드들을 라벨링(labeling)하는 단계; 및
상기 라벨링에 기반하여 상기 텍스처 정보를 매핑하는 단계를 더 포함하는,
모델 증강을 위한 방법.

청구항 8

제1 항에 있어서,
상기 해부학적 관심 대상의 실시간 수술중 이미징 데이터와 상기 해부학적 관심 대상의 상기 변형된, 텍스처-매

핑된 수술전 모델을 비-강체 정합(non-rigidly registering)시키는 단계
를 더 포함하는,
모델 증강을 위한 방법.

청구항 9

제8 항에 있어서,
상기 해부학적 관심 대상의 실시간 수술중 이미징 데이터와 상기 해부학적 관심 대상의 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 비-강체 정합시키는 단계는,
깊이 및 텍스처에서의 미스매치(mismatch)를 최소화함으로써, 상기 실시간 수술중 이미징 데이터와 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 정렬시키는 단계; 및
상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 초기 조건으로서, 그리고 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델의 표면의 새로운 위치를 경계 조건으로서 사용하여, 상기 해부학적 관심 대상의 생물역학적 모델을 푸는 단계
를 더 포함하는,
모델 증강을 위한 방법.

청구항 10

제8 항에 있어서,
상기 해부학적 관심 대상의 실시간 수술중 이미징 데이터와 상기 해부학적 관심 대상의 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 비-강체 정합시키는 단계는,
시간에 걸쳐 상기 실시간 수술중 이미징 데이터의 피처(feature)들의 포지션(position)을 추적하는 단계; 및
상기 피처들의 추적되는 포지션에 기반하여 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 변형시키는 단계
를 더 포함하는,
모델 증강을 위한 방법.

청구항 11

제8 항에 있어서,
상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 이용하여 상기 실시간 수술중 이미징 데이터의 디스플레이(display)를 증강시키는 단계
를 더 포함하는,
모델 증강을 위한 방법.

청구항 12

제11 항에 있어서,
상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 이용하여 상기 실시간 수술중 이미징 데이터의 디스플레이를 증강시키는 단계는,
상기 실시간 수술중 이미징 데이터 상에 겹쳐진 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 디스플레이(display)하는 단계; 및
상기 실시간 수술중 이미징 데이터와 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 나란히 디스플레이하는 단계
중 적어도 하나를 포함하는,
모델 증강을 위한 방법.

청구항 13

모델 증강을 위한 장치로서,

변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 이미징 데이터를 수신하기 위한 수단;

상기 수술중 이미징 데이터를 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델로 스티칭하기 위한 수단;

생물역학적 모델에 기반하여 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델을 변형시킴으로써, 상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델을 정합시키기 위한 수단; 및

상기 해부학적 관심 대상의 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 생성하기 위해, 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델로부터의 텍스처 정보를 변형된 수술전 모델에 매핑하기 위한 수단

을 포함하는,

모델 증강을 위한 장치.

청구항 14

제13 항에 있어서,

상기 수술중 이미징 데이터를 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델로 스티칭하기 위한 수단은,

상기 수술중 이미징 데이터에서 대응하는 프레임들을 식별하기 위한 수단;

상기 대응하는 프레임들 간의 상대 포즈들에 대한 가설들을 컴퓨팅하기 위한 수단; 및

상기 가설들에 기반하여 상기 수술중 모델을 생성하기 위한 수단

을 더 포함하는,

모델 증강을 위한 장치.

청구항 15

제14 항에 있어서,

상기 대응하는 프레임들 간의 상대 포즈들에 대한 가설들을 컴퓨팅하기 위한 수단은,

대응하는 이미지 측정들 및 랜드마크들; 및

3차원 깊이 채널들

중 적어도 하나에 기반하는,

모델 증강을 위한 장치.

청구항 16

제13 항에 있어서,

상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델을 정합시키기 위한 수단은,

상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델 간의 적어도 3 개의 대응성들을 식별함으로써, 상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델을 강제 정합시키기 위한 수단

을 더 포함하는,

모델 증강을 위한 장치.

청구항 17

제13 항에 있어서,

생물역학적 모델에 기반하여 상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델을 변형시키기 위한 수단은,
 상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델
 간의 치밀 대응성들을 식별하기 위한 수단;
 상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델
 간의, 식별된 치밀 대응성들에서의 오정렬들을 결정하기 위한 수단;
 상기 오정렬들을 일관된 힘들의 구역들로 변환하기 위한 수단; 및
 상기 일관된 힘들의 구역들을 상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델에 적용하기 위한 수단
 을 더 포함하는,
 모델 증강을 위한 장치.

청구항 18

제17 항에 있어서,
 생물역학적 모델에 기반하여 상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델을 변형시키기 위한 수단은,
 상기 해부학적 관심 대상의 생물역학적 모델에 따라, 상기 일관된 힘들의 구역들에 기반하여, 상기 해부학적 관
 심 대상의 수술전 모델을 변형시키기 위한 수단; 및
 변형된 수술전 모델과 상기 수술중 모델 간의 거리 메트릭을 최소화하기 위한 수단
 을 더 포함하는,
 모델 증강을 위한 장치.

청구항 19

제13 항에 있어서,
 상기 해부학적 관심 대상의 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 생성하기 위해, 상기 변형된 상태의 해부학적
 관심 대상의 수술중 모델로부터의 텍스처 정보를 변형된 수술전 모델에 매핑하기 위한 수단은,
 상기 해부학적 관심 대상의 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 그래프로서 표현하기 위한 수단 —상기
 그래프는 상기 그래프의 노드들에 대응하는, 상기 수술중 모델 상에서 가시적인 삼각형 면들, 및 상기 그래프의
 모서리들에 의해 연결되는 이웃 면들을 가짐—;
 하나 또는 그 초과 가시성 테스트들에 기반하여 노드들을 라벨링하기 위한 수단; 및
 상기 라벨링에 기반하여 상기 텍스처 정보를 매핑하기 위한 수단
 을 더 포함하는,
 모델 증강을 위한 장치.

청구항 20

제13 항에 있어서,
 상기 해부학적 관심 대상의 실시간 수술중 이미징 데이터와 상기 해부학적 관심 대상의 상기 변형된, 텍스처-매
 핑된 수술전 모델을 비-강제 정합시키기 위한 수단
 을 더 포함하는,
 모델 증강을 위한 장치.

청구항 21

제20 항에 있어서,
 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 이미징 데이터와 상기 해부학적 관심 대상의 상기 변형된, 텍

스처-매핑된 수술전 모델을 비-강제 정합시키기 위한 수단은,

깊이 및 텍스처에서의 미스매치를 최소화함으로써, 상기 수술중 이미징 데이터와 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 정렬시키기 위한 수단; 및

상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 초기 조건으로서, 그리고 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델의 표면의 새로운 위치를 경계 조건으로서 사용하여, 상기 해부학적 관심 대상의 생물역학적 모델을 풀기 위한 수단

을 더 포함하는,

모델 증강을 위한 장치.

청구항 22

제20 항에 있어서,

상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 이미징 데이터와 상기 해부학적 관심 대상의 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 비-강제 정합시키기 위한 수단은,

시간에 걸쳐 상기 실시간 수술중 이미징 데이터의 피쳐들의 위치션을 추적하기 위한 수단; 및

상기 피쳐들의 추적되는 위치선에 기반하여 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 변형시키기 위한 수단

을 더 포함하는,

모델 증강을 위한 장치.

청구항 23

제20 항에 있어서,

상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 이용하여 상기 실시간 수술중 이미징 데이터의 디스플레이를 증강시키기 위한 수단

을 더 포함하는,

모델 증강을 위한 장치.

청구항 24

제23 항에 있어서,

상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 이용하여 상기 실시간 수술중 이미징 데이터의 디스플레이를 증강시키기 위한 수단은,

상기 실시간 수술중 이미징 데이터 상에 겹쳐진 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 디스플레이하기 위한 수단; 및

상기 실시간 수술중 이미징 데이터와 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 나란히 디스플레이하기 위한 수단

중 적어도 하나를 포함하는,

모델 증강을 위한 장치.

청구항 25

모델 증강을 위한 컴퓨터 프로그램(computer program) 명령들을 저장하는 비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체로서,

상기 컴퓨터 프로그램 명령들은, 프로세서(processor)에 의해 실행될 때, 상기 프로세서로 하여금,

변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 이미징 데이터를 수신하는 것;

상기 수술중 이미징 데이터를 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델로 스티칭하는 것;

생물역학적 모델에 기반하여 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델을 변형시킴으로써, 상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델을 정합시키는 것; 및

상기 해부학적 관심 대상의 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 생성하기 위해, 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델로부터의 텍스처 정보를 변형된 수술전 모델에 매핑하는 것

을 포함하는 동작들을 수행하게 하는,

비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 26

제25 항에 있어서,

상기 수술중 이미징 데이터를 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델로 스티칭하는 것은,

상기 수술중 이미징 데이터에서 대응하는 프레임들을 식별하는 것;

상기 대응하는 프레임들 간의 상대 포즈들에 대한 가설들을 컴퓨팅하는 것; 및

상기 가설들에 기반하여 상기 수술중 모델을 생성하는 것

을 더 포함하는,

비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 27

제25 항에 있어서,

초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델을 정합시키는 것은,

상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델 간의 적어도 3 개의 대응성들을 식별함으로써, 상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델을 강제 정합시키는 것

을 더 포함하는,

비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 28

제25 항에 있어서,

생물역학적 모델에 기반하여 상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델을 변형시키는 것은,

상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델 간의 치밀 대응성들을 식별하는 것;

상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델 간의, 식별된 치밀 대응성들에서의 오정렬들을 결정하는 것;

상기 오정렬들을 일관된 힘들의 구역들로 변환하는 것; 및

상기 일관된 힘들의 구역들을 상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델에 적용하는 것

을 더 포함하는,

비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 29

제28 항에 있어서,

생물역학적 모델에 기반하여 상기 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델을 변형시키는 것은,
 상기 해부학적 관심 대상의 생물역학적 모델에 따라, 상기 일관된 힘들의 구역들에 기반하여, 상기 해부학적 관심 대상의 수술전 모델을 변형시키는 것; 및
 변형된 수술전 모델과 상기 수술중 모델 간의 거리 메트릭을 최소화하는 것
 을 더 포함하는,
 비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 30

제25 항에 있어서,
 상기 해부학적 관심 대상의 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 생성하기 위해, 상기 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델로부터의 텍스처 정보를 변형된 수술전 모델에 매핑하는 것은,
 상기 해부학적 관심 대상의 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 그래프로서 표현하는 것 -상기 그래프는 상기 그래프의 노드들에 대응하는, 상기 수술중 모델 상에서 가시적인 삼각형 면들, 및 상기 그래프의 모서리들에 의해 연결되는 이웃 면들을 가짐-;
 하나 또는 그 초과와 가시성 테스트들에 기반하여 노드들을 라벨링하는 것; 및
 상기 라벨링에 기반하여 상기 텍스처 정보를 매핑하는 것
 을 더 포함하는,
 비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 31

제25 항에 있어서,
 상기 동작들은,
 상기 해부학적 관심 대상의 실시간 수술중 이미징 데이터와 상기 해부학적 관심 대상의 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 비-강제 정합시키는 것
 을 더 포함하는,
 비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 32

제31 항에 있어서,
 상기 해부학적 관심 대상의 실시간 수술중 이미징 데이터와 상기 해부학적 관심 대상의 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 비-강제 정합시키는 것은,
 깊이 및 텍스처에서의 미스매치를 최소화함으로써, 상기 실시간 수술중 이미징 데이터와 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 정렬시키는 것; 및
 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 초기 조건으로서, 그리고 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델의 표면의 새로운 위치를 경계 조건으로서 사용하여, 상기 해부학적 관심 대상의 생물역학적 모델을 푸는 것
 을 더 포함하는,
 비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 33

제31 항에 있어서,
 상기 해부학적 관심 대상의 실시간 수술중 이미징 데이터와 상기 해부학적 관심 대상의 상기 변형된, 텍스처-매

핑된 수술전 모델을 비-강체 정합시키는 것은,
 시간에 걸쳐 상기 실시간 수술중 이미징 데이터의 피쳐들의 위치션을 추적하는 것; 및
 상기 피쳐들의 추적되는 위치선에 기반하여 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 변형시키는 것
 을 더 포함하는,
 비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 34

제31 항에 있어서,
 상기 동작들은,
 상기 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 이용하여 상기 실시간 수술중 이미징 데이터의 디스플레이를 증강시
 키는 것
 을 더 포함하는,
 비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 복강경 수술 절차(laparoscopic surgical procedure)들의 이미지(image)-기반 안
 내에 관한 것이며, 더욱 구체적으로는, 해부학적 모델(model) 증강을 통한, 복강경 수술 절차들 동안의 해부학
 적 구조들의 표적화 및 국소화에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현재, 최소 침습성 복부 시술(procedure)들, 이를테면 최소 침습성 종양 절제술 동안, 임계 구조
 (critical structure)들을 회피하면서, 임상의를 표적 종양 부위로 안내하는 것을 돕기 위해, 입체 또는 종래의
 비디오(video) 복강경검사가 사용된다. 시술 동안 수술전 이미징(preoperative imaging) 정보에 접근하는 것은
 극도로 유용한데, 그 이유는 종양 및 임계 구조들이 복강경 이미지들로부터 직접적으로 가시적이지 않기 때문이
 다. 복강경 비디오를 통한 외과의의 뷰(view)들에 정렬되는 수술전 정보는, 종양을 더욱 잘 표적화하고 표적
 주위의 임계 구조들을 회피한다는 점에서 외과의의 지각 및 능력을 향상시킨다.

[0003] 종종, 수술 절차들은 복부의 흡입법을 요구하여, 초기 기관 이동 및 조직 변형을 유발하며, 이 초기 기
 관 이동 및 조직 변형은 해결되어야(reconciled) 한다. 이 정합 문제는, 호흡 및 가능한 도구-조직 상호작용들
 에 의해 유발되는 연속적인 조직 변형에 기인하여, 시술 자체 동안 추가로 복잡해진다.

[0004] 수술전 이미지들과 수술중(intra-operative) 광학 이미지들의 융합에 이용가능한 종래의 시스템(system)
 m)들은 멀티-모달(multi-modal) 기준점 기반 시스템들, 수동 정합 기반 시스템들, 및 3차원 표면 정합 기반 시
 스템들을 포함한다. 기준점 기반 기법들은 수술전 이미지 획득 및 수술중 이미지 획득 둘 모두에 대한 공통 기
 준점들의 세트(set)를 요구하며, 이는 임상 작업흐름에 근본적으로 지장을 주는데, 그 이유는 환자가 기준점들
 에 대해 추가의 단계에서 이미징되어야(imaged) 하기 때문이다. 수동 정합은, 특히, 시술의 전체 길이 동안 하
 나 또는 다수의 2차원 이미지들에 기반하여 배향 정렬들이 연속적으로 조정되어야 한다면, 시간-소모적이며 잠
 재적으로 부정확하다. 부가적으로, 그러한 수동 정합 기법들은, 정합 지점에서의 조직 변형 또는 시술들 전체
 에 걸친 시간적 조직 변형을 설명할 수 없다. 생물역학적 특성들을 사용하는 3차원 표면 기반 정합은, 관심 해
 부학적 구조의 표면 구조에 대한 이 3차원 표면 기반 정합의 제한된 뷰, 그리고 변형 보상을 실시간으로 수행할
 때의 컴퓨팅 복잡성(computational complexity)에 기인하여, 정확성 및 성능을 떨어뜨릴 수 있다.

발명의 내용

[0005] 실시예에 따라, 모델 증강을 위한 시스템들 및 방법들은, 변형된 상태의 해부학적 관심 대상(object of
 interest)의 수술중 이미징 데이터(intra-operative imaging data)를 수신하는 것을 포함한다. 수술중 이미징
 데이터는 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델로 스티칭된다(stitched). 생물역학적 모델에 기반

하여 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델(pre-operative model)을 변형시킴으로써, 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델은 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 정합된다. 해부학적 관심 대상의 변형된, 텍스처-매핑된(texture-mapped) 수술전 모델을 생성하기 위해, 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델로부터의 텍스처(texture) 정보가 변형된 수술전 모델에 매핑된다(mapped).

[0006] [0006] 본 발명의 이러한, 그리고 다른 장점들은, 다음의 상세한 설명 및 첨부된 도면들을 참조하여 당업자들에 자명할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0007] [0007] 도 1은 일 실시예에 따른, 해부학적 모델 증강을 통한 복강경 수술 절차들 동안의 안내를 위한 고수준 프레임워크(architecture)를 도시하고;

[0008] [0008] 도 2는 일 실시예에 따른, 해부학적 모델 증강을 통한 복강경 수술 절차들 동안의 안내를 위한 시스템을 도시하고;

[0009] [0009] 도 3은 일 실시예에 따른, 초기 수술중 이미징 데이터로부터 해부학적 관심 대상의 3차원 모델을 생성하기 위한 개요를 도시하고;

[0010] [0010] 도 4는 일 실시예에 따른, 해부학적 모델 증강을 통한 복강경 수술 절차들 동안의 안내를 위한 방법을 도시하며; 그리고

[0011] [0011] 도 5는 일 실시예에 따른, 해부학적 모델 증강을 통한 복강경 수술 절차들 동안의 안내를 위한 컴퓨터(computer)의 고수준 블록 다이어그램(block diagram)을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] [0012] 본 발명은 일반적으로, 복강경 수술 절차들 동안의 안내를 위한 해부학적 모델 증강에 관한 것이다. 본 발명의 실시예들은, 해부학적 모델들을 증강시키기 위한 방법들의 시각적인 이해를 제공하기 위해 본원에서 설명된다. 디지털(digital) 이미지는 종종, 하나 또는 그 초과 대상들(또는 형상들)의 디지털 표현들로 구성된다. 대상의 디지털 표현은 종종, 대상들을 식별 및 조작하는 것에 관하여 본원에서 설명된다. 그러한 조작들은 컴퓨터 시스템의 메모리(memory) 또는 다른 회로소자/하드웨어(hardware)에서 달성되는 가상 조작들이다. 그에 따라서, 본 발명의 실시예들이 컴퓨터 시스템 내에 저장된 데이터를 사용하여 컴퓨터 시스템 내에서 수행될 수 있다는 것이 이해되어야 한다.

[0009] [0013] 추가로, 본원에서 논의된 실시예들이 환자의 의료 시술들에 대하여 논의될 수 있지만, 본 원리들이 그렇게 제한되지 않는다는 것이 이해되어야 한다. 본 발명의 실시예들은 임의의 피검자(subject)에 대한 모델의 증강을 위해 사용될 수 있다.

[0010] [0014] 도 1은 하나 또는 그 초과 실시예들에 따른, 복강경 수술 절차들 동안의 안내를 위한 고수준 프레임워크(100)를 도시한다. 수행되는 수술 절차 동안, 워크스테이션(workstation)(102)은, 이미지 안내를 제공하고, 다른 적절한 정보를 디스플레이(display)함으로써, 사용자(예컨대, 외과의)를 돕는다. 워크스테이션(102)은 환자의 해부학적 관심 대상, 이를테면, 예컨대 간의 수술전 모델(104) 및 수술중 이미징 데이터(106)를 수신한다. 수술전 모델(104)이 초기(예컨대, 이완된, 또는 변형되지 않은) 상태의 해부학적 관심 대상에 대한 것인 반면에, 수술중 이미징 데이터(106)는 변형된 상태의 해부학적 관심 대상에 대한 것이다. 수술중 이미징 데이터(106)는 초기 수술중 이미징 데이터(110) 및 실시간 수술중 이미징 데이터(112)를 포함한다. 초기 수술중 이미징 데이터(110)는, 해부학적 관심 대상의 전체 스캐닝(scanning)을 제공하기 위해 절차의 초기 스테이지(stage)에서 획득된다. 실시간 수술중 이미징 데이터(112)는 절차 동안 획득된다.

[0011] [0015] 수술전 모델(104)은 간의 수술전 이미징 데이터(미도시)로부터 생성될 수 있으며, 이 수술전 이미징 데이터는 임의의 모달리티(modality), 이를테면, 예컨대 컴퓨터 단층촬영(CT; computer tomography), 자기 공명 이미징(MRI; magnetic resonance imaging) 등에 대한 것일 수 있다. 예컨대, 수술전 이미징 데이터는, 임의의 세그먼테이션 알고리즘(segmentation algorithm)을 사용하여 세그먼트되며(segmented), 컴퓨팅 기하학 알고리즘 라이브러리(CGAL; computational geometry algorithms library)를 사용하여 수술전 모델(104)로 변환될 수 있다. 다른 알려진 방법들이 또한 사용될 수 있다. 수술전 모델(104)은 예컨대 간의 표면 또는 4면체 메시(tetrahedral mesh)일 수 있다. 수술전 모델(104)은 간의 표면 뿐만 아니라, 표면 아래의 표적들 및 임계 구조들을 포함한다.

- [0012] [0016] 간의 수술중 이미징 데이터(106)는 임의의 모달리티의 이미지 획득 디바이스(device)로부터 수신될 수 있다. 일 실시예에서, 수술중 이미징 데이터(106)는, 입체 복강경 이미징 디바이스로부터 획득되는 광학 2차원(2D; two-dimensional) 및 3차원(3D; three-dimensional) 깊이 맵(map)들을 포함한다. 수술중 이미징 데이터(106)는 변형된 상태의 간의 이미지들, 비디오, 또는 임의의 다른 이미징 데이터를 포함한다. 변형은 복부의 흡입법, 또는 임의의 다른 인자, 이를테면, 예컨대 환자의 정상적인 내부 운동(예컨대, 호흡), 이미징 또는 수술 디바이스(surgical device)로부터의 변위 등에 기인할 수 있다.
- [0013] [0017] 워크스테이션(102)은 수술전 모델(104) 및 초기 수술중 이미징 데이터(110)로부터 환자의 현재(즉, 변형된) 상태에 정렬되는, 간의 텍스처링된(textured) 모델을 생성한다. 구체적으로, 워크스테이션(102)은 초기 수술중 이미징 데이터(110)의 프레임(frame)들을, 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 단일 수술중 3D 모델(예컨대, 표면 메시)로 정렬시키기 위해 스티칭(stitching) 알고리즘을 적용한다. 수술중 모델은 수술전 모델(104)에 강체 정합된다(rigidly registered). 수술전 모델(104)이 간의 내재적인 생물역학적 특성들에 기반하여 국소적으로 변형되어서, 변형된 수술전 모델이 스티칭된(stitched) 수술중 모델에 매칭된다(matches). 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 생성하기 위해, 스티칭된 수술중 모델로부터의 텍스처 정보가 변형된 수술전 모델에 매핑된다(mapped).
- [0014] [0018] 절차 동안 획득되는 실시간 수술중 이미징 데이터(112)와 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델 간에 비-강체 정합(non-rigid registration)이 수행된다. 워크스테이션(102)은 실시간 수술중 이미징 데이터(112)와 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 수술중에(intra-operatively) 디스플레이하는 증강 디스플레이(augmented display)(108)를 출력한다. 예컨대, 효율적인 내비게이션(navigation) 및 치료 전달을 위한, 표면 아래의 표적들 및 임계 구조들의 더 나은 이해를 임상자에게 제공하기 위해, 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델은 겹쳐진 구성 또는 나란히 있는 구성으로 실시간 수술중 이미징 데이터(112)와 함께 디스플레이될(displayed) 수 있다.
- [0015] [0019] 도 2는 하나 또는 그 초과 실시예들에 따른, 해부학적 모델 증강을 통한 복강경 수술 절차 동안의 안내를 위한 시스템(200)의 상세도를 도시한다. 시스템(200)의 요소(element)들은 (예컨대, 수술실 환경 또는 시설 내에서) 같은 장소에 위치되거나 또는 (예컨대, 시설의 상이한 영역들, 또는 상이한 시설들에) 원격으로 위치될 수 있다. 시스템(200)은 수술 절차들(또는 임의의 다른 유형의 시술)에 사용될 수 있는 워크스테이션(202)을 포함한다. 워크스테이션(202)은 하나 또는 그 초과 데이터 저장 디바이스들(216), 하나 또는 그 초과 디스플레이들(220), 및 하나 또는 그 초과 입력/출력 디바이스들(222)에 통신가능하게 커플링된(coupled) 하나 또는 그 초과 프로세서(processor)들(218)을 포함할 수 있다. 데이터 저장 디바이스(216)는 프로세서(218) 상에서 실행될 때 수행되는, 워크스테이션(202)의 기능성을 표현하는 복수의 모듈(module)들을 저장한다. 워크스테이션(202)이 추가적인 요소들, 이를테면, 예컨대 통신 인터페이스(interface)를 포함할 수 있다는 것이 이해되어야 한다.
- [0016] [0020] 워크스테이션(202)은 수술 절차 동안 피검자(212)(예컨대, 환자)의 관심 대상(211)에 대해 이미지 획득 디바이스(204)로부터 이미징 데이터를 수술중에 수신한다. 이미징 데이터는 이미지들(예컨대, 프레임들), 비디오들, 또는 임의의 다른 유형의 이미징 데이터를 포함할 수 있다. 이미지 획득 디바이스(204)로부터의 수술중 이미징 데이터는 초기 수술중 이미징 데이터(206) 및 실시간 수술중 이미징 데이터(207)를 포함할 수 있다. 초기 수술중 이미징 데이터(206)는, 관심 대상(211)의 전체 스캐닝을 제공하기 위해 수술 절차의 초기 스테이지에서 획득될 수 있다. 실시간 수술중 이미징 데이터(207)는 절차 동안 획득될 수 있다.
- [0017] [0021] 수술중 이미징 데이터(206, 207)는, 관심 대상(211)이 변형된 상태로 있는 동안 획득될 수 있다. 변형은 관심 대상(211)의 흡입법, 또는 임의의 다른 인자, 이를테면, 예컨대 환자의 정상적인 움직임들(예컨대, 호흡), 이미징 또는 수술 디바이스들에 의해 유발되는 변위 등에 기인할 수 있다. 일 실시예에서, 수술중 이미징 데이터(206, 207)는, 피검자(212)를 이미징하는 이미지 획득 디바이스(204)로부터 직접적으로 워크스테이션(202)에 의해 수술중에 수신된다. 다른 실시예에서, 이미징 데이터(206, 207)는, 이미지 획득 디바이스(204)를 사용하여 획득된, 피검자(212)의 이전에 저장된 이미징 데이터를 로딩(loading)함으로써 수신된다.
- [0018] [0022] 일부 실시예들에서, 이미지 획득 디바이스(204)는 피검자(212)의 관심 대상(211)을 이미징하기 위해 하나 또는 그 초과 프로브(probe)들(208)을 사용할 수 있다. 관심 대상(211)은 해부학적 표적 관심 대상, 이를테면, 예컨대 기관(예컨대, 간)일 수 있다. 프로브들(208)은 하나 또는 그 초과 이미징 디바이스들(예컨대, 카메라(camera)들, 투영기(projector)들), 뿐만 아니라 다른 수술 장비 또는 디바이스들, 이를테면, 예컨대 흡입법 디바이스들, 절개 디바이스들, 또는 임의의 다른 디바이스들을 포함할 수 있다. 예컨대, 흡입법 디바이스들

은 수술 풍선, 공기(예컨대, 이산화탄소와 같은 비활성의 무독성 기체)를 불어 넣기 위한 도관 등을 포함할 수 있다. 이미지 획득 디바이스(204)는 연결(210)을 통해 프로브(208)에 통신가능하게 커플링되며, 이 연결(210)은 전기 연결, 광학 연결, 흡입법을 위한 연결(예컨대, 도관), 또는 임의의 다른 적절한 연결을 포함할 수 있다.

[0019] [0023] 일 실시예에서, 이미지 획득 디바이스(204)는, 해부학적 관심 대상(211)의 실시간 2차원(2D; two-dimensional) 및 3차원(3D; three-dimensional) 깊이 맵들을 생성할 수 있는 입체 복강경 이미징 디바이스이다. 예컨대, 입체 복강경 이미징 디바이스는 실시간 2D 및 3D 깊이 맵들을 생성하기 위해 2 개의 카메라들, 투영기를 갖는 하나의 카메라, 또는 투영기를 갖는 2 개의 카메라들을 사용할 수 있다. 입체 복강경 이미징 디바이스의 다른 구성들이 또한 가능하다. 이미징 획득 디바이스(204)가 입체 복강경 이미징 디바이스로 제한되는 것이 아니라, 임의의 모달리티, 이를테면, 예컨대 초음파(US; ultrasound)에 대한 것일 수 있다는 것이 인식되어야 한다.

[0020] [0024] 워크스테이션(202)은 또한, 피검자(212)의 해부학적 관심 대상(211)의 수술전 모델(214)을 수신할 수 있다. 수술전 모델(214)은, 초기(예컨대, 이완된, 또는 변형되지 않은) 상태의 해부학적 관심 대상(211)에 대해 획득된 수술전 이미징 데이터(미도시)로부터 생성될 수 있다. 수술전 이미징 데이터는 임의의 모달리티, 이를테면, 예컨대 CT, MRI 등에 대한 것일 수 있다. 수술전 이미징 데이터는, 수술중 이미징 데이터(206)와 비교하여 해부학적 관심 대상(211)의 더욱 상세한 뷰를 제공한다.

[0021] [0025] 표면 표적들(예컨대, 간), 임계 구조들(예컨대, 간문맥, 간 계통(hepatic system), 쓸개관), 및 다른 표적들(예컨대, 원발성 및 전이 종양들)은, 임의의 세그먼테이션 알고리즘을 사용하여 수술전 이미징 데이터로부터 세그먼팅될 수 있다. 예컨대, 세그먼테이션 알고리즘은 기계 학습 기반 세그먼테이션 알고리즘일 수 있다. 일 실시예에서, 예컨대 "System and Method for Segmenting Chambers of a Heart in a Three Dimensional Image"란 명칭의 미국 특허 번호 제7,916,919호에서 설명된 방법을 사용하여, 주변 공간 학습(MSL; marginal space learning) 기반 프레임워크가 사용될 수 있으며, 위 특허는 그 전체가 인용에 의해 본원에 통합된다. 다른 실시예에서, 반-자동 세그먼테이션 기법, 이를테면, 예컨대 그래프 컷(graph cut)들 또는 랜덤 워커 세그먼테이션(random walker segmentation)이 사용될 수 있다. 세그먼테이션들은 이진 용적(binary volume)들로서 표현될 수 있다. 수술전 모델(214)은, 예컨대 CGAL, VTK(가시화 툴킷(visualization toolkit)), 또는 임의의 다른 알려진 도구들을 사용하여 이진 용적들을 변환함으로써 생성된다. 일 실시예에서, 수술전 모델(214)은 표면 또는 4면체 메시이다. 일부 실시예들에서, 워크스테이션(202)은 직접적으로 수술전 이미징 데이터를 수신하며, 수술전 모델(214)을 생성한다.

[0022] [0026] 워크스테이션(202)은, 초기 수술중 이미징 데이터(206)를 사용하여, 변형된 상태의 해부학적 관심 대상(211)의 3D 모델을 생성한다. 도 3은 하나 또는 그 초과 실시예들에 따른, 3D 모델을 생성하기 위한 개요를 도시한다. 스티칭 모듈(224)은, 검출된 이미지 랜드마크(landmark)들에 기반하여 대응하는 프레임들을 추정하기 위하여, 초기 수술중 이미징 데이터(206)로부터 개별적으로 스캐닝되는(scanned) 프레임들을 서로에 대해 매칭시키도록(match) 구성된다. 개별적으로 스캐닝되는 프레임들은, 피검자(212)의 포지션(position)들(304)에서, 프로브(208)를 사용하는 이미지 획득 디바이스(204)를 사용하여 획득될 수 있다. 그 다음, 이들 대응하는 프레임들 간에, 상대 포즈(pose)들에 대한 가설들의 쌍별 컴퓨테이션(pairwise computation)이 결정될 수 있다. 일 실시예에서, 대응하는 프레임들 간의 상대 포즈들에 대한 가설들은 대응하는 2D 이미지 측정들 및/또는 랜드마크들에 기반하여 추정된다. 다른 실시예에서, 대응하는 프레임들 간의 상대 포즈들에 대한 가설들은 이용가능한 3D 깊이 채널(channel)들에 기반하여 추정된다. 대응하는 프레임들 간의 상대 포즈들에 대한 가설들을 컴퓨팅(computing)하기 위한 다른 방법들이 또한 사용될 수 있다.

[0023] [0027] 그 다음, 스티칭 모듈(224)은, 3D 지점들 간에 3D 거리가 최소화되는 메트릭(metric) 3D 공간에서 또는 픽셀(pixel) 공간에서 2D 재투영 오차(reprojection error)를 최소화함으로써 2D 이미지 도메인(domain)에서 정의된 오차 메트릭에 대한 본래 카메라 포즈들 뿐만 아니라 추정된 상대 포즈 가설들의 세트에서 최종 최소 기하학 구조들을 최적화하기 위해, 후속 광속 조정(bundle adjustment) 단계를 적용한다. 최적화 후에, 획득된 프레임들은 단일 정준(canonical) 좌표계로 표현된다. 스티칭 모듈(224)은 이미징 데이터(206)의 3D 깊이 데이터를, 단일 정준 좌표계의 해부학적 관심 대상(211)의 고품질 및 치밀 수술중 모델(302)로 스티칭한다(stitch). 수술중 모델(302)은 표면 메시일 수 있다. 예컨대, 수술중 모델(302)은 3D 지점 클라우드(cloud)로서 표현될 수 있다. 수술중 모델(302)은 해부학적 관심 대상(211)의 상세한 텍스처 정보를 포함한다. 예컨대 3D 삼각측량(triangulation)들에 기반하는 알려진 표면 메시(meshing) 절차들을 사용하여 이미징 데이터(206)의 시각적

인상들을 생성하기 위해 추가적인 프로세싱(processing) 단계들이 수행될 수 있다.

- [0024] [0028] 강체 정합 모듈(226)은 스티칭 모듈(224)에 의해 생성된 수술중 모델 및 수술전 모델(214)을 공통 좌표계로 정렬시키기 위해 예비 강체 정합(preliminarily rigid registration)(또는 융합)을 적용한다. 일 실시예에서, 정합은, 수술전 모델(214)과 수술중 모델 간의 3 개 또는 그 초과 대응성(correspondence)들을 식별함으로써 수행된다. 대응성들은 해부학적 랜드마크들에 기반하여 수동으로 또는 고유한 키(key)(핵심) 지점들을 결정함으로써 반-자동으로 식별될 수 있으며, 이 키(핵심) 지점들은 수술중 모델의 2D/3D 깊이 맵들 및 수술전 모델(214) 둘 모두에서 인식된다. 다른 정합 방법들이 또한 사용될 수 있다. 예컨대, 더욱 정교한 완전히 자동화된 정합 방법들은, 선험적으로(예컨대, 수술중 해부학적 스캔(intra-procedural anatomical scan), 또는 공통 기준점들의 세트를 통해) 수술전 이미징 데이터의 좌표계와 프로브(208)의 추적 시스템을 정합시킴으로써, 프로브(208)의 외부 추적을 포함한다.
- [0025] [0029] 일단 수술전 모델(214) 및 수술중 모델이 대략(coarsely) 정렬되면, 변형 모듈(228)은 수술전 모델(214) 및 수술중 모델(예컨대, 지점들 클라우드)의 꼭짓점들 간의 치밀 대응성들을 식별한다. 치밀 대응성들은 예컨대 해부학적 랜드마크들에 기반하여 수동으로, 핵심 지점들을 결정함으로써 반-자동으로, 또는 완전히 자동으로 식별될 수 있다. 그 다음, 변형 모듈(214)은 식별된 대응성들 각각에 대한 편차들의 모드(mode)들을 도출한다. 편차들의 모드들은 수술전 모델(214)과 수술중 모델 간의, 식별된 대응성들 각각에서의 공간적으로 분산된 정렬 오차들을 인코딩하거나(encode) 또는 표현한다. 편차들의 모드들은, 수술전 모델(214)에 적용되는 국소적으로 일관된 힘들의 3D 구역들로 변환된다. 일 실시예에서, 3D 거리들은, 정규화 또는 가중화 개념을 수행함으로써 힘으로 변환될 수 있다.
- [0026] [0030] 비-강체 정합을 달성하기 위해, 변형 모듈(228)은 수술전 모델(214)에 기반하여 해부학적 관심 대상(211)의 생물역학적 모델을 정의한다. 생물역학적 모델은 역학적 매개변수들 및 압력 수준들에 기반하여 정의된다. 이 생물역학적 모델을 정합 프레임워크에 통합시키기 위해, 이 매개변수들은 모델 매개변수들을 조정하기 위해 사용되는 유사성 척도(measure)와 커플링된다(coupled). 일 실시예에서, 생물역학적 모델은 해부학적 관심 대상(211)을 균질 선형 탄성 고형물로서 설명하며, 이 균질 선형 탄성 고형물의 운동은 동탄성 방정식(elastodynamics equation)에 의해 통제된다.
- [0027] [0031] 이 방정식을 풀기 위해 몇몇 상이한 방법들이 사용될 수 있다. 예컨대, 수술전 모델(214)에서 정의된 4 면체 요소들의 메시에 대해 컴퓨팅되는(computed) 것으로서 총 라그랑지안 명시적 동역학(TLED; total Lagrangian explicit dynamics) 유한 요소 알고리즘이 사용될 수 있다. 생물역학적 모델은 메시 요소들을 변형시키며, 그리고 조직의 탄성 에너지(elastic energy)를 최소화함으로써, 위에서 논의된 국소적으로 일관된 힘들의 구역들과 일치하는 관심 대상(211)의 메시 지점들의 변위를 컴퓨팅한다(compute).
- [0028] [0032] 정합 프레임워크에 생물역학적 모델을 포함시키기 위해 생물역학적 모델은 유사성 척도와 결합된다. 이 점과 관련하여, 생물역학적 모델이 업데이트된 수술전 모델(biomechanical model updated pre-operative model)과 수술중 모델 간의 유사성을 최적화함으로써, 모델이 수렴할 때(즉, 이동 모델이 표적 모델과 유사한 기하학 구조에 도달했을 때)까지, 생물역학적 모델 매개변수들은 반복적으로 업데이트된다(updated). 따라서, 생물역학적 모델은, 생물역학적 모델이 업데이트된 수술전 모델(214)과, 수술중에 수집되는 지점들 간의 지점별(pointwise) 거리 메트릭을 최소화하는 것을 목적으로, 수술중 모델에서의 변형들과 일치하는 수술전 모델(214)의 물리적으로 타당한(sound) 변형을 제공한다.
- [0029] [0033] 해부학적 관심 대상(211)의 생물역학적 모델이 동탄성 방정식에 대하여 논의되지만, 기관의 내부 구조들의 동역학을 고려하기 위해 다른 구조적 모델들(예컨대, 더욱 복잡한 모델들)이 사용될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 예컨대, 해부학적 관심 대상(211)의 생물역학적 모델은 비선형 탄성 모델, 점성 효과들 모델, 또는 비-균질 재료 특성들 모델로서 표현될 수 있다. 다른 모델들이 또한 고려된다.
- [0030] [0034] 일 실시예에서, 생물역학적 모델에 대한 솔루션(solution)은, 이미지 획득 디바이스(204)의 오퍼레이터(operator)에게 햅틱 피드백(haptic feedback)을 제공하기 위해 사용될 수 있다. 다른 실시예에서, 생물역학적 모델에 대한 솔루션은, 이미징 데이터(206)의 세그먼테이션들의 편집을 안내하기 위해 사용될 수 있다. 다른 실시예들에서, 생물역학적 모델은 식별된 매개변수(예컨대, 조직 강성도 또는 점성)에 사용될 수 있다. 예컨대, 알려진 힘을 적용하고 변위를 관찰하는 프로브(208)에 의해, 환자의 조직이 능동적으로(actively) 변형될 수 있다. 이용가능한 데이터를 근사시키는(fitting) 최적 모델 매개변수들을 발견하는 전방향 문제(forward problem)에 대한 해법(solver)으로서 생물역학적 모델을 사용하여 역방향 문제(inverse problem)가 풀릴 수 있다. 예컨대, 생물역학적 모델에 기반하는 변형은, 매개변수들을 업데이트(update)하기 위해 알려진 변형에 기

반할 수 있다. 일부 실시예들에서, 생물역학적 모델은 비-강체 정합에 사용되기 전에 개인화될(personalized) 수 있다(즉, 역방향 문제를 풀으로써).

[0031] [0035] 정합 모듈(226)에 의해 수행되는 강체 정합은, 공통 좌표계 내에서, 수술전 모델(214) 및 수술중 모델의 각각의 프레임의 복원되는 포즈들을 정렬시킨다. 텍스처 매핑(mapping) 모듈(230)은, 공통 좌표계를 사용하여, 변형 모듈(228)에 의해 변형된 수술전 모델(214)에 수술중 모델의 텍스처 정보를 매핑한다. 변형된 수술전 모델은 복수의 3각 면(triangulated face)들로서 표현된다. 이미징 데이터(206)의 시각 데이터의 높은 중복성에 기인하여, 변형된 수술전 모델의 각각의 가시적인 3각 면의 정교한 라벨링(labeling) 전략이 텍스처 매핑에 사용된다.

[0032] [0036] 변형된 수술전 모델은 라벨링된(labeled) 그래프 구조로서 표현되며, 이 라벨링된 그래프 구조에서, 변형된 수술전 모델의 각각의 가시적인 삼각형 면은 노드(node)에 대응하고, (예컨대, 2 개의 공통 꼭짓점들을 공유하는) 이웃 면들은 그래프의 모서리들에 의해 연결된다. 예컨대, 3D 삼각형들의 역 투영(back projection)이 2D 이미지들에 수행될 수 있다. 변형된 수술전 모델에서의 가시적인 삼각형 면들만이 그래프에서 표현된다. 가시적인 삼각형 면들은 가시성 테스트(test)들에 기반하여 결정될 수 있다. 예컨대, 하나의 가시성 테스트는 삼각형 면의 모든 3 개의 지점들이 가시적인지 여부를 결정한다. 최대 3 개 미만의 가시적인 지점들(예컨대, 삼각형 면의 단 2 개의 가시적인 지점들)을 갖는 삼각형 면들은 그래프에서 생략될 수 있다. 다른 예시적 가시성 테스트는, (예컨대, 오픈 지엘(open gl)을 사용하는 지버퍼(zbuffer) 판독들을 사용하여) 앞쪽의 삼각형 면들에 의해 막히는, 수술전 모델(214)의 뒤쪽의 삼각형 면들을 생략하는 폐색(occlusion)을 고려한다. 다른 가시성 테스트들이 또한 수행될 수 있다.

[0033] [0037] 그래프의 각각의 노드에 대해, 각각의 수집되는 이미지 프레임에서의 가시성 테스트들(예컨대, 투영되는 2D 커버리지(coverage) 비율)에 기반하여 한 세트의 포텐셜(potential)들(데이터 항(data term))이 생성된다. 그래프의 각각의 모서리에 쌍별 포텐셜이 할당되며, 이 쌍별 포텐셜은 수술전 모델(214)의 기하학적 특성들을 고려한다. 유사한 배향을 갖는 삼각형 면들에 유사한 라벨(label)이 할당될 개연성이 더욱 높으며, 이는 텍스처가 단일 프레임으로부터 추출된다는 것을 의미한다. 삼각형 면들에 대응하는 이미지들이 라벨들이다. 목적은, 이웃 삼각형 면들 간의 매끄러운 전이(smooth transition)들을 제공하기 위해 고려되는 이미지들의 개수를 충분히 감소(즉, 라벨 점프(jump)들의 개수를 감소)시키면서, 명확한 고품질 텍스처를 제공할, 이미지들에서의 대형 삼각형 면들을 제공하는 것이다. 각각의 삼각형 면의 라벨링을 결정하기 위해 조건부 랜덤 필드 공식(conditional random field formulation) 내에서 알파 확장 알고리즘(alpha expansion algorithm)을 사용함으로써, 추론이 수행될 수 있다. 최종 삼각형 텍스처는 수술중 모델로부터 추출되며, 라벨링 및 공통 좌표계에 기반하여, 변형된 수술전 모델에 매핑될 수 있다.

[0034] [0038] 그 다음, 비-강체 정합 모듈(232)은 실시간 수술중 이미징 데이터(207)와 텍스처 매핑된(texture mapped), 변형된 수술전 모델의 실시간 비-강체 정합을 수행한다. 일 실시예에서, 실시간 수술중 이미징 데이터(207)와 텍스처-매핑된, 변형된 수술전 모델의 온라인(online) 정합은, 생물역학적 모델을 사용하여 위에서 논의된 것과 유사한 접근법을 따라 수행된다. 특히, 제1 단계에서, 텍스처 및 수술중 모델의 3D 깊이들 둘 모두 간의 미스매치(mismatch)를 최소화함으로써, 텍스처 매핑된, 변형된 수술전 모델의 표면은 실시간 수술중 이미징 데이터(207)와 정렬된다. 제2 단계에서, 오프라인 페이즈(offline phase)에서 컴퓨팅된(computed) 텍스처링된, 변형된 해부학적 모델을 초기 조건으로서 사용하여, 그리고 모델 표면의 새로운 위치를 경계 조건으로서 사용하여, 생물역학적 모델이 풀린다.

[0035] [0039] 다른 실시예에서, 실시간 수술중 이미징 데이터(207) 상의 소정의 피쳐(feature)들 또는 랜드마크들을 추적하는 것에 기반하여, 텍스처 매핑된, 변형된 수술전 모델을 증분식으로 업데이트함으로써, 비-강체 정합이 수행된다. 예컨대, 실시간 수술중 이미징 데이터(207) 상에서 시간에 걸쳐 소정의 이미지 패치(patch)들이 추적될 수 있다. 추적은 세기 피쳐들 및 깊이 맵들 둘 모두를 고려한다. 일 예에서, 추적은, 알려진 방법들을 사용하여 수행될 수 있다. 추적 정보에 기반하여, 실시간 수술중 이미징 데이터(207)의 증분 카메라 포즈들이 추정된다. 패치들의 포지션의 증분 변화는, 이전 프레임으로부터 모델을 변형시켜 그것을 현재 프레임에 매핑하기 위한 경계 조건으로서 사용된다.

[0036] [0040] 유리하게, 변형된 수술전 모델(214)과 실시간 수술중 이미징 데이터(207)의 정합은, 프로브(208)의 개선된 프리-핸드(free-hand) 또는 로봇식 제어 내비게이션(robotic controlled navigation)을 가능하게 한다. 추가로, 워크스테이션(202)은 변형된 수술전 모델을 이용하여 실시간 수술중 이미징 데이터(207)의 실시간 프레임 단위 업데이트(frame-by-frame update)들을 제공한다. 워크스테이션(202)은, 디스플레이(220)를 사용하여, 변

형된 수술전 모델을 수술중에 디스플레이할 수 있다. 일 실시예에서, 디스플레이(220)는 혼합 모드(blended mode)에서 실시간 수술중 이미징 데이터(207) 상에 겹쳐진 표적 및 임계 구조들을 도시한다. 다른 실시예에서, 디스플레이(220)는 표적 및 임계 구조들을 나란히 디스플레이할 수 있다.

- [0037] [0041] 도 4는 하나 또는 그 초과와 실시예들에 따른, 워크스테이션에서의 복강경 수술 절차들의 안내를 위한 방법(400)을 도시한다. 단계(402)에서, 초기(예컨대, 이완된, 또는 변형되지 않은) 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델이 수신된다. 수술전 모델은 임의의 모달리티의 이미지 획득 디바이스로부터 생성될 수 있다. 예컨대, 수술전 모델은 CT 또는 MRI로부터의 수술전 이미징 데이터로부터 생성될 수 있다.
- [0038] [0042] 단계(404)에서, 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 초기 수술중 이미징 데이터가 수신된다. 초기 수술중 이미징 데이터는, 해부학적 관심 대상의 전체 스캐닝을 제공하기 위해 절차의 초기 스테이지에서 획득될 수 있다. 초기 수술중 이미징 데이터는 임의의 모달리티의 이미지 획득 디바이스로부터 생성될 수 있다. 예컨대, 초기 수술중 이미징 데이터는 실시간 2D 및 3D 깊이 맵들을 생성할 수 있는 입체 복강경 이미징 디바이스로부터 나올 수 있다. 변형된 상태의 해부학적 관심 대상은 복부의 흡입법, 또는 임의의 다른 인자, 이를테면, 예컨대 환자의 정상적인 내부 운동, 이미징 또는 수술 디바이스로부터의 변위 등에 기인하여 변형될 수 있다.
- [0039] [0043] 단계(406)에서, 초기 수술중 이미징 데이터는 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델로 스티칭된다. 검출된 이미징 랜드마크들에 기반하여 대응하는 프레임들을 식별하기 위해, 초기 수술중 이미징 데이터의 개별적으로 스캐닝되는 프레임들이 서로 매칭된다. 대응하는 프레임들 간의 상대 포즈들에 대한 가설들의 세트가 결정된다. 가설들은 대응하는 이미지 측정들 및 랜드마크들에 기반하여, 또는 이용가능한 3D 깊이 채널들에 기반하여 추정될 수 있다. 가설들의 세트는, 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델을 생성하기 위해 최적화된다.
- [0040] [0044] 단계(408)에서, 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델은, 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델과 강제 정합된다. 강제 정합은, 수술전 모델과 수술중 모델 간의 3 개 또는 그 초과와 대응성들을 식별함으로써 수행될 수 있다. 대응성들은 수동으로, 반-자동으로, 또는 완전히-자동으로 식별될 수 있다.
- [0041] [0045] 단계(410)에서, 초기 상태의 해부학적 관심 대상의 수술전 모델은, 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델에 기반하여 변형된다. 일 실시예에서, 수술전 모델과 수술중 모델 간의 치밀 대응성들이 식별된다. 수술전 모델과 수술중 모델 간의 오정렬들을 표현하는 편차들의 모드들이 결정된다. 오정렬들은, 변형을 수행하기 위해 수술전 모델에 적용되는 국소적으로 일관된 힘들의 구역들로 변환된다.
- [0042] [0046] 일 실시예에서, 수술전 모델에 기반하여, 해부학적 관심 대상의 생물역학적 모델이 정의된다. 생물역학적 모델은, 국소적으로 일관된 힘들의 구역들과 일치하는 해부학적 관심 대상의 형상을 컴퓨팅한다. 비-강제 정합을 수행하기 위해, 생물역학적 모델은 세기 유사성 척도와 결합된다. 생물역학적 모델이 업데이트된 수술전 모델과, 수술중 모델 간의 거리 메트릭을 최소화하기 위해, 수렴 때까지, 생물역학적 모델 매개변수들은 반복적으로 업데이트된다.
- [0043] [0047] 단계(412)에서, 해부학적 관심 대상의 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 생성하기 위해, 변형된 상태의 해부학적 관심 대상의 수술중 모델로부터의 텍스처 정보가 변형된 수술전 모델에 매핑된다. 매핑은, 변형된 수술전 모델을 그래프 구조로서 표현함으로써 수행될 수 있다. 변형된 수술전 모델 상에서 가시적인 삼각형 면들은 그래프의 노드들에 대응하고, (예컨대, 2 개의 공통 꼭짓점들을 공유하는) 이웃 면들은 모서리들에 의해 연결된다. 노드들은 라벨링되며, 이 라벨링에 기반하여 텍스처 정보가 매핑된다.
- [0044] [0048] 단계(414)에서, 실시간 수술중 이미징 데이터가 수신된다. 실시간 수술중 이미징 데이터는 절차 동안 획득될 수 있다.
- [0045] [0049] 단계(416)에서, 해부학적 관심 대상의 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델은 실시간 수술중 이미징 데이터와 비-강제 정합된다. 일 실시예에서, 3D 깊이 및 텍스처 둘 모두에서의 미스매치를 최소화함으로써, 실시간 수술중 이미징 데이터와 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 먼저 정렬시킴으로써, 비-강제 정합이 수행될 수 있다. 제2 단계에서, 텍스처링된, 변형된 수술전 모델을 초기 조건으로서, 그리고 모델 표면의 새로운 위치를 경계 조건으로서 사용하여 생물역학적 모델이 풀린다. 다른 실시예에서, 시간에 걸쳐 실시간 수술중 이미징 데이터의 피쳐들의 포지션을 추적하고, 피쳐들의 추적되는 포지션에 기반하여, 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 추가로 변형시킴으로써, 비-강제 정합이 수행될 수 있다.
- [0046] [0050] 단계(418)에서, 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델을 이용하여 실시간 수술중 이미징 데이터의 디스플레이가 증강된다. 예컨대, 변형된, 텍스처-매핑된 수술전 모델은 실시간 수술중 이미징 데이터 상에 겹쳐진 상

태로 또는 나란히 있는 구성으로 디스플레이될 수 있다.

- [0047] [0051] 본원에서 설명된 시스템들, 장치들, 및 방법들은 디지털(digital) 회로소자를 사용하여, 또는 잘-알려진 컴퓨터 프로세서들, 메모리 유닛(memory unit)들, 저장 디바이스들, 컴퓨터 소프트웨어(software), 및 다른 컴포넌트(component)들을 사용하는 하나 또는 그 초과 컴퓨터들을 사용하여 구현될 수 있다. 통상적으로, 컴퓨터는 명령들을 실행하기 위한 프로세서, 그리고 명령들 및 데이터를 저장하기 위한 하나 또는 그 초과 메모리들을 포함한다. 컴퓨터는 또한, 하나 또는 그 초과 대용량 저장 디바이스들, 이를테면 하나 또는 그 초과 자기 디스크(disk)들, 내부 하드 디스크(hard disk)들 및 제거가능 디스크들, 광자기 디스크들, 광학 디스크들 등을 포함하거나, 또는 이에 커플링될 수 있다.
- [0048] [0052] 본원에서 설명된 시스템들, 장치, 및 방법들은 클라이언트-서버(client-server) 관계로 동작하는 컴퓨터들을 사용하여 구현될 수 있다. 통상적으로, 그러한 시스템에서, 클라이언트 컴퓨터들은 서버 컴퓨터로부터 원격으로 위치되며, 네트워크(network)를 통해 상호작용한다. 클라이언트-서버 관계는, 개개의 클라이언트 및 서버 컴퓨터들 상에서 실행되는 컴퓨터 프로그램(program)들에 의해 정의 및 제어될 수 있다.
- [0049] [0053] 본원에서 설명된 시스템들, 장치, 및 방법들은 네트워크-기반 클라우드 컴퓨팅(computing) 시스템 내에서 구현될 수 있다. 그러한 네트워크-기반 클라우드 컴퓨팅 시스템에서, 네트워크에 연결되는 서버 또는 다른 프로세서는 네트워크를 통해 하나 또는 그 초과 클라이언트 컴퓨터들과 통신한다. 클라이언트 컴퓨터는, 예컨대 클라이언트 컴퓨터 상에 상주 및 동작하는 네트워크 브라우저 애플리케이션(browser application)을 통해 서버와 통신할 수 있다. 클라이언트 컴퓨터는 서버 상에 데이터를 저장하며, 네트워크를 통해 데이터에 접근할 수 있다. 클라이언트 컴퓨터는 데이터에 대한 요청들 또는 온라인 서비스(service)들에 대한 요청들을 네트워크를 통해 서버에 송신할 수 있다. 서버는 요청된 서비스들을 수행하며, 데이터를 클라이언트 컴퓨터(들)에 제공할 수 있다. 서버는 또한, 클라이언트 컴퓨터로 하여금 특정된 기능을 수행하게 하도록, 예컨대, 계산을 수행하는 것, 특정된 데이터를 스크린(screen) 상에 디스플레이하는 것 등을 하게 하도록 적응된 데이터를 송신할 수 있다. 예컨대, 서버는, 클라이언트 컴퓨터로 하여금, 도 4의 단계들 중 하나 또는 그 초과를 비롯하여 본원에서 설명된 방법 단계들 중 하나 또는 그 초과를 수행하게 하도록 적응된 요청을 송신할 수 있다. 도 4의 단계들 중 하나 또는 그 초과를 비롯하여 본원에서 설명된 방법들의 소정의 단계들은 서버에 의해 또는 네트워크-기반 클라우드-컴퓨팅 시스템의 다른 프로세서에 의해 수행될 수 있다. 도 4의 단계들 중 하나 또는 그 초과를 비롯하여 본원에서 설명된 방법들의 소정의 단계들은 네트워크-기반 클라우드 컴퓨팅 시스템의 클라이언트 컴퓨터에 의해 수행될 수 있다. 도 4의 단계들 중 하나 또는 그 초과를 비롯하여 본원에서 설명된 방법들의 단계들은 임의의 결합으로 서버에 의해 그리고/또는 네트워크-기반 클라우드 컴퓨팅 시스템의 클라이언트 컴퓨터에 의해 수행될 수 있다.
- [0050] [0054] 본원에서 설명된 시스템들, 장치, 및 방법들은 프로그래머블(programmable) 프로세서에 의한 실행을 위해 정보 캐리어(carrier)에, 예컨대 비-일시적 기계-판독가능 저장 디바이스에 유형으로 구현되는 컴퓨터 프로그램 제품을 사용하여 구현될 수 있으며; 그리고 도 4의 단계들 중 하나 또는 그 초과를 비롯하여 본원에서 설명된 방법 단계들은 그러한 프로세서에 의해 실행가능한 하나 또는 그 초과 컴퓨터 프로그램들을 사용하여 구현될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은, 소정의 활동을 수행하거나 또는 소정의 결과를 유발하기 위해 컴퓨터에서 직접적으로 또는 간접적으로 사용될 수 있는 컴퓨터 프로그램 명령들의 세트이다. 컴퓨터 프로그램은 컴파일링 또는 인터프리팅되는 언어(compiled or interpreted language)들을 비롯하여 임의의 형태의 프로그래밍(programming) 언어로 쓰여질 수 있으며, 이 컴퓨터 프로그램은 독립형 프로그램으로서 또는 모듈, 컴포넌트, 서브루틴(subroutine), 또는 컴퓨팅 환경에서 사용하기에 적절한 다른 유닛으로서 배치되는 것을 비롯하여 임의의 형태로 배치될 수 있다.
- [0051] [0055] 본원에서 설명된 시스템들, 장치, 및 방법들을 구현하기 위해 사용될 수 있는 예시적 컴퓨터의 고수준 블록 다이어그램(500)이 도 5에서 묘사된다. 컴퓨터(502)는 데이터 저장 디바이스(512) 및 메모리(510)에 동작 가능하게 커플링된 프로세서(504)를 포함한다. 프로세서(504)는 컴퓨터(502)의 전체 동작을, 그러한 동작들을 정의하는 컴퓨터 프로그램 명령들을 실행함으로써 제어한다. 컴퓨터 프로그램 명령들은 데이터 저장 디바이스(512) 또는 다른 컴퓨터 판독가능 매체에 저장되며, 컴퓨터 프로그램 명령들의 실행이 원해질 때 메모리(510)에 로딩될(loaded) 수 있다. 따라서, 도 4의 방법 단계들은 메모리(510) 및/또는 데이터 저장 디바이스(512)에 저장된 컴퓨터 프로그램 명령들에 의해 정의되며, 컴퓨터 프로그램 명령들을 실행하는 프로세서(504)에 의해 제어될 수 있다. 예컨대, 컴퓨터 프로그램 명령들은 각각 도 1 및 도 2의 워크스테이션들(102 및 202) 그리고 도 4의 방법 단계들을 수행하기 위해 당업자에 의해 프로그래밍된(programmed) 컴퓨터 실행가능 코드(code)로서 구현될 수 있다. 그에 따라서, 컴퓨터 프로그램 명령들을 실행함으로써, 프로세서(504)는 각각 도 1 및 도 2의

워크스테이션들(102 및 202) 그리고 도 4의 방법 단계들을 실행한다. 컴퓨터(502)는 또한, 네트워크를 통해 다른 디바이스들과 통신하기 위한 하나 또는 그 초과 네트워크 인터페이스들(506)을 포함할 수 있다. 컴퓨터(502)는 또한, 컴퓨터(502)와의 사용자 상호작용을 가능하게 하는 하나 또는 그 초과 입력/출력 디바이스들(508)(예컨대, 디스플레이, 키보드(keyboard), 마우스(mouse), 스피커(speaker)들, 버튼(button)들 등)을 포함할 수 있다.

[0052] [0056] 프로세서(504)는 범용 및 특수 목적 마이크로프로세서(microprocessor)들 둘 모두를 포함할 수 있으며, 단독 프로세서이거나 또는 컴퓨터(502)의 다수의 프로세서들 중 하나일 수 있다. 프로세서(504)는 예컨대 하나 또는 그 초과 중앙 프로세싱 유닛(CPU; central processing unit)들을 포함할 수 있다. 프로세서(504), 데이터 저장 디바이스(512), 및/또는 메모리(510)는 하나 또는 그 초과 주문형 집적 회로(ASIC; application-specific integrated circuit)들 및/또는 하나 또는 그 초과 필드 프로그래머블 게이트 어레이(FPGA; field programmable gate array)들을 포함하거나, 이에 의해 보충되거나, 또는 이에 통합될 수 있다.

[0053] [0057] 데이터 저장 디바이스(512) 및 메모리(510) 각각은 유형의 비-일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체를 포함한다. 데이터 저장 디바이스(512) 및 메모리(510) 각각은 고속 랜덤 액세스 메모리(random access memory), 이를테면 동적 랜덤 액세스 메모리(DRAM; dynamic random access memory), 정적 랜덤 액세스 메모리(SRAM; static random access memory), 2배 데이터 레이트 동기 동적 랜덤 액세스 메모리(DDR RAM; double data rate synchronous dynamic random access memory), 또는 다른 랜덤 액세스 고체 상태 메모리 디바이스들을 포함할 수 있으며, 비-휘발성 메모리, 이를테면 하나 또는 그 초과 자기 디스크 저장 디바이스들, 이를테면 내부 하드 디스크들 및 제거가능 디스크들, 광자기 디스크 저장 디바이스들, 광학 디스크 저장 디바이스들, 플래시(flash) 메모리 디바이스들, 반도체 메모리 디바이스들, 이를테면 소거가능 프로그래머블 판독-전용 메모리(EPROM; erasable programmable read-only memory), 전기적 소거가능 프로그래머블 판독-전용 메모리(EEPROM; electrically erasable programmable read-only memory), 콤팩트 디스크 판독-전용 메모리(CD-ROM; compact disc read-only memory), 디지털 다기능 디스크 판독-전용 메모리(DVD-ROM; digital versatile disc read-only memory) 디스크들, 또는 다른 비-휘발성 고체 상태 저장 디바이스들을 포함할 수 있다.

[0054] [0058] 입력/출력 디바이스들(508)은 주변장치들, 이를테면 프린터(printer), 스캐너(scanner), 디스플레이 스크린 등을 포함할 수 있다. 예컨대, 입력/출력 디바이스들(508)은 사용자에게 정보를 디스플레이하기 위한 디스플레이 디바이스, 이를테면 음극선관(CRT; cathode ray tube) 또는 액정 디스플레이(LCD; liquid crystal display) 모니터(monitor), 사용자가 입력을 컴퓨터(502)에 제공할 수 있게 하는 마우스 또는 트랙볼(trackball)과 같은 포인팅(pointing) 디바이스 및 키보드를 포함할 수 있다.

[0055] [0059] 각각 도 1 및 도 2의 워크스테이션들(102 및 202)의 요소들을 비롯하여 본원에서 논의된 시스템들 및 장치 중 임의의 것 또는 전부는 컴퓨터(502)와 같은 하나 또는 그 초과 컴퓨터들을 사용하여 구현될 수 있다.

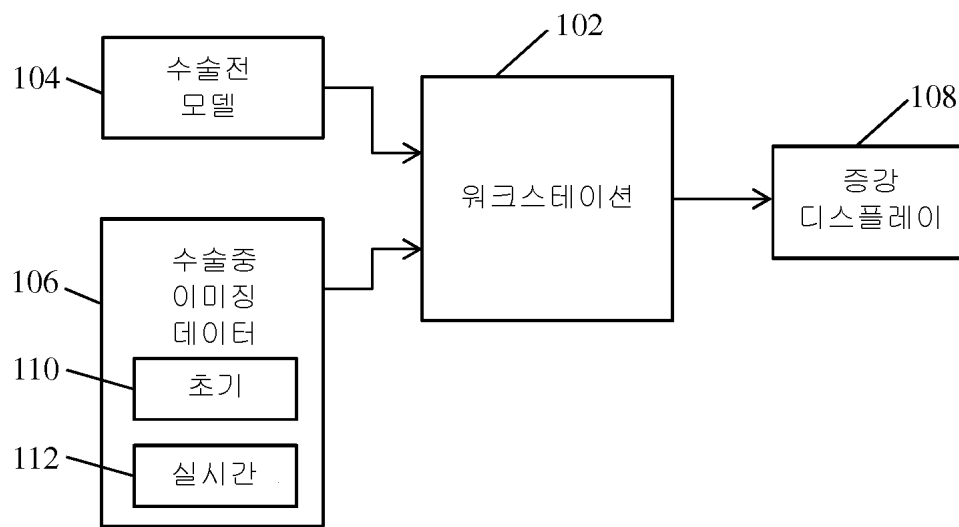
[0056] [0060] 당업자는, 실제 컴퓨터 또는 컴퓨터 시스템의 구현이 다른 구조들을 가질 수 있고, 다른 컴포넌트들도 또한 가질 수 있다는 것, 그리고 도 5가 예시적 목적들을 위한, 그러한 컴퓨터의 컴포넌트들 중 일부의 고수준 표현이라는 것을 인식할 것이다.

[0057] [0061] 전술한 상세한 설명은 모든 각각의 측면에서 실례적이고 예시적이지만 제한적이지 않은 것으로서 이해되어야 하며, 본원에서 개시된 본 발명의 범위는 상세한 설명으로부터 결정되는 것이 아니라, 특허법에 의해 허용되는 전폭에 따라 해석되는 청구항들로부터 결정되어야 한다. 본원에서 도시 및 설명된 실시예들이 본 발명의 원리들을 단지 예시한다는 것, 그리고 본 발명의 범위 및 사상으로부터 벗어나지 않고, 다양한 수정들이 당업자들에 의해 구현될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 본 발명의 범위 및 사상으로부터 벗어나지 않고, 당업자들은 다양한 다른 특징 결합들을 구현할 수 있다.

도면

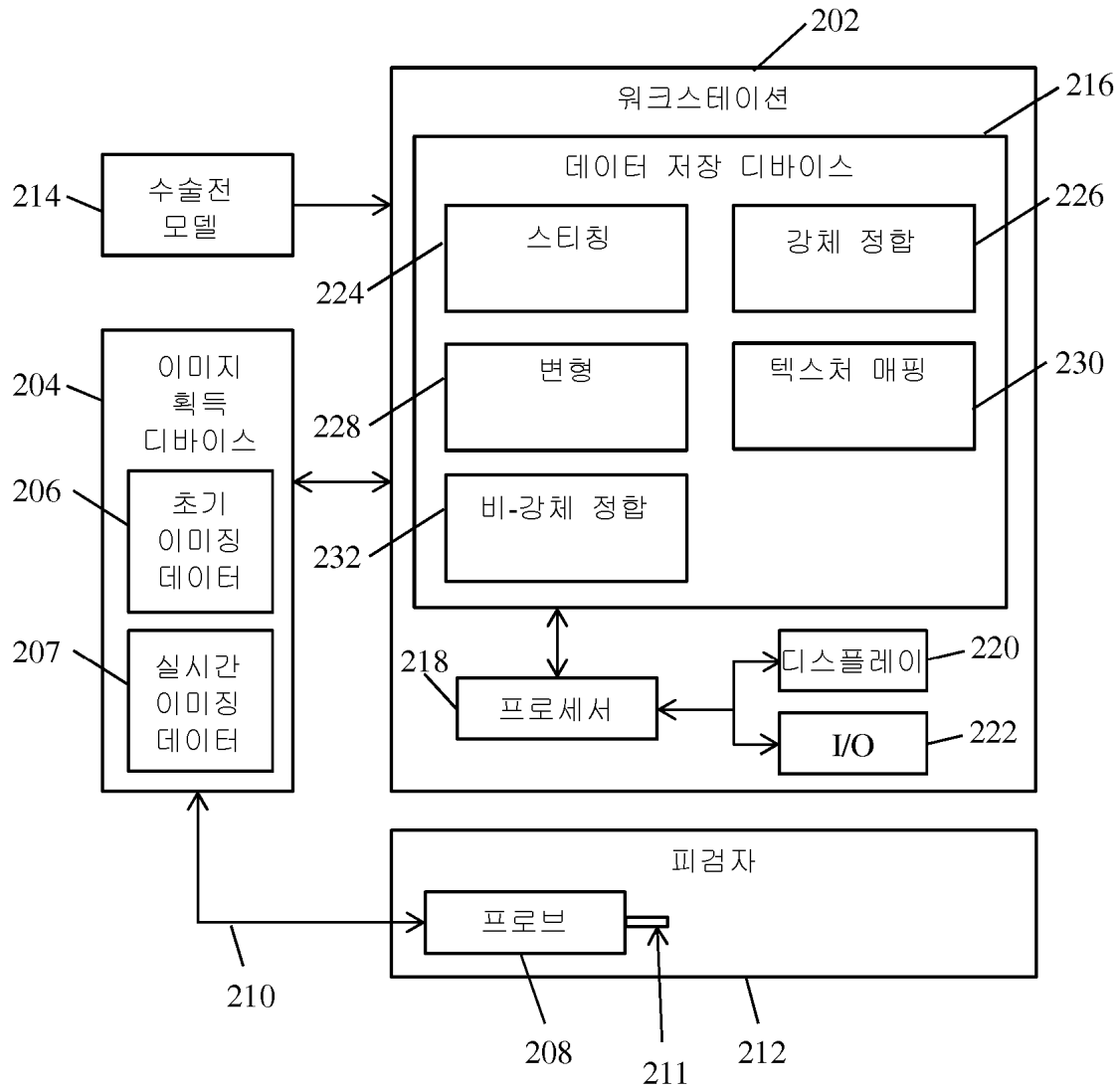
도면1

100

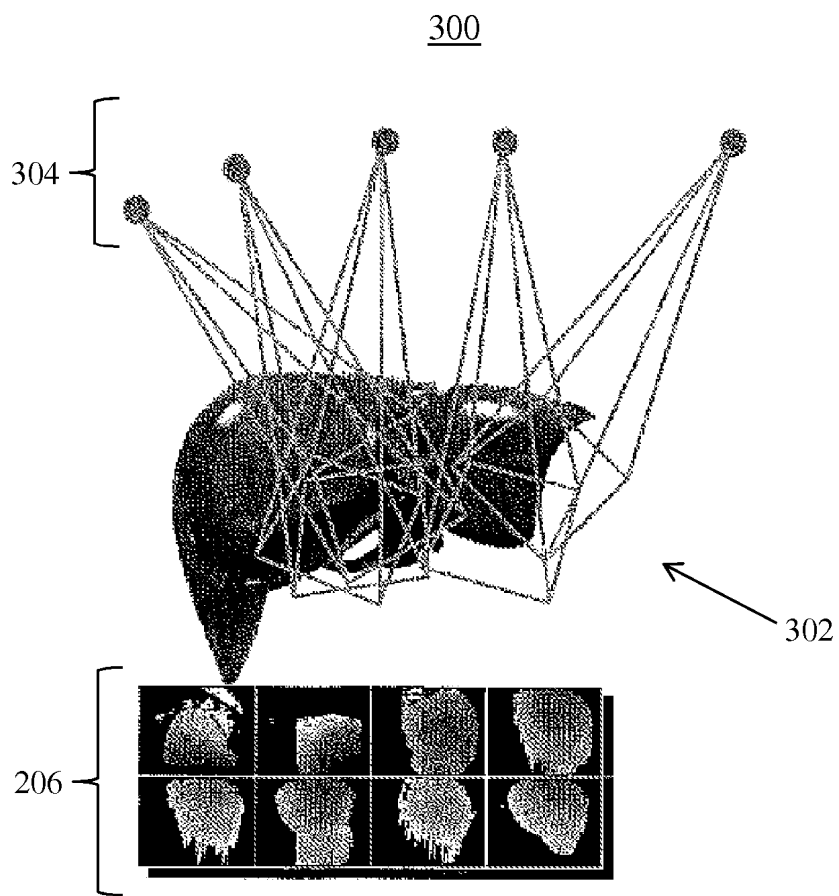


도면2

200

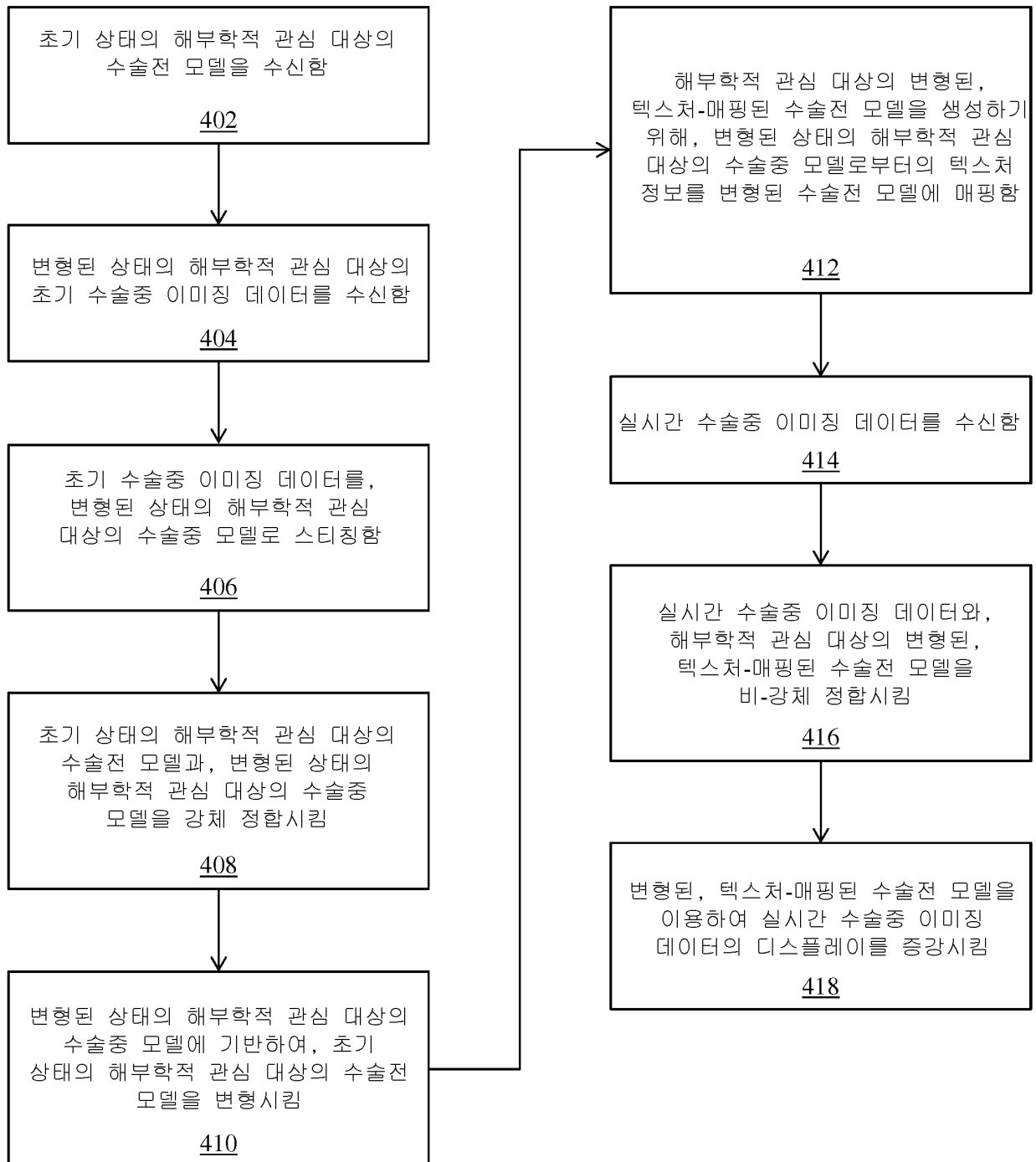


도면3



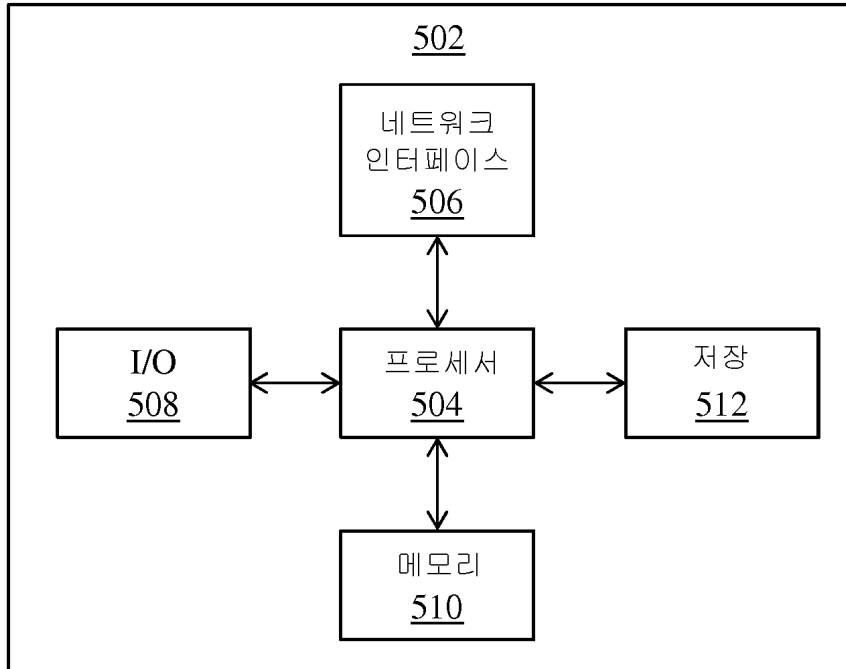
도면4

400



도면5

500



专利名称(译)	用于通过解剖模型增强来引导腹腔镜外科手术的系统和方法		
公开(公告)号	KR1020180005684A	公开(公告)日	2018-01-16
申请号	KR1020177035207	申请日	2015-05-07
[标]申请(专利权)人(译)	西门子公司		
申请(专利权)人(译)	西门子玄天邪GESELLSCHAFT		
[标]发明人	KAMEN ALI 카멘알리 KLUCKNER STEFAN 크루크너슈테판 CHANG YAO JEN 창야오젠 MANSI TOMMASO 만시툼마소 PASSERINI TIZIANO 파세리니티지아노 CHEN TERRENCE 첸테렌스 MOUNTNEY PETER 마운트니피터 SCHICK ANTON 시크안턴		
发明人	카멘,알리 크루크너,슈테판 창,야오 젠 만시,툼마소 파세리니,티지아노 첸,테렌스 마운트니,피터 시크,안턴		
IPC分类号	G06T17/20 A61B5/00 G06T7/33 G06T15/04		
CPC分类号	G06T17/20 G06T15/04 G06T7/344 A61B5/00 G06T2200/04 G06T2200/08 G06T2207/20076 G06T2207/30056 G06T2210/41 A61B1/3132 A61B5/0033 A61B5/0084 A61B5/06 G16H50/50		
代理人(译)	专利法的人和别人		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

用于模型增强的系统和方法包括接收修改状态的解剖对象的术中成像数据。将手术期间的成像数据缝合到变形状态的解剖对象的术中模型中。通过基于生物力学模型修改初始解剖学兴趣的术前模型，将改变的状态解剖学兴趣的术中模型与初始状态解剖学兴趣的术前模型匹配。为了生成解剖学兴趣的经修改的纹理映射的术前模型，将来自变形状态解剖学兴趣的术中模型的纹理信息映射到修改的术前模型。

