(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0086927
(43) 공개일자 2025년06월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 34/10 (2016.01) *A61B 90/50* (2016.01)
(52) CPC특허분류
A61B 34/10 (2016.02)
A61B 2034/102 (2016.02)
(21) 출원번호 10-2023-0176175
(22) 출원일자 2023년12월07일
심사청구일자 2023년12월07일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
최준
경기도 안산시 단원구 광덕동로 26, 푸르지오 1차 111동 1002호
황인태
경기도 안산시 단원구 적금로 123, 3층 의생명연구센터 3522-1
(74) 대리인
특허법인 티앤아이

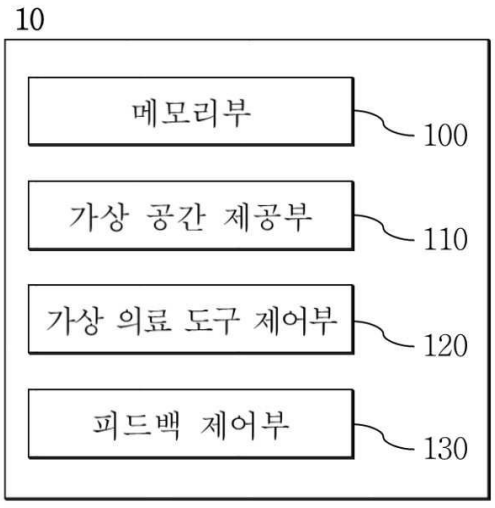
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **가상환경 기반의 절개 시뮬레이션 모델링 장치**

(57) 요 약

본 명세서에서는 가상환경 기반의 절개 시뮬레이션 모델링 장치에 대해서 개시한다. 본 명세서에 따른 절개 시뮬레이션 모델링 장치는, 3개의 레이어를 가진 가상 객체에 대한 모델링 데이터 및 가상 의료 도구에 대한 모델링 데이터를 저장한 메모리부; 상기 가상 객체 및 가상 의료 도구가 배치되는 가상 공간을 제공하는 가상 공간 제공부; 외부 입력 신호에 따라 상기 가상 공간 내 상기 가상 의료 도구의 움직임을 제어하는 가상 의료 도구 제어부; 및 상기 가상 객체와 상기 가상 의료 도구가 상기 가상 공간 내에서 접촉할 때, 상기 가상 객체 또는 상기 가상 의료 도구에 대한 피드백을 생성하는 피드백 제어부;를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
A61B 2034/105 (2016.02)
A61B 2034/107 (2016.02)
A61B 2090/502 (2016.02)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711196797
과제번호 00255350
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 (재단)범부처전주기의료기기연구개발사업단
연구사업명 범부처전주기의료기기연구개발(과기부)
연구과제명 이명 아바타 개념을 이용한 의료기관용 다중감각기반 가상현실 이명 디지털 치료 기기 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 고려대학교 산학협력단
연구기간 2023.04.01 ~ 2025.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345353721
과제번호 2022R1I1A1A01065615
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 이공학학술연구기반구축
연구과제명 가상현실 분석도구를 이용한 겸재 정선의 경교명승첩 연구
기 여 율 1/2
과제수행기관명 고려대학교 산학협력단
연구기간 2022.06.01 ~ 2025.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

3개의 레이어를 가진 가상 객체에 대한 모델링 데이터 및 가상 의료 도구에 대한 모델링 데이터를 저장한 메모리부;

상기 가상 객체 및 가상 의료 도구가 배치되는 가상 공간을 제공하는 가상 공간 제공부;

외부 입력 신호에 따라 상기 가상 공간 내 상기 가상 의료 도구의 움직임을 제어하는 가상 의료 도구 제어부; 및

상기 가상 객체와 상기 가상 의료 도구가 상기 가상 공간 내에서 접촉할 때, 상기 가상 객체 또는 상기 가상 의료 도구에 대한 피드백을 생성하는 피드백 제어부;를 포함하는, 절개 시뮬레이션 모델링 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 가상 객체가 가진 3개의 레이어는,

절개 대상을 형성하는 제1 레이어;

비절개 대상을 형성하는 제2 레이어; 및

상기 가상 의료 도구의 수직 반발력 생성을 위한 제3 레이어;를 포함하는, 절개 시뮬레이션 모델링 장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 제2 레이어는 상기 제1 레이어와 상기 제3 레이어 사이에 배치되고,

상기 제2 레이어는 상기 제1 레이어에 대응하는 영역이 공백 영역으로 형성된 것을 특징으로 하는, 절개 시뮬레이션 모델링 장치.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 제1 레이어는 클라우드 포인트로 형성된 메쉬 형상을 가지며,

상기 피드백 제어부는 상기 제1 레이어의 영역 중 상기 가상 의료 도구와 접촉한 영역의 메쉬를 소멸시키는, 절개 시뮬레이션 모델링 장치.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 피드백 제어부는,

상기 제1 레이어의 영역 중 상기 가상 의료 도구와 접촉하여 소멸된 메쉬와 인접한 클라우드 포인트의 위치를 상기 가상 의료 도구가 이동한 방향으로 미리 설정한 만큼 이동시키는, 절개 시뮬레이션 모델링 장치.

청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 피드백 제어부는,

상기 가상 의료 도구가 상기 제1 레이어와 접촉할 때 상기 가상 의료 도구의 이동 저항력에 대한 피드백 신호를

생성하는, 절개 시뮬레이션 시스템.

청구항 7

청구항 4에 있어서,

상기 피드백 제어부는,

상기 메쉬 객체가 소멸될 때 체액의 유출을 모델링하여 피드백을 생성하는, 절개 시뮬레이션 모델링 장치.

청구항 8

청구항 8에 있어서,

상기 피드백 제어부는,

상기 가상 의료 도구가 상기 제3 레이어에 접촉할 때, 상기 가상 의료 도구의 진입을 제한하는 피드백 신호를 생성하는, 절개 시뮬레이션 모델링 장치.

청구항 9

청구항 1 내지 청구항 8 중 어느 한 청구항에 따른 절개 시뮬레이션 모델링 장치;

및

상기 절개 시뮬레이션 모델링 장치의 가상 의료 도구 제어부에게 상기 가상 의료 도구의 움직임 신호를 출력하는 가상 의료 도구 제어 장치;를 포함하는, 절개 시뮬레이션 시스템.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 가상 의료 도구 제어 장치는,

상기 절개 시뮬레이션 모델링 장치로 절개 신호를 출력하는 절개 신호 생성부;를 포함하는, 절개 시뮬레이션 시스템.

청구항 11

청구항 9에 있어서,

상기 가상 의료 도구 제어 장치는,

상기 절개 시뮬레이션 모델링 장치의 피드백 제어부에서 출력된 신호에 의해 사용자에게 햅틱 반응을 제공하는 햅틱 제공부;를 포함하는, 절개 시뮬레이션 시스템.

청구항 12

청구항 9에 있어서,

상기 절개 시뮬레이션 모델링 장치의 가상 공간 제공부에서 제공된 가상 공간, 상기 가상의 객체 및 가상 의료 도구를 표시하는 디스플레이 장치;를 더 포함하는 절개 시뮬레이션 시스템.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 디스플레이 장치는,

사용자의 머리에 장착되는 소정 형태의 디스플레이인 것을 특징으로 하는, 절개 시뮬레이션 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 절개 시뮬레이션 모델링 장치에 관한 것이며, 보다 상세하게는 가상환경 기반의 절개 시뮬레이션 모델링 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 명세서에 기재된 실시예에 대한 배경 정보를 제공할 뿐 반드시 종래 기술을 구성하는 것은 아니다.

[0003] 가상환경 기술의 발전과 더불어, 임상 경험이 부족한 의사들의 수술 숙련도를 높이기 위한 가상환경에서의 의료 수술 시뮬레이션 기술이 개발되고 있다. 상기 의료 수술 시뮬레이션에서 훈련자의 몰입감을 높이기 위하여, 실제 의료 수술 시 발생하는 물리적인 현상을 가상 환경에서 현실과 유사하게 구현하는 것이 요구된다.

[0004] 도 1은 종래의 의료 수술 시뮬레이션에서 환부의 절개를 구현하는 방식을 도시한다.

[0005] 도 1을 참조하면, 종래의 의료 수술 시뮬레이션에서 가상의 3차원 환부 객체는 클라우드 포인트(cloud point)로 형성된 복수개의 메쉬(mesh) 형상으로 구현된다. 실제 의료 수술 현장에서 행하여지는 환자의 환부 절개를 구현하기 위하여, 컴퓨터는 가상의 의료 도구의 절단 곡선(Actual Cutting Curve)과 상기 메쉬를 형성하는 선과의 교점을 계산한다(도 1의 (a)). 이후, 컴퓨터는 각각의 교점을 이은 샘플링된 절단 곡선(Sampled Cutting curve)을 계산한다. 이후, 컴퓨터는 상기 샘플링된 절단 곡선 및 각 교점을 이용하여 기존의 메쉬 형상을 복수개의 서브 메쉬(sub-mesh)로 재구성하는 연산 과정을 수행한다.

[0006] 종래의 의료 수술 시뮬레이션은 환자의 환부 절개를 구현하기 위하여 상대적으로 많은 연산량이 요구된다. 이로 인하여, 가상 환경에서 환부의 절개를 렌더링(rendering)하는 시간이 오래 걸려 반응 속도가 느려지게 되며, 인프라 구축 및 유지하기 위한 비용이 증가한다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0007] (비특허문헌 0001) Virtual Reality Simulator for Training in Myringotomy with Tube Placement, Caiwen Huang et al.. 2016, J. Med. Biol. Eng.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 명세서는 가상환경 기반의 절개 시뮬레이션 모델링 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0009] 본 명세서는 상기 언급된 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 명세서에 따른 절개 시뮬레이션 모델링 장치는, 3개의 레이어를 가진 가상 객체에 대한 모델링 데이터 및 가상 의료 도구에 대한 모델링 데이터를 저장한 메모리부; 상기 가상 객체 및 가상 의료 도구가 배치되는 가상 공간을 제공하는 가상 공간 제공부; 외부 입력 신호에 따라 상기 가상 공간 내 상기 가상 의료 도구의 움직임을 제어하는 가상 의료 도구 제어부; 및 상기 가상 객체와 상기 가상 의료 도구가 상기 가상 공간 내에서 접촉할 때, 상기 가상 객체 또는 상기 가상 의료 도구에 대한 피드백을 생성하는 피드백 제어부;를 포함할 수 있다.

[0011] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 가상 객체가 가진 3개의 레이어는, 절개 대상을 형성하는 제1 레이어; 비절개 대상을 형성하는 제2 레이어; 및 상기 가상 의료 도구의 수직 반발력 생성을 위한 제3 레이어;를 포함할 수 있다.

[0012] 이때, 상기 제2 레이어는 상기 제1 레이어와 상기 제3 레이어 사이에 배치되고, 상기 제2 레이어는 상기 제1 레이어에 대응하는 영역이 공백 영역으로 형성될 수 있다.

[0013] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 제1 레이어는 클라우드 포인트로 형성된 메쉬 형상을 가지며, 상기 피드백 제어부는 상기 제1 레이어의 영역 중 상기 가상 의료 도구와 접촉한 영역의 메쉬를 소멸시킬 수 있다.

[0014] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 피드백 제어부는, 상기 가상 의료 도구가 상기 제1 레이어와 접촉할 때 상기 가상 의료 도구의 이동 저항력에 대한 피드백 신호를 생성할 수 있다.

[0015] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 피드백 제어부는, 상기 제1 레이어의 영역 중 상기 가상 의료 도구와 접촉하여 소멸된 메쉬와 인접한 클라우드 포인트의 위치를 상기 가상 의료 도구가 이동한 방향으로 미리 설정한 만큼 이동시킬 수 있다.

[0016] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 피드백 제어부는, 상기 메쉬 객체가 소멸될 때 체액의 유출을 모델링하여 피드백을 생성할 수 있다.

[0017] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 피드백 제어부는, 상기 가상 의료 도구가 상기 제3 레이어에 접촉할 때, 상기 가상 의료 도구의 진입을 제한하는 피드백 신호를 생성할 수 있다.

[0018] 본 명세서에 따른 절개 시뮬레이션 모델링 장치는, 상기 절개 시뮬레이션 모델링 장치의 가상 의료 도구 제어부에게 상기 가상 의료 도구의 움직임 신호를 출력하는 가상 의료 도구 제어 장치;를 포함하는, 절개 시뮬레이션 시스템의 일 구성요소일 수 있다.

[0019] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 가상 의료 도구 제어 장치는, 상기 절개 시뮬레이션 모델링 장치로 절개 신호를 출력하는 절개 신호 생성부;를 포함할 수 있다.

[0020] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 가상 의료 도구 제어 장치는, 상기 절개 시뮬레이션 모델링 장치의 피드백 제어부에서 출력된 신호에 의해 사용자에게 햅틱 반응을 제공하는 햅틱 제공부;를 포함할 수 있다.

[0021] 본 명세서에 따른 절개 시뮬레이션 시스템은, 상기 절개 시뮬레이션 모델링 장치의 가상 공간 제공부에서 제공된 가상 공간, 상기 가상의 객체 및 가상 의료 도구를 표시하는 디스플레이 장치;를 더 포함할 수 있다.

[0022] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 디스플레이 장치는, 사용자의 머리에 장착되는 소정 형태의 디스플레이일 수 있다.

[0023] 본 발명의 기타 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

[0024] 본 명세서의 일 측면에 따르면, 절개 대상을 형성하는 제1 레이어의 영역만 클라우드 포인트로 형성된 메쉬 형상으로 구현함으로써, 종래의 기술에 비해 상대적으로 더 적은 메모리를 사용하여 가상 객체를 모델링 할 수 있다.

[0025] 본 명세서의 다른 측면에 따르면, 가상 의료 도구와 접촉한 영역의 메쉬를 소멸시킴으로써, 종래의 기술에 비해 상대적으로 더 적은 연산량으로 절개 시뮬레이션을 모델링 할 수 있다.

[0026] 본 명세서의 또 다른 측면에 따르면, 종래보다 더 적은 연산량으로 절개 시뮬레이션을 모델링 하여 시뮬레이션의 반응 속도가 종래보다 상대적으로 더 빨라질 수 있다.

[0027] 본 명세서의 또 다른 측면에 따르면, 종래보다 더 적은 연산량으로 절개 시뮬레이션을 모델링 하여 인프라 구축, 사용 및/또는 유지 비용이 상대적으로 더 적게 들어갈 수 있다.

[0028] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급된 효과로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 종래의 의료 수술 시뮬레이션에서 환부의 절개를 구현하는 방식을 도시한다.

도 2는 본 명세서의 일 실시예에 따른 절개 시뮬레이션 모델링 장치의 블록도이다.

도 3은 인체의 고막 이미지를 도시한다.

도 4는 가상 객체의 모델링 데이터를 모델링 프로그램으로 불러온 예시 이미지이다.

도 5는 본 명세서에 따른 절개 시뮬레이션 모델링의 예시 이미지이다.

도 6은 본 명세서에 따른 절개 시뮬레이션 모델링의 다른 예시 이미지이다.

도 7은 본 명세서에 따른 절개 시뮬레이션 모델링의 또 다른 예시 이미지이다.

도 8은 본 명세서의 일 실시예에 따른 절개 시뮬레이션 시스템의 블록도이다.

도 9는 본 명세서의 다른 실시예에 따른 절개 시뮬레이션 시스템의 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 본 명세서에 개시된 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 명세서가 이하에서 개시되는 실시예들에 제한되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 명세서의 개시가 완전하도록 하고, 본 명세서가 속하는 기술 분야의 통상의 기술자(이하 '당업자')에게 본 명세서의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 명세서의 권리 범위는 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0031] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 명세서의 권리 범위를 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0032] 명세서 전체에 걸쳐 동일한 도면 부호는 동일한 구성 요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 구성요소들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다. 비록 "제1", "제2" 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.

[0033] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 명세서가 속하는 기술분야의 통상의 기술자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0034] 공간적으로 상대적인 용어인 "아래(below)", "밑(beneath)", "하부(lower)", "위(above)", "상부(upper)" 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 구성요소와 다른 구성요소들과의 상관관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작시 구성요소들의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다. 예를 들어, 도면에 도시되어 있는 구성요소를 뒤집을 경우, 다른 구성요소의 "아래(below)"또는 "밑(beneath)"으로 기술된 구성요소는 다른 구성요소의 "위(above)"에 놓일 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 "아래"는 아래와 위의 방향을 모두 포함할 수 있다. 구성요소는 다른 방향으로도 배향될 수 있으며, 이에 따라 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.

[0035] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다.

[0036] 도 2는 본 명세서의 일 실시예에 따른 절개 시뮬레이션 모델링 장치의 블록도이다.

[0037] 도 2를 참조하면, 본 명세서의 일 실시예에 따른 절개 시뮬레이션 모델링 장치(10)는 메모리부(100), 가상 공간 제공부(110), 가상 의료 도구 제어부(120) 및 피드백 제어부(130)를 포함할 수 있다.

[0038] 상기 메모리부(100)는 3개의 레이어(layer)를 가진 가상 객체(virtual object)에 대한 모델링 데이터(modeling data) 및 가상 의료 도구(virtual medical instrument)에 대한 모델링 데이터를 저장할 수 있다. 상기 가상 객체는 절개 시뮬레이션(incision simulation)을 위하여 모델링 된 가상의 환부에 해당할 수 있다. 또한, 상기 가상 객체는 절개 시뮬레이션을 위하여 모델링 된 특정 환부를 포함하는 가상의 인체 구조물에 해당할 수 있다.

[0039] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 가상 객체는 고막 절개술(Myringotomy) 시뮬레이션을 위하여 모델링 된 가상의 고막(tympanic membrane)에 해당할 수 있다. 또한, 상기 가상 객체는 고막 절개술 시뮬레이션을 위하여 모델링 된 고막 및 중이(middle ear) 영역을 포함하는 가상의 인체 구조물에 해당할 수 있다. 또한, 상기 가상 객체는 고막 절개술 시뮬레이션을 위하여 모델링 된 고막, 외이도(external auditory canal) 및/또는 중이 영역

을 포함하는 가상의 인체 구조물에 해당할 수 있다. 이는 일 예에 해당하며, 가상환경에서 구현하고자 하는 절개 시뮬레이션의 종류에 따라서 상기 가상 객체는 달라질 수 있다. 또한, 상기 메모리부(100)는 적어도 하나 이상의 절개 시뮬레이션을 위한 적어도 하나 이상의 가상 객체에 대한 모델링 데이터를 저장할 수 있다.

[0040] 상기 가상 의료 도구는 상기 가상의 고막을 절개하기 위한 가상의 고막절개 나이프(Myringotomy knife)에 해당할 수 있다. 이는 일 예에 해당하며, 가상환경에서 구현하고자 하는 수술 절개 시뮬레이션의 종류에 따라서 상기 가상 의료 도구는 달라질 수 있다. 또한, 상기 메모리부(100)는 적어도 하나 이상의 절개 시뮬레이션을 위한 적어도 하나 이상의 가상 의료 도구에 대한 모델링 데이터를 저장할 수 있다.

[0041] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 가상 객체가 갖는 3개의 레이어는 절개 대상을 형성하는 제1 레이어, 비절개 대상을 형성하는 제2 레이어 및 상기 가상 의료 도구의 수직 반발력 생성을 위한 제3 레이어를 포함할 수 있다.

[0042] 도 3은 인체의 고막 이미지를 도시한다.

[0043] 도 3을 참조하면, 고막은 망치뼈(malleus)와 붙어있는 전방 상부(anterior superior) 및 후방 상부(posterior superior)영역과 망치뼈와 붙어있지 않은 전방 하부(anterior inferior) 및 후방 하부(posterior inferior)영역으로 나뉠 수 있다. 실제 고막 절개술을 실시할 때, 상기 전방 하부 및 후방 하부 영역을 절개하여 삼출액(effusion)을 배출시킨다. 상기 전방은 인체의 안면을 향하는 방향이고, 후두부를 향하는 방향이며, 상부는 정수리를 향하는 방향이고, 하부는 다리를 향하는 방향을 의미한다.

[0044] 상기 고막 절개술 시뮬레이션을 위해 상기 메모리부(100)에 저장되는 가상 객체의 모델링 데이터에서, 상기 제1 레이어에 대한 모델링 데이터는 고막의 상기 전방 하부 및 후방 하부 영역에 대한 모델링 데이터에 해당할 수 있다. 상기 제2 레이어에 대한 모델링 데이터는 망치뼈를 포함하는 고막의 상기 전방 상부 및 후방 상부 영역에 대한 모델링 데이터에 해당할 수 있다. 또한, 상기 제2 레이어에 대한 모델링 데이터는 외이도의 일 부분에 대한 모델링 데이터를 더 포함할 수 있다. 상기 제3 레이어에 대한 모델링 데이터는 중이 내벽의 일 부분에 대한 모델링 데이터에 해당할 수 있다.

[0045] 상기 가상 공간 제공부(110)는 상기 가상 객체 및 가상 의료 도구가 배치되는 가상 공간을 제공할 수 있다. 상기 메모리부(100)는 상기 가상 공간에 대한 모델링 데이터를 더 포함할 수 있다. 상기 가상 공간 제공부(110)는 상기 메모리부(100)에서 상기 가상 공간의 모델링 데이터를 불러올 수 있다. 상기 가상 공간 제공부(110)는 상기 가상 공간의 모델링 데이터를 이용하여 상기 가상 공간을 렌더링(rendering)할 수 있다.

[0046] 도 4는 가상 객체의 모델링 데이터를 모델링 프로그램으로 불러온 예시 이미지이다.

[0047] 도 4를 참조하면, 상기 메모리부(100)에 저장된 상기 가상 객체(200)의 모델링 데이터는 상기 제1 레이어(210), 제2 레이어(220) 및 제3 레이어(230)를 포함할 수 있다. 상기 제2 레이어(220)는 상기 제1 레이어(210)와 상기 제3 레이어(230) 사이에 배치될 수 있다. 이는 상기 제1 레이어(210), 제2 레이어(220) 및 제3 레이어(230)가 적층되어 있음을 의미할 수 있다.

[0048] 상기 제1 레이어(210) 상기 가상 공간 상에서 상대적으로 가장 큰 z축의 좌표값을 가질 수 있다. 상기 제2 레이어(220)는 상기 가상 공간 상에서 상기 제1 레이어(210) 다음으로 큰 z축의 좌표값을 가질 수 있다. 상기 제3 레이어(230)는 상기 가상 공간 상에서 상대적으로 가장 작은 z축의 좌표값을 가질 수 있다. 이는 상기 제1 레이어(210), 제2 레이어(220) 및 제3 레이어(230)가 상기 가상 공간의 z축 상에서 적층되어 있음을 의미할 수 있다.

[0049] 상기 제1 레이어(210)의 z축 좌표값과 상기 제2 레이어(220)의 z축 좌표값의 차이는 미리 정해진 차이 이내로 설정할 수 있다. 상기 제2 레이어(220)의 z축 좌표값과 상기 제3 레이어(230)의 z축 좌표값의 차이는 미리 정해진 차이 이내로 설정할 수 있다.

[0050] 상기 제1 레이어(210), 제2 레이어(220) 및 제3 레이어(230)가 상기 가상 공간에 적층되어 있는 좌표축은 상기 가상 객체(200)의 배향에 따라 달라질 수 있으며, 특정 좌표축에 의하여 제한되지 않는다.

[0051] 상기 제1 레이어(210)는 상기 제2 레이어(220) 위에 오버랩(overlap)될 수 있다. 상기 제1 레이어(210)가 오버랩 되는 상기 제2 레이어(220)의 영역은 공백 영역으로 형성될 수 있다.

[0052] 상기 공백 영역의 형상은 상기 제1 레이어(210)의 형상과 동일할 수 있다. 또한, 상기 공백 영역의 형상은 상기 제1 레이어(210)의 형상보다 미리 정해진 크기만큼 더 클 수 있다. 또한, 상기 공백 영역의 형상은 상기 제1 레

이어(210)의 형상보다 미리 정해진 크기만큼 더 작을 수 있다.

[0053] 도 5는 본 명세서에 따른 절개 시뮬레이션 모델링의 예시 이미지이다.

[0054] 도 5를 참조하면, 상기 가상 공간에는 상기 가상 객체(200) 및 상기 가상 의료 도구(300)가 배치될 수 있다.

[0055] 상기 가상 의료 도구 제어부(120)는 외부 입력 신호에 따라서 상기 가상 공간 내 상기 가상 의료 도구(300)의 움직임을 제어할 수 있다.

[0056] 상기 피드백 제어부(130)는 상기 가상 객체(200)와 상기 가상 의료 도구(300)가 상기 가상 공간 내에서 접촉할 때, 상기 가상 객체(200) 및/또는 상기 가상 의료 도구(300)에 대한 피드백(feedback)을 생성할 수 있다.

[0057] 상기 피드백 제어부(130)는 상기 가상 객체(200)와 상기 가상 의료 도구(300)가 상기 가상 공간 내에서 접촉하는지의 여부를 판단할 수 있다. 상기 피드백 제어부(130)가 상기 가상 객체(200)와 가상 의료 도구(300)가 접촉한 것으로 판단할 때, 상기 피드백 제어부(130)는 상기 가상 객체(200)의 형상을 변형하는 시각적 피드백을 생성할 수 있다. 또한, 상기 피드백 제어부(130)는 실제 의료 도구로 인체 조직을 절개할 때 발생하는 힘에 대응하는 촉각적 피드백 신호를 생성할 수 있다.

[0058] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 피드백 제어부(130)는 상기 가상 의료 도구(300)가 상기 제1 레이어(210)에 접촉하는지 여부를 판단할 수 있다. 상기 피드백 제어부(130)가 상기 제1 레이어(210)와 가상 의료 도구(300)가 접촉한 것으로 판단할 때, 상기 피드백 제어부(130)는 상기 제1 레이어(210)에 상기 시각적 피드백을 생성할 수 있다. 상기 가상 제1 레이어(210)에 생성되는 상기 시각적 피드백은 실제 의료 수술 과정에서 인체 조직의 절개를 구현하는 것을 의미할 수 있다.

[0059] 상기 인체 조직의 절개를 구현하기 위하여, 상기 제1 레이어(210)의 모델링 데이터는 상기 제1 레이어(210)를 상기 가상 공간에 클라우드 포인트(cloud point) 기반의 메쉬(mesh) 구조로 생성하는 모델링 데이터에 해당할 수 있다(도 5의 (a)). 상기 제2 레이어(220) 및 제3 레이어(230)의 모델링 데이터는 서피스 모델링(surface modeling) 데이터에 해당할 수 있다. 이는 일 예에 해당하며, 상기 모델링 방식에 의하여 제한되지 않는다. 상기 제1 레이어(210)만 상기 메쉬 구조로 생성함으로써, 본 명세서에 따른 절개 시뮬레이션 모델링 장치(10)는 종래의 절개 시뮬레이션 모델링 장치보다 상대적으로 더 적은 메모리를 사용하여 가상 객체를 모델링할 수 있다.

[0060] 도 5의 (a)를 참조하면, 상기 피드백 제어부(130)가 상기 제1 레이어(210)와 상기 가상 의료 도구(300)가 접촉하지 않은 것으로 판단하면, 상기 피드백 제어부(130)는 상기 제1 레이어(210)에 상기 시각적 피드백을 생성하지 않을 수 있다.

[0061] 도 5의 (b)를 참조하면, 상기 가상 객체(200)가 렌더링 되었을 때, 상기 제1 레이어(210)에 해당하는 영역에 상기 피드백 제어부(130)에 의한 상기 시각적 피드백이 생성되지 않은 것을 확인할 수 있다.

[0062] 도 5의 (c)를 참조하면, 상기 피드백 제어부(130)가 상기 제1 레이어(210)와 상기 가상 의료 도구(300)가 접촉한 것으로 판단하면, 상기 피드백 제어부(130)는 상기 제1 레이어(210)에 상기 시각적 피드백을 생성할 수 있다. 상기 피드백 제어부(130)는 상기 가상 의료 도구(300)가 접촉한 상기 제1 레이어(210)의 영역을 제거하여 상기 시각적 피드백을 생성할 수 있다.

[0063] 상기 피드백 제어부(130)는 상기 제1 레이어(210)와 상기 가상 의료 도구(300)가 접촉하는 영역의 좌표값에 대한 정보를 생성할 수 있다. 상기 피드백 제어부(130)는 상기 시각적 피드백을 생성하여 상기 영역의 좌표값을 포함하는 상기 제1 레이어(210)의 메쉬를 소멸시킬 수 있다. 이는, 상기 피드백 제어부(130)가 상기 시각적 피드백을 생성하여 상기 영역의 좌표값을 포함한 상기 메쉬를 상기 가상 공간에 생성하는 데이터를 삭제하는 것을 의미할 수 있다. 또는, 상기 피드백 제어부(130)가 상기 시각적 피드백을 생성하여 상기 영역의 좌표값을 포함한 상기 메쉬를 구성하는 점들의 데이터를 삭제하는 것을 의미할 수 있다.

[0064] 도 5의 (d)를 참조하면, 상기 가상 객체(200)가 렌더링 되었을 때, 상기 피드백 제어부(130)에서 생성된 상기 시각적 피드백에 의하여 상기 가상 의료 도구(300)가 접촉한 상기 제1 레이어(210)의 영역이 제거될 수 있다.

[0065] 상기 제1 레이어(210)와 가상 의료 도구(300)가 접촉하는지의 여부를 판단하기 위하여 경계 박스 충돌 검출(bounding box collision detection), 분할 축 정리(separating axis theorem), BVH(bounding volume hierarchy) 또는 GJK(Gilbert-Johnson-Keerthi) 알고리즘 등이 사용될 수 있으며, 이는 일 예에 해당하고, 특정 알고리즘에 의하여 제한되지 않는다.

[0066] 본 명세서에 따른 절개 시뮬레이션 모델링 장치(10)는 상기 가상 의료 도구(300)가 접촉한 영역에서 상기 제1 레이어(210)의 상기 메쉬를 제거함으로써, 종래의 절개 시뮬레이션 장치에서 메쉬를 서브 메쉬로 재구성하는 연산 과정을 생략하여 상대적으로 더 적은 연산을 수행할 수 있다.

[0067] 상기 가상 의료 도구(300)가 접촉한 상기 제1 레이어(210)의 영역이 제거되면, 상기 제거된 영역에 대응하는 상기 제3 레이어(230)의 영역이 보여지도록 모델링 될 수 있다. 이때, 상기 제3 레이어(230)는 상기 제1 레이어(210) 및 제2 레이어(220)보다 상대적으로 더 어두운 색상값으로 모델링 될 수 있다. 또는, 상기 제3 레이어(230)는 상기 제1 레이어(210) 및 제2 레이어(220)와 다른 색상값으로 모델링 될 수 있다. 또는, 상기 제3 레이어(230)는 소정 형상의 마커를 포함하여 모델링 될 수 있다. 이는 일 예에 해당하며, 상기 방식들에 의하여 제한되지 않는다.

[0068] 도 6은 본 명세서에 따른 절개 시뮬레이션 모델링의 다른 예시 이미지이다.

[0069] 도 6의 (a) 및 (b)를 참조하면, 상기 가상 의료 도구(300)는 상기 제1 레이어(210)와 접촉한 상태를 유지하면서 우측 하단으로 이동할 수 있다. 상기 피드백 제어부(130)는 상기 가상 의료 도구(300)가 이동하면서 접촉한 상기 제1 레이어(210)의 메쉬를 소멸시킬 수 있다.

[0070] 또한, 상기 피드백 제어부(130)는 상기 가상 의료 도구(300)가 이동한 방향을 향하여 상기 제1 레이어(210)의 메쉬를 변형할 수 있다. 상기 피드백 제어부(130)는 상기 가상 의료 도구(300)와 접촉하여 소멸된 메쉬와 인접한 클라우드 포인트의 위치를 상기 가상 의료 도구(300)가 이동한 방향으로 미리 설정한 만큼 이동시킬 수 있다.

[0071] 일 예로, 상기 가상 의료 도구(300)가 상기 제1 레이어(210)와 접촉한 상태를 유지하면서 하단으로 이동할 수 있다(도 6의 (c)). 상기 피드백 제어부(130)는 상기 가상 의료 도구(300)와 접촉하는 상기 제1 레이어(210)의 메쉬를 소멸시킬 수 있다(도 6의 (d)). 상기 피드백 제어부(130)는 도 6의 (d)에서 소멸된 메쉬와 인접한 클라우드 포인트를 선정할 수 있다. 이후, 상기 피드백 제어부(130)는 상기 클라우드 포인트를 상기 가상 의료 도구(300)가 이동한 방향으로 미리 설정한 만큼 이동시킬 수 있다. 이를 이용하여, 상기 피드백 제어부(130)는 실제 절개 수술 시 수술 도구와 인체 조직의 절단면 사이의 마찰력으로 인하여 상기 인체 조직의 절단면이 상기 수술 도구의 이동 방향으로 끌려가는 것을 상기 가상 객체(200)에 구현할 수 있다. 이는 일 예에 해당하며, 상기 가상 의료 도구(300)의 특정 이동 방향에 의하여 제한되지 않는다.

[0072] 도 6의 (b)에서 상기 가상 의료 도구(300)가 상기 제1 레이어(210)와 접촉한 상태를 유지하면서 우측 하단으로 이동할 때, 상기 피드백 제어부(130)는 상기 가상 의료 도구(300)의 이동 저항력에 대한 촉각적 피드백 신호를 생성할 수 있다. 상기 이동 저항력은 실제 절개 수술 시 수술 도구가 이동 방향에 위치한 인체 조직으로부터 받는 반작용력을 의미할 수 있다. 또한, 상기 이동 저항력은 실제 절개 수술 시 수술 도구가 인체 조직의 절단면으로부터 받는 마찰력에 해당할 수 있다. 또한, 상기 이동 저항력은 상기 반작용력 및 마찰력의 합력(net force)을 의미할 수 있다. 또한, 상기 이동 저항력은 상기 수술 도구 및 인체 조직의 상호작용으로 인하여 상기 수술 도구의 이동 방향의 반대 방향으로 작용하는 모든 힘에 대한 합력을 의미할 수 있다. 상기 도 6의 (b)를 참조하면, 상기 피드백 제어부(130)는 상기 가상 의료 도구(300)로 이동 방향과 반대 방향인 좌측 상단으로 작용하는 이동 저항력에 대한 촉각적 피드백 신호를 생성할 수 있다. 이는 일 예에 해당하며, 특정 방향에 의하여 제한되지 않는다.

[0073] 상기 피드백 제어부(130)는 상기 제1 레이어(210)의 메쉬가 소멸될 때 체액의 유출을 모델링하여 시각적 피드백을 생성할 수 있다. 상기 메모리부(100)는 체액 유출 모델링 데이터를 더 포함할 수 있다. 상기 피드백 제어부(130)는 상기 메모리부(100)로부터 상기 체액 유출 모델링 데이터를 불러올 수 있다. 상기 피드백 제어부(130)는 상기 제1 레이어(210)의 메쉬를 소멸시킬 때, 상기 메쉬가 소멸한 영역에 체액 유출을 모델링할 수 있다. 고막 절개술 시뮬레이션에서 상기 체액 유출 모델링 데이터는 삼출액의 유출을 모델링한 데이터에 해당할 수 있다. 이는 일 예에 해당하며, 상기 체액에 의하여 제한되지 않는다.

[0074] 도 7은 본 명세서에 따른 절개 시뮬레이션 모델링의 또 다른 예시 이미지이다.

[0075] 도 7을 참조하면, 상기 가상 의료 도구(300)는 상기 제1 레이어(210) 및 제3 레이어(230) 사이의 공백 영역을 지나 상기 제3 레이어(230)에 접촉할 수 있다. 상기 가상 의료 도구(300)가 상기 제3 레이어(230)에 접촉할 때, 상기 피드백 제어부(130)는 상기 가상 의료 도구(300)의 진입을 제한하는 촉각적 피드백 신호를 생성할 수 있다. 상기 피드백 신호는 상기 가상 의료 도구(300)의 진입 방향과 반대 방향으로 작용하는 수직 반발력에 해당하는 신호일 수 있다.

[0076] 상기 가상 의료 도구(300)의 진입 방향은 상기 제1 레이어(210)에서 상기 제3 레이어(230)를 향하는 수직한 방향을 의미할 수 있다.

[0077] 상기 가상 공간에서 상기 제1 레이어(210)는 상기 제3 레이어(230)보다 상대적으로 더 큰 z축 좌표값을 가질 수 있다. 상기 가상 의료 도구(300)의 진입 방향은 z축의 좌표값이 상대적으로 작아지는 방향일 수 있다.

[0078] 실제 고막 절개술을 진행할 때, 수술 도구가 고막을 절개하고 중이의 내벽에 접촉하는 상황이 발생할 수 있다. 이때, 중이의 내벽으로부터 상기 수술 도구로 수직 반발력이 작용할 수 있다.

[0079] 고막 절개술 시뮬레이션에서 상기 가상 의료 도구(300)가 상기 제3 레이어(230)에 접촉할 때, 상기 피드백 제어부(130)는 상기 가상 의료 도구(300)에게 상기 실제 수술 시 발생하는 상기 수직 반발력에 대응하는 촉각적 피드백 신호를 출력할 수 있다.

[0080] 도 8은 본 명세서의 일 실시예에 따른 절개 시뮬레이션 시스템의 블록도이다.

[0081] 도 8을 참조하면, 본 명세서의 일 실시예에 따른 절개 시뮬레이션 시스템(1)은 상기 절개 시뮬레이션 모델링 장치(10) 및 가상 의료 도구 제어 장치(20)를 포함할 수 있다. 상기 가상 의료 도구 제어 장치(20)는 사용자의 움직임에 따른 신호를 상기 가상 의료 도구 제어부(120)에게 출력할 수 있다. 상기 가상 의료 도구 제어부(120)는 상기 움직임 신호를 입력 받아 상기 가상 의료 도구(300)의 움직임을 제어할 수 있다. 상기 가상 의료 도구 제어 장치(20)는 복수의 로봇팔에 연결된 펜 형상의 장치 또는 실제 수술 도구와 동일한 형상의 장치일 수 있으며, 이는 일 예에 해당하고 특정 형상에 의하여 제한되지 않는다.

[0082] 상기 가상 의료 도구 제어 장치(20)는 상기 절개 시뮬레이션 모델링 장치(10)로 절개 신호를 출력하는 절개 신호 생성부를 포함할 수 있다. 상기 절 개 신호 생성부는 소정 형상의 버튼(button) 또는 터치 센서(touch sensor)에 해당할 수 있으며, 이는 일 예에 해당하고 특정 장치에 의하여 제한되지 않는다.

[0083] 상기 가상 의료 도구(300)가 상기 제1 레이어(210)에 접촉하였을 때, 사용자는 상기 절개 신호 생성부를 이용하여 절개 신호를 생성할 수 있다. 상기 절개 신호는 상기 피드백 제어부(130)에게 상기 가상 의료 도구(300)가 상기 제1 레이어(210)와 접촉하는 영역의 메쉬를 제거하도록 하는 신호에 해당할 수 있다.

[0084] 상기 가상 의료 도구 제어 장치(20)는 상기 피드백 제어부(130)에서 출력된 신호에 의해 사용자에게 햅틱 반응(haptic response)을 제공하는 햅틱 제공부를 포함할 수 있다. 상기 피드백 제어부(130)에서 출력된 신호는 상기 이동 저항력 및/또는 수직 반발력에 대응하는 신호에 해당할 수 있다. 상기 가상 의료 도구 제어 장치(20)는 사용자에게 상기 이동 저항력 및/또는 수직 반발력에 대한 햅틱 반응을 제공함으로써, 사용자의 시뮬레이션 몰입감을 상대적으로 더 높일 수 있다.

[0085] 도 9는 본 명세서의 다른 실시예에 따른 절개 시뮬레이션 시스템의 블록도이다.

[0086] 도 9를 참조하면, 본 명세서의 다른 실시예에 따른 절개 시뮬레이션 시스템(1')은 절개 시뮬레이션 모델링 장치(10), 가상 의료 도구 제어 장치(20) 및 디스플레이 장치(30)를 포함할 수 있다.

[0087] 상기 디스플레이 장치(30)는 상기 가상 공간 제공부(110)에서 제공된 가상 공간, 상기 가상 객체(200) 및 가상 의료 도구(300)를 표시할 수 있다. 상기 디스플레이 장치(30)는 사용자의 머리에 장착되는 소정 형태의 디스플레이 일 수 있다. 일 예로, 상기 디스플레이 장치는 VR(virtual reality) 장비 및/또는 AR(augmented reality) 장비의 스마트 안경(smart glasses), 스마트 고글(smart goggle), 헤드 마운티드 디스플레이(head mounted display) 또는 헬멧 마운티드 디스플레이(helmet mounted display)에 해당할 수 있다. 이는 일 예에 해당하며, 상기 디스플레이 장치는 CRT(Cathode-Ray Tube), PDP(Plasma Display Panel), LCD(Liquid Crystal Display), LED(Light Emitting Diode) 또는 OLED(Organic Light Emitting Diode) 등 다양할 수 있으며, 특정 디스플레이 장치에 의해서 제한되지 않는다.

[0088] 상기 메모리부(100), 가상 공간 제공부(110), 가상 의료 도구 제어부(120) 및 피드백 제어부(130)는, 산출 및 다양한 제어 로직을 실행하기 위해 본 발명이 속한 기술분야에 알려진 프로세서, ASIC(application-specific integrated circuit), 다른 칩셋, 논리 회로, 레지스터, 통신 모뎀, 데이터 처리 장치 등을 포함할 수 있다. 또한, 상술한 제어 로직이 소프트웨어로 구현될 때, 상기 메모리부(100), 가상 공간 제공부(110), 가상 의료 도구 제어부(120) 및 피드백 제어부(130)는 프로그램 모듈의 집합으로 구현될 수 있다. 이 때, 프로그램 모듈은 상기 메모리 장치에 저장되고, 프로세서에 의해 실행될 수 있다.

[0089] 본 명세서에서는 고막 절개술의 시뮬레이션 상황을 가정하여 설명을 하였다. 이는 일 예에 해당하며, 심막 절개

술(Pericardiotomy) 및/또는 경막 절개술(Durotomy) 등의 다양한 절개술 시뮬레이션에 따라서 가상 객체, 가상 의료 도구에 대한 모델링 데이터가 달라질 수 있으며, 생성되는 피드백도 달라질 수 있다. 따라서, 상기 고막 절개술의 시뮬레이션에 제한되는 것은 아니며, 절개술 시뮬레이션의 종류에 따라서 다양한 실시예가 생길 수 있다.

[0090] 이상, 첨부된 도면을 참조로 하여 본 명세서의 실시예를 설명하였지만, 본 명세서가 속하는 기술분야의 통상의 기술자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로, 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며, 제한적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

[0091] 1 : 절개 시뮬레이션 시스템 10 : 절개 시뮬레이션 모델링 장치

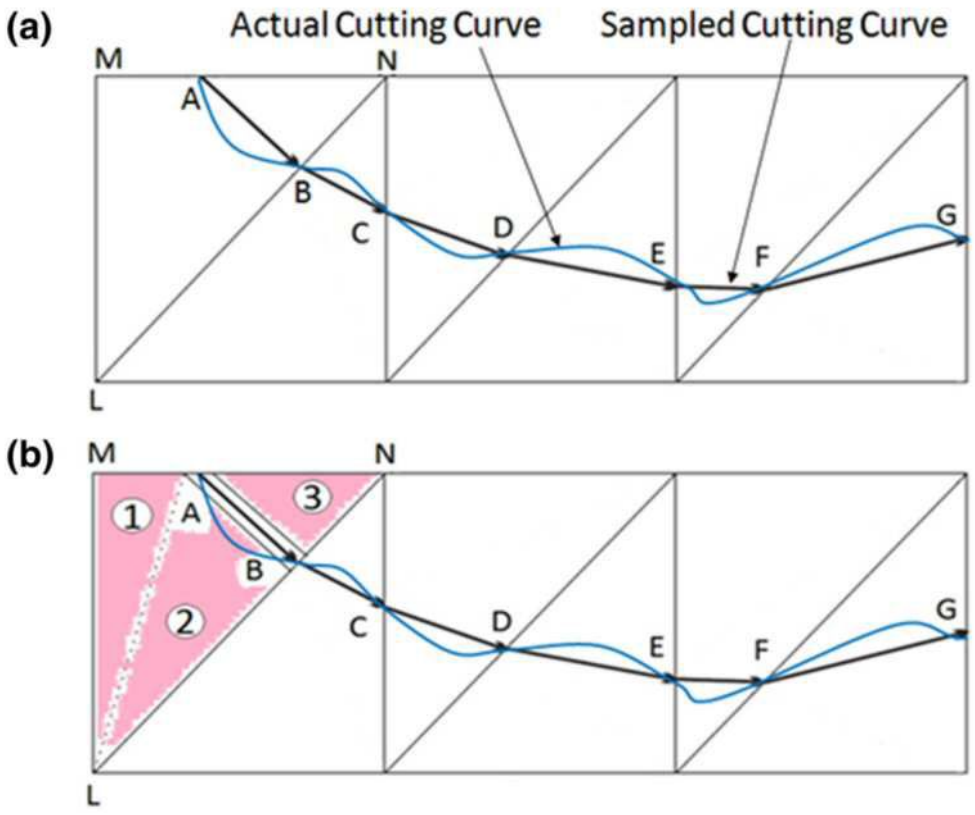
20 : 가상 의료 도구 제어 장치 30 : 디스플레이 장치

100 : 메모리부 110 : 가상 공간 제공부

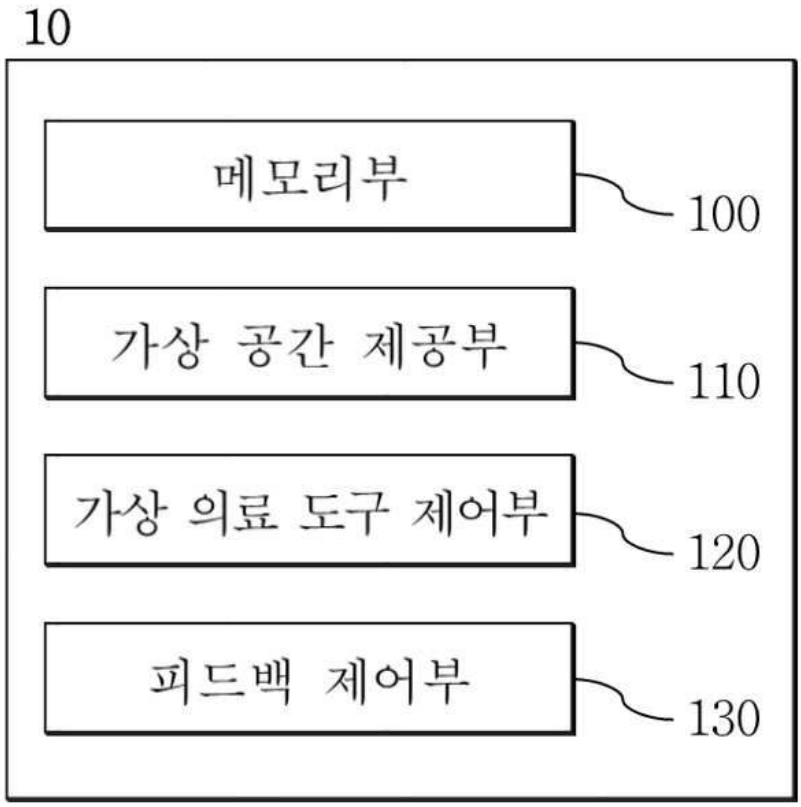
120 : 가상 의료 도구 제어부 130 : 피드백 제어부

도면

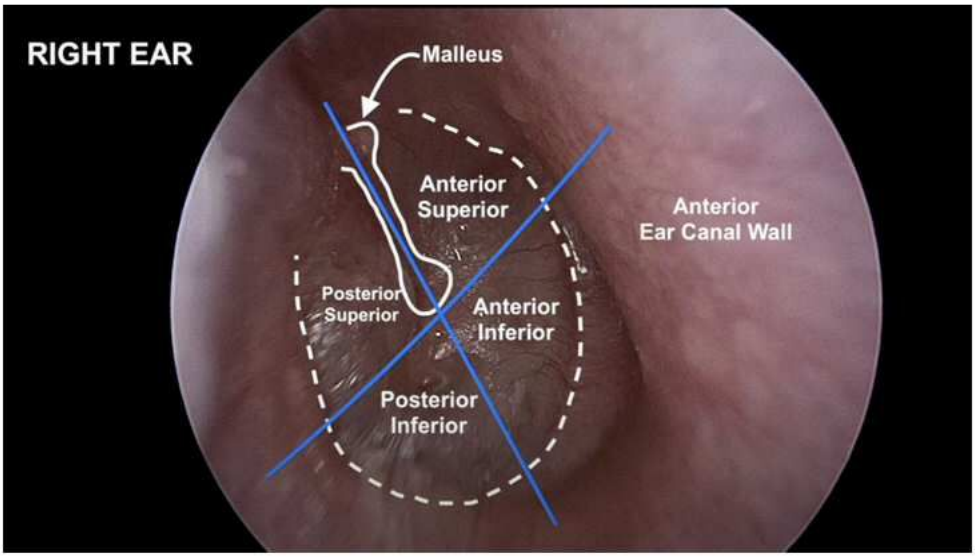
도면1



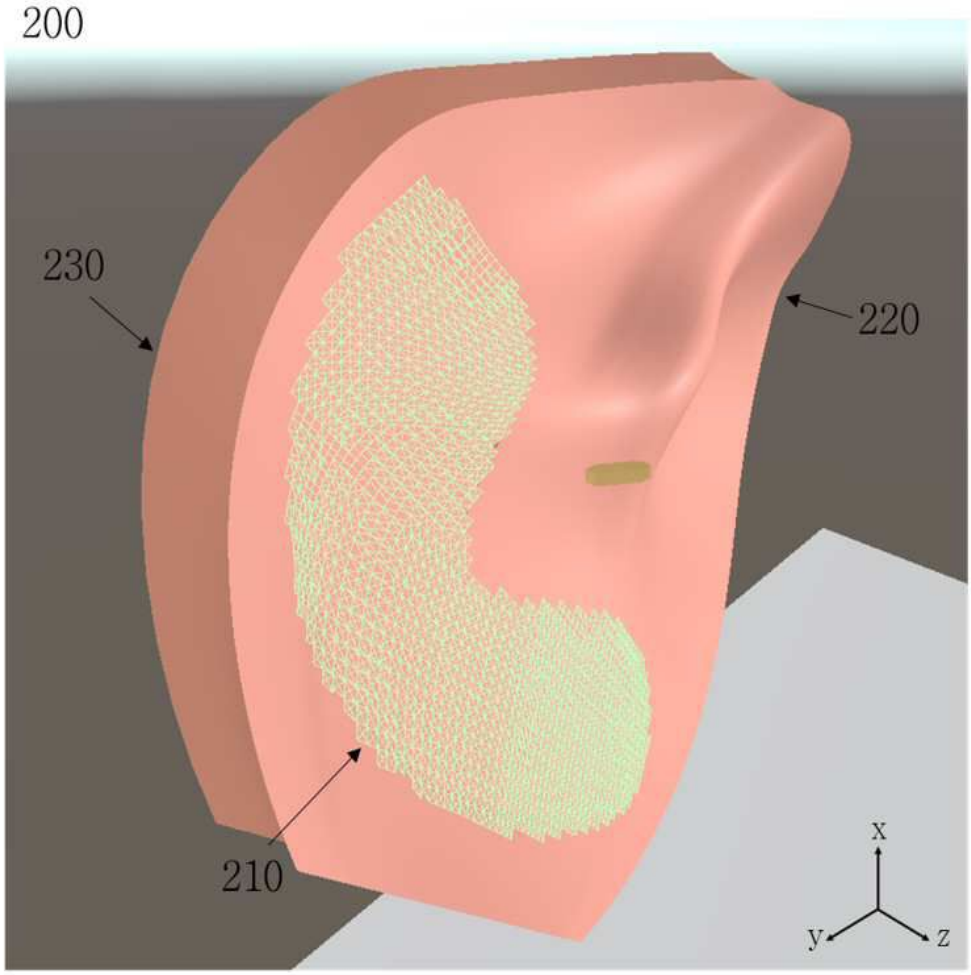
도면2


10
메모리부
100
가상 공간 제공부
110
가상 의료 도구 제어부
120
피드백 제어부
130

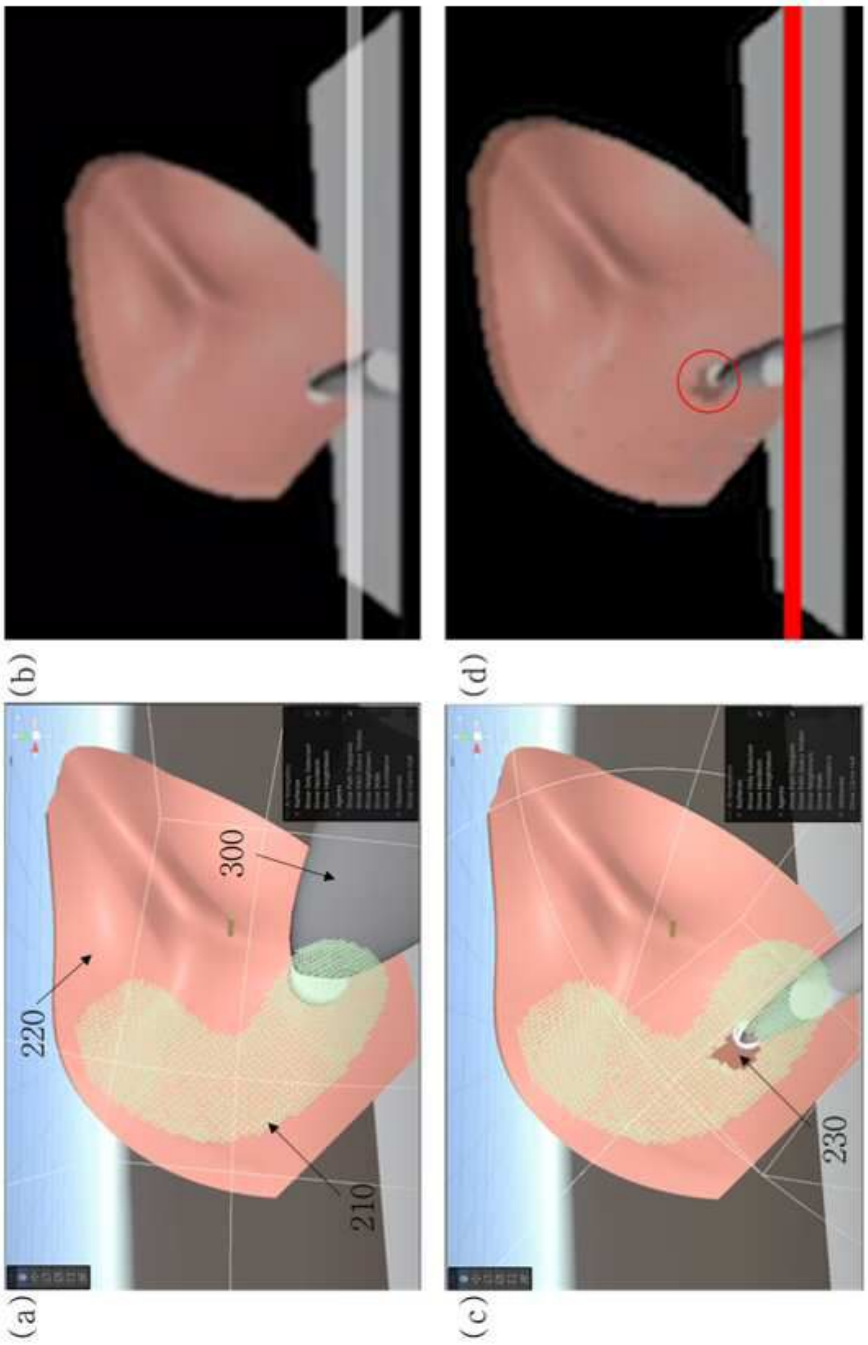
도면3


RIGHT EAR
Malleus
Anterior Superior
Anterior Ear Canal Wall
Posterior Superior
Anterior Inferior
Posterior Inferior

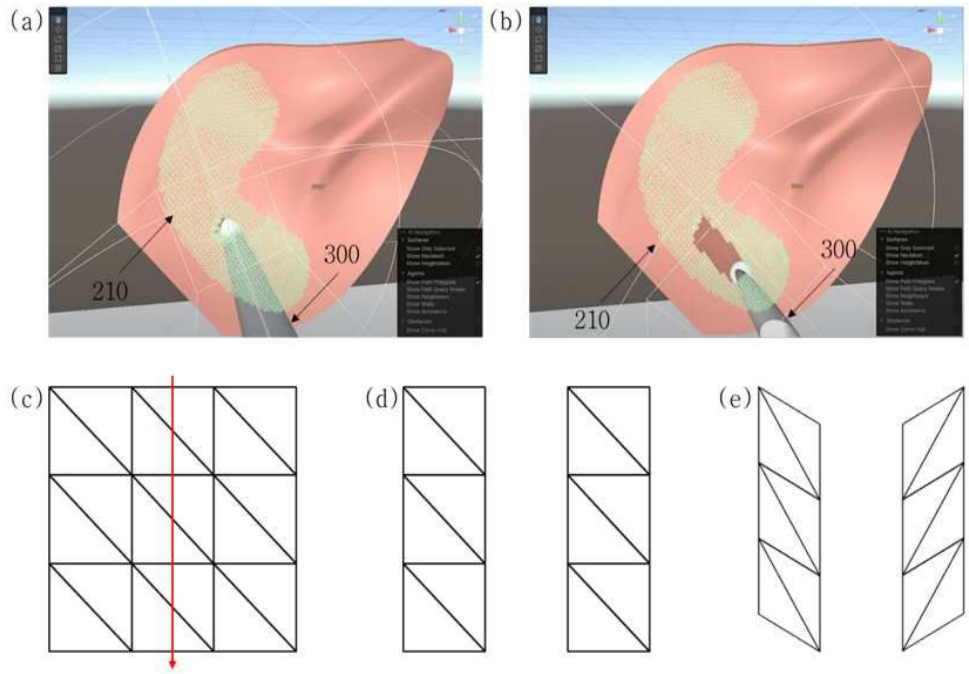
도면4



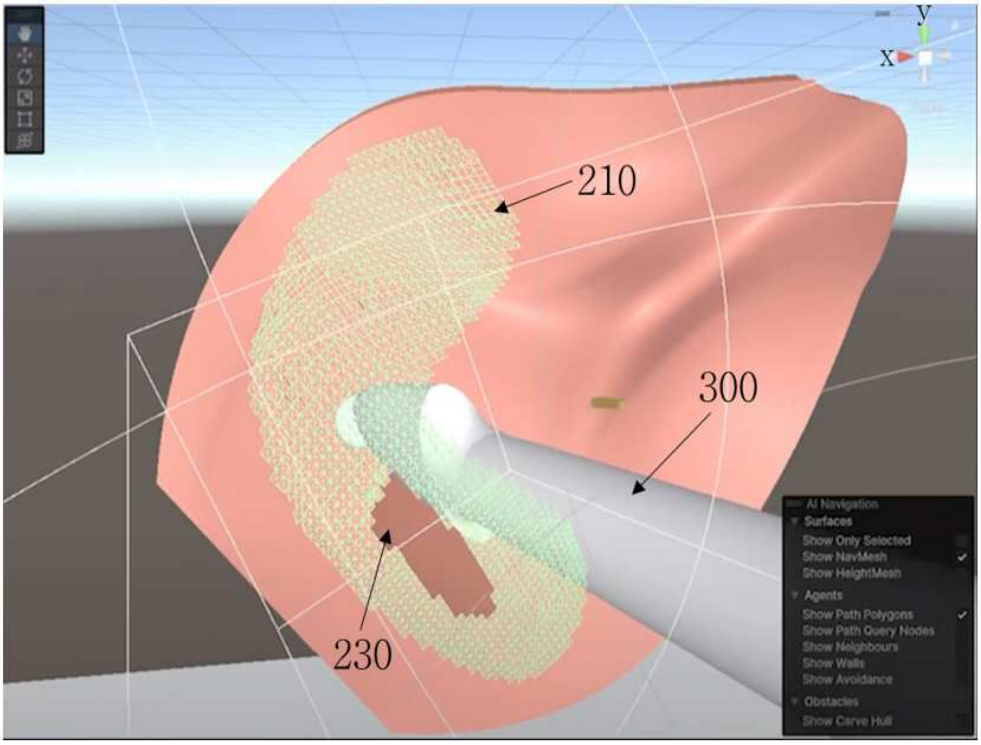
도면5



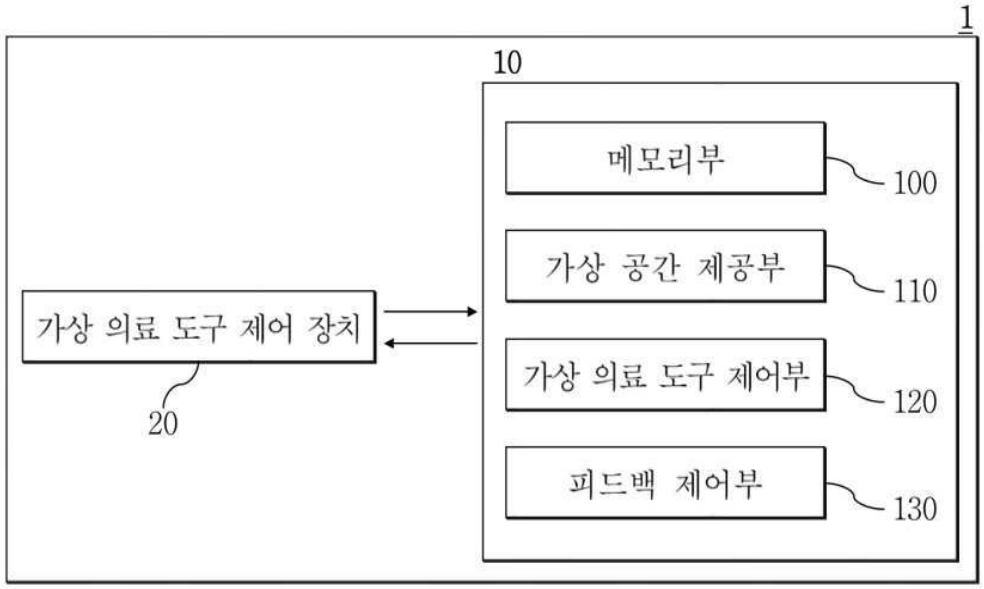
도면6


(a)
210
300
(b)
210
300
(c)
(d)
(e)

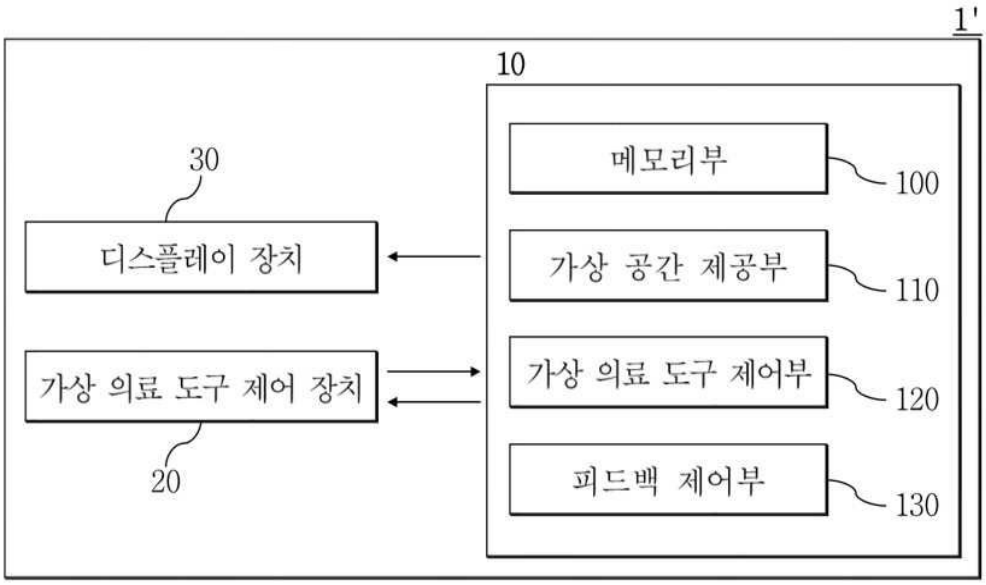
도면7


Y
X
210
300
230
AI Navigation
Surfaces
Show Only Selected
Show NavMesh
Show HeightMesh
Agents
Show Path Polygons
Show Path Query Nodes
Show Neighbours
Show Walls
Show Avoidance
Obstacles
Show Carve Hull

도면8


1
10
메모리부
100
가상 공간 제공부
110
가상 의료 도구 제어부
120
피드백 제어부
130
가상 의료 도구 제어 장치
20

도면9


1'
10
메모리부
100
가상 공간 제공부
110
가상 의료 도구 제어부
120
피드백 제어부
130
30
디스플레이 장치
가상 의료 도구 제어 장치
20