(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0030688
(43) 공개일자 2017년03월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 19/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 90/37 (2016.02)
A61B 34/20 (2016.02)
(21) 출원번호 10-2015-0127608
(22) 출원일자 2015년09월09일
심사청구일자 2015년09월09일

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
재단법인 아산사회복지재단
서울특별시 송파구 올림픽로43길 88 (풍납동)
(72) 발명자
김남국
서울특별시 송파구 올림픽로35길 104 장미아파트 27동 1002호
서준범
서울특별시 송파구 양재대로 1089 2동 408호 (방이동,한양3차아파트)
(74) 대리인
안상정

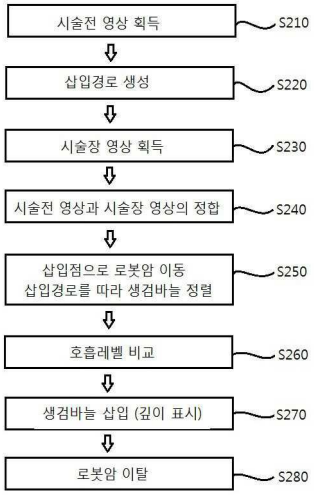
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **의료영상을 사용하는 중재시술 가이드 방법 및 이를 위한 중재시술 시스템**

(57) 요 약

본 개시는 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템에 있어서, 의료도구, 의료도구의 삽입경로가 저장되는 제어부, 환자의 실시간 영상 획득이 가능한 영상 획득 장치, 그리고, 실시간 영상을 표시할 수 있는 디스플레이를 포함하며, 제어부는 디스플레이에 시술장 영상과 의료도구의 위치정보를 동시에 표시하도록 하는 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템에 관한 것이다.

대 표 도 - 도11



(52) CPC특허분류
A61B 34/25 (2016.02)
A61B 34/30 (2016.02)
A61B 2034/301 (2016.02)
A61B 2090/365 (2016.02)
A61B 2090/3762 (2016.02)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 G01201506010094
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
연구사업명 로봇산업융합핵심기술개발사업
연구과제명 방사선 피폭 저감 및 시술 정확도 향상을 위한 복부 및 흉부 1cm 급 병소 생검 및 치료용 바늘 삽입형 영상중재시술 로봇시스템 개발(4)
기 여 율 1/1
주관기관 서울아산병원
연구기간 2015.06.01 ~ 2016.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

의료영상을 사용하는 중재시술 시스템에 있어서,

의료도구;

의료도구의 삽입경로가 저장되는 제어부;

환자의 실시간 영상 획득이 가능한 영상 획득 장치; 그리고,

실시간 영상을 표시할 수 있는 디스플레이를 포함하며,

제어부는 디스플레이에 시술장 영상과 의료도구의 위치정보를 동시에 표시하도록 하는 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

실시간 영상은 2D CT fluoroscopy 영상인 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

의료도구가 장착되는 슬레이브 로봇;을 포함하며,

제어부는 슬레이브 로봇으로부터 움직임 정보를 받아 의료도구의 위치정보를 생성하는 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템.

청구항 4

청구항 3에 있어서, 슬레이브 로봇은,

관절 구동부를 가지는 로봇 암; 그리고,

로봇 암에 장착되며 의료도구 구동부를 포함하는 엔드이펙터;를 포함하며,

제어부는 관절 구동부와 의료도구 구동부의 움직임으로부터 의료도구의 위치정보가 계산되도록 하는 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

제어부는 의료도구의 위치와 삽입경로를 비교하여 삽입경로의 끝에 의료도구의 위치가 도달하면 의료도구 구동부를 멈추는 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

의료도구의 위치는 삽입경로의 길이 대비 현재 의료도구의 위치를 나타낸 게이지 바(Gauge Bar) 인 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

제어부는 증강현실 기법에 의해 실시간 영상에 의료도구의 위치를 중첩하여 디스플레이에 표시하도록 하는 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

제어부는 의료도구의 위치 정보에 따른 궤적과 실시간 영상의 의료도구 궤적이 일치하는지 판단하여 디스플레이에 나타내도록 하는 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템.

청구항 9

의료영상을 사용한 중재시술 가이드 방법에 있어서,

대상(target)을 포함하는 시술전 영상에서 의료도구의 삽입경로(trajectory)를 생성하는 단계;

시술장 영상을 획득하는 단계;

시술전 영상과 시술장 영상을 정합하여, 정합된 시술장 영상에 삽입경로를 표시하는 단계;

의료도구가 장착된 로봇암이 삽입점(entry point) 주변으로 이동하여, 의료도구를 삽입경로에 따라 정렬시키는 단계; 그리고

의료도구의 이미지를 포함하는 실시간 영상을 획득하며, 실시간 영상에 의료도구 표시의 시간지연을 보완하여, 의료도구의 현재 위치를 디스플레이에 시각화하는 단계;를 포함하는 의료영상을 사용하는 중재시술 가이드 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

의료도구의 현재 위치를 시각화하는 단계에서,

로봇암의 동작을 계산하여 의료도구의 끝의 삽입깊이를 계산하는 것을 특징으로 하는 의료영상을 사용하는 중재시술 가이드 방법.

청구항 11

청구항 9에 있어서,

정합된 시술장 영상과 실시간 영상에 각각 의료도구의 현재 삽입깊이를 삽입깊이 게이지 바(bar)로 표시하는 것을 특징으로 하는 의료영상을 사용하는 중재시술 가이드 방법.

청구항 12

청구항 9에 있어서,

의료도구를 삽입경로에 따라 정렬시키는 단계 이후, 의료도구의 현재 위치를 시각화하는 단계 전에,

정렬 후 호흡레벨과 시술전 호흡레벨을 비교하여 표시하는(indicate or express) 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 의료영상을 사용하는 중재시술 가이드 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시(Disclosure)는 전체적으로 의료영상을 사용한 중재시술 가이드 방법, 및 이를 위한 중재시술 시스템에 관한 것으로, 특히 시술계획에 따른 로봇암의 위치 결정, 및 의료도구의 삽입 조건의 확인(confirm)을 통합적으로 가이드하는 의료영상을 사용한 중재시술 가이드 방법, 및 이를 위한 중재시술 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 여기서는, 본 개시에 관한 배경기술이 제공되며, 이들이 반드시 공지기술을 의미하는 것은 아니다(This section provides background information related to the present disclosure which is not necessarily prior art).

[0003] 도 1은 미국 등록특허공보 제8,386,019호에 제시된 경피적 중재시술을 지원하는 시스템의 일 예를 나타내는 것이다. 여기에 개시된 시스템은 CT imaging system, 그 장비에 정합 되는 로봇과 환자의 움직임을 감지하는 장치로 구성된다. 본 발명의 방법에 따르면, 로봇에는 중재 장비가 장착되며, 영상장치와 정합 되도록 하며, 시스템은 환자의 움직임을 감지한다. 시스템은 로봇에 환자의 움직임을 동시에 전송한다. 시스템은 시술 전에 만들어둔 시연속적인 3차원 이미지와 시술장의 이미지가 정합하도록 하며, 이 정합이 이루어지지 않으면 로봇의 중재기구 삽입이 되지 않도록 한다. 로봇(106)은 로봇암(107)의 끝에 바늘(punture needle)을 위한 장착장치(108)가 구비되며, 천장에 설치된다. 환자는 시스템이 내적, 외적 움직임을 감지할 수 있도록 하기 위하여 호흡벨트(Respiratoty Belt, 110)를 착용한다. C-arm X-ray 시스템(101), 로봇(106)의 컨트롤(109), 그리고 호흡벨트(110)는 프로세싱 유닛(11)에 연결되어 있다. 이 프로세싱 유닛은 시술전 4차원 이미지 데이터세트(image dataset) 저장을 위한 입력 인터페이스(112), 4차원 이미지 데이터세트와 C-arm에 의해 기록되며, 특정 호흡 위치에서의 3차원 이미지 데이터세트를 정합하기 위한 정합모듈(113), 수술도구의 경로(target path)를 생성하고, 로봇암(107)을 움직이고 컨트롤하기 위해 컨트롤(109)의 제어 프로그램에 그 정보를 송신하도록 한다.

[0004] 도 2는 중재시술시 시술자가 방사선에 피폭되는 일 예를 설명하기 위한 도면으로서, 생체검사와 같은 바늘 삽입형 중재시술에서 최소침습 시술이 최근 급격히 증가하고 있다. 이러한 중재시술은 방사선 영상 유도하에 시술이 수행되는 것이 일반적이다. 이러한 중재시술은 시술자 경험 의존도가 높고, 시술자 및 환자의 방사선 피폭이 문제된다.

[0005] 생검바늘(예: biopsy needle), 리드(예: Deep Brain Stimulation용 리드(lead)), 프로브(probe), 카데터(catheter) 등의 의료 디바이스(medical device)를 폐, 뇌, 간 등 신체 내부로 삽입하거나 이식(implant)하는 중재시술(interventional procedure)은 혈관이나 해부학적으로 중요한 구조들이 손상되지 않거나 최소 침습이 되도록 시행되는 것이 중요하다. 중재시술의 하나로서 의료영상 기반 생체검사(Biopsy)는 주위의 정상조직에 대한 피해를 최소화하고, 목표의 병리적 진단에 필요한 견본을 뽑아내는 중재시술로서, 부신, 췌장, 림프절 등의 후 복막, 폐 종격, 척추, 사지골 등의 부위에 광범위하게 적용된다.

[0006] 이러한 의료영상 기반 생체검사는 방사선 노출 등의 문제로 인해 생검바늘의 삽입경로는 사전에 진단 영상(시술전 영상)에서 계획되는 것이 일반적이다.

[0007] 의료영상 기반 생체검사의 하나로서, CT 기반 생체검사는 고해상의 영상을 이용하여 병변 부위를 섬세하게 3차원으로 지역화(localization) 하고 조직 내에 진입한 생검바늘(Biopsy Needle)을 볼 수 있어서 작은 크기의 병변 감지에 용이하다. 조직이 겹쳐있는 부위에 대해서는 CT 기반 생체검사가 초음파 또는 X선 투시로 시술을 유도하는 방법에 비해 병변 감지능력이 더 우수하다. 또한, CT 기반 생체검사는 주위 조직과의 관계를 보여줌으로써 임상의가 병변으로의 삽입경로(trajectory)를 설정하기가 좋고, 다양한 환자 위치에서 시술할 수 있는 장점이 있다.

[0008] CT 기반 생체검사에서 환자 몸에 대한 생검바늘의 초기 진입 각도가 중요하며, CT 촬영 등으로 사전에 진입 각도가 계산된다. CT 기반 생체검사 시술시 시술자가 생검바늘을 조절하며, 보조자가 각도기를 사용하여 눈대중으로 생검바늘의 각도를 판단하여 시술자에게 안내할 수도 있고, 시술장에서 CT 또는 C-arm 플로로스코피(fluoroscopy) 영상에 의해 생검바늘의 삽입경로가 가이드되는 경우도 있을 수 있으나, 이런 경우 시술자 경험 의존도가 높아서 시술자가 방사선에 노출된 채로 시술이 수행되게 되며, 그의 경험도에 따라 노출 시간은 달라질 수 있게 된다.

[0009] 이로 인해 시술자 및 환자가 방사선에 노출되는 시간이 많아지는 문제와 시술의 정확도 등의 문제를 해결하기 위해 중재시술 로봇 개발 필요성이 대두하고 있다. 이러한 중재시술 로봇을 사용하면 시술 시간의 단축으로 환자의 방사선 피폭 감소되며, 합병증 감소 및 안전 극대화를 기대할 수 있다. 또한, 시술자의 방사선 피폭을 감소 또는 제거하고 자동화 시스템을 통한 시술자 안전 향상을 이룰 수 있다.

[0010] 도 3은 미국 공개특허공보 제2010-0250000호에 제시된 중재시술 로봇의 일 예를 나타내는 도면으로서, 제품명 da Vinci로 불리는 중재시술 로봇이 제시되어 있다. 중재시술 로봇은 복수의 로봇암(201,202,203,204)을 구비한다. 각각의 암(201,202,203,204)은 엔드이펙터(211,212,213,214)를 구비한다. 엔드이펙터(211,213,214)는 주로 복강경 수술을 위한 집게 형상으로 되어 있으며, 엔드이펙터(212)는 내시경이다. 목표를 나타내기 위한 디스플레이(220)도 구비되어 있다.

[0011] 그러나 이러한 중재시술 로봇을 사용한 종래기술로는 중재시술 과정의 자동화와, 생검바늘과 같은 의료도구를 사용한 중재시술의 정확도, 안전성, 및 편리성을 충분히 달성하기에는 한계가 많다. 시스템이 너무 무겁고, 이동과 설치가 불편하여 의료비를 상승시키는 원인이 되기도 하며, 시술자와 환자의 방사선 노출에 대한 고려가 부족하여, 이들을 방사선에 장시간 노출되게 할 수도 있는 문제점이 생길 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 이에 대하여 '발명의 실시를 위한 구체적인 내용'의 후단에 기술한다.

과제의 해결 수단

[0013] 여기서는, 본 개시의 전체적인 요약(Summary)이 제공되며, 이것이 본 개시의 외연을 제한하는 것으로 이해되어서는 아니된다(This section provides a general summary of the disclosure and is not a comprehensive disclosure of its full scope or all of its features).

[0014] 본 개시에 따른 일 태양에 의하면(According to one aspect of the present disclosure), 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템에 있어서, 의료도구, 의료도구의 삽입경로가 저장되는 제어부, 환자의 실시간 영상 획득이 가능한 영상 획득 장치, 그리고, 실시간 영상을 표시할 수 있는 디스플레이를 포함하며, 제어부는 디스플레이에 시술장 영상과 의료도구의 위치정보를 동시에 표시하도록 하는 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템이 제공된다.

발명의 효과

[0015] 이에 대하여 '발명의 실시를 위한 구체적인 내용'의 후단에 기술한다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 미국 등록특허공보 제8,386,019호에 제시된 중재시술 시스템의 일 예를 나타내는 도면,

도 2는 중재시술시 시술자가 방사선에 피폭되는 일 예를 설명하기 위한 도면,

도 3은 미국 공개특허공보 제2010-0250000호에 제시된 중재시술 로봇의 일 예를 나타내는 도면,

도 4 및 도 5는 본 개시에 따른 의료영상을 사용한 중재시술 시스템의 일 예를 나타내는 도면들,

도 6은 본 개시에 따른 로봇암의 일 예를 설명하기 위한 도면,

도 7은 다기능 엔드이펙터의 일 예를 설명하기 위한 도면,

도 8은 의료영상을 사용하는 중재시술의 시스템이 카메라를 사용하는 예를 설명하기 위한 도면,

도 9는 마스터콘솔의 예들을 설명하기 위한 도면,

도 10은 엔드이펙터에 장착된 생검바늘을 마스터콘솔에 의해 제어하는 과정의 일 예를 설명하기 위한 도면,

도 11은 본 개시에 따른 의료영상을 사용한 중재시술 가이드 방법의 일 예를 설명하기 위한 도면,

도 12 내지 도 14는 시술계획 생성 방법의 일 예를 설명하기 위한 도면들,

도 15는 중재시술 시스템의 동작의 일 예를 설명하기 위한 도면,

도 16은 중재시술 가이드 방법의 일 예의 전체적 과정을 설명하기 위한 도면,

도 17은 분할 모드의 디스플레이 화면의 일 예를 나타내는 도면,

도 18는 플랜 모드의 디스플레이 화면의 일 예를 나타내는 도면,

도 19 및 도 20은 정합 모드의 디스플레이의 화면의 일 예를 나타내는 도면들,

도 21는 정합 방법의 일 예를 설명하기 위한 도면,

도 22 및 도 23은 시술계획을 수정할 수 있는 창의 일 예를 설명하기 위한도면들,

도 24 내지 도 26은 네비게이션 모드의 디스플레이 화면의 일 예를 나타내는 도면들,

도면 27 및 도 28은 삽입 모드에서 디스플레이 화면의 일 예를 설명하기 위한 도면들.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 본 개시를 첨부된 도면을 참고로 하여 자세하게 설명한다(The present disclosure will now be described in detail with reference to the accompanying drawing(s)).

[0018] 도 4 및 도 5는 본 개시에 따른 의료영상을 사용한 중재시술 시스템의 구성과 구성방법의 일 예를 나타내는 도면들로서, 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템(이하, 중재시술 시스템)은, 하나 이상의 관절을 가지는 로봇암(400), 시술전 영상을 기반으로 시술계획을 하거나, 실시간으로 로봇암(400)을 제어하는 제어부(500; 예: 컴퓨터), 인체나 동물의 체내와 의료도구의 이미지를 획득하는 이미지 획득장치(600), 및 시술장치나 환자(5)의 위치나 자세를 모니터링하여 응급상황에 대응하는 장치(700; 예: Optical Tracker; NDI)를 포함한다.

[0019] 로봇암(400)은 방사선 피폭을 저감하고, 시술 정확도 향상을 위한 생검 및 치료용으로서, 복부, 흉부 등에서 1cm 급 병소의 생검 및 치료용으로 사용될 수 있다. 로봇암(400)은 슬레이브 로봇(slave robot)의 일부일 수 있으며, 엔드이펙터(460; end-effector)가 로봇암(400)에 장착될 수 있다. 의료도구(470)가 엔드이펙터(460)에 장착되며, 시술자동화를 위해 엔드이펙터(460)는 의료도구(470)에 직접 동력을 전달하여 의료도구(470)을 구동할 수 있으며, 의료도구(470) 교체형일 수 있으며, 여러 개의 의료도구(470)를 한 번에 시술 가능하도록 한 구조를 가질 수 있다. 의료도구(470)는 초소형 센서를 구비할 수 있으며, 제어부에 정보전달이 가능한 구성을 가질 수 있다.

[0020] 의료도구(470)는 생검바늘(예: biopsy needle), 리드(예: Deep Brain Stimulation용 리드(lead)), 프로브(probe), 카데터(catheter) 등의 의료 디바이스(medical device)일 수 있다. 물론, 로봇암(400)에 장착되는 의료도구(470)가 이에 한정되는 것은 아니다. 이하, 본 예에서는 주로 생검바늘(470)을 예로 설명한다. 생검바늘(470)은 조직채취용 바늘(예: 이너스타일렛; Inner stylet; 도 1 참조), 및 조직채취용 바늘을 가이드하는 가이드 바늘(예: 시스; Sheath; 도 1 참조)로 구성되거나, 가이드 바늘만으로 구성될 수 있다.

[0021] 이미지 획득장치(600)는 CT 장치, C-arm 플로로스코피(fluoroscopy) 장치 등이 사용될 수 있다. 예를 들어, 도 5a에 제시된 바와 같이, CT 장치(600) 내외로 테이블(620)이 환자(5)를 이동시킨다. 로봇암(400)은 테이블(620) 옆에서 로봇 베이스에 장착되어 움직이며, 일부가 CT 장치(600) 내로 들어가거나 나올 수 있다. 도 5b에 제시된 바와 같이, 제어부(500)는 CT 장치(600), 및 로봇암(400)과 연동되어 있고, 실시간 영상정합을 수행하며, 로봇암(400) 제어에 사용되는 마스터콘솔(310), 영상이 표시되는 디스플레이(350)를 포함한다. 제어부(500)는 실감햅틱(haptic)이 적용되어 생검바늘(470)이 목표(100)에 삽입되어 장애물을 만나거나, 필요에 의해 일정 지점을 알리는 신호를 줄 필요가 있는 경우, 장애물이 생검바늘(470)에 미치는 힘 혹은 특정지점에 대한 신호를 위한 진동 반응을 마스터콘솔(310)에 줄 수 있다. 또한, 이를 이용하여 중재시술 훈련용으로도 사용될 수 있다.

[0022] 도 6은 본 개시에 따른 슬레이브 로봇의 일 예를 설명하기 위한 도면으로서, 슬레이브 로봇은 로봇암(400)과 베이스(410)로 구성된다. 로봇암(400)은 제어부(500)로부터 인가된 제어신호에 따라 환자(5)의 주변에서 베이스(410)에 의해 위치가 고정된다. 로봇암(400)은 다관절 고정밀(예: 위치 정밀도 1mm)일 수 있고, X-Ray 간섭을 줄이는 소재와 구조를 가지는 것이 바람직하다. 로봇암(400) 전체가 X-ray 투과성 재질 일수도, CT 내부에 진입하여 환자의 영상에 영향을 주지 않도록 하는 부분(예를 들어, 엔드이펙터(460))의 전체 혹은 일부만 X-ray 투과성 재질일 수 있다.

[0023] 로봇암(400)은 베이스(410), 베이스(410)에 대해 슬라이딩되는 슬라이딩부(420), 슬라이딩부(420)에 연결된 제1 암(430), 제1 암(430)에 연결된 제2 암(440), 및 제2 암(440)에 연결된 제3 암(450)을 포함한다. 제3 암(450)에는 엔드이펙터(460)가 장착될 수 있고, 중재시술의 종류에 따라 엔드이펙터(460)의 종류가 달라질 수 있다. 엔드이펙터(460)가 로봇암(400)에 포함되는 것으로 볼 수도 있다. 엔드이펙터(460)는 제3 암(450)에 대해 움직임이 가능하다. 베이스(410), 슬라이딩부(420), 제1 암(430), 제2 암(440), 및 제3 암(450)은 엔드이펙터(460)의 위치결정부로서 기능하며, 엔드이펙터(460)는 생검바늘(470)의 자세를 결정하는 자세결정부로 볼 수 있다. 슬라이딩부(420), 제1 암(430)과, 제2 암(440)은 서로 그 끝이 회전가능하게 연결되어 엔드이펙터(460)의 높이를 결정하며, 제3 암이 제1 암과 제2 암이 연결되어 이루는 평면에 수직한 방향으로, 제2 암에 회전 가능하게 장착된다. 이때, 제3 암은 엔드이펙터(460)가 이미지 획득장치(600)에 접근하기 좋은 방향으로 장착될 것이다. 다시, 제 3암에 엔드이펙터(460)가 회전 가능하게 장착된다. 엔드이펙터(460)는 슬라이딩부(420)에 의해 이미지 획득장치(600) 방향으로 접근할 수 있다. 통상, 위치결정부는 이미지 획득장치(600)의 바깥에 위치할 수 있고,

자세결정부는 이미지 획득장치(600) 내에서 목표에 대해 자세(방위, 거리 등)을 잡는다.

[0024] 도 5b에 제시된 바와 같이, 로봇암(400)은 제어부(500)에 연동되어 있으며, 제어부(500)는 생검바늘(470)의 끝의 좌표를 기구학적 모델(Kinematic model)을 이용하여 계산할 수 있다. 베이스(410)와, 테이블(620)의 위치관계, 슬라이딩부(420)와 제1 암(430)의 각도, 제1 암(430)과 제2 암(440)의 각도, 제2 암(440)과 제3 암(450)의 각도, 제3 암(450)과 엔드이펙터(460)의 각도, 암들(430,440,450)의 길이, 생검바늘(470)의 길이 등을 사용하여 생검바늘(470)의 끝의 공간상의 좌표를 계산할 수 있다. 각도 정보는 암들(430,440,450)을 움직이는 각각의 모터에 장착된 엔코더 혹은 변위를 나타낼 수 있는 센서를 이용하여 알아낼 수 있다. 이런 정보들은 제어부로 신호 전달되어, 제어부가 로봇암(400)의 기구학적 모델을 계산하여, 생검바늘(470)의 끝의 위치를 계산해 낼 수 있게 된다.

[0025] 도 6(c)는 베이스(410)의 구조를 보이는 도면이다. 베이스(410)는 로봇암(400)을 상부에 탑재하도록 하며, 이동 가능하다. 로봇암(400)은 베이스(410)의 측면에 위치할 수도 있을 것이다. 베이스(410)를 이동 가능하게 하기 위해, 하부에 바퀴(411)가 달려 있으며, 특정 위치에서 움직이지 못하게 고정하기 위한 베이스 고정 장치(412)를 가지고 있다. 시술장에서 한 번 위치가 고정된 후, 임의로 혹은 의도치않게 움직이게 되면, 제어부(500)가 계산하는 의료도구(470)의 공간 좌표가 틀어지게 되는 문제가 생길 수 있다. 따라서, 베이스 고정 장치(412)는 베이스(410)가 로봇암(400)의 동작 중에도 안정적으로 고정될 수 있도록 베이스(410) 하면 일측에 하나 이상 형성 될 수 있으며, 제어부(500) 혹은 베이스(410) 자체의 전자적인 신호에 의해 지면과 접촉하여 베이스(410)를 고정하도록 할 수 있다. 이런 고정장치(412)는 슬레이브 로봇의 수평을 맞추는 역할을 할 수도 있다. 또한, 바퀴에 브레이크 시스템을 적용하여 베이스(410)를 움직임에 대해 더욱 견고하게 고정될 수 있도록 할 수 있다.

[0026] 시술장에서 베이스(410)는 테이블(620)의 옆에 위치하며, 상부에 탑재된 로봇암(400)은 엔드이펙터(460)를 환자 위에서 CT 내부 방향으로 보내게 된다. 이 경우, 슬레이브 로봇의 무게중심의 위치가 베이스(410)의 중심에서 벗어나게 되어 로봇암(400)의 움직임의 안정성을 방해할 수 있다. 따라서, 베이스(410)의 내부에는 로봇암(400)의 움직임에 따라 슬레이브 로봇의 무게 중심을 변경할 수 있는 이동 무게추(413, Movable weight)가 있다. 엔드이펙터(460)의 위치가 슬레이브 로봇의 중심에서 멀어질 수록 이동 무게추(413)도 반대 측면으로 이동하게 된다. 본 개시의 실시예에 따르면, 이동 무게추(413)는 환자가 누워있는 테이블(620) 방향 축 상에서 양방향으로 움직일 수 있다. 이동 무게추 구동부(414)가 이동무게추(413) 아래에 위치하여, 로봇암(400)의 움직임에 따라 자동으로 수평을 맞출 수 있도록 움직일 수도 있을 것이다.

[0027] 도 6(d)는 엔드이펙터(460)를 설명하기 위한 도면이다. 엔드이펙터(460)는 반복적 바늘 삽입동작이 가능한 바늘 삽입형 엔드이펙터(460)로서, 생검바늘(470)의 조향 및 삽입 기능향상을 위해 바늘의 회전이 가능하도록 한다. 엔드이펙터(460)는 생검바늘(470)을 삽입하기 위한 삽입장치(462), 고정하기 위한 고정장치(461), 그리고 생검바늘(470)을 회전시키기 위한 바늘회전장치(463)를 포함하도록 구성된다. 생검바늘(470)의 삽입이 필요한 경우, 고정장치(461)는 생검바늘(470)을 잡고 있던 두 개의 바가 양방향으로 벌어져 고정을 해제하고, 삽입장치(462)는 생검바늘(470)을 잡고 있는 기어 혹은 톱니장치를 회전하도록 하여 생검바늘(470)이 이동되도록 한다. 생검바늘(470)의 원할한 삽입을 위하여 바늘의 회전이 필요한 경우에는, 바늘회전장치(463)가 작동하여 생검바늘(470)을 회전시킨다. 삽입장치(462)와 바늘회전장치(463)는 동시에 작동될 수도 있다.

[0028] 긴급상황시 또는 생검바늘(470) 삽입종료 한 후에는 생검바늘(470)을 놓는(release) 기능을 가지는 것이 바람직하다. 엔드이펙터(460)는 이외에도 Dilation, RF Ablation 등의 시술용 의료도구(470)가 장착되어 관련한 시술을 할 수 있도록 한다.

[0029] 제1 암(430), 제2 암(440), 및 제3 암(450) 구조는 긴급상황 발생시 삽입경로를 따라 그대로 후진하여 생검바늘(470)을 빼도록 하는데 유리한 구조를 가진다. 긴급상황을 제어부(500)가 자체적으로 인식한 경우, 혹은 제어부(500)의 비상 버튼을 시술자가 누른 경우에, 슬레이브 로봇은 먼저 엔드이펙터(470)가 생검바늘(470)을 놓도록 하고, 슬라이딩부(420)가 작동하여 로봇암(400)을 안전영역으로 이동하게 한다. 이는 제어부(500)에 의해 자동으로 이루어 질 수도 있고, 시술자가 직접 원하는 위치로 로봇암(400)을 옮길 수 있도록 슬라이딩부(420)의 모터 브레이크가 작동하지 않도록 할 수도 있다. 안전을 위해 로봇암(400)이 장애물(CT 장치 등)과 접촉시 동작이 정지되는 기능을 가질 수도 있다.

[0030] 도 7 (a) (b)는 한 번에 다수의 생검을 할 수 있도록 하는 다기능 엔드이펙터(480)를 보인다. 다기능 엔드이펙터(480)는 복수의 생검바늘(470)을 수용할 수 있는 하우징(481), 하우징(481)을 회전시키는 구동 전달부(33), 이동자(35), 그리고 다기능 엔드이펙터(480)의 지지를 위한 지지부(482)를 포함하여 구성된다. 지지부(482)는 생검바늘(470)의 방위를 조절하도록 가이드랙을 구비할 수 있다. 하우징(481)에는 다수의 생검바늘(470)을 수용

하도록 가이드 홀(도시되지 않음)이 형성되어 있다. 하우징(481)의 하부에 생검바늘(470)의 출구가 형성되어 있다. 생검바늘(470)은 시스를 가질 수 있다. 생검바늘(470)은 시스 내부에서 이동 가능한 구조를 가진다. 그리고 하우징(481)의 가이드 홀에는 생검바늘(470)을 타겟까지 가이드 하는 가이드 바늘이 추가로 구비될 수 있다. 이 경우, 시술이 시작되면 가이드 바늘이 가장 먼저 삽입되고, 다른 생검 바늘들이 이 가이드 바늘을 통해서 타겟에 도달하여 샘플을 채취할 수 있도록 한다.

[0031] 구동 전달부(33)는 톱니 또는 기어가 구비되어 하우징(481)을 회전시키거나 생검바늘(470)을 회전 시킬 수 있다. 이동자(35)에는 생검바늘(470)을 이동시키기 위한 홀더가 구비되어 이동자(35)에 전달되는 모터의 힘을 생검바늘(470)에 전달하여, 생검바늘(470)을 상하로 구동 시킬 수 있다(도 7b 참조).

[0032] 엔드이펙터(460)는 지지부(482)에 결합되는 암결합부(483)를 더 포함할 수 있다. 암결합부(483)는 로봇암(400)에 결합되며, 예를 들어, 도 6에 제시된 제3 암(450)에 장착 및 탈착될 수 있다. 본 예에서 암결합부(463)는 지지부(462)를 밀거나 당기는 복수의 링크들과 모터를 포함하는 기구(484)를 가질 수 있으며, 이러한 기구(484)에 의해 지지부(482)를 회전하거나 기울임으로써, 하우징(481)에 장착된 생검바늘(470)을 도 7 (a)에 제시된 바와 같이 방위를 변경하거나, 생검바늘(470)의 높이를 일정하게 하면 수평이동시킬 수 있다. 물론, 이러한 생검바늘(470)의 자세제어는 로봇암(400)의 동작과 엔드이펙터(460)의 동작의 조합에 의해 이루어지는 것도 가능하며, 엔드이펙터(460)가 로봇암(400)에 고정되고, 로봇암(400)에 의해서만 자세제어가 되는 예도 가능하다.

[0033] 엔드이펙터(460)는 도 6 (d)에서와 같이 제 3암(450)에 암결합부(480)를 거치지 않고 직접 결합 될 수 있다. 이때, 제 3암 또는 엔드이펙터(460)에 엔드이펙터(460)를 회전시키기 위한 구동 모터가 장착되어 의료도구(470)의 방향을 피치itch) 방향(도 10 참조)으로 조향할 수 있도록 한다.

[0034] 도 8은 의료영상을 사용하는 중재시술의 가이드 시스템에 부가장비를 추가한 예를 설명하기 위한 도면으로서, 본 예에는 로봇암(400)에 카메라(480)(광학 카메라 혹은 열, 적외선 카메라)와 레이저 포인터 장비가 설치되어 있다. 제어부(500)로부터 지시에 따라 슬라이딩부(420), 제1 암(430), 제2 암(440), 및 제3 암(450)이 움직여 테이블(620) 위의 환자(5) 위로 이동하며, 슬라이딩부(420)가 베이스(410) 상에서 슬라이딩되어 CT 장치(600) 내로 엔드이펙터(460)가 수평이동할 수 있다. CT 장치(600) 내로 엔드이펙터(460)만 들어가거나, 제3 암(450)의 일부 및 엔드이펙터(460)가 CT 장치(600) 내로 들어갈 수 있다. 이후, 엔드이펙터(460)가 자세 제어되며, 생검바늘(470)이 삽입경로(475; 도 15f 참조)를 따라 정렬된다. 생검바늘(470)이 환자(5) 피부에 레이저 포인터(L1,L2)로 표시된 삽입점(471) 위에 정렬된 것을 화면으로 보여준다(도 15f 참조). 이러한 카메라(480) 영상은 제어부(500)의 디스플레이(350)에 표시된다(917; 도 24 참조).

[0035] 카메라(480)는 방사선 조사 영역(615)에 들어가지 않도록 하며, 생검바늘(470)과 삽입점(20; 도 15f 참조)을 잘 보여줄 수 있는 위치에 설치되는 것이 바람직하다. 도 8(b)에 제시된 바와 같이, 엔드이펙터(460)는 CT 장치(600)의 방사선 조사영역(615) 내에 들어갈 수도 있지만, 엔드이펙터(460)로부터 생검바늘(470) 장착부(455)만 돌출되어 엔드이펙터(460)가 방사선 조사영역(615)에 들어가는 부분을 최소화하는 것도 고려할 수 있다. 또는 엔드이펙터(460) 중 방사선 조사 영역(615)에 들어가는 부분은 투과성 재질로 형성되는 것도 고려할 수 있다. 본 예에서, 카메라(480)는 엔드이펙터(460)에 방사선이 닿지 않는 부분에 설치된다. 카메라(480)와 함께 방사선 감지 센서를 설치하여, 카메라(480)가 방사선 조사 영역에 들어가는 경우 알람을 울리거나 표시하여 카메라(480)가 방사선 조사 영역을 피하도록 하는 것도 고려할 수 있다.

[0036] 도 9는 마스터콘솔(310)을 설명하기 위한 도면이다. 제어부(500)는 로봇암(400)을 제어하기 위한 마스터콘솔(310)을 포함한다. 도 9a에 제시된 예에서 마스터콘솔(310)은 모드전환을 제어하는 클러치(313), 생검바늘(470)의 삽입을 제어하는 삽입버튼(311), 및 생검바늘(470)의 회전을 제어하는 회전버튼(312)을 포함하도록 구성된다. 또한, 마스터콘솔(310)은 비상정지 장치를 구비할 수 있으며, 모터 및 센서를 구비할 수 있다.

[0037] 마스터콘솔(310)을 지지하는 기구부는 마스터 콘솔(310)에 의해 생검바늘(470)의 롤링(Rolling)과 피칭(Pitching)운동을 표현할 수 있는 구조를 가지고 있다. 도 9(b)에서는 6개의 엔코더를 양측에 3개씩 서로 다른 축을 나타내도록 설치하여, 마스터 콘솔의 움직임 정보를 신호 변환 하는 구조에 대한 것이다. 다른 실시예로 9(c)는 마스터 콘솔을 둘러싸는 원형의 지지대에 직교하는 두 축에 엔코더를 장착하여 콘솔의 롤링과 피칭 정보를 신호 변환 할 수 있다. 로봇을 x-y 좌표로 이동하기 위한 구조(미도시)는 이들 롤링-피칭 기구부에 연결되어 장착된다.

[0038] 제어부는 슬레이브 로봇을 로봇암(400)을 움직이게 하는 위치결정 단계와, 엔드이펙터(460)를 움직이게 하는 생검바늘(470) 자세제어 단계로 나누어 구동하게 할 수 있다. 상황에 따라서는, 도 9a에 제시된 바와 같이, 시술

자가 직접 이런 단계를 나누어서 작동할 수 있다. 위치결정단계에서 자신이 원하는 방향으로 마스터콘솔(310)을 조종하여 생검바늘(470)을 전후 및 좌우로 기울이거나, 다른 여러 방향으로 기울여서, 원하는 위치로 움직이고, 자세제어 단계에서, 마스터콘솔(310)을 전후 및 좌우로 기울이거나, 다른 여러 방향으로 기울여서, 생검바늘(470)의 롤링(rolling), 및 피칭 (pitching) 동작을 제어할 수 있다(도 10 참조).

[0039] 이렇게 생검바늘(470)이 삽입경로(475; 도 15f 참조)에 따라 정렬되고 나면, 시술자가 삽입버튼(311)을 눌러 바늘삽입 모드로 시스템을 전환 시킨다. 시스템이 바늘삽입 모드로 전환되면 제어부(500)는 엔드이펙터(460)의 삽입버튼(311)과 회전버튼(312)에 의한 명령 이외에 다른 움직임 신호는 받아 들이지 않도록 한다. 회전버튼(312)을 돌리면 생검바늘(470)의 회전(Rotating) 동작을 제어할 수 있다(도 10 참조). 이후, 클러치(313)를 누른 상태에서 삽입버튼(311)을 누르면, 생검바늘(470)이 삽입점(471)을 뚫고 들어간다. 생검바늘(470) 삽입 과정에서 회전버튼(312)의 동시 명령도 가능하게 하여, 생검바늘(470)이 환자 체내에 진입하면서 회전될 수 있도록 할 수 있다.

[0040] 이때, 전술한 바와 같이, 생검바늘(470)은 시스만을 포함하고, 시술자가 시스를 가이드로 하여 조직을 채취할 수 있다. 이를 위해, 로봇암(400)은 시스를 삽입한 후에 CT 장치(600)로부터 빠져나온다. 또는, 로봇암(400)이 시스를 계속 고정하고 있는 상태에서 시술자에 의해 시스를 가이드로 하여 조직 채취가 이루어질 수 있다. 이와 다르게, 엔드이펙터(460)에 장착된 생검바늘(470)이 이너스타일렛과 시스를 모두 포함하고, 로봇암(400)에 의해 조직의 채취까지 수행되는 것도 가능하다.

[0041] 도 10은 엔드이펙터(460)에 장착된 생검바늘(470)을 마스터콘솔(310)에 의해 제어하는 과정의 일 예를 설명하기 위한 도면으로서, 로봇암(400)의 위치결정이 된 이후, 생검바늘(470)의 자세조정 단계에서 생검바늘(470)은 엔드이펙터(460)와 제3 암(450)에 의해 자세 제어될 수 있다. 예를 들어, 도 10a에 제시된 바와 같이, 마스터콘솔(310)을 전후 및 좌우로 기울이거나, 다른 여러 방향으로 기울여서, 생검바늘(470)은 X축에 대해 회전하여 롤링(rolling)되거나, 도 10b에 제시된 바와 같이, Y축에 대해 회전하여 피칭(pitching)될 수 있다. 도 7에서 전술된 바와 같이, 엔드이펙터(460)는 제3 암(450)에 대해 롤링되거나 피칭될 수 있고, 이에 따라 생검바늘(470)이 롤링 및 피칭될 수 있다. 또한, 회전버튼(312)을 돌려서 엔드이펙터(460)에 의해 생검바늘(470)이 회전하여 요잉(Yawing)될 수 있다.

[0042] 도 11은 본 개시에 따른 의료영상을 사용한 중재시술 가이드 방법의 일 예를 설명하기 위한 도면으로서, 의료영상을 사용한 중재시술의 가이드 방법은 폐, 신장, 간 등의 장기(organ)에 적용될 수 있으며, 장기 이외의 부위에도 적용이 배제되는 것은 아니다.

[0043] 의료영상을 사용한 중재시술 가이드 방법(이하, 중재시술 가이드 방법)에 있어서, 먼저, 시술전 영상이 획득된다(S210). 시술전 영상은 이미지 획득장치(600)를 사용하여 획득된다. 이미지 획득장치(600)로는 CT 장치(600), Cone-beam CT(CBCT) 장치, MRI 장치와 같은 의료용 3차원 이미지 획득장치(600)가 이용될 수 있다. CT장치에 의해 획득된 폐, 간 등에 대한 시술전 영상(예: 811,812,813; 도 17 참조)은 디스플레이(350)에 로딩된다. 여기서 디스플레이(350)는 중재시술 시스템의 디스플레이(350)이거나, 별개의 시술계획을 위한 디스플레이(350)일 수 있다. 디스플레이된 시술전 영상에서 수술 부위가 확인 및 검토되며, 시술전 영상이 분할(segmentation)된다. 분할의 결과, 예를 들어, 피부, 뼈, 혈관, 시술되는 장기, 보호되는 장기, 중요 구조물, 및 대상(target; 목표, 병변, 또는 병소)이 분할되어 각각의 데이터로 정의된다. 분할된 시술전 영상은 중재시술 시스템에 저장되거나 시술시에 중재시술 시스템의 외부로부터 전송받을 수 있다.

[0044] 이후, 분할된 시술전 영상을 기초로 의료도구(470)의 삽입경로(예: 475; 도 17 참조)가 생성된다(S220). 예를 들어, 환자(5)의 방향이 결정되고, 삽입점(471), 삽입방위, 및 삽입거리가 결정되며, 생검바늘(470)의 종류 및 엔드이펙터(460)가 선택되고, 삽입경로(path)가 표시되고 미세조정이 이루어져서 삽입경로를 포함한 시술계획이 생성된다. 삽입경로는 생검바늘(470)에 의한 침습이 최소화되도록 선택되는 것이 바람직하다. 삽입경로는 사용자 인터페이스를 통해 시술자로부터 몇 가지의 지시나 지정 또는, 선택을 받으면, 상기 시술계획이 컴퓨터에 의해 자동생성되고 표시장치에 시각화되어 표시되는 방식이 가능하다. 시술계획이 TCP/IP 또는 전용 통신 프로토콜을 이용하여 중재시술 시스템에 저장되거나 전송된다. 또는 중재시술 시스템에서 시술계획이 생성될 수 있다.

[0045] 도 12 내지 도 14는 시술계획 생성 방법의 일 예를 설명하기 위한 도면이다. 먼저, 시술전 영상의 분할의 결과 시술전 영상에 포함된 해부학적 구조물(예: 혈관, 뼈 등)이 복셀(voxel)의 3차원 집합으로 구해진다. 예를 들어, 볼륨 흉부 시티 영상(volumetric chest CT images; 이하 폐 영상)을 획득한 후, 폐 영상이 분할되어 분할된 폐 영상이 준비된다. 예를 들어, 폐 영상에 포함된 해부학적 구조물(예: 혈관, 갈비뼈, 에어웨이(airway), 폐 경계 등)이, 분할 기법(예: 어뎁티브 쓰레쉬홀드(adaptive threshold))에 의해 분할(segmentation)된다. 분

할의 결과, 혈관 등의 해부학적 구조물이 복셀의 3차원 집합으로 추출된다. 도 12는 혈관 등의 해부학적 구조물이 분할된 폐 영상의 엑시얼뷰(axial)를 보여준다. 폐 영상으로부터 분할된 혈관, 갈비뼈(rib), 에어웨이(airway) 등의 해부학적 구조물이 폐 마스크(lung mask), 혈관 마스크(vessel mask), 립 마스크(Rib mask), 에어웨이 마스크(airway mask) 등으로 저장된다.

[0046] 이후, 폐 마스크(lung mask), 혈관 마스크(vessel mask), 립 마스크(Rib mask), 에어웨이 마스크(airway mask) 등을 사용하여 폐 경계 디스턴스 맵(distance map of lung boundary), 립 디스턴스 맵(distance map of rib), 폐혈관 디스턴스 맵(distance map of pulmonary vessel), 에어웨이 디스턴스 맵(distance map of airway) 등이 만들어진다.

[0047] 폐혈관 디스턴스 맵의 생성 과정은 폐 영상의 모든 복셀들에 혈관의 경계로부터 모든 복셀들까지의 거리 정보가 부여되는 과정을 포함할 수 있다. 폐 경계 디스턴스 맵, 립 디스턴스 맵 및 에어웨이 디스턴스 맵의 생성 과정도 마찬가지로, 각각 폐 경계로부터 거리, 갈비뼈 경계로부터 거리 및 에어웨이 경계로부터 거리 정보가 복셀들에 부여되는 과정들을 포함할 수 있다. 이와 같은 디스턴스 맵들을 사용하여 삽입경로의 거리 또는 삽입경로와 해부학적 구조물 사이의 거리가 계산될 수 있다. 따라서 생검바늘(470)의 삽입경로와 교차되는 해부학적 구조물을 찾을 수 있다.

[0048] 전술된 디스턴스 맵은 침습량 및 삽입경로의 거리를 계산하는 과정에 사용될 수 있다. 침습량 및 삽입경로의 거리를 계산하는 데 있어서, 디스턴스 맵을 사용하는 방법 이외에, 폐혈관 트리(tree)를 사용하는 방법이 고려될 수 있다. 폐혈관 트리를 사용하여, 삽입경로와 만나는 혈관의 개수 및 혈관이 침습되는 정도가 계산될 수 있다.

[0049] 삽입경로와 만나는 혈관 등의 해부학적 구조물까지의 거리는 3D 레이케스팅(ray casting)에 의해 디스턴스 맵을 사용하거나, 폐혈관 트리를 사용하여 계산된다. 360도 전체를 레이케스팅하여 삽입경로를 찾을 수도 있지만, 불필요한 계산을 생략하기 위해 사용자(예; 시술자)가 삽입점(entry point)의 범위(20)를 정의해 줄 수 있다(도 12 참조). 이때의 삽입점의 범위(20)는 생검바늘(470)의 삽입이 의료적 관점에서 불허인 영역을 제외하고 넓게 선택될 수 있다. 삽입점의 범위(20)가 정해지면 컴퓨터가 삽입점의 범위(20) 내에서 자동으로 삽입점을 계속 변경해 가면서 삽입점으로부터 대상까지 삽입경로가 설정되고, 각 삽입영역에 대해 혈관 등에 대한 침습량과 삽입경로의 거리가 계산될 수 있다. 예를 들어, 최단 거리 삽입경로(300; 도 12 참조)의 삽입점(471)을 기준으로 일정 범위가 삽입점 범위로 주어지고, 이 범위 내에서 삽입점이 변경되면서 삽입경로의 침습량과 거리가 계산된다. 도 12에는 2D 엑시얼 단면이 예시되어 있지만, 삽입경로의 추출은 3차원으로 수행될 수 있다. 여기서 침습량은, 삽입경로가 혈관 등 해부학적 구조물과의 만나는 개수 및 두께(또는 면적)이고, 삽입경로의 거리는, 폐의 경계의 삽입점으로부터 목표(100)까지 거리이다. 실재 삽입경로는 이 두 가지 방식을 포함한 그 사이에서 결정된다. 예를 들어, 침습량이 허용치 이하인 삽입경로가 추출되고, 그 중에서 삽입경로의 거리가 최소인 삽입경로가 최적 삽입경로가 되어 추출될 수 있다.

[0050] 도 13 안전 여유에 의해 축소된 삽입경로를 나타내는 도면으로서, 이러한 복수의 삽입경로는 3차원의 삽입영역(230)으로 표시될 수 있다. 삽입영역(230)은 삽입점(271)으로부터 목표(100)까지 단면적이 감소하는 콘(cone) 형상을 이룰 수 있다. 또는, 삽입영역이 원통 형상을 가질 수 있다. 경험적으로 또한 이론적으로 생검바늘(470)의 삽입영역의 안전 여유(safty margin)가 정해진다. 안전 여유는 혈관(140)이나 virtual wall(120; 예: 폐 이외의 다른 장기(organ) 등)의 침습되는 구조물로부터 일정 거리 영역이 될 수 있다. 따라서 삽입영역(230) 중에서 안전 여유 내의 삽입경로는 제거되는 것이 바람직하다. 이와 같이 안전 여유 내의 삽입경로가 제거된 결과 축소된 삽입영역(235)가 생성될 수 있다.

[0051] 도 14는 도 13에서 설명된 삽입경로가 실제 구현된 예를 나타내는 도면으로서, 갈비뼈와, 갈비뼈 사이로 Cone 형상의 삽입영역(235)과, 선택된 삽입경로(475)가 3차원으로 시각화된 모습이 나타난다. 상기 3차원 시각화된 삽입영역(235)과, 삽입경로(475)를 더욱 확실하게 확인(confirm)하기 위해, MPR(multiplanar reconstruction; 예: axial view, coronal view, sagittal view) 상에 삽입영역(235)과, 최적 삽입경로 및 선택된 삽입경로(475)가 오버레이되어 표시될 수 있다. 이와 같이, 침습량, 삽입경로의 거리에서 최적화되고, 호흡까지 고려되며, MPR 상에서 확인된 삽입경로를 따라 생검바늘(470)이 가이드되어 생검(biopsy) 등 필요한 시술이 수행될 수 있다. 만약 이를 위한 시스템이 제어부(500) 별도로 구성되어 있다면 최종 컨펌된 삽입경로가 TCP/IP 또는 전용 통신 프로토콜을 이용하여 중재시술 시스템으로 전송되어 시술에 도움이 되게 할 수 있다.

[0052] 도 15는 중재시술 시스템의 동작의 일 예를 설명하기 위한 도면으로서, 시술장 영상이 획득되고, 생검바늘(470)의 삽입경로가 생성되는 과정에서는 도 15a 도시된 것과 같이, 로봇암(400)이 대기 상태로 세팅된다. 이때, 생검바늘(470)은 로봇암(400)에 장착되어 있다. 시술계획이 시술전 영상(Pre-CT)과 함께 로딩되어 디스플레이

(350; 도 17 참조)에 표시되며, 환자(5)의 자세가 조정될 수 있다. 로봇암(400)에 전원이 들어오면, 부가적으로 켈리브레이션(Calibration)이 수행될 수 있다. 환자(5)의 호흡, 및 움직임을 모니터링할 준비가 되며, 로봇암(400)과 CT 장치(600) 간에 정합이 이루어진다.

[0053] 이후, 시술 직전 시술장 영상(Ref-CT)이 획득된다. 도 15b에 도시된 것과 같이, 시술장의 테이블(620)에 환자(5)가 위치하고, 테이블(620)에 의해 환자(5)가 CT 장치(600) 내로 진입되고, CT 장치(600)가 작동되어, 환자(5)의 시술장 영상이 획득된다(S230).

[0054] 시술전 영상과 시술장 영상이 각각 디스플레이(350)에 표시될 수 있다(예: 도 19 참조). 이후, 시술전 영상과 시술장 영상이 정합된다(S240; 예: 도 19 및 도 20 참조). 예를 들어, 테이블(620) 좌표계를 이용하여 시술장 영상을 시술전 영상에 정합한 후, 시술장 영상 스케일(scale)로 재변환된다.

[0055] 정합의 방법으로는 강체정합(rigid registration) 및 비강체정합(non-rigid registration)의 방법이 함께 사용될 수 있다. 이런 상호보완정보 기반 강체정합(Mutual information based rigid registration)에 의해 시술전 영상과 시술장 영상이 정합된다. 상호보완정보 기반 강체정합에서는 한 이미지에서 비슷한 음영을 가지는 비슷한 조직 영역은 다른 이미지의 비슷한 음영으로 이루어진 영역에 대응될 것이라고 가정된다. 또는, 알려진 다른 정합의 방법이 사용될 수 있다. 정합의 결과, 삽입경로가 시술장 영상에 매핑되어 표시되며(예: 도 20 참조), 환자(5), 로봇암(400), 및 CT 장치(600)의 좌표계가 정합된다.

[0056] 영상이 정합된 후, 로봇암(400)이 제어부(500)로부터 제어신호에 따라 움직여서 초기 위치를 잡고, 환자(5)의 피부 상의 삽입점(entry point) 바로 앞까지 생검바늘(470)이 이동한다(S250). 도 15c에 도시된 것과 같이, 제어부(500)로부터 전달된 제어신호에 따라, 로봇암(400)이 환자(5) 위로 이동한다. 이후, 도 15d에 도시된 것과 같이, 로봇암(400)에 의해 엔드이펙터(460)가 CT 장치(600) 내로 진입한다.

[0057] 이후, 15e 및 도 15f에 제시된 바와 같이 엔드이펙터(460)에 의해 생검바늘(470)이 삽입경로(475)를 따라 정렬된다. 도 10에서 설명된 바와 같이, 생검바늘(470)이 로봇암(400) 및 엔드이펙터(460)에 의해 롤링, 피칭, 및 요잉되어 삽입경로(475)에 따라 정렬된다. 환자(5)의 피부의 삽입점(entry point)으로부터 1cm 정도에 생검바늘(470)의 끝이 위치하도록 정렬된다. 사용자나 시술자는 이 과정을 시각적으로 보고 정렬 상태를 확인(confirm)할 수 있다. 또는, 자동으로 로봇암(400)의 엔드이펙터(460)에 구비된 생검바늘(470)과 현재 표시된 시술장 영상 상의 삽입경로(475) 간의 일치를 제어부(500)가 확인하도록 하는 것도 가능하다.

[0058] 시술장 영상과 시술전 영상 간에 레벨이 차이가 발생하면, 시술전 영상에서 계획된 삽입경로(475)가 정합을 통해 시술장 영상으로 매핑될 때, 오프셋이 발생할 수 있다. 따라서, 제어부(500)는 이러한 오프셋을 바로 실시간으로 비교해서 오프셋이 얼마나 발생했는지 확인 및 계산할 수 있다. 이러한 오프셋을 보정하기 위해 테이블(620)이 움직이는 등의 방식이 사용될 수 있지만, 본 예에서는 제어부(500)가 상기 오프셋을 계산하고 로봇암(400)에 지시를 내려 로봇암(400)이 상기 오프셋을 제거하도록 적응하는 동작을 한다.

[0059] 또한, 정합된 이후 정합된 시술장 영상 상에서 삽입경로(475)가 수정되는 과정이 추가될 수 있다. 예를 들어, 정합된 시술장 영상에 나타난 삽입경로(475)를 사용자 인터페이스(예: 마우스 등)를 이용하여 수정할 수 있다. 이때, 수정된 삽입경로(475)에 의한 침습량 및 삽입경로(475)의 거리가 자동 계산되어 디스플레이(350)에 표시될 수 있다. 예를 들어, 디스플레이(350)에는 시술자가 삽입경로(475)를 조절 또는 수정할 때 삽입경로(475)를 결정하는데 도움을 주는 지표(예: 혈관 크기별 개수)가 표시될 수 있다. 이후, 로봇암(400) 및 엔드이펙터(460)에 의해 생검바늘(470)이 삽입경로(475)를 따라 정확히 재정렬될 수 있다.

[0060] 이후, 본 예에서는 생검바늘(470)의 정렬의 확인과 생검바늘(470)의 삽입점 진입 동작 사이에 호흡에 따른 오차를 줄이기 위한 과정이 추가될 수 있다(S260). 예를 들어, CT 장치(600)가 다시 작동되어 실시간 영상 또는 호흡 모니터링 정보가 디스플레이(350)에 표시된다. 시술전 영상이 특정한 호흡레벨에서 획득되는 경우, 정합을 통해 시술장 영상에 매핑된 시술계획이 시행되기 위해서, 테이블(620) 위에 위치한 환자(5)의 실시간 호흡레벨이 시술전 영상 획득시의 호흡레벨에 맞추어지는 것이 바람직하다. 또는, 시술장 영상이 특정 호흡레벨에서 획득되고, 이 호흡레벨에 환자(5)의 실시간 호흡레벨이 맞추어지는 예도 가능하다. 시술전 호흡레벨에 실시간 호흡레벨이 일치할 때, 환자(5)가 일시적으로 숨을 참고, 생검바늘(470)이 환자(5)의 신체에 삽입되어 생검이 이루어진다. 한편, 이렇게 호흡레벨을 맞춘다고 해도, 호흡을 참는 순간의 실시간 영상과 삽입경로(475)가 매핑된 시술장 영상 간에 레벨이 차이나는 경우, 제어부(500)가 이러한 차이를 계산하고, 이러한 차이를 제거하도록 로봇암(400)의 움직임(예: 병진, 회전, 엔드이펙터의 동작 등)을 제어할 수 있다.

[0061] 이후, 호흡의 일치 및 삽입경로(475)와 생검바늘(470)의 정렬 상태가 확인되며, 전달된 지시에 따라 엔드이펙터

(460)로부터 생검바늘(470)이 모터에 의해 구동되어 움직이거나, 또는 격발장치에 의해 발사되어 피부의 삽입점을 뚫고 들어가 목표에 도달하여 조직을 채취하거나, 목표 근처까지 가이드용 생검바늘을 삽입한다(S270). 중재시술 시스템의 디스플레이(350)에는 실시간 영상(예: 2D 영상)과 정합된 시술장 영상(예: 3차원 영상)이 표시될 수 있다. 생검바늘(470)은 이 실시간 영상에 나타나게 되며, 정합된 시술장 영상에는 생검바늘(470)이 대체된 이미지로 시술장 영상과 함께 표시된다. 생검바늘(470)의 삽입깊이를 보다 정확하게 시각화하기 위하여, 삽입깊이 게이지 바(560)를 디스플레이(350)에 표시될 수 있다.

[0062] 삽입경로(475)는 콘형 삽입영역 내의 복수의 삽입경로(475) 중 선택되며, 시술장의 준비 과정에서 삽입경로(475)가 변경될 수 있다. 삽입경로는 원통형 삽입영역의 복수의 삽입경로(475) 중 임의로 선택되거나, 경사삽입이 가능하다. 생검바늘(470)의 삽입은 원래의 삽입경로(475)를 따라 그대로 삽입하거나, 목표(100)의 목표점으로부터 일정 거리에 근접한 경우 마스터콘솔(310)의 햅틱(Haptic) 장치가 진동하거나, 목표(100)의 목표점에 도달한 경우 생검바늘(470)이 자동으로 멈추도록 구성될 수 있다. 한편, 위험한 상황인 경우, 로봇암(400)이 생검바늘(470)을 놓고 후퇴하며, 로봇암(400)이 CT 장치(600)로부터 자동으로 빠져나올 수 있다.

[0063] 생검바늘(470)에 의한 조직의 채취는 엔드이펙터(460)의 구조에 따라 복수 회 수행되는 것도 가능하며, 삽입 전 및/또는 후에 생검바늘(470)을 회전하는 과정도 포함될 수 있고, 생검바늘(470)을 환자(5)의 신체로부터 완전히 뽑지 않고 여러 곳을 생검하는 방법도 가능하다. 생검이 완료되면, 제2 암(440) 또는 엔드이펙터(460)에 의해 생검바늘(470)이 빠져나오고, 제2 암(440)에 의해 수직으로 움직이며, 제2 암(440) 및 슬라이딩부(420)에 의해 로봇암(400)이 CT 장치(600)로부터 나올 수 있다(S280). 이러한 로봇암(400), 및 엔드이펙터(460)에 의한 생검바늘(470)의 제어를 위해 마스터콘솔(310)이 사용될 수 있다.

[0064] 도 16은 중재시술 가이드 방법의 전체적 프로세스를 설명하는 다른 예를 위한 도면이다. 제시된 프로세스는 디스플레이(350)의 상단에 시술자가 어느 단계에 있는지 알 수 있도록 표시되어 있다.

[0065] 시스템은 계획 단계(Planning Stage)와 네이게이션 단계(Navigation Stage)로 구분하여 각 단계에 맞는 모드를 시행한다. 먼저, 계획 단계 전에, 시술전 환자의 영상을 획득하고 분할(obtaining images and segmentation)을 한다. 높은 해상도의 영상을 얻어 환자 내부에 대한 3차원 영상을 만들고, 각 장기들을 이미지 상에서 구분하여, 제어부(500)가 목표와 위험 장기를 인식할 수 있도록 한다. 이후 계획 단계에서, 시술자는 시술전 영상을 이용하여 의료도구를 체내에 안전하게 삽입하기 위한 삽입경로를 생성한다(plan). 시술장에서 환자의 시술장 영상을 획득하고(pre-scan), 시술전 영상과 시술장 영상을 정합한다(registration). 정합에 의해 환자의 시술장 상태에 맞는 3차원 영상을 획득한 후, 필요한 경우 정합된 삽입경로를 수정하고, 최종 확인(Confirm)을 한다. 이후부터는, 제어부가 로봇암(예: 도 4 내지 도 10의 400)을 가이드하는 네비게이션 단계로 넘어간다. 네비게이션 단계는 위치결정 모드(positioning mode), 호흡레벨 비교확인 모드, 및 바늘삽입 모드(insertion mode)를 포함할 수 있다. 위치결정 모드에서 로봇암(400)이 구동되어 엔드이펙터를 삽입위치로 이동시키고, 엔드이펙터(460)의 자세제어가 실행되어 생검바늘(470)이 삽입경로를 따라 정렬된다. 이후, 생검바늘(470)의 삽입모드에서 실시간 영상을 획득하여, 호흡레벨과 시술전 호흡레벨이 비교되고 일치가 확인되면, 생검바늘(470)이 목표에 도달하도록 한다. 실시간 영상은 생검바늘(470)의 현재 위치를 시각화할 수 있다.

[0066] 이하, 각 과정을 상세히 설명한다.

[0067] 먼저, 도 17은 세그멘테이션(segmentation) 모드의 디스플레이 화면의 일 예를 나타내는 도면으로서, 디스플레이(350)의 상단 메뉴바(551)에서 세그멘테이션 모드가 선택된 상태에서, 디스플레이(350)에는 시술전 영상(811,812,813)이 로딩되며, 시술전 영상(811,812,813)이 분할(segmentation)되어 표시된다. 분할의 결과, 시술전 영상에 포함된 목표(100), 및 해부학적 구조물(예: 혈관, 뼈, 장기 등)이 복셀(voxel)의 3차원 집합으로 구해질 수 있다. 어뎁티브 쓰레쉬홀드(adaptive threshold) 등 다양한 분할기법이 사용될 수 있다. 디스플레이(350)에는 서로 다른 각도에서의 시술전 영상(811,812,813)들, 예를 들어, 엑시얼뷰(811; axial view), 세지털뷰(812; sagittal view), 및 코로날뷰(813; coronal view)로 표시될 수 있다. 또한, 3차원 영상(814)이 다른 창에 표시되며, 3차원 영상(814)은 필요한 각도로 회전되어 표시될 수 있다. 중재시술 시스템이 포함하는 CT 장치(600)에 의해 시술전 영상(811,812,813)이 획득되거나, 중재시술 시스템과는 별개의 이미지 획득장치에 의해 시술전 영상(811,812,813)이 획득되어 중재시술 시스템의 디스플레이(350)에 로딩될 수 있다.

[0068] 다음으로, 도 18은 플랜 모드(Plan Mode)의 디스플레이 화면의 일 예를 나타내는 도면으로서, 디스플레이(350)의 상단 메뉴바(551)에서 플랜 모드가 선택된 상태에서 삽입경로(475)를 생성하거나, 생성된 삽입경로(475)를 수정할 수 있다. 본 예에서는 분할 모드(segmentation mode)에서의 시술전 영상(811,812,813)과, 3차원 영상(814)이 플랜 모드의 디스플레이(350)에 나타나 있다. 삽입경로(475)는 중재시술 시스템과는 별개로 생성되어

중재시술 시스템의 디스플레이(350)에 시술전 영상(811,812,813)과 함께 로딩되거나, 시술전 영상(811,812,813)이 중재시술 시스템에 로딩된 후에 그 시스템 상에서 생성될 수 있다. 삽입경로를 설정하는 방법은, 목표(100) 상의 목표점을 마우스와 같은 사용자 인터페이스(UI)로 선택하고, 삽입점을 선택하여 삽입경로(475)가 생성되도록 한다. 삽입경로(475)는 시술자의 검토에 따라, 사용자 인터페이스로 방향을 조정할 수 있다. 삽입경로(475)가 수정되면, 다른 각도에서의 영상(811, 812, 813)에서의 삽입경로(475)도 자동으로 수정 내용이 반영된다.

[0069] 3차원 영상(814)을 돌려가면서 목표(100) 주변 경계를 입체적으로 볼 수 있다. 필요한 경우, 3차원 영상(814)을 보면서 피부나 중요하지 않은 구조를 제거하는 등의 선택을 할 수 있다. 또한, 목표(100)의 3차원 영상(815)이 나타나 있어서, 삽입경로(475) 생성시 참조할 수 있다.

[0070] 삽입 시뮬레이션 영상(817; 제1 확인창, 816; 제2 확인창)을 사용하여, 삽입경로(475)를 따라 생검바늘(470)을 미리 전진 및 후진하는 시뮬레이션을 하면서, 혈관 등의 장애물을 확인할 수 있다. 예를 들어, 혈관이 삽입경로 상에서 나타났다가 사라지는 것을 확인할 수 있다. 이에 대해서는 더 후술된다.

[0071] 도 19 및 도 20은 정합 모드의 디스플레이의 화면의 일 예를 나타내는 도면들이다. 도 19에는, 디스플레이(350)의 상단 메뉴바(551)에서 정합 모드(registration mode)가 선택된 상태에서, 디스플레이(350)의 상측 창들에 도 17 및 도 18에서 설명된 삽입경로(475)가 생성된 시술전 영상(811,812,813)이 표시되며, 디스플레이(350)의 하측 창들에는 시술장 영상(911,912,913)이 나타나 있다. 시술장 영상(911,912,913)은 시술 직전에 바로 획득하는 데이터로 시술전 영상보다 이미지 퀄리티가 낮을 수 있다. 정합 명령에 따라, 시술전 영상(811,812,813)과 시술장 영상(911,912,913)이 정합되어 현재 환자의 상태에 맞는 3차원 데이터를 얻게 된다.

[0072] 정합의 방법으로는 레벨-셋 정합(Level-set motion registration) 방법이 사용될 수 있다. 시술전 영상(811,812,813)은 서로 다른 방향의 영상들(811,812,813; 예: 엑시얼뷰, 세지털뷰, 코로날뷰)로 표시되어 있고, 각각에 목표(100; 녹색으로 표시됨)가 나타나 있다. 시술장 영상(911,912,913)도 시술전 영상(811,812,813)에 대응하여 서로 다른 방향의 영상들(911,912,913 예: 엑시얼뷰, 세지털뷰, 코로날뷰)로 표시된다. 시술전 영상(811,812,813)에 대응하는 시술장 영상(911,912,913)의 레벨(level)이 찾아진다. 이러한 레벨에서 정합이 이루어진다. 정합이 되면 시술장 영상(911,912,913)에 삽입경로(475)가 나타난다.

[0073] 한편, 시술전 영상(811,812,813)의 삽입경로(475) 생성 과정에서 환자(5)를 엎드리거나 바로 눕게 하는 등 특정하 자세를 취하였다면, 시술장에서도 그에 맞추어 환자(5)가 그 특정한 자세를 취하게 할 수 있다. 만약 엎드린 상태에서 시술이 계획된 경우 환자(5)가 시술장에 들어와서 다른 자세로 누우면, 혈관이나 장기의 위치에 약간 차이가 있을 수 있고, 그 차이를 제거하기 위해 시술전 영상(811,812,813)과 시술장 영상(911,912,913)이 정합되는 과정이 추가될 수 있다.

[0074] 정합에는 강체정합(Rigid Transformation)과 비강체 정합인 레벨-셋 정합(Level-set Registration)이 있을 수 있다. 도 21은 이와 관련한 내용을 보인다.

[0075] 도 22 및 도 23은 시술계획을 수정할 수 있는 창의 일 예를 설명하기 위한 도면들이다. 정합을 하더라도, 시술전 영상(811,812,813)과 시술장 영상(911,912,913)의 레벨이 조금 차이가 나는 경우 또는 그 외 필요에 따라, 도 22 및 도 23에 제시된 바와 같이, 시술계획을 수정할 수 있는 창으로 전환될 수 있다. 이러한 창에서 3차원 영상(814)을 회전하거나, 삽입 시뮬레이션 영상(816,817)에서 삽입경로(475)를 따라 생검바늘(470)의 전진 및 후진을 미리 시뮬레이션해보며 삽입경로(475) 중에 위험한 장기나 혈관을 지나게 되는지 등을 확인하여 시술계획에 따른 삽입경로(475)를 수정할 수 있다.

[0076] 삽입 시뮬레이션 영상(816, 817)은 제어부(500)의 시뮬레이션 모듈에 의해서 제어된다. 삽입 시뮬레이션 영상(816,817)은 생검바늘(470)의 삽입과정에서 생검바늘(470)이 만나게 되는 장애물을 보여준다. 삽입 시뮬레이션 영상의 제1 확인창(817)에는 목표(100)와 삽입경로(475)가 표시되어 있고, 시뮬레이션에 의해 표시될 생검바늘(470) 끝(476; 가상의 끝)이 가상의 표지로 나타나 있다. 마우스로 생검바늘(470) 끝(476)을 삽입경로(475)를 따라 전진 및 후진시키면, 삽입 시뮬레이션 영상의 제2 확인창(816)에서 생검바늘(470)의 끝(476)에 대응하는 삽입경로(475)에 수직인 단면 영상(478)이 생검바늘의 가상 끝(476)에 따라 변동한다. 제1 확인창의 영상은 삽입경로(475)를 중심으로 회전하는 영상을 보일 수 있다. 이 단면에서, 위험 장기로 분류되는 부분을 구분하여 표시(예를 들어 붉은 색으로 표시)할 수 있다. 또한, 삽입 경로에서 위험 장기까지의 거리가 자동으로 표시되도록 하여, 화면 배율에 관계없이 실제 침습하게 될 확률을 시술자에게 알릴 수 있도록 할 수 있다. 혹은, 오차범위 내의 거리라면 시뮬레이션 모듈이 경고 알람 메세지를 표시할 수도 있을 것이다.

[0077] 도 22에 제시된 삽입경로(475)에 비하여 삽입경로(475)가 약간 변경된 도 23을 보면, 제1 확인창에서 생검바늘(470)의 끝(476)이 목표(100)에 가까이 감에 따라 제2 확인창에서 생검바늘(470)이 침습하는 혈관(105)이 있음을 확인 할 수 있게 된다. 이 경우, 혈관에 대한 침습이 일어나지 않도록, 삽입경로(475)를 수정하고 다시 마우스로 생검바늘(470)의 끝(476)을 전진 및 후진하여 침습하는 혈관이나 구조물을 확인하여 침습량이 적은 삽입경로(475)를 선택할 수 있다.

[0078] 도 24 내지 도 26은 네비게이션 모드의 디스플레이 화면의 예들을 나타내는 도면들이다. 앞선 과정에서 중재시술 시스템의 정합, 삽입경로(475) 수정 과정이 수행된 후, 최종적으로 삽입경로(475)를 시술자로부터 확인(confirm)받게된다. 이후, 디스플레이(350)의 상단 메뉴바(551)에서 네비게이션 모드(navigation mode)가 선택되며, 로봇암(400)의 위치가 제어된다. 예를 들어, 디스플레이(350)의 우측 메뉴바(555)에서 무브엔트리포지션(move entry position) 메뉴가 선택되면, 로봇암(400)에 의해 생검바늘(470)이 삽입경로(475)에 따라 환자(5) 위에서 정렬된다(도 15d 참조). 로봇암(400)에 의해 생검바늘(470)이 삽입점(471) 주변까지 이동하며, 엔드이펙터(460)의 롤링, 피칭, 및 요잉 등의 동작으로 삽입경로(475)를 따라 생검바늘(470)이 정렬된다(도 15e 참조).

[0079] 광학 카메라(480)가 로봇암(400)이나 엔드이펙터(460)에 설치되어 있을 수 있다. 카메라(480)에 의해 획득된 환자(5)의 피부와 그 위에 정렬된 생검바늘(470)의 카메라 영상(917)이 디스플레이(350)에 표시된다. 카메라 영상(917)을 통해서, 시술자는 방사선에 피폭되지 않는 공간에서, 시술장 상황을 육안으로 확인 할 수 있게 된다. 삽입점(471)은 레이져(L1, L2)에 의해 환자(5) 위에 직접 표시될 수 있으며, 카메라(917)영상을 통해서 제어부(500)의 디스플레이에 나타나게 된다.

[0080] 디스플레이(350)에는 삽입경로(475)가 확인(Confirm)된 정합된 시술장 영상(911)이 표시되며, 3차원 영상들(915,916)이 나타나 있다. 정합된 시술장 영상(911)에 목표(100)와 삽입경로(475)가 표시된다. 삽입경로(475)와 실제 생검바늘(470)의 정렬상태를 나타낸다. 3차원 영상(916)에는 마스터콘솔(310)의 방위가 표시되어 있다. 이후, 우측 메뉴바(555)에서 준비(ready)가 선택되면, 도 25에 제시된 바와 같이, 마스터콘솔(310)의 현재 방위가 자동으로 생검바늘(470)의 방위에 맞추어지며, 3차원 영상(916)에서 마스터콘솔(310)의 표시가 삽입경로(475)에 맞추어진다.

[0081] 도 26을 참조하면, 준비(Ready) 상태에서 CT 장치가 작동되어 실시간 영상(918)이 디스플레이(350)에 표시된다. 이후, 호흡에 따른 오차를 감소시키기 위해 호흡레벨을 매칭하는 프로세스가 작동하게 된다. 호흡레벨의 비교방법의 일 예로, 목표(100)가 환자(5)의 호흡에 영향을 받는 경우에, 시술이 계획대로 진행되려면, 시술전 영상(811)을 획득할 때의 환자(5)의 호흡레벨(A)이, 실시간 영상(918)에서의 호흡레벨(B; 정렬 후의 호흡레벨)과 동일한 것이 바람직하다. 따라서, 환자(5)를 특정 호흡레벨(A: 환자(5)가 숨을 최대한 들이쉰 상태 또는 숨을 최대한 내쉰 상태)로 호흡하게 한 다음, 시술장의 CT 장치(600)를 이용하여, 목표(100)를 포함하는 실시간 영상(918)을 획득하여, 환자(5)의 호흡레벨(B)을 호흡레벨(A)과 맞춘다. 예를 들어, 시술전 영상 (811) 획득시 호흡레벨(A)을 컴퓨터에 기록한 다음, 시술장에서 호흡레벨 확인 장치를 통해서 환자(5)의 호흡레벨을 확인하고, 양자를 비교하여 시술장 영상의 환자(5) 호흡레벨(B)이 정합된 영상의 호흡레벨(A)과 일치할 때, 디스플레이에(350) 표시(919; 예: 삽입허용 표시)를 하거나 경보음으로 알려줄 수 있다. 필요한 경우, 생검바늘(470)이 호흡레벨 확인 시 자동으로 작동되도록 구성할 수 있다. 호흡레벨(A,B)의 측정에는 별도의 호흡레벨 측정 기구를 이용한 호흡 측정 방법(예: 압력 벨트식, InfraRed 마커를 이용한 호흡 측정기 등)이 적용될 수도 있다. 또한, 시술장에서 획득되는 2D CT fluoroscopy 실시간 영상을 이용하여 호흡레벨을 매칭하는 방법이 사용될 수 있다.

[0082] 제어부는 시술전 3차원 영상 또는 시술장에서 정합된 3차원 영상으로부터 목표(100)와 관련한 다수의 2차원 단면 영상을 미리 생성하는 단면획득 모듈을 가질 수 있다. 생성된 다수의 2차원 단면 영상은 호흡 레벨 매칭 과정에서 실시간 2D CT fluoroscopy 화면과 비교될 수 있다. 실시간 영상에 가장 근접하는 2차원 단면 영상이 선택되고, 이 2차원 단면 영상의 호흡 레벨에 맞게 환자를 실시간 영상을 보면서 숨을 쉬도록 유도할 수 있다.

[0083] 도면 27 및 도 28은 삽입 모드에서 디스플레이 화면의 일 예를 설명하기 위한 도면들로서, 전술된 호흡레벨이 일치하는 표시나 알람이 제공되면, 삽입 모드(insertion mode)가 선택되고, 환자(5)가 숨을 참고 있는 시간 안에 생검바늘(470)을 목표(100)에 삽입하게 된다. 삽입모드의 선택은 호흡레벨 확인 전에 가능하며, 마스터콘솔(310)의 삽입버튼(311)에 의해 이루어 질 수 있다. 제어부(500)는 삽입모드에서 호흡레벨 매칭이 되지 않으면, 생검바늘(470)의 삽입을 제한할 수 있다. 이를 위해, 시술자의 삽입 모드 선택, 호흡레벨 매칭, 생검바늘(470)의 삽입(엔드이펙터(460)의 구동) 순서로 시술이 진행되도록 할 수 있다.

[0084] 중재시술 시스템은 생검바늘(470)의 삽입을 실시간으로 가이드 할 수 있다. 예를 들어, 도 29에 제시된 바와 같이, CT 장치(600)가 작동된 상태에서 마스터콘솔(310)의 클러치(313)를 누르고, 삽입버튼(311)을 누르면 생검바

늘(470)이 삽입점(471)을 뚫고 삽입된다. 이 과정에서, 실시간 영상(918)과 정합된 시술장 영상(911)에는 전체 삽입경로(475) 대비 생검바늘(470)의 삽입양을 나타내는 삽입 게이지 바(560)가 표시된다. 제어부(500)는 삽입 깊이 게이지 바(560)가 실시간 영상(918)과 함께 나타나도록 함으로써, 시술자에게 보다 정확한 생검바늘(470) 위치에 관한 정보를 전달할 수 있으며, 이 정보를 통해서 시술자는 정확하게 시술을 진행할 수 있다.

[0085] 삽입 게이지 바(560)가 목표선(557)에 도달하면 생검바늘(470)의 삽입이 자동으로 멈추도록 할 수 있다. 물론 시술자가 삽입 게이지 바(560)를 보고 경험에 의해 삽입을 멈출 수 있다. 목표선(557)은 삽입 게이지 바(560), 실시간 영상(918)이나, 정합된 시술장 영상(911)에 모두 표시될 수 있다. 본 예에서, 목표선(557)은 삽입 게이지 바(560) 측에 표시되어 있다. 카메라 영상(917)에는 환자(5)의 피부와 삽입점(471)을 뚫고 들어간 생검바늘(470)이 표시된다.

[0086] 한편, 도 27 및 도 28에 제시된 바와 같이, 실시간 영상(918)에는 생검바늘(470))이 목표를 향해 진행하는 것이 실시간으로 표시된다. 그런데 CT 장치(600)에 의해 획득되어 디스플레이(350)에 표시되기까지 시간지연이 있을 수 있다. 예를 들어, 약 1초의 시간지연이 있을 수 있어서, 실시간 영상(918)에 표시된 생검바늘(470)의 위치는 현재로부터 1초 전의 생검바늘(470)의 위치일 수 있다. 따라서, 만약 실시간 영상(918)에서 생검바늘(470)이 목표에 도달시 삽입 종료를 결정하면, 계획된 위치보다 더 깊이 찌를 수 있는 위험이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 삽입 게이지 바(560)는 실시간 영상(918)에 표시된 생검바늘(470)의 시간지연을 보완하여 보여준다. 제어부(500)가 현재의 생검바늘(470)의 위치를 계산한 정확한 현재의 위치를 실시간 화면과 동시에 보여준다. 삽입 게이지 바를 이용하여 실제 생검바늘(470)의 위치를 보여줄 수도 있다. 이때, 제어부는 의료도구의 위치 정보에 따른 궤적과 실시간 영상의 의료도구 궤적이 일치하는지 판단하여 디스플레이에 보여줄 수도 있을 것이다. 실시간 영상을 통해서 나타나는 생검바늘(470)의 위치변화, 속도의 정보와 슬레이브 로봇을 통해 전달받고 있는 위치정보, 생검바늘(470)의 위치정보, 속도 정보 역시 화면에 표시할 수 있다. 이러한 삽입 게이지 바(560)가 목표선(557)까지 도달하면 자동으로 생검바늘(470)의 진행이 중지되도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어부는 엔드이펙터(460)에 장착된 생검바늘(470)의 끝의 초기 공간좌표를 알고 있고, 삽입시 로봇 암과 엔드이펙터 구동부 모터의 움직임 정보로부터 생검바늘(470)의 끝의 공간상 좌표를 계산할 수 있다. 혹은 외부의 광학적 장비를 이용하여 생검바늘(470)의 위치를 나타낼 수도 있을 것이다.

[0087] 증강현실 기법을 이용하여 생검바늘(470)의 위치정보와 관련된 도형(예를 들어 바늘의 형상)과 관련 정보들을 실시간 영상에 중첩하여(Overlay) 디스플레이에 표시할 수도 있을 것이다. 제어부는 의료도구의 위치 정보에 따른 궤적과 실시간 영상의 의료도구 궤적이 일치하는지 판단하여 디스플레이에 보여줄 수도 있을 것이다. 실시간 영상을 통해서 나타나는 생검바늘(470)의 위치변화, 속도의 정보와 슬레이브 로봇을 통해 전달받고 있는 위치정보, 생검바늘(470)의 위치정보, 속도 정보 역시 화면에 표시할 수 있다.

[0088] 이와 다른 방법으로, 실시간 영상(918) 상에 목표(100)보다 앞에 중지선(559)을 설정하여 생검바늘(470)이 이 중지선(559)에 도달하면 생검바늘(470)을 스톱(stop)시킨다. 물론, 실시간 영상(918)에서 생검바늘(470)은 목표(100)의 앞에 위치한 중지선(559)에서 멈춤 되지만, 전술된 시간지연으로 인해 실제로는 목표(100)에 도달한 상태가 된다. 또한, 생검바늘(470)의 진행을 숙련된 시술자에 의해 조절하는 것도 가능하다.

[0089] 또한, 전술한 바와 같이, 본 예에 따른 중재시술 가이드 방법 및 그 시스템에서 생검바늘(470)은 가이드 바늘(예: 시스)만 포함하거나, 시스와 조직채취용 바늘(예: 이너스타일렛)을 모두 포함하는 것이 가능하다. 따라서, 삽입 게이지 바(560), 목표선(557), 실시간 영상(918), 중지선(559) 등을 사용하여, 시스의 끝이 도달하는 위치를 가이드 하거나, 이너스타일렛의 끝이 목표(100)의 조직까지 도달하도록 가이드하는 것이 가능하다. 이와 같이, 중재시술 시스템은 생검바늘(470)을 실시간으로 보여주고, 디스플레이(350)되는 시간지연까지 고려한 삽입 게이지 바(560)를 사용하여 중재시술을 가이드하므로, 정확성과 안전성, 및 편의성이 향상된다.

[0090] 엔드이펙터(460)에 장착된 생검바늘(470)에 의한 조직채취가 이루어진 이후, 디스플레이(350)에서 릴리즈 모드(release mode) 가 선택되면, 로봇암(400) 또는 엔드이펙터(460)에 의해 생검바늘(470)이 환자(5)로부터 뽑히며, 엔드이펙터(460)가 CT 장치(600)로부터 빠져나온다. 예를 들어, 시술자가 마스터콘솔(310)의 클러치(313)를 누르고, 삽입버튼(311)을 위로 올리면, 엔드이펙터(460)가 생검바늘(470)을 환자(5)로부터 뽑아 올리고, 제2 암(440)과 제3 암(450)이 움직여 환자(5)로부터 생검바늘(470)이 삽입경로 그대로 후진하도록 할 수 있다. 이후, 로봇암(400)이 CT 장치(600)로부터 나온다. 다른 실시예로써, 가이드 바늘은 환자(5)에 삽입된 채로 잔류하고, 조직채취용 바늘만 뽑혀 나오는 예도 물론 고려할 수 있다. 또 다른 예로서, 삽입 모드에서 가이드 바늘만 환자(5)에 삽입되고, 릴리즈 모드가 선택되면, 엔드이펙터(460)가 가이드 바늘을 놓고, 로봇암(400)이 CT 장치(600)로부터 나올 수 있다. 이 경우, 시술자가 환자(5)에 삽입된 가이드 바늘 내로 조직채취용

생검바늘을 삽입하여 생검이 이루어질 수 있다.

[0091] 중재시술 시스템은 목표 주위에 가상벽(virtual wall)을 세팅하여 생검바늘(470)의 진입에 따른 단계마다 시술자에게 신호를 줄 수 있다. 먼저, 시술전 단계에서 목표에서 일정거리 떨어진 가상벽을 설정한다. 가상벽은 시술 대상의 3차원 영상에 구형 또는 관련된 도형으로 표시될 수 있다. 시술이 시작되면, 시술자는 마스터콘솔(310)의 삽입버튼(311)을 이용하여, 생검바늘(470) 삽입을 시작하게 된다. 생검바늘(470)이 가상벽에 해당되는 위치에 다다르게 되면, 제어부(500)의 디스플레이에 경고 메세지가 나오던지, 마스터콘솔(310)을 진동시켜 특정 부위에 도달했음을 시술자에게 알릴 수 있다. 이로써 시술자는 단계적으로 적절성 여부를 확인하면서 절차를 진행할 수 있다.

[0092] 이하 본 개시의 다양한 실시 형태에 대하여 설명한다. 발명의 실시는 이들의 다양한 조합에 의해 가능하다.

[0093] (1)의료영상을 사용하는 중재시술 시스템에 있어서, 의료도구, 의료도구의 삽입경로가 저장되는 제어부, 환자의 실시간 영상 획득이 가능한 영상 획득 장치, 그리고, 실시간 영상을 표시할 수 있는 디스플레이를 포함하며, 제어부는 디스플레이에 시술장 영상과 의료도구의 위치정보를 동시에 표시하도록 하는 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템.

[0094] (2) 실시간 영상은 2D CT fluoroscopy 영상인 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템.

[0095] (3) 의료도구가 장착되는 슬레이브 로봇;을 포함하며,제어부는 슬레이브 로봇으로부터 움직임 정보를 받아 의료도구의 위치정보를 생성하는 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템.

[0096] (4) 슬레이브 로봇은, 관절 구동부를 가지는 로봇 암, 그리고, 로봇 암에 장착되며 의료도구 구동부를 포함하는 엔드이펙터;를 포함하며, 제어부는 관절 구동부와 의료도구 구동부의 움직임으로부터 의료도구의 위치정보가 계산되도록 하는 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템.

[0097] (5) 제어부는 의료도구의 위치와 삽입경로를 비교하여 삽입경로의 끝에 의료도구의 위치가 도달하면 의료도구 구동부를 멈추는 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템.

[0098] (6) 의료도구의 위치는 삽입경로의 길이 대비 현재 의료도구의 위치를 나타낸 게이지 바(Gauge Bar) 인 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템.

[0099] (7) 제어부는 증강현실 기법에 의해 실시간 영상에 의료도구의 위치를 중첩하여 디스플레이에 표시하도록 하는 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템.

[0100] (8) 제어부는 의료도구의 위치 정보에 따른 궤적과 실시간 영상의 의료도구 궤적이 일치하는지 판단하여 디스플레이에 나타내도록 하는 의료영상을 사용하는 중재시술 시스템.

[0101] (9) 의료영상을 사용한 중재시술 가이드 방법에 있어서,대상(target)을 포함하는 시술전 영상에서 의료도구의 삽입경로(trajectory)를 생성하는 단계, 시술장 영상을 획득하는 단계, 시술전 영상과 시술장 영상을 정합하여, 정합된 시술장 영상에 삽입경로를 표시하는 단계, 의료도구가 장착된 로봇암이 삽입점(entry point) 주변으로 이동하여, 의료도구를 삽입경로에 따라 정렬시키는 단계, 그리고 의료도구의 이미지를 포함하는 실시간 영상을 획득하며, 실시간 영상에 의료도구 표시의 시간지연을 보완하여, 의료도구의 현재 위치를 디스플레이에 시각화하는 단계를 포함하는 의료영상을 사용하는 중재시술 가이드 방법.

[0102] (10) 의료도구의 현재 위치를 시각화하는 단계에서, 로봇암의 동작을 계산하여 의료도구의 끝의 삽입깊이를 계산하는 것을 특징으로 하는 의료영상을 사용하는 중재시술 가이드 방법.

[0103] (11) 정합된 시술장 영상과 실시간 영상에 각각 의료도구의 현재 삽입깊이를 삽입깊이 게이지 바(bar)로 표시하는 것을 특징으로 하는 의료영상을 사용하는 중재시술 가이드 방법.

[0104] (12) 의료도구를 삽입경로에 따라 정렬시키는 단계 이후, 의료도구의 현재 위치를 시각화하는 단계 전에, 정렬 후 호흡레벨과 시술전 호흡레벨을 비교하여 표시하는(indicate or express) 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 의료영상을 사용하는 중재시술 가이드 방법.

[0105] 본 개시에 따른 의료영상을 사용한 중재시술 가이드 방법, 및 이를 위한 중재시술 시스템 의하면, 의료영상을 사용한 중재시술 가이드 방법의 자동화, 정확도, 안정성, 및 편리성이 향상된다.

부호의 설명

[0107] 테이블(620) 이미지 획득장치(600) 마스터콘솔(310) 클러치(313)

삽입버튼(311) 회전버튼(312) 디스플레이(350) 제어부(500)

삽입깊이 게이지 바(560) 상단 메뉴바(551)

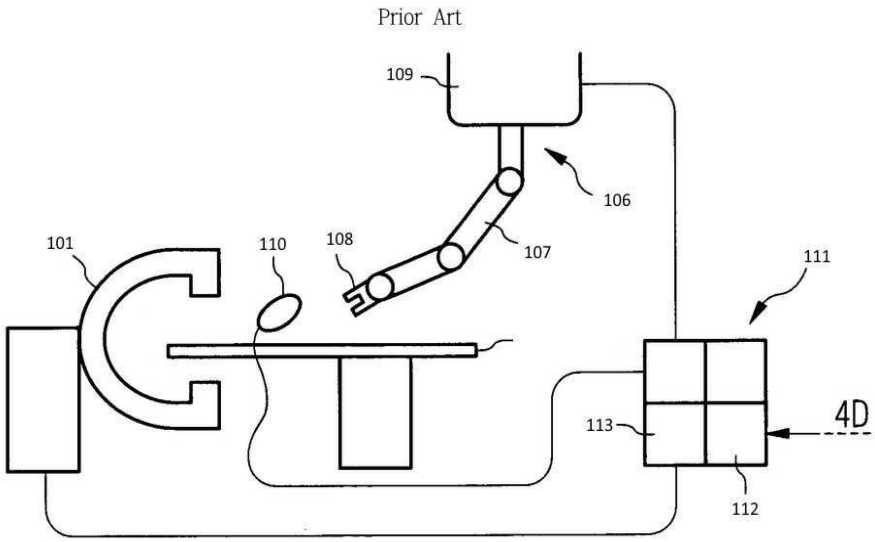
로봇암(400) 베이스(410) 슬라이딩부(420) 제1 암(430)

제2 암(440) 제3 암(450) 엔드이펙터(460) 의료도구(470)

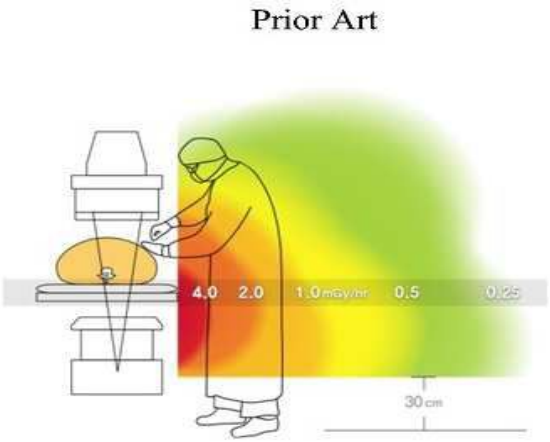
삽입경로(475) 하우징(481) 지지부(482) 이동자 구동부(35)

도면

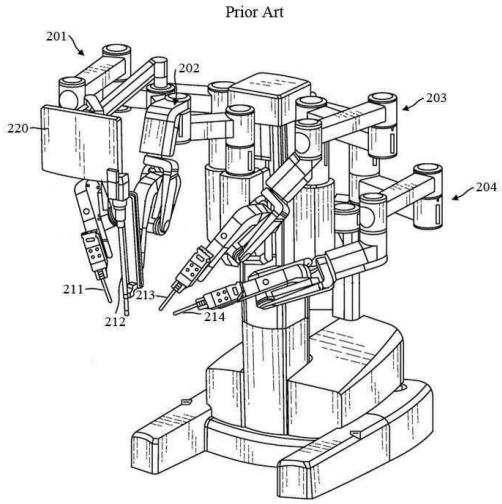
도면1



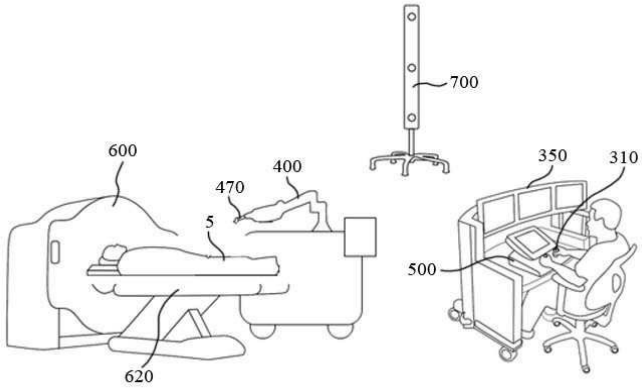
도면2



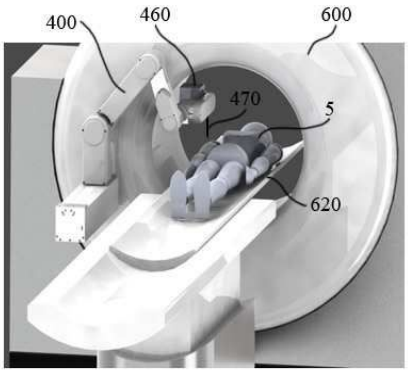
도면3


Prior Art
201
202
203
204
220
211
212
213
214

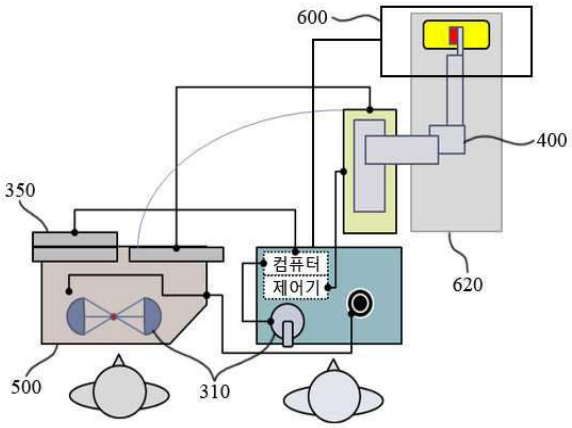
도면4


700
600
400
470
5
350
310
500
620

도면5

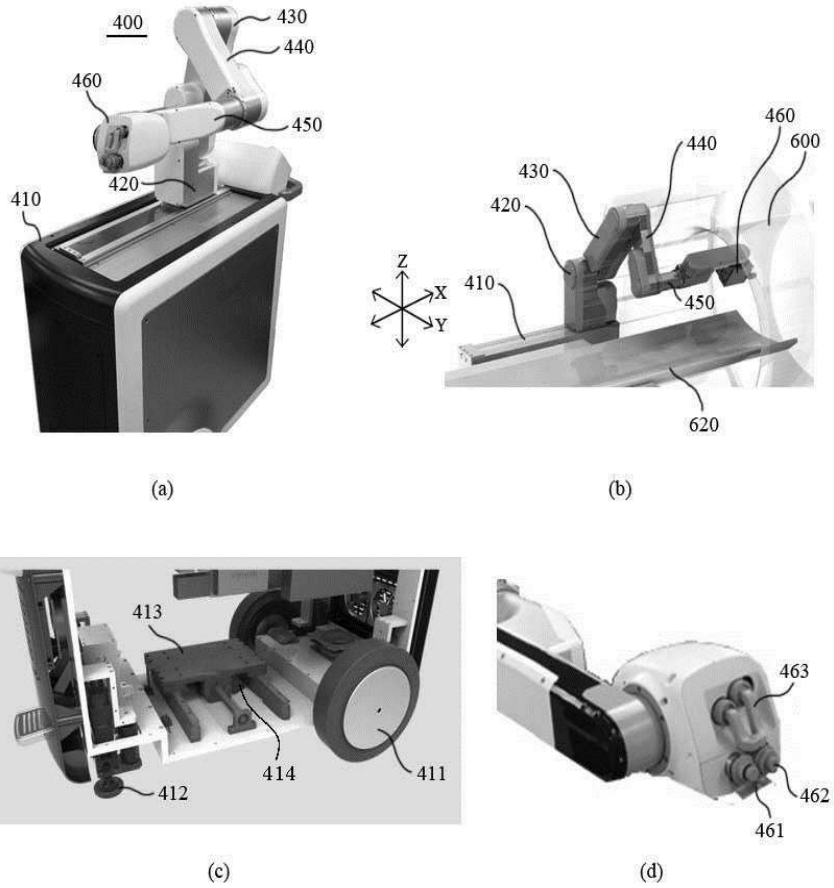


(a)

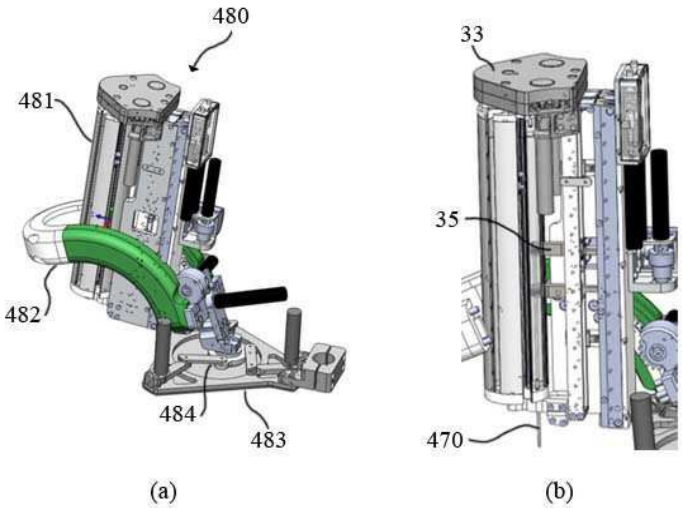


(b)

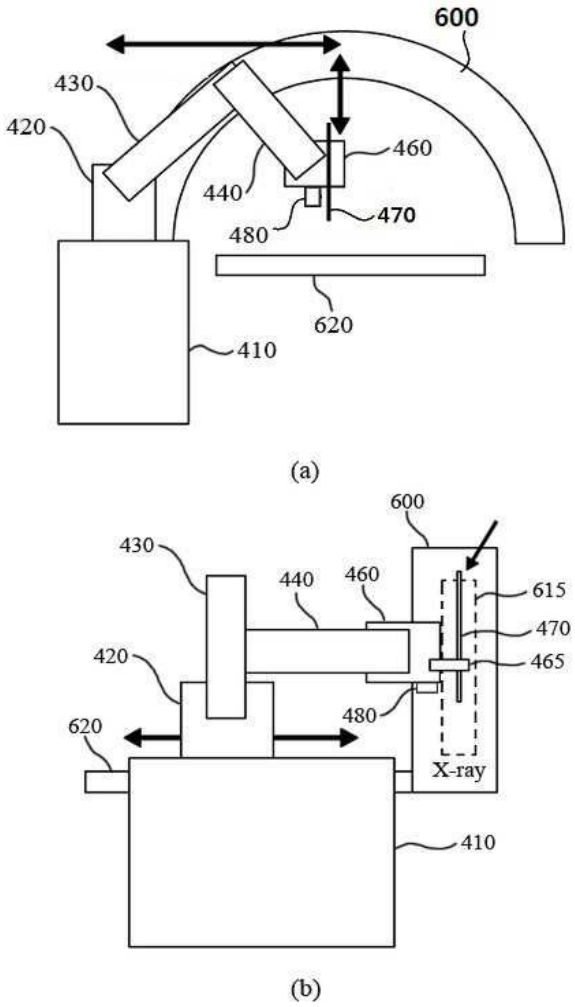
도면6


400
430
440
460
450
420
410
(a)
460
440
600
430
420
410
450
620
Z
X
Y
(b)
413
414
411
412
(c)
463
462
461
(d)

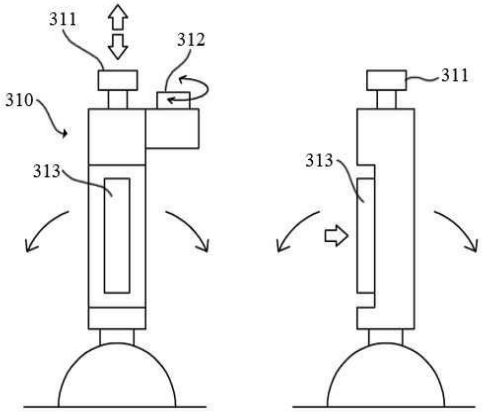
도면7


480
481
482
484
483
(a)
33
35
470
(b)

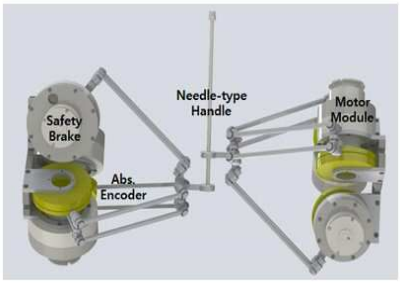
도면8


600
430
420
460
440
470
480
620
410
(a)
600
430
440
460
615
470
420
465
480
620
X-ray
410
(b)

도면9


311
312
310
313
311
313

(a)

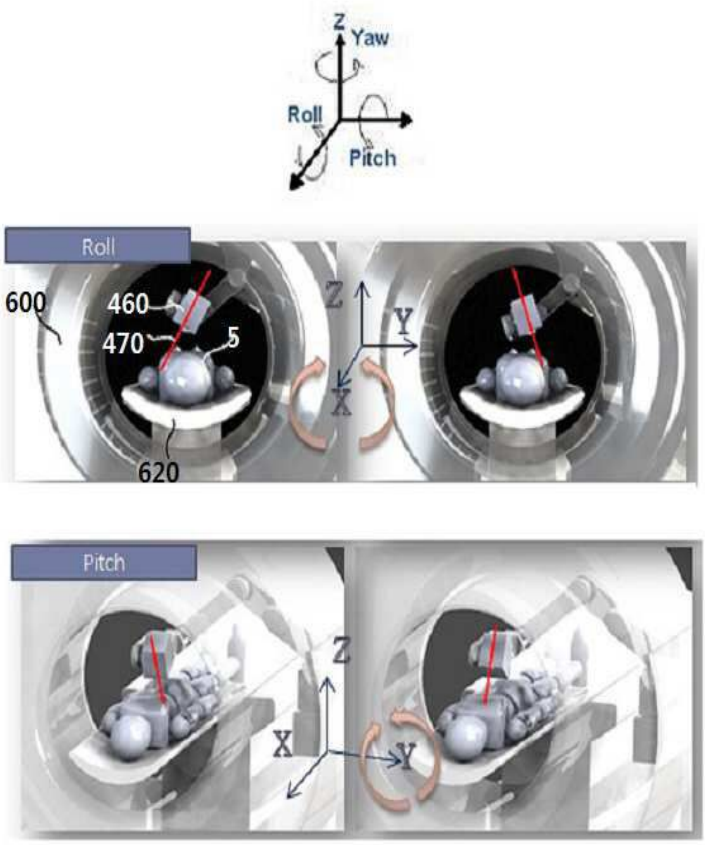

Safety Brake
Needle-type Handle
Motor Module
Abs. Encoder

(b)

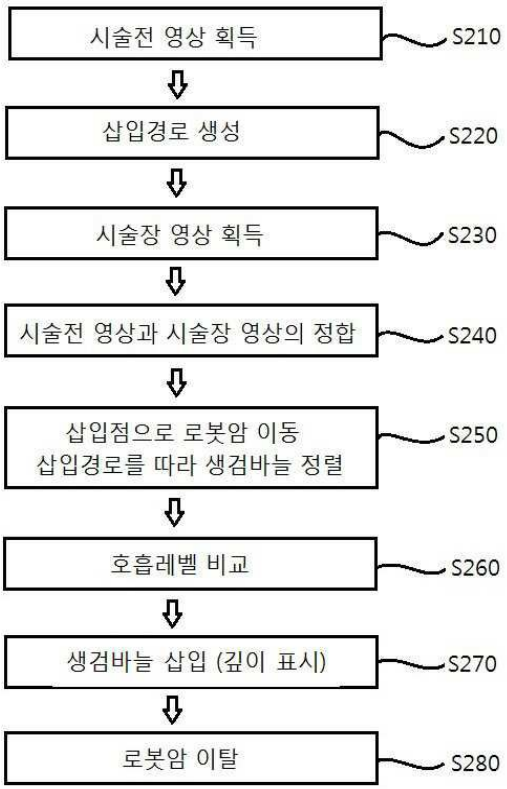


(c)

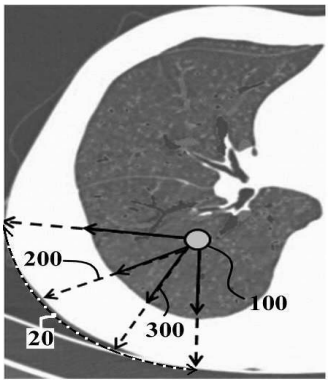
도면10


Z
Yaw
Roll
Pitch
Roll
600
460
470
5
620
Z
Y
X
Pitch
Z
X
Y

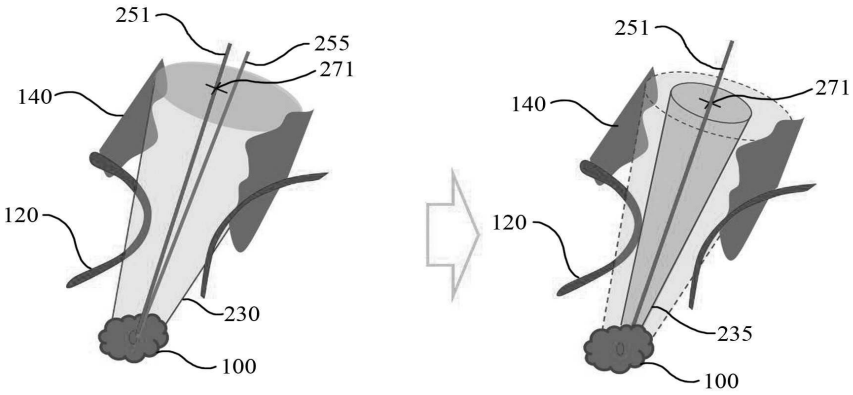
도면11


시술전 영상 획득
S210
삽입경로 생성
S220
시술장 영상 획득
S230
시술전 영상과 시술장 영상의 정합
S240
삽입점으로 로봇암 이동
삽입경로를 따라 생검바늘 정렬
S250
호흡레벨 비교
S260
생검바늘 삽입 (깊이 표시)
S270
로봇암 이탈
S280

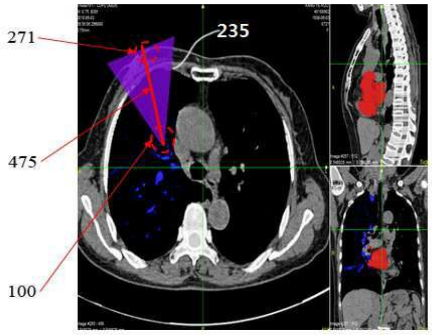
도면12


200
100
300
20

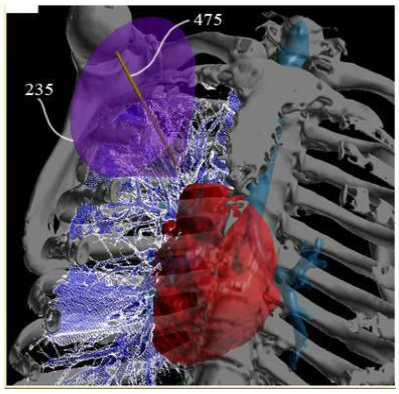
도면13


251
255
271
140
120
230
100
251
271
140
120
235
100

도면14

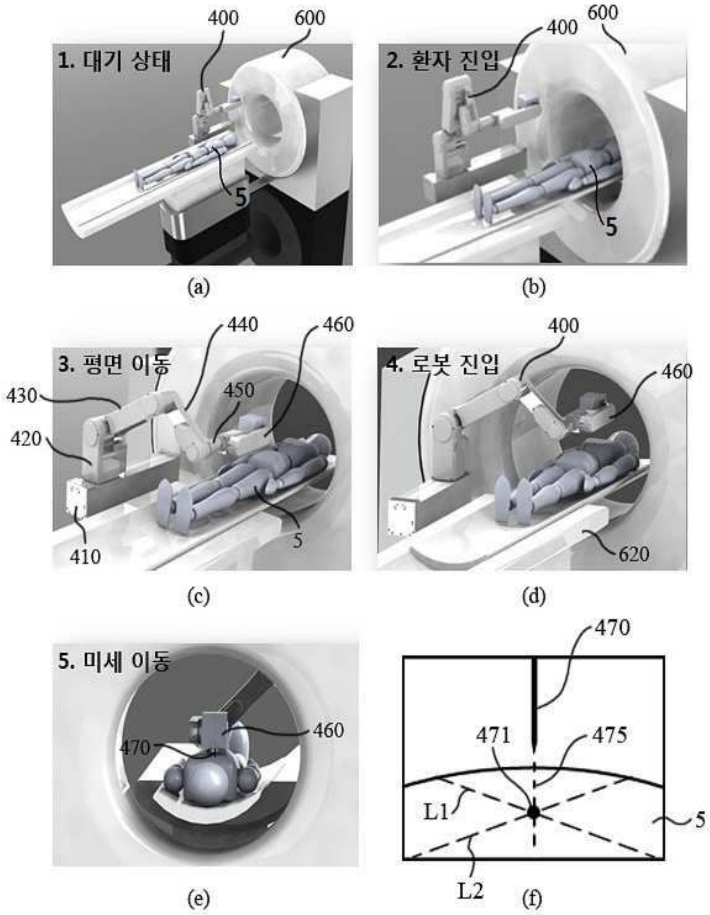


(a)

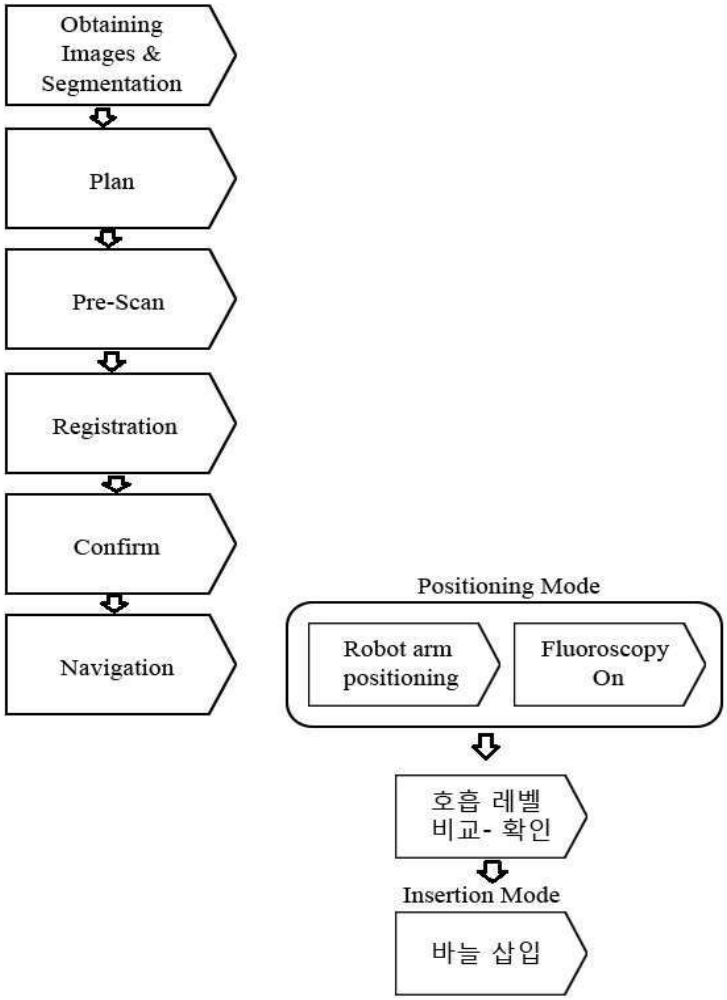


(b)

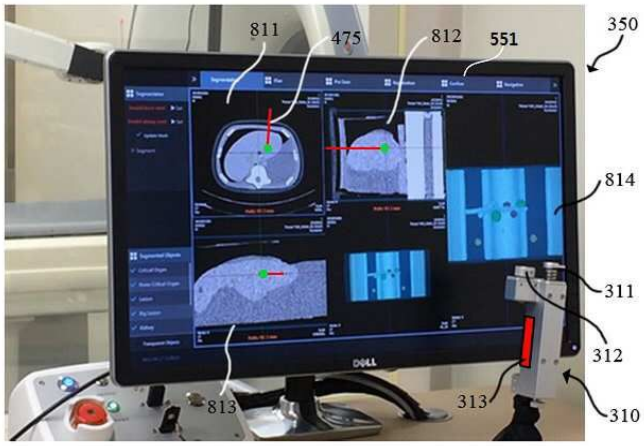
도면15


1. 대기 상태
400
600
5
(a)
2. 환자 진입
400
600
5
(b)
3. 평면 이동
440
460
430
450
420
410
5
(c)
4. 로봇 진입
400
460
620
(d)
5. 미세 이동
460
470
(e)
470
471
475
L1
5
L2
(f)

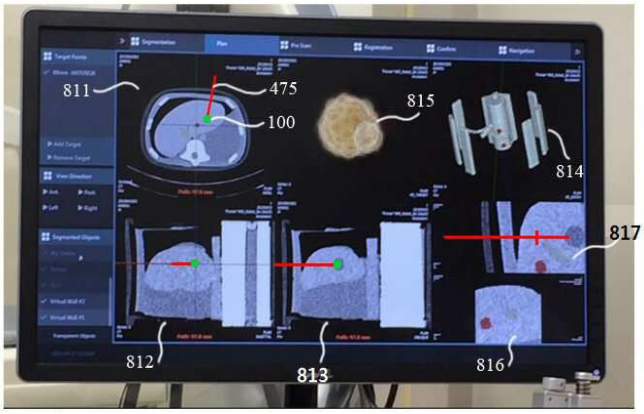
도면16


Obtaining Images & Segmentation
Plan
Pre-Scan
Registration
Confirm
Navigation
Positioning Mode
Robot arm positioning
Fluoroscopy On
호흡 레벨 비교- 확인
Insertion Mode
바늘 삽입

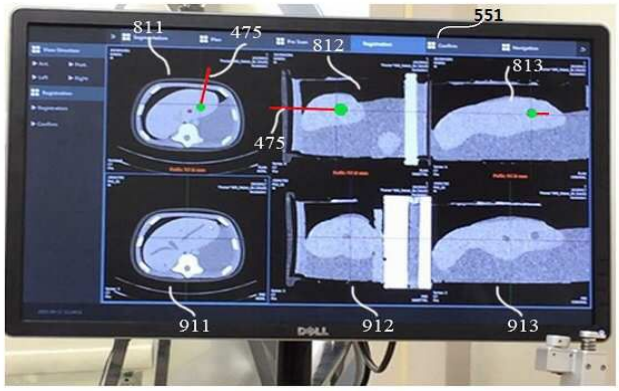
도면17


811
475
812
551
350
814
311
312
310
313
813

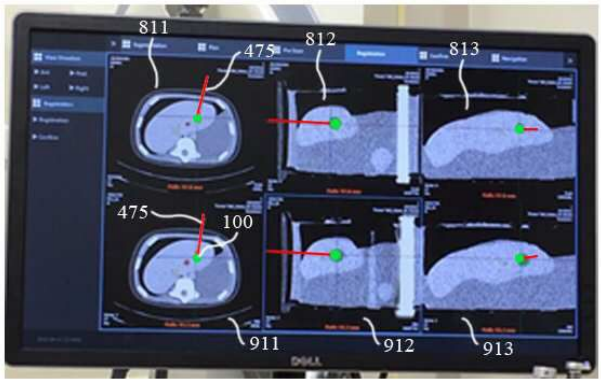
도면18



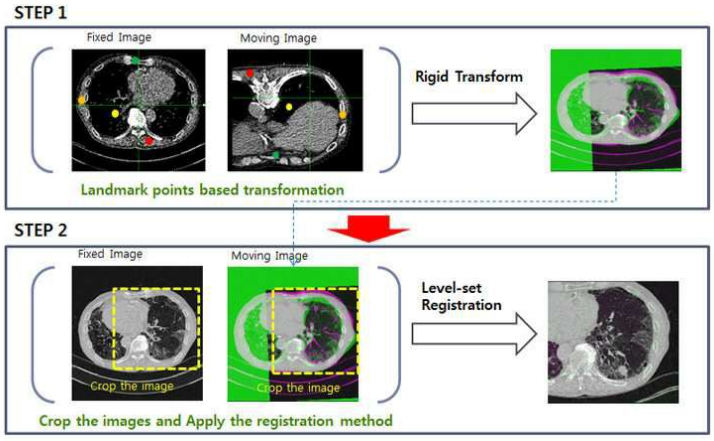
도면19



도면20



도면21



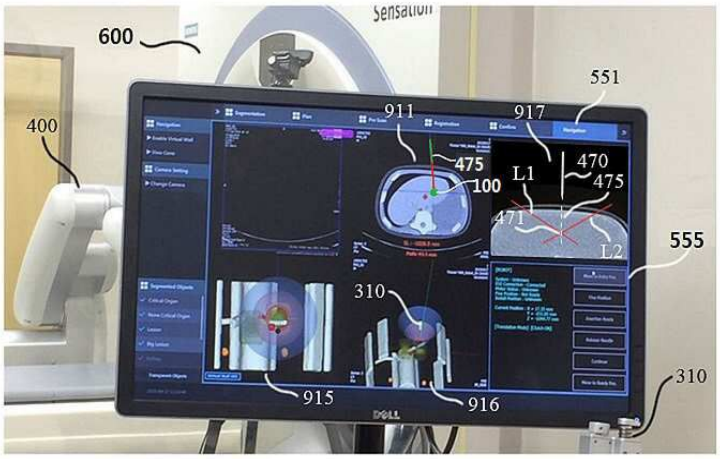
도면22



도면23



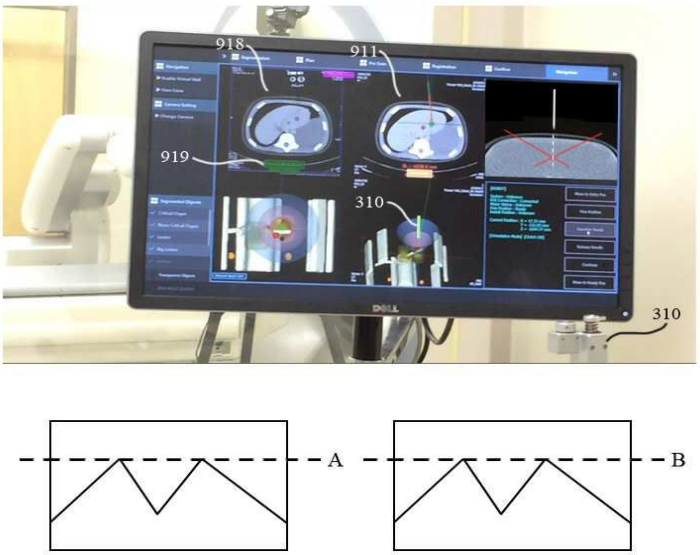
도면24



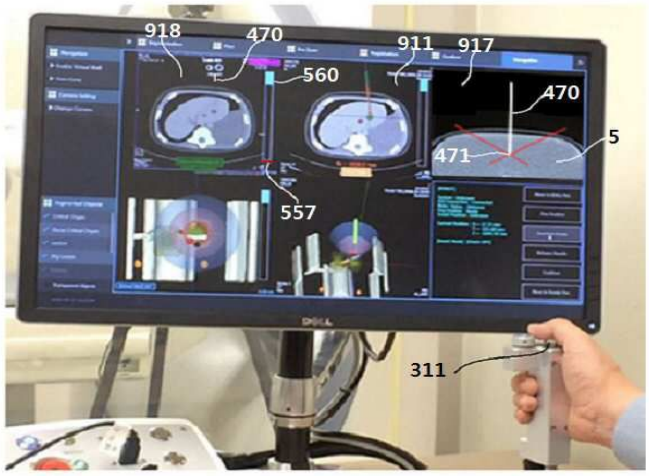
도면25



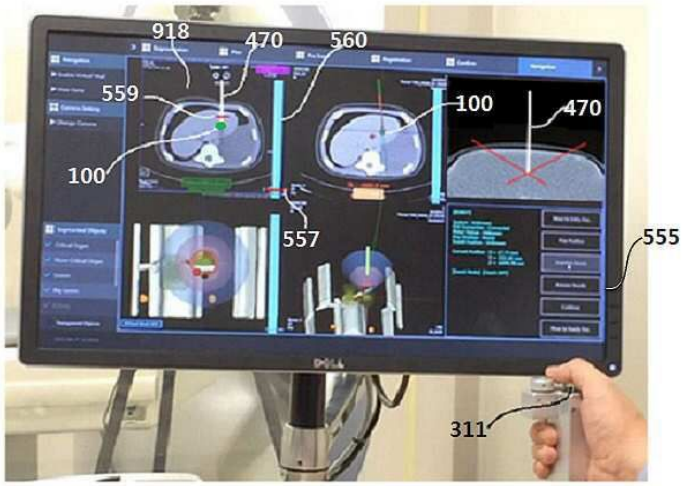
도면26



도면27


918
470
911
917
560
470
5
471
557
311

도면28


918
470
560
559
100
470
100
557
555
311