

**(19) 대한민국특허청(KR)**
(12) 공개특허공보(A)**(11) 공개번호** 10-2023-0135256**(43) 공개일자** 2023년09월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 34/10 (2016.01) *A61B 17/00* (2022.01)*A61B 6/00* (2006.01) *A61B 6/03* (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61B 34/10 (2016.02)*A61B 6/032* (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0032481

(22) 출원일자 2022년03월16일

심사청구일자 2022년03월16일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

황인태

서울특별시 강서구 공항대로 583 (염창동, e편한세상)

황진욱

서울특별시 강남구 삼성로 212 (대치동, 은마아파트)

이승학

서울특별시 양천구 목동중앙북로8길 111 (목동, 금호베스트빌아파트)

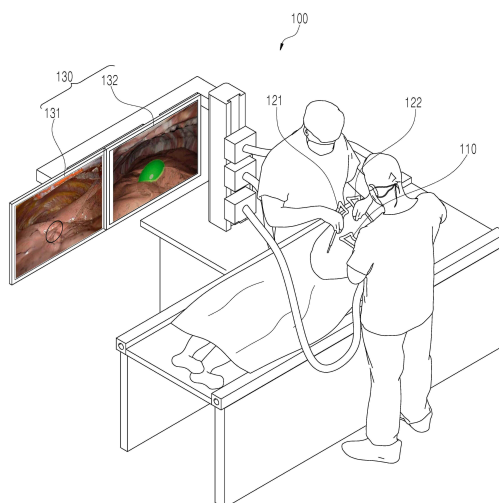
(74) 대리인

특허법인 남앤남

전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 3차원 무기폐 모델에 기반한 흉강경 시뮬레이션 장치 및 방법**(57) 요약**

본 발명은 CT 폐 영상을 기반으로 무기폐 3D 모델을 생성하여 폐결절 위치 및 안전 절제마진 표시를 포함하는 시뮬레이션을 수행하는 흉강경 시뮬레이션 장치 및 방법에 관한 것이다. 본 실시 예에 따른 흉강경 시뮬레이션 방법은, 각 단계의 적어도 일부가 프로세서에 의해 수행되는 흉강경 시뮬레이션 방법으로서, 환자에 대한 흡기 상태의 흉부 CT 이미지를 기반으로 폐결절이 표시된 3D 폐 모델을 생성하는 단계와, 3D 폐 모델을 변형하여 호기 상태의 무기폐 3D 모델을 생성하는 단계와, 무기폐 3D 모델과, 흉부 CT 이미지에 포함된 갈비뼈의 위치를 이용하여 흉곽 3D 모델을 생성하는 단계와, 가상의 공간에 흉곽 3D 모델을 위치시키고, 추적된 흉강경 및 수술도구의 위치와 흉곽 3D 모델을 기반으로 하여 시뮬레이션 영상을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1

(52) CPC특허분류

A61B 6/5211 (2013.01)

A61B 2017/00809 (2013.01)

A61B 2034/105 (2016.02)

A61B 2034/107 (2016.02)

명세서

청구범위

청구항 1

각 단계의 적어도 일부가 프로세서에 의해 수행되는 흉강경 시뮬레이션 방법으로서,
환자에 대한 흡기 상태의 흉부 CT 이미지를 기반으로 폐결절이 표시된 3D 폐 모델을 생성하는 단계;
상기 3D 폐 모델을 변형하여 호기 상태의 무기폐 3D 모델을 생성하는 단계;
상기 무기폐 3D 모델과, 상기 흉부 CT 이미지에 포함된 갈비뼈의 위치를 이용하여 흉곽 3D 모델을 생성하는 단계;
가상의 공간에 상기 흉곽 3D 모델을 위치시키고, 추적된 흉강경 및 수술도구의 위치와 상기 흉곽 3D 모델을 기반으로 하여 시뮬레이션 영상을 생성하는 단계를 포함하는,
흉강경 시뮬레이션 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 무기폐 3D 모델을 생성하는 단계는,
상기 환자의 자세에 기반하여 중력 방향을 결정하는 단계;
상기 중력 방향을 기반으로 하여 상기 3D 폐 모델에 포함되는 적어도 일부의 버텍스(vertex)의 위치를 이동시켜 상기 무기폐 3D 모델을 생성하는 단계를 포함하는,
흉강경 시뮬레이션 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,
상기 무기폐 3D 모델을 생성하는 단계는,
상기 3D 폐 모델에 포함된 복수개의 버텍스를 로딩하는 단계;
상기 중력 방향을 기반으로 하여 상기 버텍스의 이동 한계를 위한 지면을 생성하는 단계;
상기 지면으로부터 상기 버텍스까지의 이격거리를 산출하는 단계;
상기 이격거리에 기반하여 적어도 일부의 상기 버텍스의 위치를 상기 중력 방향으로 이동시키는 단계; 및
위치가 이동된 상기 버텍스를 포함하여 무기폐 3D 모델을 생성하고 서피스 렌더링을 수행하는 단계를 포함하는,
흉강경 시뮬레이션 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,
상기 이격거리에 기반하여 적어도 일부의 상기 버텍스의 위치를 상기 중력 방향으로 이동시키는 단계는,
상기 지면에서 먼 상기 버텍스 일수록 상기 지면의 방향으로 더 긴 거리를 이동시키는 단계를 포함하는,
흉강경 시뮬레이션 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 지면에서 먼 상기 버텍스 일수록 상기 지면의 방향으로 더 긴 거리를 이동시키는 단계는,
상기 버텍스 각각에 대한 상기 이격거리를 미리 설정된 동일한 비율만큼 이동시키는 단계를 포함하는,
휴강경 시뮬레이션 방법.

청구항 6

제 4 항에 있어서,
상기 지면에서 먼 상기 버텍스 일수록 상기 지면의 방향으로 더 긴 거리를 이동시키는 단계는,
이동되는 상기 버텍스 중 적어도 두 개의 상기 버텍스에 대한 이격거리를 서로 다른 비율만큼 이동시키는 단계를 포함하는,
휴강경 시뮬레이션 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
상기 휴강경 3D 모델을 생성하는 단계는,
상기 무기폐 3D 모델 상에 폐결절의 위치를 표시하는 단계; 및
상기 폐결절의 위치에 기반하여 상기 폐결절의 주변에 제거 범위를 표시하는 세이프 마진을 주변 조직과 구별되도록 표시하는 단계를 더 포함하는,
휴강경 시뮬레이션 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,
상기 세이프 마진의 크기 또는 표시를 변경하는 인터페이스를 표시하는 단계; 및
상기 인터페이스의 입력에 기반하여 상기 세이프 마진의 크기 또는 표시를 변경하는 단계를 더 포함하는,
휴강경 시뮬레이션 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,
상기 무기폐 3D 모델의 변형 정도를 입력 받는 단계; 및
상기 변형 정도에 기반하여 상기 무기폐 3D 모델을 추가로 변형하는 단계를 포함하는,
휴강경 시뮬레이션 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,
상기 시뮬레이션 영상을 생성하는 단계 이후에,
휴강경에 의해 촬영된 휴강경 영상과, 상기 시뮬레이션 영상을 서로 다른 화면에 동시에 디스플레이 하는 단계를 더 포함하는,
휴강경 시뮬레이션 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,
상기 휴강경 영상 및 상기 시뮬레이션 영상에서 폐 부분의 비율을 비교하는 단계; 및

상기 폐 부분의 비율에 기반하여 상기 무기폐 3D 모델을 추가로 변형하는 단계를 포함하는,
 흉강경 시뮬레이션 방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서,
 상기 시뮬레이션 영상을 생성하는 단계 이후에,
 상기 시뮬레이션 영상을 수술자가 착용한 웨어러블 디바이스로 전송하는 단계를 더 포함하는,
 흉강경 시뮬레이션 방법.

청구항 13

컴퓨터를 이용하여 제 1 항 내지 제 12 항의 방법 중 어느 한 항의 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 프로그램이
 저장된 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체.

청구항 14

흉강경 시뮬레이션 장치로서,
 프로세서; 및
 상기 프로세서와 동작 가능하게 연결되고 상기 프로세서에서 수행되는 적어도 하나의 코드를 저장하는 메모리를
 포함하고,
 상기 메모리는 상기 프로세서를 통해 실행될 때, 상기 프로세서가 환자에 대한 흡기 상태의 흉부 CT 이미지를
 기반으로 폐결절이 표시된 3D 폐 모델을 생성하고,
 상기 3D 폐 모델을 변형하여 호기 상태의 무기폐 3D 모델을 생성하고,
 상기 무기폐 3D 모델과, 상기 흉부 CT 이미지에 포함된 갈비뼈의 위치를 이용하여 흉곽 3D 모델을 생성하고,
 가상의 공간에 상기 흉곽 3D 모델을 위치시키고, 추적된 흉강경 및 수술도구의 위치와 상기 흉곽 3D 모델을 기
 반으로 하여 시뮬레이션 영상을 생성하도록 야기하는 코드를 저장하는,
 흉강경 시뮬레이션 장치.

청구항 15

제 14 항에 있어서,
 상기 메모리는 상기 프로세서로 하여금,
 상기 무기폐 3D 모델을 생성 시에, 상기 환자의 자세에 기반하여 중력 방향을 결정하고,
 상기 중력 방향을 기반으로 하여 상기 3D 폐 모델에 포함되는 적어도 일부의 버텍스(vertex)의 위치를 이동시켜
 상기 무기폐 3D 모델을 생성하도록 야기하는 코드를 저장하는,
 흉강경 시뮬레이션 장치.

청구항 16

제 15 항에 있어서,
 상기 메모리는 상기 프로세서로 하여금,
 상기 무기폐 3D 모델을 생성 시에, 상기 3D 폐 모델에 포함된 복수개의 버텍스를 로딩하고,
 상기 중력 방향을 기반으로 하여 상기 버텍스의 이동 한계를 위한 지면을 생성하고,
 상기 지면으로부터 상기 버텍스까지의 이격거리를 산출하고,
 상기 이격거리에 기반하여 적어도 일부의 상기 버텍스의 위치를 상기 중력 방향으로 이동시키고,

위치가 이동된 상기 버텍스를 포함하여 무기폐 3D 모델을 생성하고 서피스 렌더링을 수행하도록 야기하는 코드를 저장하는,

흉강경 시뮬레이션 장치.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 메모리는 상기 프로세서로 하여금,

상기 이격거리에 기반하여 적어도 일부의 상기 버텍스의 위치를 상기 중력 방향으로 이동시킬 때에, 상기 지면에서 먼 상기 버텍스 일수록 상기 지면의 방향으로 더 긴 거리를 이동시키도록 야기하는 코드를 저장하는,

흉강경 시뮬레이션 장치.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 메모리는 상기 프로세서로 하여금,

상기 지면에서 먼 상기 버텍스 일수록 상기 지면의 방향으로 더 긴 거리를 이동시킬 때에, 상기 버텍스 각각에 대한 상기 이격거리를 미리 설정된 동일한 비율만큼 이동시키도록 야기하는 코드를 저장하는,

흉강경 시뮬레이션 장치.

청구항 19

제 17 항에 있어서,

상기 메모리는 상기 프로세서로 하여금,

상기 지면에서 먼 상기 버텍스 일수록 상기 지면의 방향으로 더 긴 거리를 이동시킬 때에, 이동되는 상기 버텍스 중 적어도 두 개의 상기 버텍스에 대한 이격거리를 서로 다른 비율만큼 이동시키도록 야기하는 코드를 저장하는,

흉강경 시뮬레이션 장치.

청구항 20

제 14 항에 있어서,

상기 메모리는 상기 프로세서로 하여금,

상기 흉곽 3D 모델을 생성 시에, 상기 무기폐 3D 모델 상에 폐결절의 위치를 표시하고,

상기 폐결절의 위치에 기반하여 상기 폐결절의 주변에 제거 범위를 표시하는 세이프 마진을 주변 조직과 구별되도록 표시하도록 야기하는 코드를 더 저장하는,

흉강경 시뮬레이션 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 CT 폐 영상을 기반으로 무기폐 3D 모델을 생성하여 폐결절 위치 및 안전 절제마진 표시를 포함하는 시뮬레이션을 수행하는 흉강경 시뮬레이션 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 폐암은 위, 갑상선에 이어 2018년 기준 발생자수 3위의 암으로 2016년 이후 국내 연간 환자는 지속적으로 증가하고 있다. 매 2년마다 만 54세 이상 흡연자를 대상으로 저선량 흉부 CT(computed tomography) 검사를 실시하고 있으며, 이를 통하여 초기 폐암 가능성이 있는 폐결절 발견율이 높아지고 있다. 폐는 CT 영상에서 다른 신

체 조직과 다르게 검은색으로 표시되며, 이중 폐결절은 30mm이하의 덩어리로 폐와는 다르게 흰색의 원형 점으로 표시된다.

- [0003] 흉부 CT 폐 영상에서 폐를 분할하기 위하여 픽셀/복셀의 밝기값(intensity value) 분포를 이용한 폐 분할 방법이 사용되고 있다. CT 영상에서 검은색으로 표시되는 폐의 특성을 이용하여 폐와 다른 신체 조직간의 밝기 차이를 이용하여 경계선을 획득하고 이들을 중첩시켜 3차원 폐 모델을 제작한다.
- [0004] 의료진이 폐결절을 진단하기 위한 흉부 CT 촬영은 환자의 최대 흡기 상태에서 이루어지며, CT 촬영의 결과물은 폐의 크기가 가장 큰 상태에서 촬영된 모습이다. 그러나 의료진이 폐결절을 제거하는 실제 수술 시에는 환자의 호기 상태에서 진행되며 환자의 자세에 따라 중력에 의해 가라앉는 무기폐 상태가 된다.
- [0005] CT 영상 촬영은 호흡을 최대로 들어 마신 상태에서 이루어지게 되나, 수술 시에는 폐에서 공기가 빠진 상태인 무기폐 상태에서 이루어지게 되므로, CT 영상에서 보이는 폐결절의 위치와 실제 수술에서 볼 수 있는 폐의 상태와 폐결절의 위치에는 큰 괴리가 있어, 수술 시 폐결절 절제를 위해 폐결절의 실제 위치를 특정하는데 어려움이 있다.
- [0006] 이에 무기폐 상태에서 폐결절의 위치가 수술 시 어떻게 변화하였는지를 추적하기 위한 여러 가지 보조 기술들이 행해지고 있으나, 환자의 회복 및 본 수술에 있어서 큰 도움이 되지 않는 문제점이 있다.
- [0007] 한편, 폐결절 수술 시에 절제가 필요한 폐결절의 위치를 표시하기 위한 방법으로 염색법, 후크 와이어법, 방사성 의약품 주입법, 근적외선 형광물질 주입법 등이 있다. 그러나 이러한 추가적인 기술들은 실 수술장에서 폐결절의 위치를 판별하기 어렵고, 이상 없는 조직을 많이 절개해야 하며, 수술 시 시술자와 환자가 지속적으로 방사선 및 형광물질에 노출되는 문제점이 있다. 또한 환자의 회복이 느리며 시술시 폐출혈, 공기 색전증 등의 위험이 있어 시술을 통해 얻는 이득보다 환자에게 끼치는 해가 더 크다고 할 수 있다.
- [0008] 전술한 배경기술은 발명자가 본 발명의 도출을 위해 보유하고 있었거나, 본 발명의 도출 과정에서 습득한 기술 정보로서, 반드시 본 발명의 출원 전에 일반 공중에게 공개된 공지기술이라 할 수는 없다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 국내 등록특허공보 제10-1092470호(2011.12.05)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명의 일 과제는, 무기폐 상태에서 폐결절의 위치가 어떻게 변화하였는지를 추적하기 위한 여러 가지 보조 기술들이 행해지고 있으나, 환자의 회복 및 본 수술에 있어서 큰 도움이 되지 않는 종래 기술의 문제점을 해결하는데 있다.
- [0011] 본 발명의 일 과제는, 폐 CT 영상으로부터 3D 폐 모델을 생성하여 무기폐 상태를 시뮬레이션 하여 수술 시 실제 폐결절의 위치를 시각화함으로써 수술 전 추가적인 보조 기술들을 수행할 필요가 없고, 수술 시 시술자와 환자가 방사선 및 형광물질에 노출될 필요가 없도록 하는데 있다.
- [0012] 본 발명의 일 과제는, 흡기 상태의 폐 CT 영상으로부터 3D 폐 모델을 생성하여 무기폐 상태를 시뮬레이션 하도록 하는데 있다.
- [0013] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제에 한정되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 과제 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있고, 본 발명의 실시 예에 의해보다 분명하게 이해될 것이다. 또한, 본 발명이 해결하고자 하는 본 발명의 일 과제는, 무기폐 상태에서 폐결절의 위치가 어떻게 변화하였는지를 추적하기 위한 여러 가지 보조 기술들이 행해지고 있으나, 환자의 회복 및 본 수술에 있어서 큰 도움이 되지 않는 종래 기술의 문제점을 해결하는데 있다.
- [0014] 본 발명의 일 과제는, 폐 CT 영상으로부터 3D 폐 모델을 생성하여 무기폐 상태를 시뮬레이션 하여 수술 시 실제 폐결절의 위치를 시각화함으로써 수술 전 추가적인 보조 기술들을 수행할 필요가 없고, 수술 시 시술자와 환자

가 방사선 및 형광물질에 노출될 필요가 없도록 하는데 있다.

[0015] 본 발명의 일 과제는, 흡기 상태의 폐 CT 영상으로부터 3D 폐 모델을 생성하여 무기폐 상태를 시뮬레이션 하도록 하는데 있다.

[0016] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제에 한정되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 과제 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있고, 본 발명의 실시 예에 의해보다 분명하게 이해될 것이다. 또한, 본 발명이 해결하고자 하는 과제 및 장점들은 특허 청구 범위에 나타낸 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 알 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0017] 본 실시 예에 따른 흉강경 시뮬레이션 방법은, 각 단계의 적어도 일부가 흉강경 시뮬레이션 장치의 프로세서에 의해 수행되는 흉강경 시뮬레이션 방법으로서, 환자에 대한 흡기 상태의 흉부 CT 이미지를 기반으로 폐결절이 표시된 3D 폐 모델을 생성하는 단계와, 흡기 상태의 3D 폐 모델을 변형하여 호기 상태의 무기폐 3D 모델을 생성하는 단계와, 무기폐 3D 모델과, 흉부 CT 이미지에 포함된 갈비뼈의 위치를 이용하여 흉곽 3D 모델을 생성하는 단계와, 가상의 공간에 흉곽 3D 모델을 위치시키고, 추적된 흉강경 및 수술도구의 위치와 흉곽 3D 모델을 기반으로 하여 시뮬레이션 영상을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0018] 본 실시 예에 따른 흉강경 시뮬레이션 장치는, 프로세서 및 프로세서와 동작 가능하게 연결되고 프로세서에서 수행되는 적어도 하나의 코드를 저장하는 메모리를 포함하고, 메모리는 프로세서를 통해 실행될 때, 프로세서가 환자에 대한 흡기 상태의 흉부 CT 이미지를 기반으로 폐결절이 표시된 3D 폐 모델을 생성하고, 흡기 상태의 3D 폐 모델을 변형하여 호기 상태의 무기폐 3D 모델을 생성하고, 무기폐 3D 모델과, 흉부 CT 이미지에 포함된 갈비뼈의 위치를 이용하여 흉곽 3D 모델을 생성하고, 가상의 공간에 흉곽 3D 모델을 위치시키고, 추적된 흉강경 및 수술도구의 위치와 흉곽 3D 모델을 기반으로 하여 시뮬레이션 영상을 생성하도록 야기하는 코드를 저장할 수 있다.

[0019] 이 외에도, 본 발명을 구현하기 위한 다른 방법, 다른 시스템 및 상기 방법을 실행하기 위한 컴퓨터 프로그램이 저장된 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체가 더 제공될 수 있다.

[0020] 전술한 것 외의 다른 측면, 특징, 이점이 이하의 도면, 특허청구범위 및 발명의 상세한 설명으로부터 명확해질 것이다.

발명의 효과

[0021] 본 발명에 의하면, 기존에 행해지던 수술 전 추가적인 보조 기술을 생략할 수 있고, 수술 시의 실제 폐결절 위치 추적(localization) 시간이 감소되어 수술 시간을 줄여주고 수술에 대한 추가적인 위험부담을 덜 수 있다.

[0022] 또한, 기존 방법에서 방사선 및 화학물질의 짧은 지속시간으로 인하여 시술자로 하여금 과도한 절제 및 제한된 시간 내의 수술을 강요하였으나, 실시간으로 폐결절의 위치를 추적하고 절제 마진을 표시함으로써 시술자가 안전하고 효과적인 수술을 할 수 있다.

[0023] 또한, 무기폐 상태의 시뮬레이션을 통하여 실제 수술에서 일어날 수 있는 여러 가지 위험 요소를 수술 전에 인지하고 이에 대비할 수 있으며, 폐결절 제거 수술에 대한 시술 교육을 수행할 수 있다.

[0024] 본 발명의 효과는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 실시 예에 따른 흉강경 시뮬레이션 장치를 기반으로 한 흉강경 수술 환경의 예시도이다.

도 2는 본 실시 예에 따른 흉강경 시뮬레이션 장치의 구성을 개략적으로 설명하기 위하여 도시한 블록도이다.

도 3은 본 실시 예에 따른 최대 흡기 상태의 폐 모델 및 최대 호기 상태의 폐 모델을 설명하는 예시도이다.

도 4는 본 실시 예에 따른 호기 상태의 무기폐 3D 모델 생성을 설명하는 예시도 이다.

도 5는 본 실시 예에 따른 흉곽 3D 모델 상에 표시된 폐결절 및 폐결절을 제거하기 위한 세이프 마진을 설명하는 예시도이다.

도 6은 본 실시 예에 따른 흉강경 영상 및 시물레이션 영상을 동시에 디스플레이한 예시도이다.

도 7은 다른 실시 예에 따른 흉강경 시물레이션 장치의 구성을 개략적으로 설명하기 위하여 도시한 블록도이다.

도 8은 본 실시 예에 따른 흉강경 시물레이션 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 설명되는 실시 예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 아래에서 제시되는 실시 예들로 한정되는 것이 아니라, 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있고, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 아래에 제시되는 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0027] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다. 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0028] 또한, 본 출원에서, "부"는 프로세서 또는 회로와 같은 하드웨어 구성(hardware component), 및/또는 프로세서와 같은 하드웨어 구성에 의해 실행되는 소프트웨어 구성(software component)일 수 있다.
- [0029] 이하, 본 발명에 따른 실시 예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 하며, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0031] 도 1은 본 실시 예에 따른 흉강경 시물레이션 장치를 기반으로 한 흉강경 수술 환경의 예시도이다. 도 1을 참조하면, 가슴(흉부) 내부의 수술을 할 때, 과거에는 환자의 가슴을 열고 수술하는 개흉 수술을 시행하였으나, 최근에는 비디오 흉강경 수술(VATS: video-assisted thoracic surgery)을 시행하고 있다.
- [0032] 흉강경 시물레이션 장치(100)에 의해 수행되는 비디오 흉강경 수술은, 환자의 가슴에 3-4군데의 작은(예를 들어, 약 1-2cm) 천공을 뚫고, 그 중 하나의 천공을 통하여 모니터(도 2의 131)와 연결된 흉강경(도 2의 110)을 삽입하고, 다른 천공을 통해 수술 도구(도 2의 120)를 삽입한 후, 수술자가 흉강경(도 2의 110) 및 수술 도구(도 2의 120)를 조작하여 흉부 수술을 시행하는 방법일 수 있다.
- [0033] 이러한 비디오 흉강경 수술은 비교적 간단한 다한증 또는 기흉과 같은 단순한 양성질환의 수술에서부터 폐암 절제술 등 난이도가 높은 수술에 이르기까지 광범위하게 적용될 수 있다. 비디오 흉강경 수술은 개흉 수술에 비해 경미한 통증, 수술 후 빠른 회복 및 우수한 미용 효과뿐만 아니라, 입원기간의 단축으로 인한 병원비용 절감으로 그 대상 범위가 늘어나고 있다.
- [0034] 본 실시 예에서 흉강경 시물레이션 장치(100)를 실제적인 비디오 흉강경 수술 시에 적용하는 것으로 기재하고 있으나, 이에 한정되지 않고, 환자의 정보(수술 자세 및 흉부 CT 이미지)가 기저장되어 있는 경우 실제 수술 환경이 아닌 가상의 수술 환경에서도 동작할 수 있다.
- [0035] 도 2는 본 실시 예에 따른 흉강경 시물레이션 장치의 구성을 개략적으로 설명하기 위하여 도시한 블록도이고, 도 3은 본 실시 예에 따른 최대 흡기 상태의 폐 모델 및 최대 호기 상태의 폐 모델을 설명하는 예시도이고, 도 4는 본 실시 예에 따른 호기 상태의 무기폐 3D 모델 생성을 설명하는 예시도 이고, 도 5는 본 실시 예에 따른 흉곽 3D 모델 상에 표시된 폐결절 및 폐결절을 제거하기 위한 세이프 마진을 설명하는 예시도이고, 도 6은 본 실시 예에 따른 흉강경 영상 및 시물레이션 영상을 동시에 디스플레이한 예시도이다. 이하의 설명에서 도 1에 대한 설명과 중복되는 부분은 그 설명을 생략하기로 한다.

- [0036] 도 2 내지 도 6을 참조하면, 흉강경 시뮬레이션 장치(100)는 흉강경(110), 수술도구(120), 모니터(130), 추적부(140) 사용자 인터페이스(150), 저장부(160), 시뮬레이션 처리부(170) 및 제어부(180)를 포함할 수 있다.
- [0037] 흉강경(110)은 가슴에 뚫린 천공들 중 하나에 삽입되어 수술 부위를 촬영할 수 있다. 흉강경(110)이 촬영한 영상은 제어부(180)의 제어 하에 모니터 중 하나(131)에 디스플레이 될 수 있다.
- [0038] 수술도구(120)는 가슴에 뚫린 나머지 천공들에 삽입되고, 수술자의 조작에 의해 조직을 절개 및 지혈을 수행하거나, 점막을 파지하거나 박리 등을 수행할 수 있다. 여기서, 수술도구(120)는 조직을 절개 및 지혈을 수행하는 절개도구(121) 및 점막을 파지하거나 박리하는 겸자도구(122)를 포함할 수 있다. 본 실시 예에서, 수술도구(120)는 절개도구(121) 및 겸자도구(122) 이외에 다른 도구 등을 더 포함할 수 있다.
- [0039] 본 실시 예에서 흉강경(110)과 수술도구(120)에는 각각의 위치 정보를 추적할 수 있는 마커(미도시)가 구비될 수 있다. 예를 들어 삽입되는 흉강경(110)의 일단에는 흉강경 마커(미도시)가 구비될 수 있고, 삽입되는 수술도구(120)의 일단에는 수술도구 마커(미도시)가 구비될 수 있다. 본 실시 예에서 흉강경 마커 및 수술도구 마커는 기설정된 기준점이 저장부(160)에 저장될 수 있다. 아래에서 추가로 설명하지만, 본 발명은 마커를 사용하는 것에 한정되지 않고, 상술한 마커가 아닌 자이로 센서, 관성 센서, 가속도 센서 등을 장착하고 이들의 전기적 신호와 카메라 영상에 기반하여 흉강경(110)과 수술도구(120)의 위치정보를 파악하고, 이동경로 및 진행방향을 파악할 수 있다.
- [0040] 추적부(140)는 흉강경 마커, 수술도구 마커 및 환자에 부착된 마커(미도시)를 추적할 수 있다. 추적부(140)는 현재 흉강경 마커 및 수술도구 마커의 위치와 저장부(160)에 저장된 기준점을 비교(정합, registration)하여 모니터(130) 상에 디스플레이 되는 영상 내에서 흉강경(110)과 수술도구(120)의 환자에 대한 위치정보를 파악하고, 이동경로 및 진행방향을 파악할 수 있다. 본 실시 예에서 추적부(140)는 자기장을 이용하여 마커의 위치 정보를 파악하거나, 광학적 마커의 인식 또는 광학신호의 송수신 방법을 이용하여 마커의 위치 정보를 파악할 수 있다.
- [0041] 선택적 실시 예로 추적부(140)는 흉강경(110)과 수술도구(120)에 상술한 마커가 아닌 자이로 센서, 관성 센서, 가속도 센서 등을 장착하고 이들의 전기적 신호를 분석하여 흉강경(110)과 수술도구(120)의 위치정보를 파악하고, 이동경로 및 진행방향을 파악할 수 있다. 관성 센서를 사용하는 경우 스테레오 카메라 또는 깊이 카메라(depth camera) 영상의 특징점에 기반한 객체 인식과 수술 도구에 결합된 관성 센서의 측정값에 기반한 자세 추정으로 흉강경(110)과 수술도구(120)의 위치정보, 이동경로 및 자세 등을 판단할 수 있다. 라이다(Lidar) 카메라, RGB-D 카메라 등의 경우도 유사하게 사용될 수 있다. 본 명세서에서는 마커를 기반으로 하여 설명하지만, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다. 통상의 기술자는 마커 이외에 위에서 설명한 센서 및 카메라에 기반하여 본 발명을 구현할 수 있음을 인식할 수 있다.
- [0042] 사용자 인터페이스(150)는 입력 인터페이스(미도시) 및 출력 인터페이스(미도시)를 포함할 수 있다.
- [0043] 입력 인터페이스는 수술자가 흉강경 시뮬레이션 장치(100)의 동작 및 제어와 관련한 정보를 입력할 수 있는 구성으로, 예를 들어, 마우스, 키보드 등을 포함할 수 있다. 선택적 실시 예로, 입력 인터페이스는 음성 인식을 위한 마이크(미도시)를 더 포함할 수 있다. 마이크는 일 실시 예로, 그 위치 및 구현 방법이 한정되지 않으며, 오디오 신호 입력을 위한 입력 수단은 제한 없이 채용될 수 있다.
- [0044] 한편, 본 실시 예에서, 출력 인터페이스는 스피커(미도시)를 포함할 수 있다. 스피커는, 흉강경 시뮬레이션 장치(100)의 동작과 관련한 정보를 청각 데이터로 출력할 수 있다. 즉 스피커는 흉강경 시뮬레이션 장치(100)의 동작과 관련한 정보를 오디오 데이터로 출력할 수 있는데, 제어부(180)의 제어에 따라 경고음, 알람음, 예러상태 등의 알람 메시지와, 수술자의 음성 명령에 대응하는 정보, 수술자 음성 명령에 대응하는 처리 결과 등을 오디오로 출력할 수 있다. 스피커는 일 실시 예로, 그 위치 및 구현 방법이 한정되지 않으며, 오디오 신호 출력을 위한 출력 수단을 모두 포함할 수 있다.
- [0045] 출력 인터페이스는 수술자가 흉강경 시뮬레이션 장치(100)의 동작 및 제어와 관련한 정보를 출력할 수 있는 구성으로, 수술자와의 인터페이스를 위한 구성이다.
- [0046] 즉 사용자 인터페이스(150)는 수술자가 흉강경 시뮬레이션 장치(100)와 관련한 정보를 입력할 수 있을 뿐만 아니라, 흉강경 시뮬레이션 장치(100)와 관련한 정보를 확인할 수 있는 구성으로, 입력 및 출력이 가능한 컨트롤 패널을 포함할 수 있다. 여기서, 컨트롤 패널은 상술한 모니터(130)를 포함할 수 있다. 이와 같은 사용자 인터페이스(150)는 예를 들어 터치 인식이 가능한 소정의 디스플레이 부재를 포함할 수 있다.

- [0047] 저장부(160)에는 흉강경 시물레이션을 위한 기준점이 저장될 수 있다. 일 실시 예로, 흉강경(110) 및 수술도구(120)의 위치를 추적하기 위한 월드 좌표계의 기준점이 저장될 수 있다. 추적부(140)는 흉강경(110)(흉강경(110)에 부착된 마커의 좌표계를 기준으로 할 수 있다)의 좌표계, 환자(환자에 부착된 마커의 좌표계를 기준으로 할 수 있다)의 좌표계를 월드 좌표계와 정합시키는 캘리브레이션을 수행할 수 있다. 이후 정합된 좌표계에서 마커를 사용하는 경우 흉강경에 부착된 마커의 위치를 추적하여 환자에 대한 흉강경의 위치를 판단하고, 이 위치를 기준으로 3차원 무기폐 모델을 시물레이션하여 흉강경(110)의 FOV(field of view)에 대응하는 부분을 모니터 중 하나(132)에 표시할 수 있다. 추적부(140)는 흉강경(110) 및 수술도구(120)의 관성 센서에 기반하여 흉강경(110) 및 수술도구(120)의 자세를 추정할 수 있다.
- [0048] 저장부(160)에는 환자의 정보 예를 들어, 환자의 수술 자세와 환자의 흉부 CT 이미지가 저장될 수 있다. 일 실시 예에서 환자의 수술 자세는 수술자의 결정에 의해 지정되거나, 환자에 부착된 마커의 위치를 추적하여 변경될 수 있다. 또한 환자의 흉부 CT 이미지는 환자의 최대 흡기 상태에서 촬영된 복수개의 슬라이스 이미지들을 포함할 수 있고, 복수개의 슬라이스 이미지들 중 일부에 폐결절이 포함될 수 있다.
- [0049] 저장부(160)에는 흉곽 3D 모델 생성을 위해 환자의 신체 정보 예를 들어, 갈비뼈의 위치 정보가 더 저장될 수 있다. 여기서, 갈비뼈의 위치 정보는 환자의 흉부 CT 이미지로부터 산출되어 저장될 수 있다.
- [0050] 시물레이션 처리부(170)는 환자에 부착된 마커 또는 수술자의 시각에 기반하여 결정된 환자의 수술 자세와 환자의 흉부 CT 이미지를 이용하여 3D 폐 모델, 무기폐 3D 모델 및 흉곽 3D 모델을 생성할 수 있다. 시물레이션 처리부(170)는 추적된 흉강경(110)의 위치 또는 수술도구(120)의 위치와 흉곽 3D 모델을 기반으로 하여 무기폐 3차원 모델의 시물레이션 영상을 생성할 수 있다. 시물레이션 처리부(170)에서 생성한 시물레이션 영상은 제어부(180)의 제어 하에 모니터 중 하나(132)에 출력될 수 있다.
- [0051] 시물레이션 처리부(170)는 환자에 대한 흡기 상태의 흉부 CT 이미지를 기반으로 폐결절이 표시된 3D 폐 모델을 생성할 수 있다. 본 실시 예에서 시물레이션 처리부(170)는 저장부(160)에 저장된 환자에 대한 흡기 상태의 흉부 CT 이미지를 기반으로 3D 폐 모델을 생성할 수 있다. 일 실시 예에서, 시물레이션 처리부(170)는 생성된 3D 폐 모델에 폐결절의 위치를 표시할 수 있다. 시물레이션 처리부(170)는 3D 폐 모델을 생성하기 위해, 환자에 대한 흡기 상태의 흉부 CT 이미지로부터 픽셀 또는 복셀의 밝기값을 기반으로 하여 폐 부분을 분리(segmentation)할 수 있다. 아래에서는 픽셀을 예로 들어 설명하지만 3차원 분리 알고리즘 등의 경우 복셀 기반으로 수행될 수도 있다.
- [0052] 기본적으로 흉부 CT 이미지에서 폐 부분은 공기가 차 있으므로 인체 내에서 가장 어두운 색을 띠게 되고, 이외의 근육이나 뼈, 기타 장기는 대체로 흰색으로 나타나므로 폐와 다른 장기를 구분하는 데에는 영상에서 픽셀의 명도 차이를 인식하여 구분할 수 있다. 디지털화된 흉부 CT 이미지는 일정한 픽셀 크기의 원도우를 설정하고, 좌상단에서 우하단까지 이동하면서 각 원도우 내의 명암 차이를 계산하고, 그 계산값이 큰 위치를 기억할 수 있다. 기억된 각 위치를 기준으로 선으로 연결하면 하나의 명도가 낮은 구역으로 구획되고 이러한 방법을 통해 흉부 CT 이미지에서 폐와 다른 장치들을 구분할 수 있다. 이러한 경계선은 3차원 볼륨에서의 외곽선을 의미할 수 있다. 3방향에서 촬영된 복수의 흉부 CT 이미지에서 폐 부분을 의미하는 외곽선들을 추출하여 흉부 CT 이미지의 해상도, 즉 각 영상 획득을 위한 촬영 시점들 간의 거리를 계산 이에 비례하여 외곽선들을 배열할 수 있다.
- [0053] 이렇게 기억된 위치를 기반으로 생성된 외곽선은 그 외곽선을 정의하는 공간상의 버텍스(vertex)가 있으며, 무기폐 3차원 모델의 실시간 시물레이션을 위한 처리 장치의 연산 능력이나 모니터(130)의 해상도 등에 따라 버텍스(vertex)의 개수는 달라질 수 있다. 이에 효과적인 3D 폐 모델 생성을 위해 각 외곽선을 정의하는 버텍스의 개수를 일치하고 선을 단순화 시킬 수 있다. 본 작업을 수행하는 장치의 시물레이션 처리부(170)는 공간상의 점에 대해 순서를 지정할 수 있다. 이 순서의 시작점을 가장 가깝게 일치시킬 수 있다. 이후 각 외곽선의 지정된 순서의 버텍스, 예를 들어 a 외곽선의 10, 20, 30번째 버텍스와 바로 아래 b 외곽선의 10, 20, 30번째 버텍스를 연결하는 흉부 CT 이미지의 방향과 직교하는 선을 생성할 수 있다. 이를 통해 얻어진 선들과 흉부 CT 이미지에서 추출된 외곽선을 기반으로 3차원 모델을 생성할 수 있다. 위 단계를 통해 정의된 외곽면은 선들에 의해 만들어진 가상의 면이므로 이를 정확하게 정의하기 위해서는 메쉬 형태의 도형으로 전환할 필요가 있다. 컴퓨터 그래픽에서 면의 최소 단위인 메쉬는 3개의 점을 잇는 3개의 선 안에 정의되는 면이다. 이를 통해 3D 폐 모델은 복수(예를 들어, 수십 만개)의 버텍스를 통해 정의될 수 있다.
- [0054] 시물레이션 처리부(170)는 흡기 상태의 3D 폐 모델을 변형하여 호기 상태의 무기폐(collapsed lung) 3D 모델을 생성할 수 있다. 도 3을 참조하면, 도 3a에는 최대 흡기 상태의 3D 폐 모델이 도시되어 있고, 도 3b에는 최대

호기 상태의 무기폐 3D 모델이 도시되어 있다. 폐결절을 찾기 위한 흉부 CT 촬영은 도 3a와 같이 환자의 최대 흡기 상태에서 이루어지며, CT 촬영의 결과물은 폐의 크기가 가장 큰 상태에서 촬영된 모습이다. 그러나 폐결절을 제거하는 실제 수술 시에는 환자의 호기 상태에서 진행되며 환자의 자세에 따라 중력에 의해 가라앉는 무기폐 상태 즉, 도 3b와 같은 상태가 된다. 따라서, 흉부 CT 이미지에서 보이는 폐결절의 위치와 실제 수술에서 볼 수 있는 폐의 상태와 폐결절의 위치에는 큰 괴리가 있을 수 있다. 이에 본 실시 예에서 시뮬레이션 처리부(170)는 앞서 생성한 3D 폐 모델을 변형하여 호기 상태의 무기폐 3D 모델을 생성하여 상술한 괴리를 제거할 수 있다.

[0055] 시뮬레이션 처리부(170)는 마커의 위치 또는 의료진(예를 들어, 수술자)의 시각에 의해 결정된 환자의 자세에 기반하여 중력 방향을 결정할 수 있다. 여기서, 환자의 자세는 폐결절의 위치에 따라 수술 예정인 환자의 수술 자세를 포함할 수 있다. 시뮬레이션 처리부(170)는 결정된 중력 방향을 기반으로 하여 3D 폐 모델에 포함되는 적어도 일부의 버텍스(vertex)의 위치를 이동시켜 무기폐 3D 모델을 생성할 수 있다. 본 실시 예에서 시뮬레이션 처리부(170)는 3D 폐 모델을 환자의 자세와 일치되게 회전시킬 수 있다. 이후 시뮬레이션 처리부(170)는 흡기 상태의 3D 폐 모델에서, 각 버텍스 간의 간격을 줄이는 동시에 수술 자세에 따른 중력 방향으로 각 버텍스들을 일정 거리만큼 이동시키는 과정을 통해 무기폐 3D 모델을 생성할 수 있다.

[0056] 도 4는 무기폐 3D 모델 생성 과정을 개념적으로 도시한 것으로, 도 4를 참조하여 시뮬레이션 처리부(170)의 무기폐 3D 모델 생성을 설명하면, 시뮬레이션 처리부(170)는 3D 폐 모델에 포함된 복수개의 버텍스를 로딩한 후, 시뮬레이션을 위하여 분할된 버텍스의 전부 또는 일부의 위치를 이동시켜 무기폐 3D 모델을 생성할 수 있다. 도 4a를 참조하면, 설명의 편의상 도 4a에 도시된 버텍스의 일부를 제1 버텍스(411), 제2 버텍스(412), 제3 버텍스(413)로 표시하였다.

[0057] 시뮬레이션 처리부(170)는, 3D 폐 모델에 포함된 복수개의 버텍스(또는 흡기 상태의 3D 폐 모델)를 로딩한 후, 중력 방향을 기반으로 하여 버텍스의 이동 한계를 위한 가상의 지면을 생성할 수 있다. 도 4b를 참조하면 가상의 지면(420) 상에 재생성된 도형이 위치하고 있다.

[0058] 시뮬레이션 처리부(170)는 시뮬레이션 해상도를 이용하여 지면으로부터 도형을 구성하는 버텍스까지의 이격거리를 산출할 수 있다. 도 4c로부터 시뮬레이션 처리부(170)는 지면(420)으로부터 제1 버텍스(411)까지의 제1 이격거리(d1)와, 지면(420)으로부터 제2 버텍스(412)까지의 제2 이격거리(d2)와, 지면(420)으로부터 제3 버텍스(413)까지의 제3 이격거리(d3)를 산출할 수 있다.

[0059] 시뮬레이션 처리부(170)는 이격거리에 기반하여 적어도 일부의 버텍스의 위치를 중력 방향으로 이동시킬 수 있다. 여기서, 이격거리에 기반하여 적어도 일부의 버텍스의 위치를 중력 방향으로 이동시킨다 함은, 지면에서 먼 버텍스 일수록 지면 방향으로 더 긴 거리를 이동시키는 것을 포함할 수 있다. 이는, 지면에서 먼 버텍스 일수록 중력의 영향을 더 많이 받기 때문에, 중력의 영향을 많이 받는 버텍스 일수록 지면 방향으로 더 긴 거리를 이동시킨다는 의미를 포함할 수 있다.

[0060] 도 4c로부터 제1 이격거리(d1), 제2 이격거리(d2) 및 제3 이격거리(d3) 중 제2 이격거리(d2)가 가장 크고, 제1 이격거리(d1) 및 제3 이격거리(d3)의 크기가 동일하다고 가정하면, 시뮬레이션 처리부(170)는 제2 버텍스(412)를 제1 및 제3 버텍스(411,413)보다 지면 방향으로 더 긴 거리를 이동시킬 수 있다.

[0061] 선택적 실시 예로, 시뮬레이션 처리부(170)는 버텍스 각각에 대한 이격거리를 미리 설정된 동일한 비율만큼 이동시킬 수 있다. 도 4c로부터 제2 이격거리(d2)에 대하여 제2 버텍스(412)를 지면 방향으로 이동시킬 비율과, 제1 및 제3 이격거리(d1, d3)에 대하여 제1 및 제3 버텍스(411,413)를 지면 방향으로 이동시킬 비율을 동일하게 하여 이동시키는 것을 포함할 수 있다.

[0062] 선택적 실시 예로, 시뮬레이션 처리부(170)는 이동되는 버텍스 중 적어도 두 개의 버텍스에 대한 이격거리를 서로 다른 비율만큼 이동시킬 수 있다. 여기서, 이격거리마다 해당 버텍스를 지면 방향으로 이동시킬 비율이 미리 설정되어 있음을 포함할 수 있다. 여기서, 서로 다른 비율은 미리 실험을 통하여 이격거리 마다 서로 다른 비율이 적용되도록 저장부(160)에 저장될 수 있다. 도 4c로부터 제2 이격거리(d2)에 대하여 제2 버텍스(412)를 지면 방향으로 이동시킬 제1 비율이 미리 설정되어 있어서, 시뮬레이션 처리부(170)는 제2 버텍스(412)를 제1 비율만큼 이동시킬 수 있다. 또한, 제1 및 제3 이격거리(d1, d3)에 대하여 제1 및 제3 버텍스(411,413)를 지면 방향으로 이동시킬 제2 비율이 미리 설정되어 있어서, 시뮬레이션 처리부(170)는 제1 및 제3 버텍스(411,413)를 제2 비율만큼 이동시킬 수 있다. 여기서, 제1 비율 및 제2 비율은 서로 다르며, 제1 비율(예를 들어, 기준 100% 대비 70%)이 제2 비율(예를 들어, 기준 100% 대비 30%)보다 더 크다는 것을 알 수 있다.

- [0063] 선택적 실시 예로, 시물레이션 처리부(170)는 이격거리를 기설정된 개수로 등분한 서브 버텍스들을 생성하고, 서브 버텍스들 각각에 대하여 지면 방향으로 이동시킬 비율을 조정할 수도 있다. 도 4d로부터 예를 들어, 제1 이격거리(d1)를 기설정된 개수로 등분하여 제1 내지 제6 서브 버텍스(431 내지 436)를 생성할 수 있다. 여기서, 제1 서브 버텍스(431)는 상술한 제1 버텍스(411)와 동일하고, 제6 서브 버텍스(436)는 지면(420)에 접촉되어 있을 수 있다. 여기서, 제1 내지 제6 서브 버텍스(431 내지 436)에 대하여 지면 방향으로 이동시킬 비율을 조정하는 방법은 도 4c에 도시된 내용과 동일하므로 생략하기로 한다.
- [0064] 위에서 설명한 실시 예들은 개념적으로 단순하게 각 버텍스가 지면 방향으로 수직 이동하는 것처럼 설명했지만, 각 버텍스들은 근접하게 위치한 다른 버텍스들의 영향을 받은 상태에서 이동하도록 계산될 수 있다. 예를 들어 접힌(folding) 구조의 양쪽 돌출 지점에 위치한 버텍스는 접히지 않은 구조의 돌출 지점에 위치한 버텍스보다 지면 방향으로 이동길이가 짧을 수 있으며, 지면에 대하여 사선 방향으로 이동할 수 있다.
- [0065] 시물레이션 처리부(170)는 중력을 반영하여 위치가 이동된 버텍스들에 기반하여 무기폐 3D 모델을 생성하고 서피스 렌더링을 수행할 수 있다. 3D 데이터를 용이하게 분석하기 위해 그래픽에 의한 가시화(visualization) 기법이 필수적이며, 이를 위해 서피스 렌더링(surface rendering)이 수행될 수 있다. 서피스 렌더링은 버텍스에 대한 특정 스칼라 값의 위치를 기본 도형으로 표현하는 가시화 방법으로 이차원 컨투어(contour)가 3차원으로 확장된 개념이라 할 수 있다. 이하 서피스 렌더링과 관련한 내용은 공지된 내용으로 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0066] 상술한 바와 같이 무기폐 3D 모델이 생성되면, 시물레이션 처리부(170)는 무기폐 3D 모델과, 흉부 CT 이미지에 포함된 갈비뼈의 위치를 이용하여 흉곽 3D 모델을 생성할 수 있다. 도 5a에는 무기폐 3D 모델 및 환자의 갈비뼈 위치 정보를 이용하여 생성한 흉곽 3D 모델이 도시되어 있다. 무기폐 3D 모델을 포함한 흉곽 3D 모델은 모니터 중 하나(132)에 디스플레이 될 수 있다.
- [0067] 흉곽 3D 모델이 생성되면, 시물레이션 처리부(170)는 무기폐 3D 모델 상에 폐결절의 위치를 표시할 수 있다. 도 5b에는 흉곽 3D 모델에 포함되는 무기폐 3D 모델 상에 폐결절의 위치(분홍색)가 표시된 예가 도시되어 있다. 무기폐 3D 모델에서 폐결절의 위치는, 일 실시 예에서, 3D 폐 모델에 폐결절의 위치를 설정하고, 중력에 따른 버텍스의 이동과 함께 폐결절의 위치를 이동시킬 수 있다.
- [0068] 시물레이션 처리부(170)는 폐결절의 위치에 기반하여 폐결절의 주변에 제거 범위를 표시하는 세이프 마진(도 5c의 녹색 공)을 주변 조직과 구별되도록 표시할 수 있다. 여기서, 시물레이션 처리부(170)는 세이프 마진의 크기 또는 표시를 변경하는 인터페이스(미도시, 시각적 또는 음성적 인터페이스일 수 있다)를 모니터(130) 상에 표시하고, 의료진의 인터페이스의 입력에 기반하여 세이프 마진의 크기 또는 표시를 변경할 수 있다.
- [0069] 시물레이션 처리부(170)는 가상의 공간에 흉곽 3D 모델을 위치시키고, 추적된 흉강경(110) 또는 수술도구(120)의 위치와 흉곽 3D 모델을 기반으로 시물레이션 영상을 생성할 수 있다. 여기서, 시물레이션 영상은 마커 또는 센서에 의한 흉강경(110)의 위치 추적 결과 또는 수술도구(120)의 위치 추적 결과를, 흉곽 3D 모델에 적용한 영상을 포함할 수 있다.
- [0070] 선택적 실시 예로, 시물레이션 처리부(170)는 도 5a 내지 도 5c와 같은 흉곽 3D 모델을 로딩하거나 모니터(130)에 디스플레이한 후, 사용자 인터페이스(150)를 통하여 무기폐 3D 모델의 변형 정도를 수신하고, 변형 정도에 기반하여 무기폐 3D 모델을 추가로 변형할 수 있다. 이는 실제 수술 영상과 시물레이션 영상의 차이로 인한 간극을 줄이기 위한 것으로, 수술자 또는 수술 보조자의 조작에 의해 수행될 수 있다.
- [0071] 선택적 실시 예로, 시물레이션 처리부(170)는 시물레이션 영상이 생성되면 흉강경(110)에 의해 촬영된 흉강경 영상과, 시물레이션 영상은 흉강경(110)의 위치에 기반하여 흉강경(110)의 FOV에 대응되는 무기폐 3D 모델의 부분을 동시에 디스플레이 할 수 있다. 도 6에는 모니터(130) 상에 흉강경 영상 및 시물레이션 영상을 동시에 디스플레이 한 예가 도시되어 있다.
- [0072] 일 실시 예로, 시물레이션 처리부(170)는 모니터(130) 상에 동시에 디스플레이 되는 흉강경 영상 및 시물레이션 영상에서 흉곽 대비 폐 부분의 비율을 비교하여, 그 차이값이 기준값을 초과하는 경우, 흉강경 영상에서 폐 부분의 비율에 기반하여 무기폐 3D 모델을 추가로 변형할 수 있다. 예를 들어, 도 6 좌측의 흉강경 영상에서 흉곽으로부터 실제 무기폐의 거리와 우측의 시물레이션 영상에서 흉곽으로부터 시물레이션된 무기폐의 거리를 비교한 결과에 기반하여 무기폐 3D 모델을 추가로 변형할 수 있다.
- [0073] 선택적 실시 예로, 시물레이션 처리부(170)는 네트워크(미도시)를 통하여 시물레이션 영상을 수술자가 착용한

웨어러블 디바이스(미도시)로 전송할 수도 있다.

- [0074] 제어부(180)는 일종의 중앙처리장치로서 흉강경 시뮬레이션 장치(100) 전체의 동작을 제어할 수 있다. 제어부(180) 또는 시뮬레이션 처리부(170)는 프로세서(processor)와 같이 데이터를 처리할 수 있는 모든 종류의 장치를 포함할 수 있다. 여기서, '프로세서(processor)'는, 예를 들어 프로그램 내에 포함된 코드 또는 명령어로 표현된 기능을 수행하기 위해 물리적으로 구조화된 회로를 갖는, 하드웨어에 내장된 데이터 처리 장치를 의미할 수 있다. 이와 같이 하드웨어에 내장된 데이터 처리 장치의 일 예로써, 마이크로프로세서(microprocessor), 중앙처리장치(central processing unit: CPU), 프로세서 코어(processor core), 멀티프로세서(multiprocessor), ASIC(application-specific integrated circuit), FPGA(field programmable gate array) 등의 처리 장치를 망라할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0075] 도 7은 다른 실시 예에 따른 흉강경 시뮬레이션 장치의 구성을 개략적으로 설명하기 위하여 도시한 블록도이다. 이하의 설명에서 도 1 내지 도 6에 대한 설명과 중복되는 부분은 그 설명을 생략하기로 한다.
- [0076] 본 실시 예에서 프로세서(191)는 도 2에 개시된 추적부(140), 사용자 인터페이스(150), 저장부(160), 시뮬레이션 처리부(170) 및 제어부(180)가 수행하는 기능을 처리할 수 있다.
- [0077] 이러한 프로세서(191)는 흉강경 시뮬레이션 장치(100) 전체의 동작을 제어할 수 있다. 여기서, '프로세서(processor)'는, 예를 들어 프로그램 내에 포함된 코드 또는 명령어로 표현된 기능을 수행하기 위해 물리적으로 구조화된 회로를 갖는, 하드웨어에 내장된 데이터 처리 장치를 의미할 수 있다. 이와 같이 하드웨어에 내장된 데이터 처리 장치의 일 예로써, 마이크로프로세서(microprocessor), 중앙처리장치(central processing unit: CPU), 프로세서 코어(processor core), 멀티프로세서(multiprocessor), ASIC(application-specific integrated circuit), FPGA(field programmable gate array) 등의 처리 장치를 망라할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0078] 메모리(192)는 프로세서(191)와 동작 가능하게 연결되고, 프로세서(191)에서 수행되는 동작과 관련하여 적어도 하나의 코드를 저장할 수 있다.
- [0079] 또한, 메모리(192)는 프로세서(191)가 처리하는 데이터를 일시적 또는 영구적으로 저장하는 기능을 수행할 수 있다. 여기서, 메모리(192)는 자기 저장 매체(magnetic storage media) 또는 플래시 저장 매체(flash storage media)를 포함할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다. 이러한 메모리(192)는 내장 메모리 및/또는 외장 메모리를 포함할 수 있으며, DRAM, SRAM, 또는 SDRAM 등과 같은 휘발성 메모리, OTPROM(one time programmable ROM), PROM, EPROM, EEPROM, mask ROM, flash ROM, NAND 플래시 메모리, 또는 NOR 플래시 메모리 등과 같은 비휘발성 메모리, SSD, CF(compact flash) 카드, SD 카드, Micro-SD 카드, Mini-SD 카드, Xd 카드, 또는 메모리 스틱(memory stick) 등과 같은 플래시 드라이브, 또는 HDD와 같은 저장 장치를 포함할 수 있다.
- [0080] 도 8은 본 실시 예에 따른 흉강경 시뮬레이션 방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 본 실시 예에 따른 흉강경 시뮬레이션 방법은 흉강경 시뮬레이션 장치(100)에 구비된 프로세서(191)에 의해 수행될 수 있다. 이하의 설명에서 도 1 내지 도 7에 대한 설명과 중복되는 부분은 그 설명을 생략하기로 한다.
- [0081] 도 8을 참조하면, S810단계에서, 프로세서(191)는 환자에 대한 흡기 상태의 흉부 CT 이미지를 기반으로 폐결절이 표시된 3D 폐 모델을 생성할 수 있다.
- [0082] S820단계에서, 프로세서(191)는 3D 폐 모델을 변형하여 호기 상태의 무기폐 3D 모델을 생성할 수 있다. 프로세서(191)는 무기폐 3D 모델을 생성 시에, 환자의 수술 자세에 기반하여 중력 방향을 결정하고, 중력 방향을 기반으로 하여 3D 폐 모델에 포함되는 적어도 일부의 버텍스(vertex)의 위치를 이동시켜 무기폐 3D 모델을 생성할 수 있다. 구체적으로 프로세서(191)는 무기폐 3D 모델을 생성하기 위해, 3D 폐 모델에 포함된 복수개의 버텍스 또는 모델을 로딩할 수 있다. 프로세서(191)는 중력 방향을 기반으로 하여 버텍스의 이동 한계를 위한 지면을 생성할 수 있다. 프로세서(191)는 지면으로부터 버텍스까지의 이격거리를 산출할 수 있다. 프로세서(191)는 이격거리에 기반하여 적어도 일부의 버텍스의 위치를 중력 방향으로 이동시킬 수 있다. 여기서, 이격거리에 기반하여 적어도 일부의 버텍스의 위치를 중력 방향으로 이동시키는 것은 지면에서 먼 버텍스일수록 지면 방향으로 더 긴 거리를 이동시키는 것을 포함할 수 있다. 또한, 지면에서 먼 버텍스일수록 지면 방향으로 더 긴 거리를 이동시키는 것은 버텍스 각각에 대한 이격거리를 미리 설정된 동일한 비율만큼 이동시키거나, 이동되는 버텍스 중 적어도 두 개의 버텍스에 대한 이격거리를 서로 다른 비율만큼 이동시키는 것을 포함할 수 있다. 프로세서(191)는 위치가 이동된 버텍스를 포함하여 무기폐 3D 모델을 생성할 수 있다.
- [0083] S830단계에서, 프로세서(191)는 무기폐 3D 모델과, 흉부 CT 이미지에 포함된 갈비뼈의 위치를 이용하여 흉곽 3D

모델을 생성할 수 있다. 일 실시 예로, 프로세서(191)는 무기폐 3D 모델 상에 폐결절의 위치를 표시하고, 폐결절의 위치에 기반하여 폐결절의 주변에 제거 범위를 표시하는 세이프 마진을 주변 조직과 구별되도록 표시할 수 있다. 또한 프로세서(191)는 세이프 마진의 크기 또는 표시를 변경하는 인터페이스를 표시하고, 인터페이스의 입력에 기반하여 세이프 마진의 크기 또는 표시를 변경할 수 있다. 선택적 실시 예로, 프로세서(191)는 흉곽 3D 모델을 렌더링하여 모니터(130)에 디스플레이한 후, 사용자 인터페이스(150)를 통하여 무기폐 3D 모델의 변형 정도를 수신하고, 변형 정도에 기반하여 무기폐 3D 모델을 추가로 변형할 수 있다. 이는 실제 수술 영상과 시뮬레이션 영상의 차이로 인한 간극을 줄이기 위한 것으로, 수술자 또는 수술 보조자의 조작에 의해 수행될 수 있다.

[0084] S840단계에서, 프로세서(191)는 가상의 공간에 흉곽 3D 모델을 위치시키고, 추적된 흉강경 및 수술도구의 위치와 흉곽 3D 모델을 기반으로 하여 시뮬레이션 영상을 생성할 수 있다. 여기서, 시뮬레이션 영상은 마커 또는 센서에 의한 흉강경(110)의 위치 추적 결과 또는 수술도구(120)의 위치 추적 결과를, 흉곽 3D 모델에 적용한 영상을 포함할 수 있다.

[0085] 선택적 실시 예로, 프로세서(191)는 시뮬레이션 영상이 생성되면 흉강경(110)에 의해 촬영된 흉강경 영상과, 시뮬레이션 영상을 서로 다른 화면에 동시에 디스플레이할 수 있다. 시뮬레이션 영상은 흉강경의 화장에 대한 위치에서의 FOV에 대응되는 무기폐 3D 모델의 부분을 시뮬레이션 하는 것일 수 있다. 선택적 실시 예로, 프로세서(191)는 모니터(130) 상에 동시에 디스플레이 되는 흉강경 영상 및 시뮬레이션 영상에서 흉곽 대비 폐 부분의 비율을 비교하여, 그 차이값이 기준값을 초과하는 경우, 흉강경 영상에서 폐 부분의 비율에 기반하여 무기폐 3D 모델을 추가로 변형할 수 있다. 선택적 실시 예로, 프로세서(191)는 네트워크(미도시)를 통하여 시뮬레이션 영상을 수술자가 착용한 웨어러블 디바이스(미도시)로 전송할 수도 있다.

[0087] 이상 설명된 본 발명에 따른 실시 예는 컴퓨터 상에서 다양한 구성요소를 통하여 실행될 수 있는 컴퓨터 프로그램의 형태로 구현될 수 있으며, 이와 같은 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터로 판독 가능한 매체에 기록될 수 있다. 이때, 매체는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM 및 DVD와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical medium), 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등과 같은, 프로그램 명령어를 저장하고 실행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치를 포함할 수 있다.

[0088] 한편, 상기 컴퓨터 프로그램은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것이거나 컴퓨터 소프트웨어 분야의 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수 있다. 컴퓨터 프로그램의 예에는, 컴파일러에 의하여 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용하여 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드도 포함될 수 있다.

[0089] 본 발명의 명세서(특히 특허청구범위에서)에서 "상기"의 용어 및 이와 유사한 지시 용어의 사용은 단수 및 복수 모두에 해당하는 것일 수 있다. 또한, 본 발명에서 범위(range)를 기재한 경우 상기 범위에 속하는 개별적인 값을 적용한 발명을 포함하는 것으로서(이에 반하는 기재가 없다면), 발명의 상세한 설명에 상기 범위를 구성하는 각 개별적인 값을 기재한 것과 같다.

[0090] 본 발명에 따른 방법을 구성하는 단계들에 대하여 명백하게 순서를 기재하거나 반하는 기재가 없다면, 상기 단계들은 적당한 순서로 행해질 수 있다. 반드시 상기 단계들의 기재 순서에 따라 본 발명이 한정되는 것은 아니다. 본 발명에서 모든 예들 또는 예시적인 용어(예들 들어, 등등)의 사용은 단순히 본 발명을 상세히 설명하기 위한 것으로서 특허청구범위에 의해 한정되지 않는 이상 상기 예들 또는 예시적인 용어로 인해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다. 또한, 당업자는 다양한 수정, 조합 및 변경이 부가된 특허청구범위 또는 그 균등물의 범주 내에서 설계 조건 및 팩터에 따라 구성될 수 있음을 알 수 있다.

[0091] 따라서, 본 발명의 사상은 상기 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 또는 이로부터 등가적으로 변경된 모든 범위는 본 발명의 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

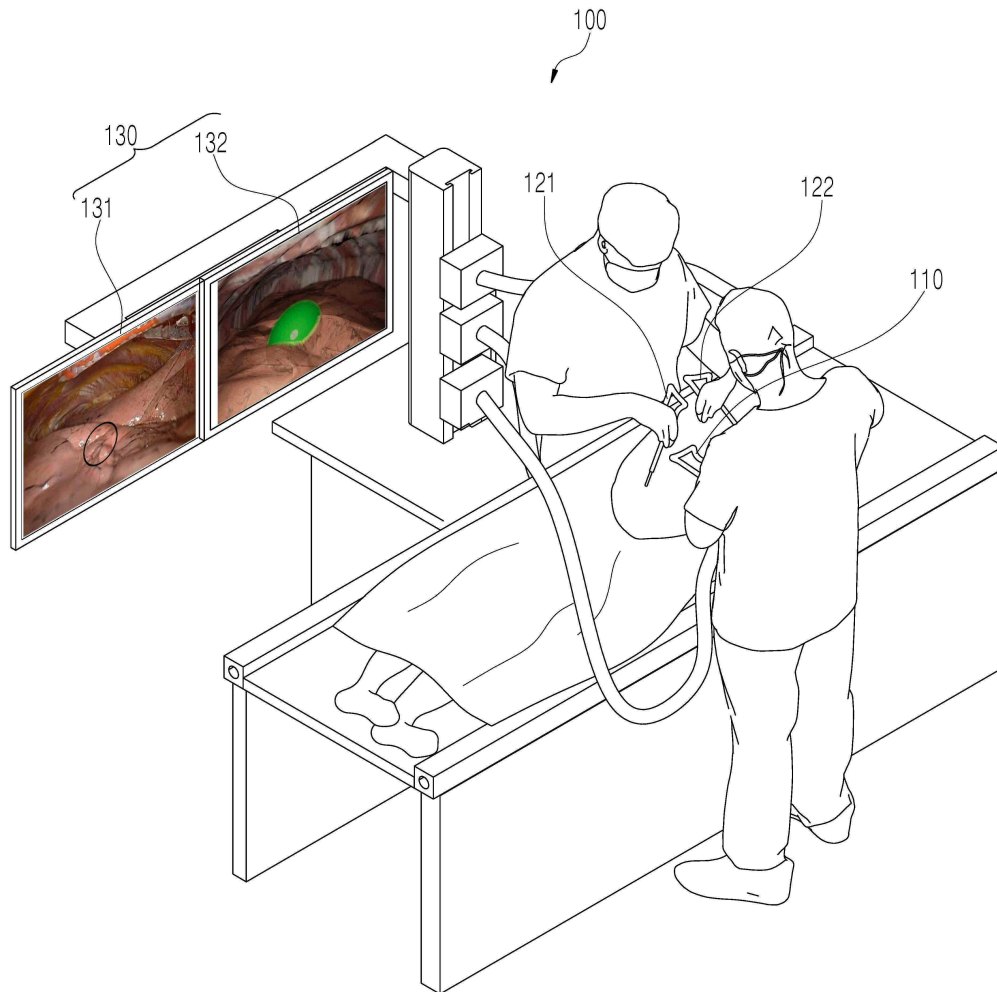
부호의 설명

[0092] 100: 흉강경 시뮬레이션 장치 110: 흉강경
120: 수술도구 130: 모니터

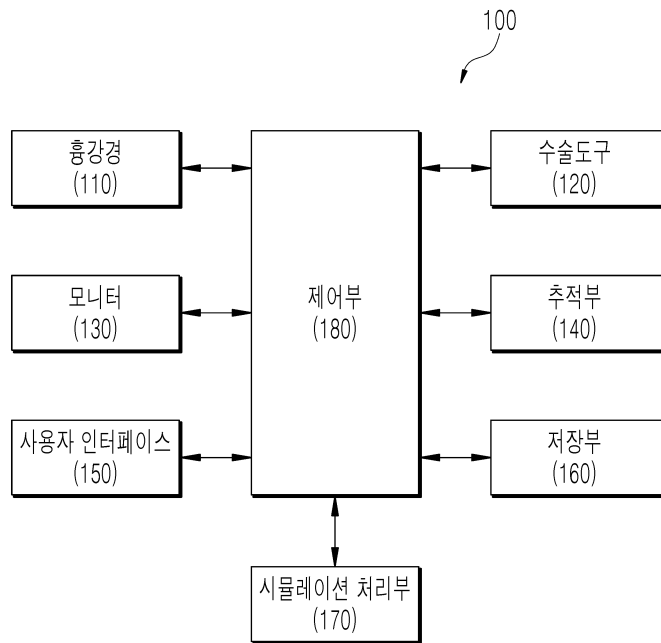
- 140: 추적부 150: 사용자 인터페이스
 160: 저장부 170: 시뮬레이션 처리부
 180: 제어부 191: 프로세서
 192: 메모리

도면

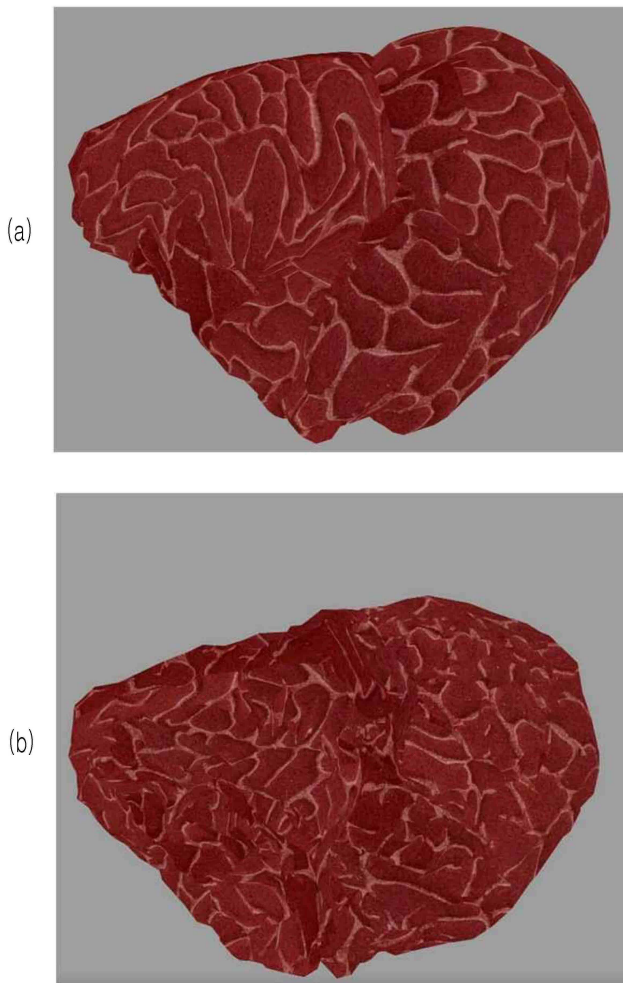
도면1



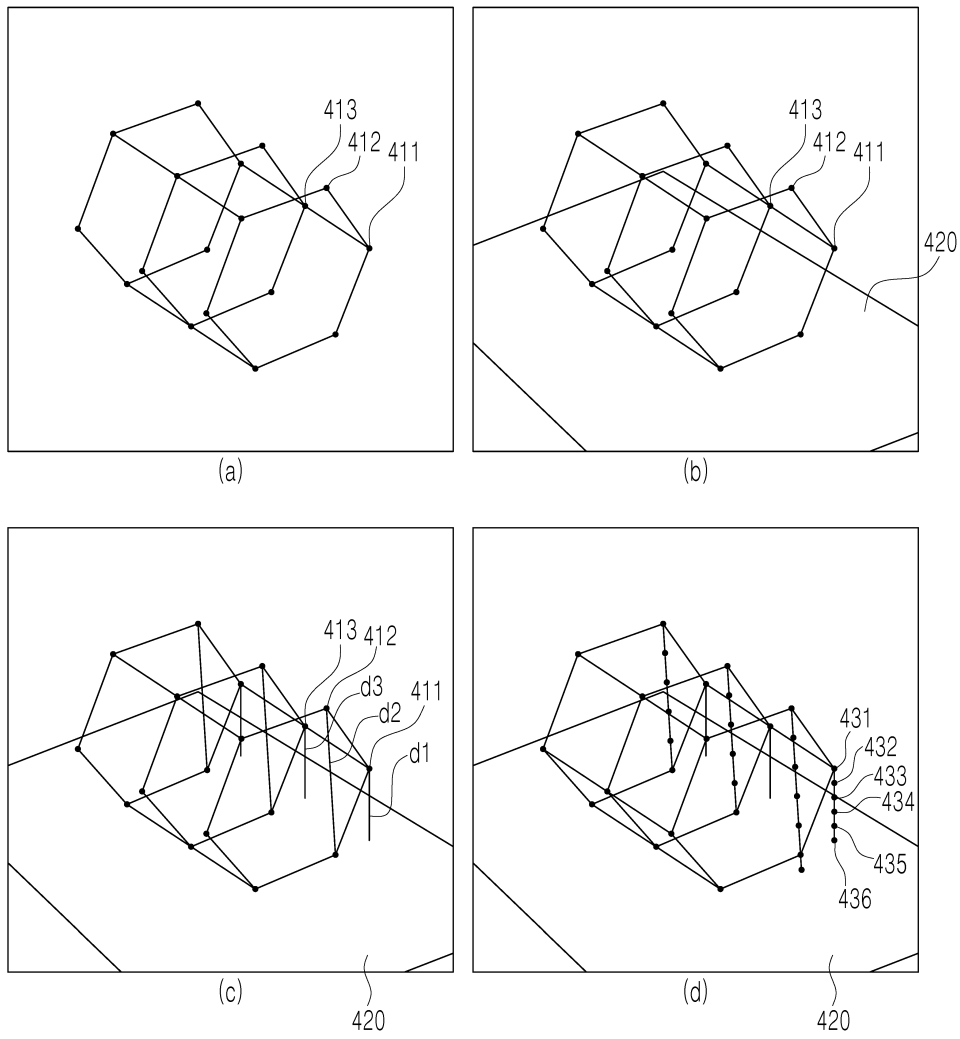
도면2



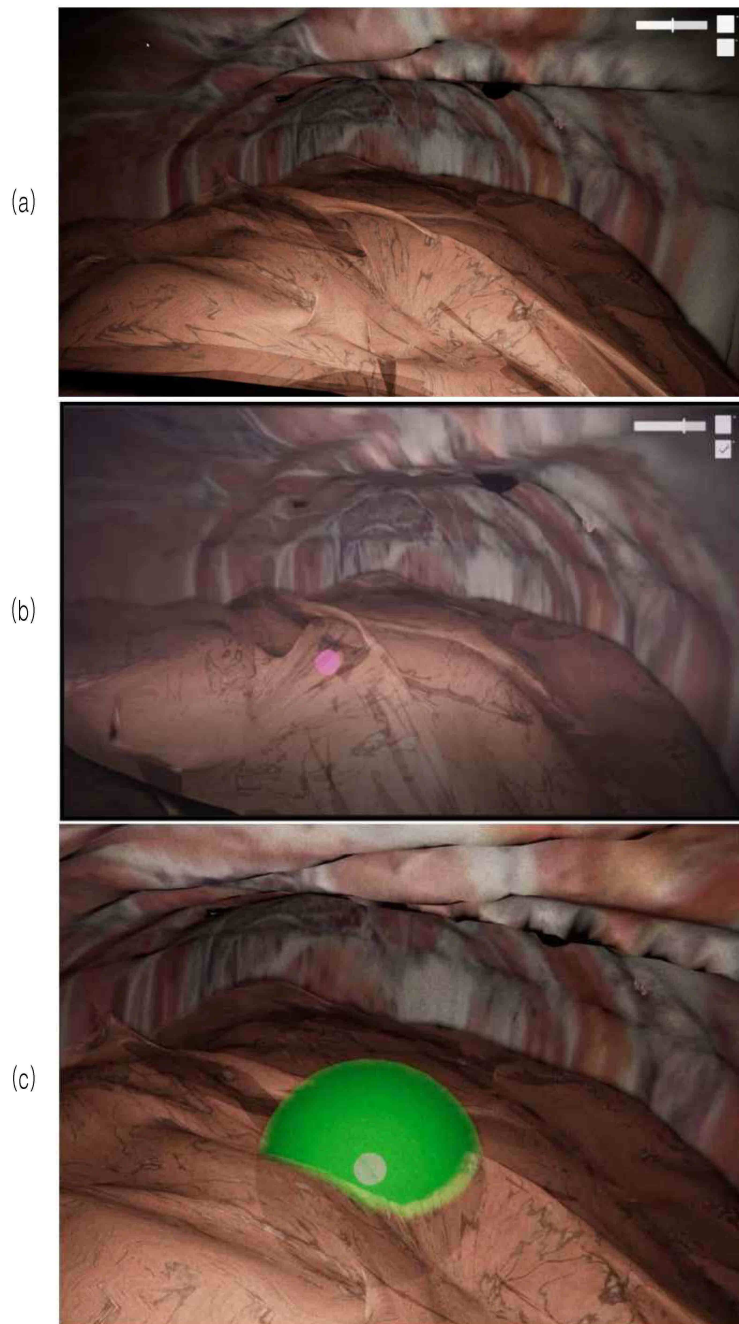
도면3



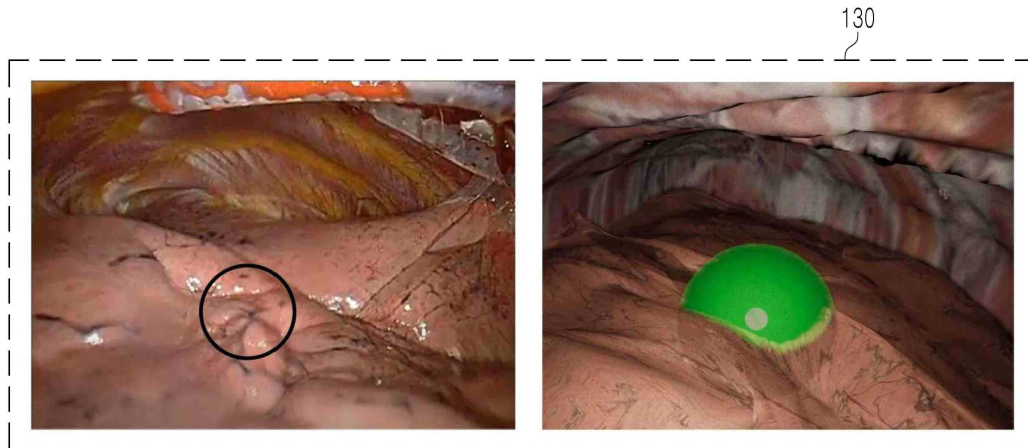
도면4



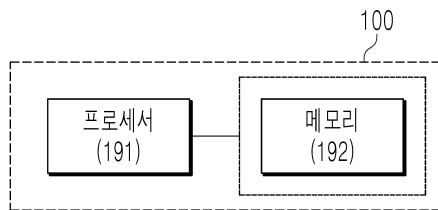
도면5



도면6



도면7



도면8

