(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년09월30일
(11) 등록번호 10-2306978
(24) 등록일자 2021년09월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 17/20 (2006.01) *G06T 15/08* (2011.01)
(52) CPC특허분류
G06T 17/20 (2013.01)
G06T 15/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-7029003
(22) 출원일자(국제) 2017년03월02일
심사청구일자 2020년01월06일
(85) 번역문제출일자 2018년10월08일
(65) 공개번호 10-2018-0118782
(43) 공개일자 2018년10월31일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2017/054959
(87) 국제공개번호 WO 2017/153259
국제공개일자 2017년09월14일
(30) 우선권주장
1604155.0 2016년03월10일 영국(GB)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020100126700 A*
WO2015170162 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
가부시키가이샤 니콘
일본 교토 601-8469 교토시 미나미쿠 카라하시 히라가키쵸 8
(72) 발명자
반 덴 브라베르 닐스
네덜란드, 에이디 니오우-베넵 엔엘 2150, 피오 박스 187
데 그리프 마크
네덜란드, 에이디 니오우-베넵 엔엘 2150, 피오 박스 187
(74) 대리인
강명구, 박윤원

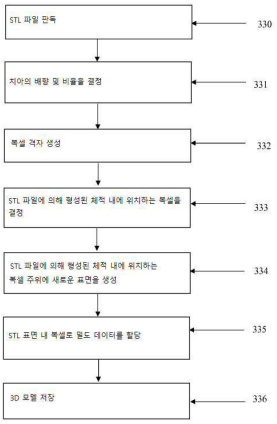
전체 청구항 수 : 총 13 항 심사관 : 강석제

(54) 발명의 명칭 **치과용 시뮬레이션을 위한 모델 생성**

(57) 요 약

치과용 시뮬레이션을 위한 3D 모델을 생성하는 컴퓨터로 구현되는 방법으로서, 상기 방법은 체적을 갖는 3D 물체의 표면을 기술하는 파일을 판독하는 단계, 3D 물체를 에워싸는 복셀 격자(voxel grid)를 생성하는 단계 - 복셀 격자는 복수의 복셀을 포함함 - , 복수의 복셀 중 3D 물체의 체적 내에 위치하는 복셀의 서브세트를 식별하는 단계, 삼각형화된 표면(triangulated surface)을 생성하는 단계 - 상기 삼각형화된 표면은 복셀의 서브세트를 둘러싸고 3D 모델의 외부 표면을 형성함 - , 상기 복셀의 서브세트의 각각의 복셀에 밀도 값을 할당하는 단계 - 복셀의 서브세트는 3D 모델의 솔리드 체적(solid volume)을 형성함 - 를 포함한다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
G06T 2207/30036 (2013.01)
G06T 2210/12 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

치과용 시뮬레이션을 위한 3D 모델을 생성하는 컴퓨터로 구현되는 방법으로서,

체적을 갖는 삼각형들의 메시(mesh)로 3D 물체의 표면을 기술하는 STL 파일을 판독하는 단계 - 상기 3D 물체는 치아를 나타냄 - ,

상기 3D 물체를 에워싸는 복셀 격자(voxel grid)를 생성하는 단계 - 상기 복셀 격자는 복수의 복셀을 포함함 - ,

복수의 복셀 중 3D 물체의 체적 내에 위치하는 복셀의 서브세트를 식별하는 단계 - 상기 서브세트를 식별하는 단계는, 3D 물체의 표면 삼각형들과 교차하는 격자 라인 상의 점들을 식별하도록 복셀 격자의 각각의 격자 라인을 래스터 스캔하고, 표면 삼각형들에 직교하는 면(facet)을 이용하여 복셀의 상기 서브세트를 식별하는 단계를 포함함 - ,

상기 교차하는 격자 라인 상의 점들을 이용하여 삼각형화된 표면 메시(triangulated surface mesh)을 생성하는 단계 - 상기 삼각형화된 표면 메시는 복셀의 서브세트를 둘러 싸고 3D 모델의 외부 표면을 형성함 - ,

상기 복셀의 서브세트의 각각의 복셀에 밀도 값을 할당하는 단계 - 복셀의 서브세트는 3D 모델의 솔리드 체적(solid volume)을 형성하고, 상기 복셀의 서브세트 내 상이한 복셀들은 상이한 밀도 값을 가짐 -, 및

상기 3D 모델을 치과용 시뮬레이션 기계에 로딩하는 단계

를 포함하는, 컴퓨터로 구현되는 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 파일은 하나 이상의 실제 치아의 표면 지오메트리를 기술하는, 컴퓨터로 구현되는 방법.

청구항 4

제1항 또는 제3항에 있어서, 치과용 시뮬레이션 기계 상의 디스플레이 기기에 3D 모델을 출력하는 단계를 더 포함하는, 컴퓨터로 구현되는 방법.

청구항 5

제1항 또는 제3항에 있어서, 3D 모델을 시뮬레이션 프로그램 내에 로딩하는 단계를 더 포함하는, 컴퓨터로 구현되는 방법.

청구항 6

제1항 또는 제3항에 있어서, 복셀 격자 내 각각의 큐브의 체적은 $0.2㎜^3$인, 컴퓨터로 구현되는 방법.

청구항 7

제1항 또는 제3항에 있어서, 복셀의 서브세트의 상이한 복셀들은 상이한 밀도 값을 갖는, 컴퓨터로 구현되는 방법.

청구항 8

제1항 또는 제3항에 있어서, 복셀 격자를 생성하는 단계는 3D 물체 주위에 축-정렬된 최소 바운딩 박스를 생성

하는 단계를 포함하는, 컴퓨터로 구현되는 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

제1항에 있어서, 표면을 생성하는 단계는 상기 교차하는 격자 라인 상의 점을 이용하는 단계를 포함하는, 컴퓨터로 구현되는 방법.

청구항 11

제1항 또는 제3항에 있어서, STL 파일의 일부분을 추출하고 선택된 부분만을 기초로 3D 모델을 생성하는 단계를 더 포함하는, 컴퓨터로 구현되는 방법.

청구항 12

프로세서에 의해 실행될 때 청구항 제1항 또는 제3항에 따르는 방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체.

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

치과용 시뮬레이션 시스템으로서,

제1항 또는 제3항에 따른 컴퓨터고 구현되는 방법으로 3D 모델을 생성하도록 구성된 수단,

생성된 3D 모델을 선택하여 치과용 훈련 소프트웨어 프로그램에서 사용되도록 구성된 수단을 포함하는 치과용 시뮬레이션 기계, 및

훈련 프로그램의 실행 동안 선택된 3D 모델을 보기 스크린 상에 디스플레이하기 위한 수단을 포함하는, 시스템.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 치과용 시뮬레이션 기계는 훈련 프로그램의 실행 동안 3D 모델을 수정하기 위한 명령을 생성하기 위한 수단을 더 포함하는, 시스템.

청구항 17

청구항 제1항 또는 제3항에 따르는 방법을 수행하도록 구성된 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 3D 모델의 생성과 관련되며, 더 구체적으로 치과용 시뮬레이션(dental simulation)에서 사용되기 위한 3D 모델의 생성과 관련된다.

배 경 기 술

[0002] 훈련 목적으로 치의술 기법을 시뮬레이션하기 위한 기계가 알려져 있으며 예를 들어, 본 출원인에 의해 제조되는 시모돈트(Simodont) 기계가 있다. 이들 기계는 학생이 다양한 치의술 절차를 연습할 수 있도록 하는 가상 현실 기법을 구현한다. 일반적으로 시뮬레이션 기계는 3D 안경을 착용한 사용자가 보기 위한 3D 이미지를 출력하는 디스플레이 스크린을 포함한다. 일련의 링키지와 전기 모터를 포함하는 수단으로 기계에 고정되는 적어도 하

나의 핸드피스가 디스플레이 스크린 아래에 위치한다. 치아, 치열 또는 턱의 가상 3D 모델 상에서 사용자가 치의술 작업(가령, 치아 드릴 가공)을 실시할 때 (사용자에 의해 이동됨에 따른) 핸드피스의 상대 위치 및 사용자가 가하는 힘이 측정된다. 핸드피스가 치과의 드릴을 시뮬레이션하고 학생이 드릴 작업을 수행함에 따른 햅틱 피드백(haptic feedback)을 학생에게 제공한다.

[0003] 치과용 시뮬레이션 기계가 치과 훈련의가 가상이 아니라 실제 치아에 기법을 수행할 필요가 있기 전에 이들을 위한 시뮬레이션 환경을 제공한다. 환자 안전은 매우 중요하다. 3D 모델이 현실적일수록, 학생의 치과용 시뮬레이션 기계 상에서의 연습에서 실제 환자에 대해 치의술을 수행하는 것으로의 전환이 더 매끄러워진다.

[0004] 일반적으로, 3D 모델이 인공적으로 구성된다. 상이한 모델이 상이한 훈련 요건 및 상황에 대해 설계된다 - 예를 들면, 특정 모델이 빠진 이(chipped tooth)로 구성될 수 있다(시뮬레이션 훈련 시나리오에서 학생은 이러한 빠진 이를 고칠 것이 요구된다). 그 밖의 다른 모델이 치과 훈련 프로그램의 필요성에 따라 그 밖의 다른 특성 또는 특성의 조합을 보일 수 있다. 그러나 발생할 수 있는 모든 가능한 상이한 치의과 상황을 정확히 나타내는 인공적인 모델을 만들도록 시도하는 것이 비실용적(그리고 거의 불가능)하다. 결과적으로, 포괄적인 모델의 사용이 치과용 시뮬레이션 기계에서의 학생의 훈련의 효율성을 제한할 수 있다.

[0005] 실제 환자 데이터를 이용해 시뮬레이션 모델을 생성하기 위한 이전의 시도가 있어 왔다. 하나의 방법에서, CT 스캔의 토모그래피 슬라이스들을 조합함으로써 용적 측정 모델이 생성된다. 그러나 CT 스캐닝은 불편하고 비싸다.

[0006] 종래 기술의 단점들 중 적어도 일부를 완화하는 것이 본 발명의 목적이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 제1 양태에 따르면, 치과용 시뮬레이션을 위한 3D 모델을 생성하는 컴퓨터로 구현되는 방법이 제공되며, 상기 방법은 체적을 갖는 3D 물체의 표면을 기술하는 파일을 판독하는 단계, 3D 물체를 에워싸는 복셀 격자(voxel grid)를 생성하는 단계 - 복셀 격자는 복수의 복셀을 포함함 - , 복수의 복셀 중 3D 물체의 체적 내에 위치하는 복셀의 서브세트를 식별하는 단계, 삼각형화된 표면(triangulated surface)을 생성하는 단계 - 상기 삼각형화된 표면은 복셀의 서브세트를 둘러 싸고 3D 모델의 외부 표면을 형성함 - , 상기 복셀의 서브세트의 각각의 복셀에 밀도 값을 할당하는 단계 - 복셀의 서브세트는 3D 모델의 솔리드 체적(solid volume)을 형성함 - 를 포함한다. 실제 치아와 관련된 데이터를 이용해, 방법은 치과용 시뮬레이션 프로그램에서 사용되기 위한 밀도 데이터를 갖는 3D 모델을 자동으로 그리고 효율적으로 제공한다.

[0008] 본 발명의 제2 양태에 따라, 이하의 청구항 13에 따르는 방법이 제공된다. 상기 방법은 편리하게도, 치과용 시뮬레이션 환경에서 사용되기 위한 솔리드 모델을 정확하고 효율적으로 구성하기 위해 광학 스캐너의 편리함과 유연성을 이용한다.

[0009] 본 발명의 제3 양태에 따라, 청구항 15에 따르는 치과용 시뮬레이션이 제공된다.

[0010] 본 발명의 바람직한 특징이 종속 청구항에서 정의되어 있다.

본 발명의 다른 형태가 또한 제시된다.

1. 치과용 시뮬레이션을 위한 3D 모델을 생성하는 컴퓨터로 구현되는 방법으로서,

체적을 갖는 삼각형들의 메시로 3D 물체의 표면을 기술하는 STL 파일을 판독하는 단계 - 상기 3D 물체는 치아를 나타냄 - ,

상기 3D 물체를 에워싸는 복셀 격자(voxel grid)를 생성하는 단계 - 상기 복셀 격자는 복수의 복셀을 포함함 - ,

복수의 복셀 중 3D 물체의 체적 내에 위치하는 복셀의 서브세트를 식별하는 단계 - 상기 서브세트를 식별하는 단계는, 3D 물체의 표면 삼각형들과 교차하는 격자 라인 상의 점들을 식별하도록 복셀 격자의 각각의 격자 라인을 래스터 스캔하고, 표면 삼각형들에 직교하는 면(facet)을 이용하여 복셀의 상기 서브세트를 식별하는 단계를

포함함 - ,

상기 교차점들을 이용하여 삼각형화된 표면 메시(triangulated surface mesh)을 생성하는 단계 - 상기 삼각형화된 표면 메시는 복셀의 서브세트를 둘러 싸고 3D 모델의 외부 표면을 형성함 - ,

상기 복셀의 서브세트의 각각의 복셀에 밀도 값을 할당하는 단계 - 복셀의 서브세트는 3D 모델의 솔리드 체적(solid volume)을 형성하고, 상기 복셀의 서브세트 내 상이한 복셀들은 상이한 밀도 값을 가짐 -, 및

상기 3D 모델을 치과용 시뮬레이션 기계에 로딩하는 단계

를 포함하는, 컴퓨터로 구현되는 방법.

3. 제1항에 있어서, 상기 파일은 하나 이상의 실제 치아의 표면 지오메트리를 기술하는, 컴퓨터로 구현되는 방법.

4. 제1항 또는 제3항에 있어서, 치과용 시뮬레이션 기계 상의 디스플레이 기기에 3D 모델을 출력하는 단계를 더 포함하는, 컴퓨터로 구현되는 방법.

5. 제1항 또는 제3항에 있어서, 3D 모델을 시뮬레이션 프로그램 내에 로딩하는 단계를 더 포함하는, 컴퓨터로 구현되는 방법.

6. 제1항 또는 제3항에 있어서, 복셀 격자 내 각각의 큐브의 체적은 $0.2mm^3$인, 컴퓨터로 구현되는 방법.

7. 제1항 또는 제3항에 있어서, 복셀의 서브세트의 상이한 복셀들은 상이한 밀도 값을 갖는, 컴퓨터로 구현되는 방법.

8. 제1항 또는 제3항에 있어서, 복셀 격자를 생성하는 단계는 3D 물체 주위에 축-정렬된 최소 바운딩 박스를 생성하는 단계를 포함하는, 컴퓨터로 구현되는 방법.

10. 제1항에 있어서, 표면을 생성하는 단계는 상기 교차점을 이용하는 단계를 포함하는, 컴퓨터로 구현되는 방법.

11. 제1항 또는 제3항에 있어서, STL 파일의 일부분을 추출하고 선택된 부분만을 기초로 3D 모델을 생성하는 단계를 더 포함하는, 컴퓨터로 구현되는 방법.

12. 프로세서에 의해 실행될 때 청구항 제1항 또는 제3항에 따르는 방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체.

15. 치과용 시뮬레이션 시스템으로서,

제1항 또는 제3항에 따른 컴퓨터고 구현되는 방법으로 3D 모델을 생성하도록 구성된 수단,

생성된 3D 모델을 선택하여 치과용 훈련 소프트웨어 프로그램에서 사용되도록 구성된 수단을 포함하는 치과용 시뮬레이션 기계, 및

훈련 프로그램의 실행 동안 선택된 3D 모델을 보기 스크린 상에 디스플레이하기 위한 수단을 포함하는, 시스템.

16. 제15항에 있어서, 상기 치과용 시뮬레이션 기계는 훈련 프로그램의 실행 동안 3D 모델을 수정하기 위한 명령을 생성하기 위한 수단을 더 포함하는, 시스템.

17. 제1항 또는 제3항에 따르는 방법을 수행하도록 구성된 장치.

도면의 간단한 설명

[0011] 본 발명은 도면을 참조하여 기재될 것이다.

도 1은 치과용 시뮬레이션 기계의 원근도이다.

도 2는 본 발명의 하나의 실시예에 다르는 3D 이미징 프로세스의 주요 단계들의 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 하나의 실시예에 따르는 3D 모델을 생성하는 방법의 단계들의 흐름도이다.

도 4는 치과용 시뮬레이션 기계의 보기 스크린 상에서 사용자가 보는 본 발명의 실시예에 따라 생성된 이미지이다.

도 5a는 치아의 세트의 삼각형화된 메쉬 표면 이미지이다.

도 5b는 본 발명의 하나의 실시예에 따라 생성된 도 5a에 도시된 치아의 이미지이다.

도 6a는 도 5a 및 5b와 관련하여 회전된 도 5a 및 5b의 치아의 세트의 삼각형화된 표면 이미지이다.

도 6b는 본 발명의 실시예에 따라 생성된 도 6a에 도시된 치아의 이미지이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따라 생성된 3개의 치아의 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 치과용 시뮬레이션 기계가 도 1에서 일반적으로 나타난다. 기계(100)는 치의과 학생이 가상 현실 기술을 이용해 치의술을 실시하는 데 사용된다. 학생은 의자(도시되지 않음)에 앉아서 보기 스크린(101)을 향한다. 핸드 레스트(hand rest)(102)는, 일반적으로, 학생이 치과용 핸드피스, 가령, 치과의사용 드릴을 조작하는 영역을 형성한다. 전원 버튼(105)이 기계 켜기/끄기 기능을 제공하며 높이 조절 스위치(106)가 사용자가 핸드 레스트(102)와 보기 스크린(101)을 포함해 기계(100)의 위치의 높이를 조절하게 할 수 있다. 보기 스크린(101)은 (일반적으로 핸드 레스트(101)의 영역 내에 위치하는) 학생에 의한 핸드피스의 움직임에 대응하는 움직임을 갖는 가상 3D 움직이는 이미지를 디스플레이한다. 학생은 수동 3D 안경을 착용하고 보기 스크린(101) 상에서 이미지를 본다. 마우스(104)가 기계의 사용자가 보기 스크린(101) 상에서의 이미지의 상대적 위치 및 배향을 3차원으로 조절할 수 있게 한다. 발 페달(foot pedal)(107)이 시뮬레이션된 드릴(또는 그 밖의 다른 전동 치과 도구)의 배향을 제어하는 것을 용이케 한다.

[0013] 기계(100)가 또한 학생이 자신의 훈련과 관련된 정보, 가령, 훈련 프로그램, 개인 레슨, 점수 및 마킹 데이터, 지도자 코멘트를 액세스하고 이전 훈련물을 검토하는 데 사용하는 훈련 스크린(103)을 포함한다. 시뮬레이션 프로세스가 수행되는 동안, 보기 스크린(101) 상에 디스플레이되는 이미지가 또한 훈련 스크린(103)으로 출력되어, 참관자(onlooker)가 학생의 기계 사용을 관찰할 수 있게 한다.

[0014] 본 발명의 개요가 이제 도 2를 참조하여 설명될 것이다. 단계(211)에서 구강 스캐너(intraoral scanner)를 이용해 하나 이상의 치아가 스캐닝된다. 구강 스캐너는 치과의사 및 그 밖의 다른 의료 전문가가 치료 전, 또는 후에 치아 및 잇몸의 이미지를 획득하는 데 종종 사용하는 핸드헬드 광학 스캐너이다. 구강 스캐너에 의해 생성된 이미지에 의해 구강의 영역이, 가령, 현장외(off-site)로 또는 차후에 상세히 관찰될 수 있다. 구강 스캔에 의해 획득된 이미지가 치과의사의 진단 또는 예후를 보조하기 위한 시각적 분석을 위해 사용된다. 일반적으로 구강 스캐닝은 3D 레이저 스캐닝 기법을 채용하는데, 이의 추가적인 상세사항은 해당 분야의 통상의 기술자에게 자명할 것이다.

[0015] 단계(212)에서, 구강 스캐너의 원시 데이터(raw data)가 ASCII나 이진(binary)으로서의 스캐닝된 하나 이상의 치아의 표면 지오메트리가 복수의 삼각형으로 구성된 메시(mesh)로 나타나는 STL 포맷으로 변환된다. STL 파일 포맷에 대한 추가 상세사항은 해당 분야의 통상의 기술자에 의해 액세스 가능할 것이다.

[0016] 알다시피, 치아 스캔의 STL 파일이 3차원 물체의 표면 지오메트리를 기술하지만, 이는 자신의 내부와 관련된 어떠한 정보도 제공하지 않는다. 그러나 특정 치의과 시뮬레이션에서, 학생은 치아 내부 또는 주위로 드릴링 가공하여 치아의 부피를 감소시키도록 요구될 수 있다. 이하에서 도 3과 관련하여 기재된 알고리즘은 치아 표면 토폴로지에 추가로 치아 자체를 설명하는 치과 시뮬레이션에서 사용되기 위한 3D 모델을 제공한다. 이는 도 2의 방법의 단계(213)에서 달성된다.

[0017] 단계(214)에서, 치아의 3D 모델이 치과용 시뮬레이션 기계로 제공되며, 사용자 애플리케이션을 통해, 그 밖의 다른 훈련 세션과 유사한 환자-특정 훈련 세션/레슨의 일부로서 학생에 의해 액세스 가능하며 세션/레슨의 완료에 대한 기간을 규정하는 만기일 및 환자-특정 모델이 학생에 의해 더는 이용 가능하지 않을 수 있는 데이터를 규정하는 만료 데이터를 가질 수 있다. 특정 모델이 학생이 현재 사용 중인 치과용 시뮬레이션으로 모델을 로딩하는 것을 촉진시키도록 사용자 애플리케이션에 '로그 인'할 수 있는 하나 이상의 특정 학생에게 할당될 수 있다.

[0018] 3D 모델의 생성은 안전한 '강사 환경'에서 이뤄지는 것이 바람직하다. 3D 모델의 생성 후에, 그러나 치과용 시뮬레이션 기계 상에서의 3D 모델로의 액세스를 허용하기 전에, (가령) 강사 또는 지도자가 환자 스캔의 라이브러리로부터 3D 모델을 불러오고 모델을 검토하여 특정 레슨 또는 특정 학생용으로 적합한지 여부를 평가할 수 있다. 강사 또는 지도자는, 케이스 관리자 프로그램을 통해, 서버, 기계 또는 그 밖의 다른 저장 시설로부터 3D

모델을 액세스하는 것을 가능하게 할지 여부와 언제 가능하게 할지를 결정할 수 있다.

[0019] 3D 모델이 '게시(publish)'되고 치과용 시뮬레이션 기계(100) 상에서 훈련 스크린(103)을 통해 레슨을 액세스하는 학생에 의해 액세스 가능해지게 만들어지면, 3D 모델이 시뮬레이션 프로그램의 일부로서 사용될 수 있다(단계(214)). 시뮬레이션 프로그램을 실행함으로써 사용자는 보기 스크린(101) 상에서 모델을 3D로 보고 이의 확대 및 배향을 조절할 수 있다. 학생은 마치 치과용 공구, 가령, 드릴을 조작하는 것처럼 하나 이상의 핸드피스(108)를 물리적으로 이동시킨다. 도 4는 학생이 훈련 동안 일반적으로 볼 수 있는 이미지이다. 3D 모델(42)은 4개의 치아를 포함하며, 이들 중 하나의 치아가 드릴(440)의 버(burr)(441)에 의해 가공될 것이다. 앞서 언급된 바와 같이, 치과용 시뮬레이션 기계(100)가 3D 모델의 시뮬레이션된 드릴링에 따라 촉각적 피드백을 드릴을 작동하는 학생에게 제공한다(단계(215)). 학생이 치아를 드릴 가공할 때, 프로그램은 치아의 체적을 적절하게 감소시킴으로서 고체 물질의 제거를 시뮬레이션한다. 치아가 밀도를 갖기 때문에(따라서 물질을 제거하기 위해 압력이 드릴에 인가되어야 하기 때문에), 가상 밀도가 치아 내부에 할당되어 기계(100)의 촉각적 제어 유닛이 핸드피스(108)에 연결된 전기 모터를 통해 학생에게 적절한 저항을 적용시킬 수 있다.

[0020] 3D 모델을 생성하는 방법이 도 3을 참조하여 더 상세히 기재될 것이다. 일반적으로 구강 스캐너에 의해 제공되는 스캔된 치아의 STL 파일이 메모리로 가져와 지고 본 명세서에서 기재되는 알고리즘을 실행하는 프로그램에 의해 판독된다. 일반적으로 STL 파일은 폐쇄 표면 물체- 즉, 폐쇄되고 연결된 표면을 갖는 물체 - 를 기술한다. 치아의 구강 스캐너에 의한 스캔이 광학 스캔이고 당연히 치아가 잇몸과 턱에 연결되어 있기 때문에, 구강 스캐너를 이용한 치아의 완벽하고 폐쇄된 표면 스캔은 불가능하며 이러한 스캔은 항상 '개방(open)'형일 것이며, '개방부'는 일반적으로 턱의 평면에 평행인 평면에 위치할 것이다. STL 파일에서 특정된 표면 지오메트리가, STL 파일 포맷에 따라, 삼각형의 메쉬로 기술되며, 삼각형의 개수 및 상대적 크기는 구강 스캐너의 해상도에 따라 달라질 것이다. STL 파일은 각각의 삼각형의 모서리의 좌표를 제공한다. 일부 STL 파일이 각각의 삼각형의 단면 법선(단면 법선)을 제공할 수 있으며 일부는 제공하지 않을 수 있다. 공지된 기법에 따라, 법선이 STL 파일에서 제공되지 않는 경우 계산될 수 있다. 본 발명의 대안 실시예에서, 솔리드 3D 모델을 생성하기 위한 알고리즘이 X3D 파일을 프로세싱한다.

[0021] STL 파일에 의해 기술되는 치아의 배향 및 비율이 결정될 수 있도록(단계(331)) 축-정렬된 최소 바운딩 박스(bounding box)의 생성에 의해 치아의 STL 메쉬가 좌표축에 정렬된다. 대안으로, 임의의 정렬된 최소 바운딩 박스가 사용될 수 있다. 최소 바운딩 박스로부터 복셀(voxel)의 3D 격자 구조가 생성된다(단계(332)). 격자를 포함하는 큐브의 상대적 크기가 격자의 분해능을 정의한다. 햅틱 제어 유닛을 위한 적합한 분해능을 제공하기 위해, 0.2㎜의 에지 길이가 3D 격자 구조의 각각의 큐브에 대해 선택된다.

[0022] 3D 격자의 어느 복셀 또는 데이터포인트가 표면 메쉬 내에 있고(따라서 스캔된 치아의 체적을 실질적으로 포함) 어느 복셀이 표면 메쉬의 외부에 있는지를 결정하기 위해, 3D 격자의 각각의 격자 라인을 따르는(즉, 3D 격자의 각각의 큐브의 각각의 에지를 따르는) 가상 래스터 스캔 또는 레이 트레이스(ray trace)가 각각의 방향 x, y 및 z에서 이뤄져서, STL 메쉬의 삼각형과 교차하는 격자 라인(즉, 큐브 에지) 상의 점을 식별할 수 있다. 교차점이 식별되면, 교차점을 갖는 큐브의 꼭짓점에서의 데이터포인트가 식별된다. 표면 메쉬 외부를 가리키는 방향을 갖는 삼각형의 단면 법선을 이용해 STL 메쉬 내부의 꼭짓점이 결정된다. STL 메쉬 내부에 있다고 결정된 꼭짓점은 결국 STL 메쉬 내부에 놓인 것으로 추정되는 복셀을 식별한다(단계(333)).

[0023] STL 메쉬는 실제로 사용되기 위해서는 폐쇄되어야 한다. 스캔된 치아의 STL 메쉬가 '개방'되어 있기 때문에, 폐쇄된 메쉬를 근사하는 것이 필요하다. 2개의 차원에서 레이-트레이싱된 교차점이 폐쇄부가 근사되기에 충분한 데이터를 제공한다. 예를 들어, 개방부가 z-y 평면에 있는 경우, x 방향으로의 레이 트레이싱이 (폐쇄된 메쉬에 대한 경우처럼 2개가 아니라) 단 1개의 교차점만 발생시킬 수 있다. 그러나 z 및 y 방향으로의 레이 트레이싱이 각각 2개의 교차점을 발생시킬 것이며 이는 z-y 평면에서의 폐쇄부를 근사하기에 충분하다.

[0024] 원본 마칭 큐브 알고리즘(original marching cubes algorithm)에 의해 기술되는 룩업 테이블(lookup table)이 큐브의 어느 꼭짓점이 STL 메쉬 내부에 있고 외부에 있는지에 따라 큐브에 대한 삼각형의 세트를 제공하는 데 사용된다. 이러한 방식으로, 교차점이 사용되어 STL 표면 내에 위치하는 복셀을 바운딩하는 삼각형의 새로운 표면 메쉬가 생성될 수 있다(단계(334)). 이는 그래픽 및 햅틱 렌더링을 위한 3D 모델의 외부 표면을 형성하는 가상 구성을 생성한다. STL 표면의 삼각형과 달리, 새로운 표면이 3D 격자 내 큐브의 크기에 따르는 특정된 분해능을 가진다.

[0025] STL 메쉬의 내부에 있다고 발견된 복셀에 밀도 값이 할당된다(단계(335)). 계산 효율을 위해, 모든 관련 복셀(즉, 메쉬 내부에 있는 복셀)에 동일한 밀도가 할당되고, 이의 값이 법랑질(enamel)이라고 지시된다. 학생이 3D

모델을 가상으로 드릴 가공할 때, 햅틱 제어 유닛을 통해 제어되는 학생에게로의 피드백이 법랑질의 드릴 가공을 시뮬레이션하기에 적합할 것이다.

[0026] 그러나 치아가 상이한 밀도를 갖는 상이한 물질의 '층'으로 구성되며 따라서 특정 치아의 밀도가 단면을 통해 변화한다. 대안 실시예에서, 이 밀도 변화가 시뮬레이션 기계 상의 훈련 프로그램에서 사용될 때 가상 치아에서 시뮬레이션되어, 훈련 치과의가 시뮤레이션된 드릴 가공을 수행할 때 시뮬레이션 기계의 햅틱 제어 유닛으로부터의 반응이 드릴 가공 중인 치아의 층의 할당된 밀도 값에 따라 조절된다. 이를 위해 상이한 복셀에 이들의 위치에 따라 상이한 밀도 값이 할당된다. 예를 들면, 3D 모델의 외부 껍질 쪽에 위치하는 복셀에는 법랑질 밀도 값이 할당될 수 있지만, 치아의 중심 쪽에 위치한 복셀에는 법랑질보다 부드러운 상아질과 일치하는 밀도 값이 할당될 수 있다. 이러한 방식으로, 3D 모델은 치아의 구조와 일치하는 밀도 데이터를 가짐으로써 치아로의 드릴 가공의 시뮬레이션이 현실감 있게 된다. 밀도 값이 할당되며, 3D 모델이 치과용 시뮬레이션 기계(100) 상으로 로딩될 수 있다.

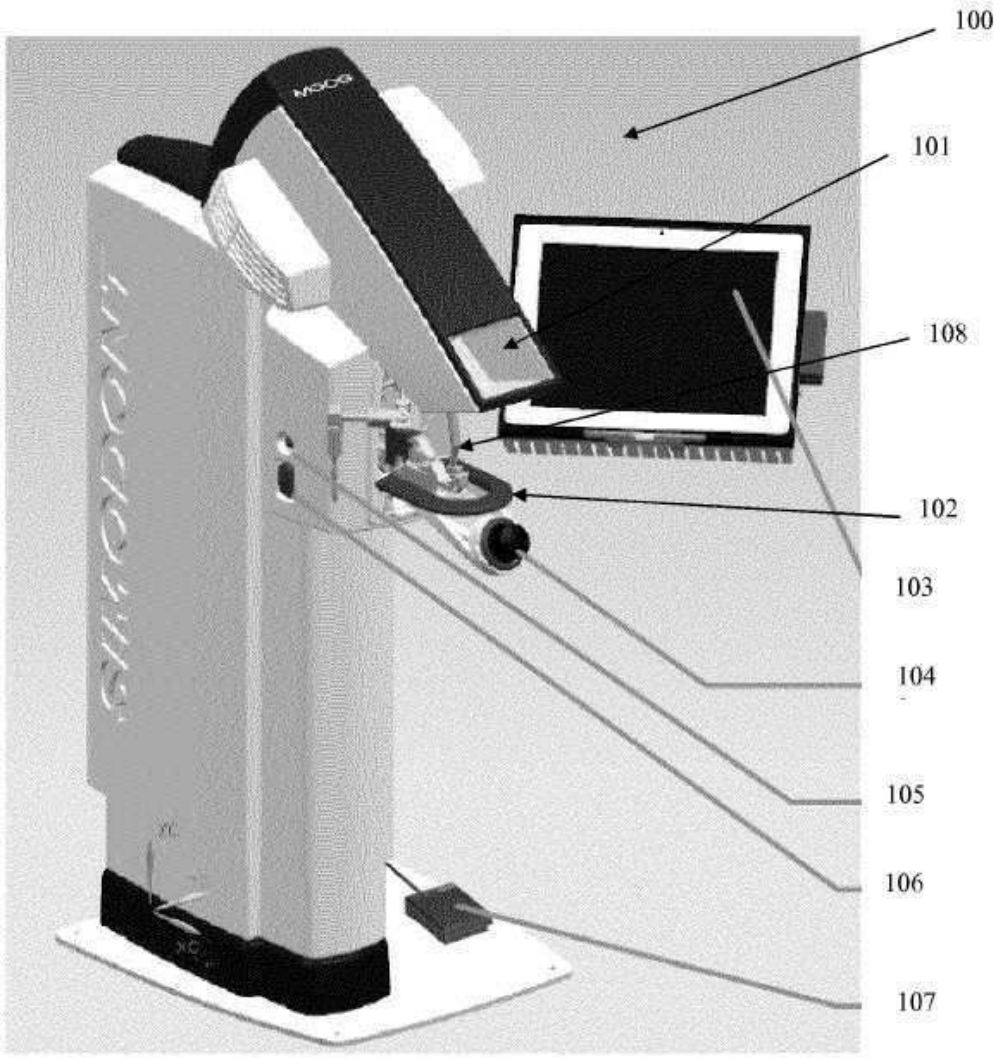
[0027] 일부 구강 스캐너가 컬러 데이터를 제공한다. 하나의 실시예에서, 스캔 데이터에 따라 컬러 데이터가 3D 모델의 표면에 인가된다. 컬러 데이터가 복셀에 인가되어 치아의 내부를 더 가깝게 나타낼 수 있다.

[0028] 도 5a, 5b, 6a 및 6b가 4개의 치아의 세트를 나타내며, 이들 중 하나가 교체 크라운을 필요로 한다. 시뮬레이션 동안, 학생이 크라운(543 및 643)의 베이스 주변을 드릴 가공하여 새로운 크라운(도시되지 않음)이 (도 4에서 도시된 바와 같이) 고정될 수 있는 압입부를 제공하도록 요구될 수 있다. 도 5a 및 5b는 교차점을 이용해 생성된 삼각형(544 및 644)을 포함하는 4개의 치아(542 및 642)의 세트의 표면 메쉬를 나타낸다. 도 5b 및 6b가 대응하는 완성된 그레이스케일 3D 모델을 보여준다.

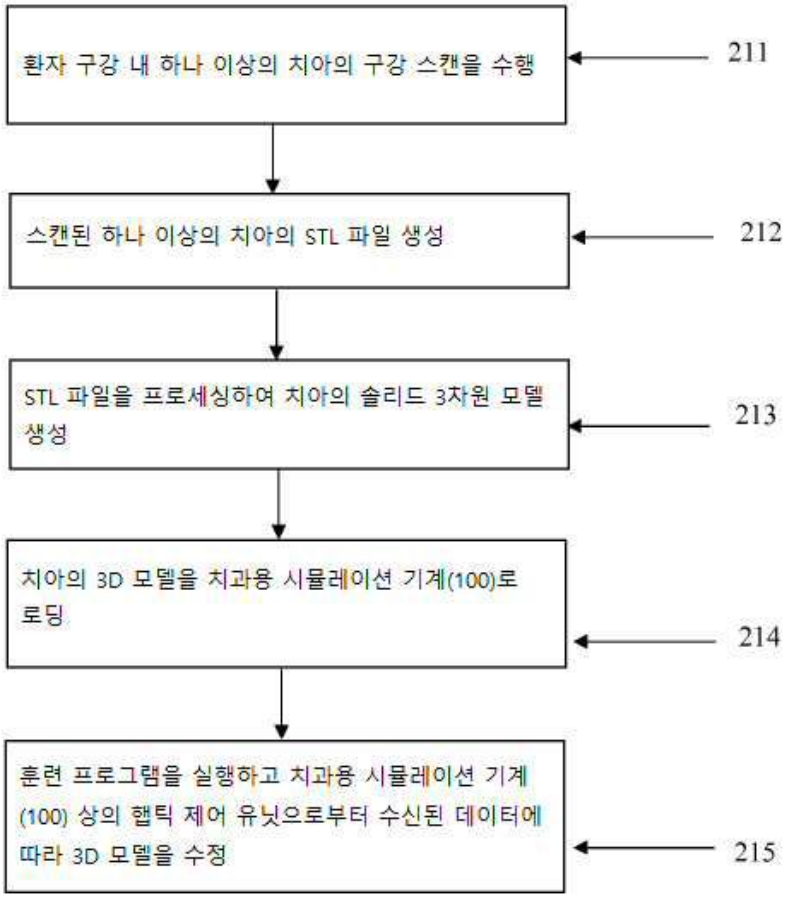
[0029] 구강 스캐너에 의해 스캔되는 영역이 넓을수록(즉, 치아의 개수가 많을수록), 도 3과 관련하여 기재된 방식으로 3D 모델을 생성하기 위한 프로세싱 요건이 더 커진다. 하나의 실시예에서, STL에 의해 나타내어지는 스캔의 관심 영역이 3D 모델을 생성하기 위한 프로세싱을 위해 추출될 수 있다 - 즉, STL 파일의 부분만 사용된다. 예를 들어, 치기공사, 지도자 또는 강사가 STL 파일에 의해 제공된 이미지를 검토하여 복수의 치아 중 단 하나만 필요하다고 결정할 수 있다. 도 7은 3개의 치아의 세트의 3D 모델(700)을 도시하며, 이 모델은 더 많은 치아를 포함했던 STL 파일로부터 생성된 것이다.

도면

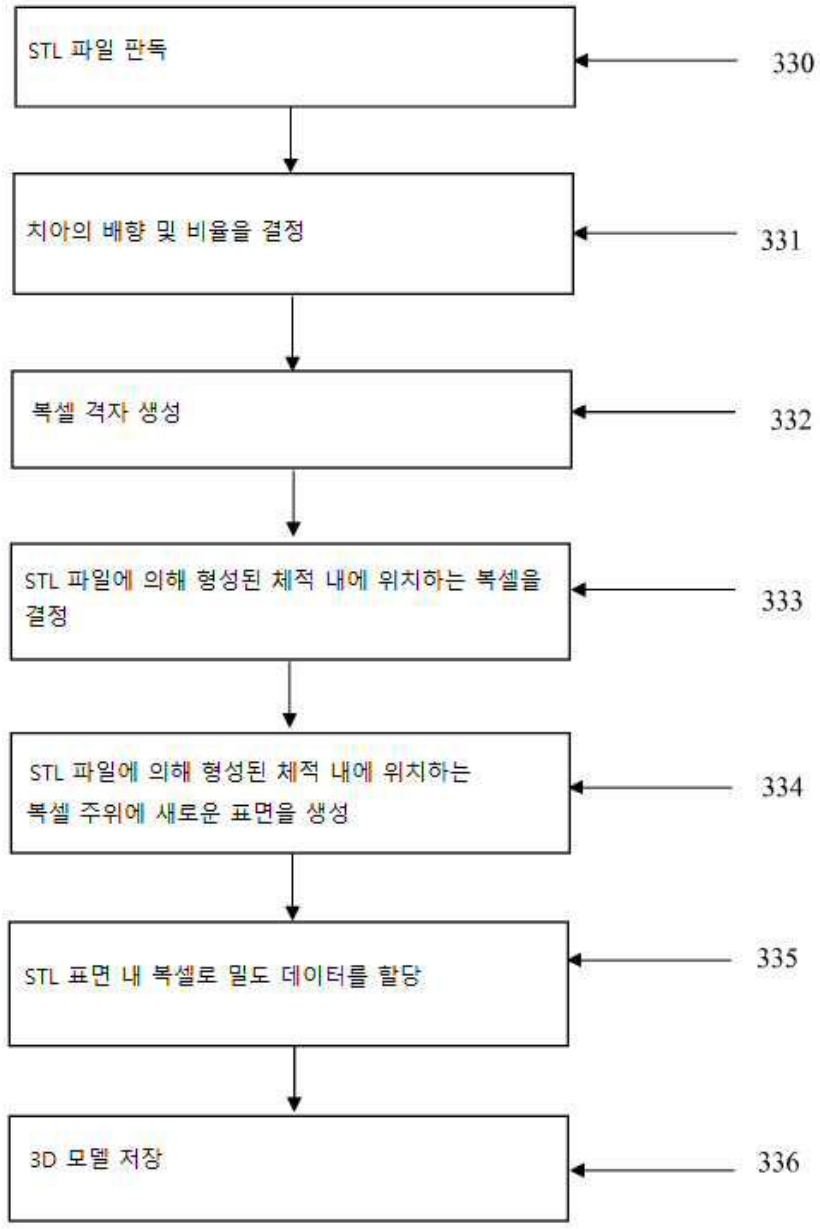
도면1



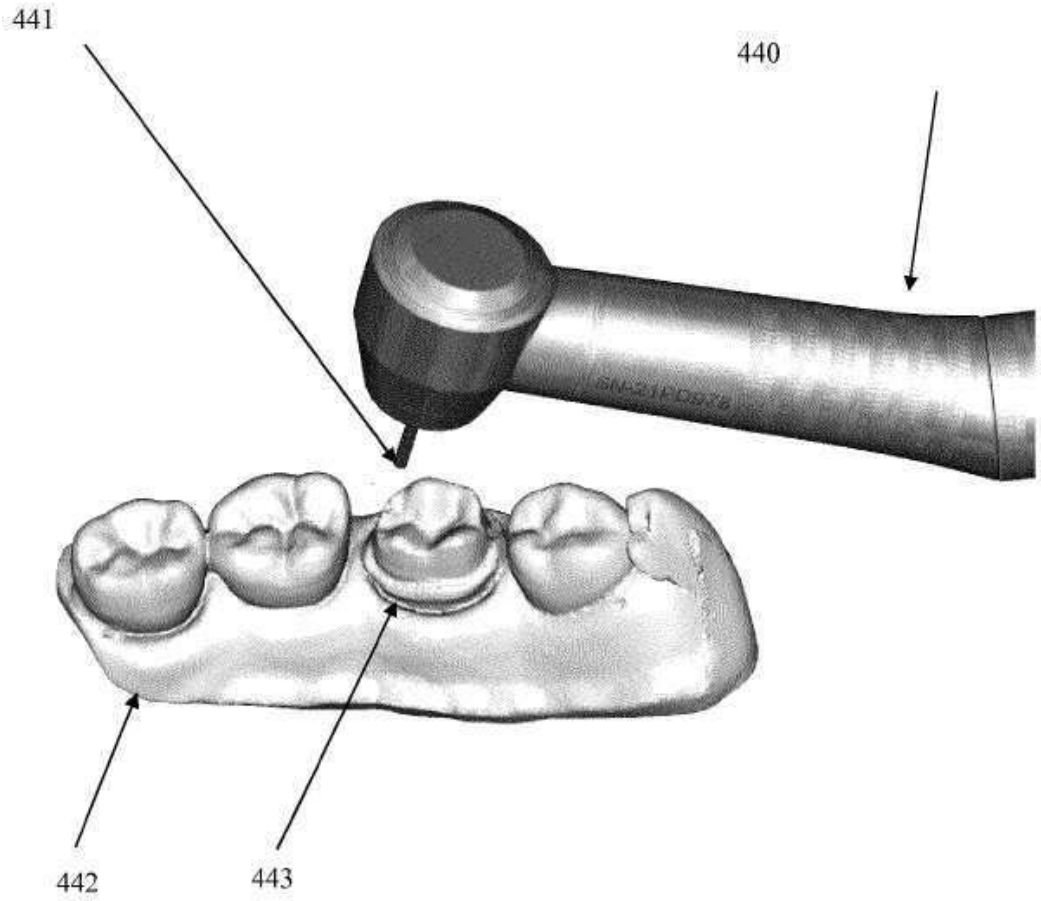
도면2


환자 구강 내 하나 이상의 치아의 구강 스캔을 수행
211
스캔된 하나 이상의 치아의 STL 파일 생성
212
STL 파일을 프로세싱하여 치아의 솔리드 3차원 모델 생성
213
치아의 3D 모델을 치과용 시뮬레이션 기계(100)로 로딩
214
훈련 프로그램을 실행하고 치과용 시뮬레이션 기계(100) 상의 햅틱 제어 유닛으로부터 수신된 데이터에 따라 3D 모델을 수정
215

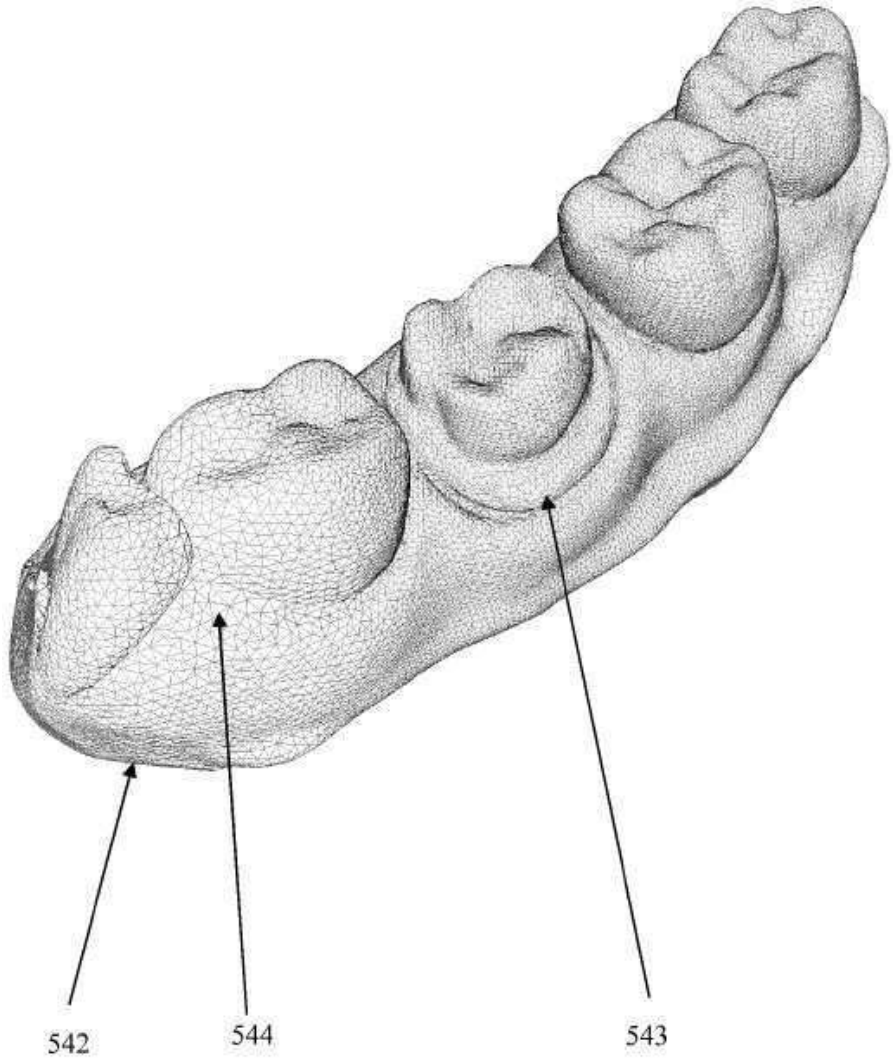
도면3


STL 파일 판독
330
치아의 배향 및 비율을 결정
331
복셀 격자 생성
332
STL 파일에 의해 형성된 체적 내에 위치하는 복셀을 결정
333
STL 파일에 의해 형성된 체적 내에 위치하는 복셀 주위에 새로운 표면을 생성
334
STL 표면 내 복셀로 밀도 데이터를 할당
335
3D 모델 저장
336

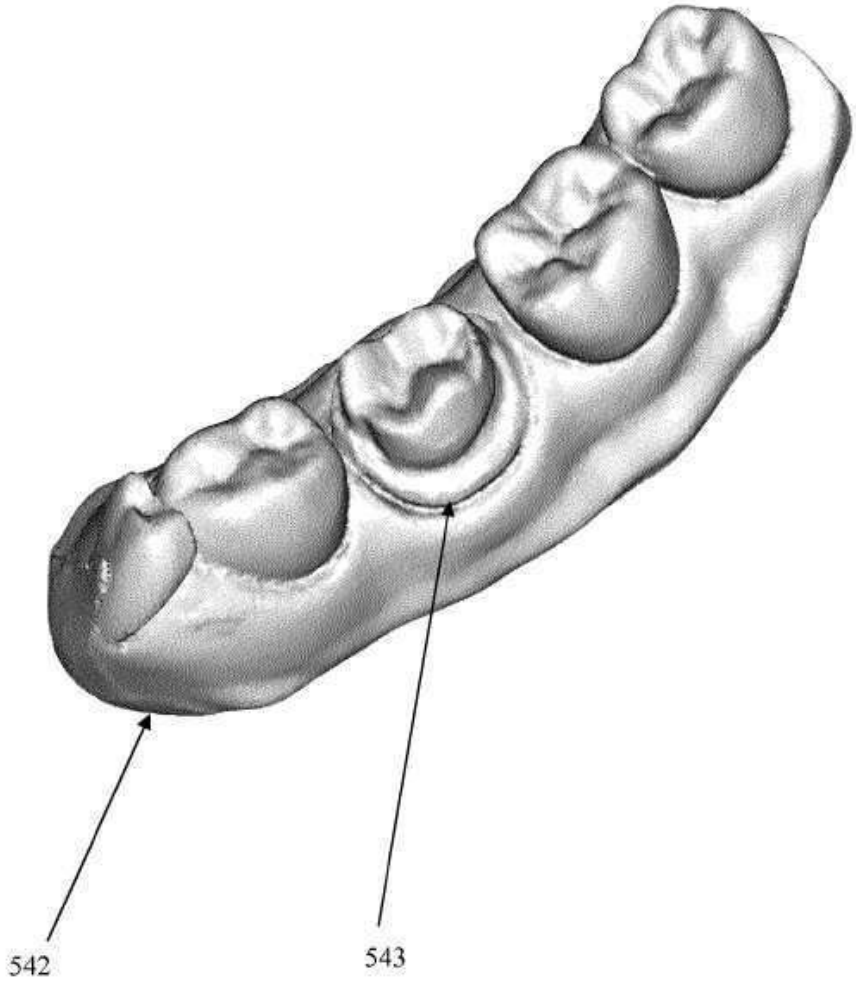
도면4



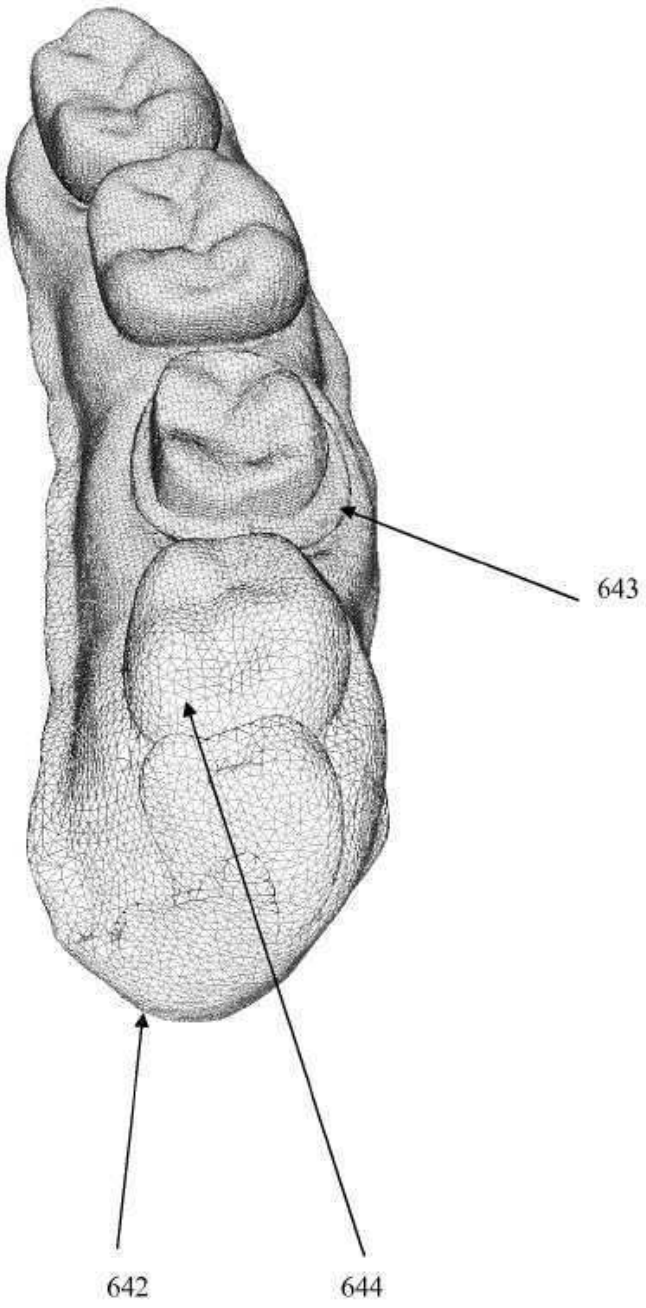
도면5a



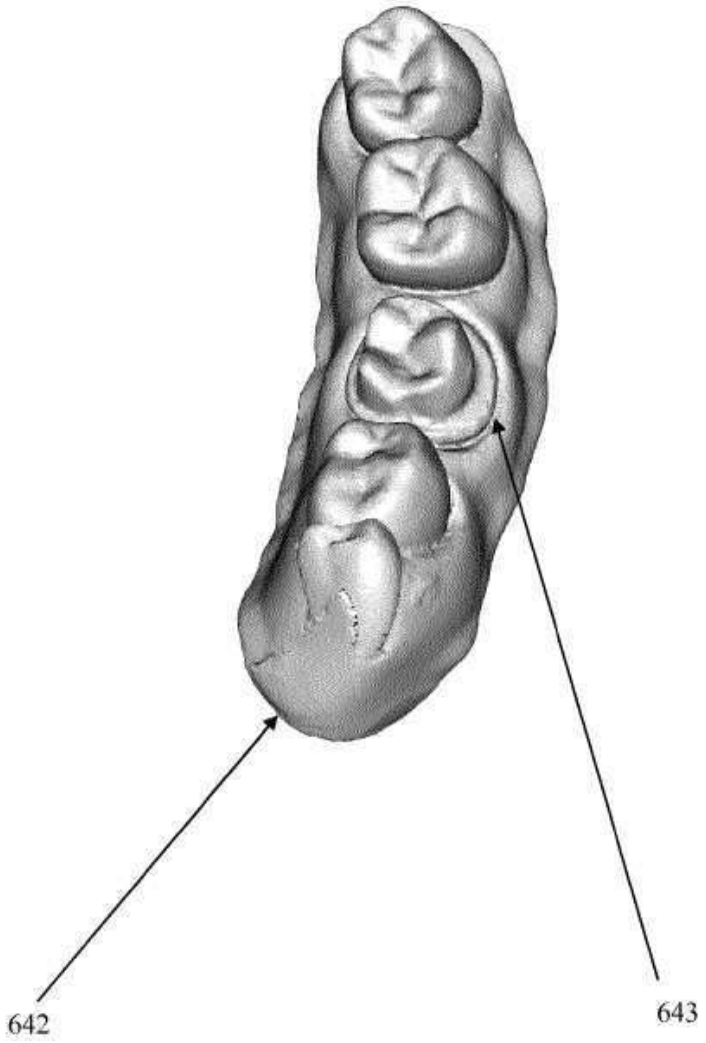
도면5b



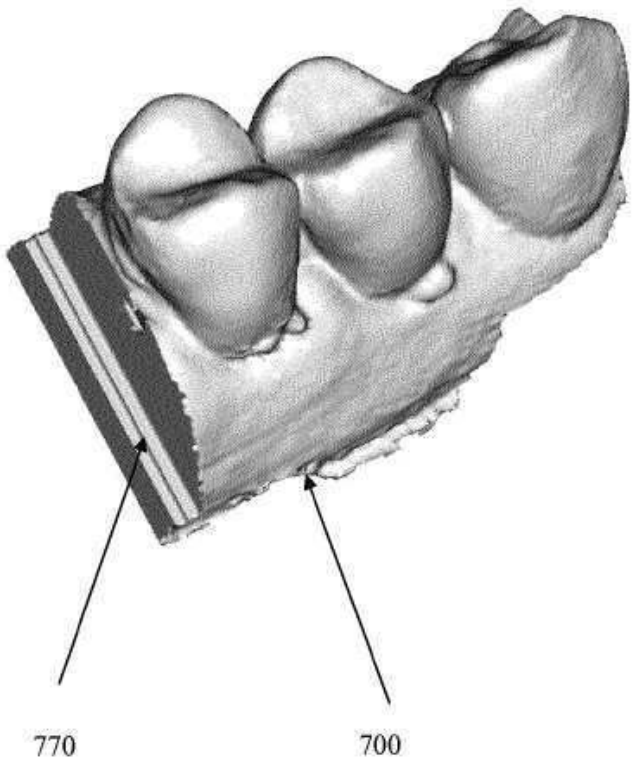
도면6a



도면6b



도면7



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

치과용 시뮬레이션을 위한 3D 모델을 생성하는 컴퓨터로 구현되는 방법으로서,

체적을 갖는 삼각형들의 메시(mesh)로 3D 물체의 표면을 기술하는 STL 파일을 판독하는 단계 - 상기 3D 물체는 치아를 나타냄 - ,

상기 3D 물체를 에워싸는 복셀 격자(voxel grid)를 생성하는 단계 - 상기 복셀 격자는 복수의 복셀을 포함함 - ,

복수의 복셀 중 3D 물체의 체적 내에 위치하는 복셀의 서브세트를 식별하는 단계 - 상기 서브세트를 식별하는 단계는, 3D 물체의 표면 삼각형들과 교차하는 격자 라인 상의 점들을 식별하도록 복셀 격자의 각각의 격자 라인을 래스터 스캔하고, 표면 삼각형들에 직교하는 면(facet)을 이용하여 복셀의 상기 서브세트를 식별하는 단계를 포함함 - ,

상기 교차점들을 이용하여 삼각형화된 표면 메시(triangulated surface mesh)을 생성하는 단계 - 상기 삼각형화된 표면 메시는 복셀의 서브세트를 둘러 싸고 3D 모델의 외부 표면을 형성함 - ,

상기 복셀의 서브세트의 각각의 복셀에 밀도 값을 할당하는 단계 - 복셀의 서브세트는 3D 모델의 솔리드 체적(solid volume)을 형성하고, 상기 복셀의 서브세트 내 상이한 복셀들은 상이한 밀도 값을 가짐 -, 및

상기 3D 모델을 치과용 시뮬레이션 기계에 로딩하는 단계

를 포함하는, 컴퓨터로 구현되는 방법.

【변경후】

치과용 시뮬레이션을 위한 3D 모델을 생성하는 컴퓨터로 구현되는 방법으로서,

체적을 갖는 삼각형들의 메시(mesh)로 3D 물체의 표면을 기술하는 STL 파일을 판독하는 단계 - 상기 3D 물체는 치아를 나타냄 - ,

상기 3D 물체를 에워싸는 복셀 격자(voxel grid)를 생성하는 단계 - 상기 복셀 격자는 복수의 복셀을 포함함 - ,

복수의 복셀 중 3D 물체의 체적 내에 위치하는 복셀의 서브세트를 식별하는 단계 - 상기 서브세트를 식별하는 단계는, 3D 물체의 표면 삼각형들과 교차하는 격자 라인 상의 점들을 식별하도록 복셀 격자의 각각의 격자 라인을 래스터 스캔하고, 표면 삼각형들에 직교하는 면(facet)을 이용하여 복셀의 상기 서브세트를 식별하는 단계를 포함함 - ,

상기 교차하는 격자 라인 상의 점들을 이용하여 삼각형화된 표면 메시(triangulated surface mesh)을 생성하는 단계 - 상기 삼각형화된 표면 메시는 복셀의 서브세트를 둘러 싸고 3D 모델의 외부 표면을 형성함 - ,

상기 복셀의 서브세트의 각각의 복셀에 밀도 값을 할당하는 단계 - 복셀의 서브세트는 3D 모델의 솔리드 체적(solid volume)을 형성하고, 상기 복셀의 서브세트 내 상이한 복셀들은 상이한 밀도 값을 가짐 -, 및

상기 3D 모델을 치과용 시뮬레이션 기계에 로딩하는 단계

를 포함하는, 컴퓨터로 구현되는 방법.

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 10

【변경전】

제1항에 있어서, 표면을 생성하는 단계는 상기 교차점을 이용하는 단계를 포함하는, 컴퓨터로 구현되는 방법.

【변경후】

제1항에 있어서, 표면을 생성하는 단계는 상기 교차하는 격자 라인 상의 점을 이용하는 단계를 포함하는, 컴퓨터로 구현되는 방법.