



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0107683
(43) 공개일자 2019년09월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 6/00 (2006.01) A61B 6/02 (2006.01)
A61B 6/14 (2006.01) A61C 19/05 (2006.01)
A61C 7/00 (2006.01) G06T 7/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
A61B 6/501 (2013.01)
A61B 6/025 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-7022265
(22) 출원일자(국제) 2017년12월22일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2019년07월29일
(86) 국제출원번호 PCT/GB2017/053885
(87) 국제공개번호 WO 2018/122553
국제공개일자 2018년07월05일
(30) 우선권주장
15/395,190 2016년12월30일 미국(US)

(71) 출원인
케어스트림 덴탈 테크놀로지 톱코 리미티드
영국 에스더블유1와이6알제이 런던 킹 스트리트
33 클리브랜드 하우스
(72) 발명자
잉글레세 장-마르크
영국 런던 에스더블유1와이 6알제이 킹 스트리트
33 클리브랜드 하우스 케어스트림 덴탈 테크놀로
지 톱코 리미티드
첸 쇼우푸
영국 런던 에스더블유1와이 6알제이 킹 스트리트
33 클리브랜드 하우스 케어스트림 덴탈 테크놀로
지 톱코 리미티드
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
제일특허법인(유)

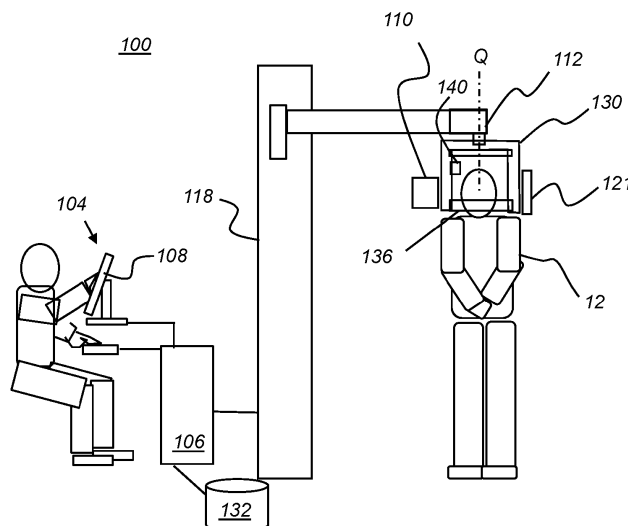
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **두부 계측 분석 방법**

(57) 요약

컴퓨터 프로세서 상에서 적어도 부분적으로 실행되는, 환자의 3-D 두부 계측 분석을 위한 방법은, 적어도 제1 2-D 뷰(view)로부터 환자의 머리의 컴퓨터 단층촬영 스캔으로부터 재구성된 볼륨 이미지 데이터를 디스플레이하고, 적어도 디스플레이된 제1 2-D 뷰 상에 적어도 하나의 기준 마크를 위치설정 및 디스플레이하는 조작자 명령을 수 용한다. 환자의 입 안의 하나 이상의 치열 요소가 세그먼트화되고, 환자에 대한 두부 계측 파라미터가 적어도 하나의 기준 마크 및 세그먼트화된 하나 이상의 치열 요소로부터의 데이터에 따라 연산 및 디스플레이된다. 연 산된 두부 계측 파라미터를 사용해서, 상악안면 비대칭을 나타내는 하나 이상의 결과가 연산되고, 그래픽 또는 텍스트 디스플레이에 전력이 공급되어 비대칭을 나타내는 연산된 결과를 보여준다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 6/14 (2013.01)
A61B 6/463 (2013.01)
A61B 6/5217 (2013.01)
A61B 6/5235 (2013.01)
A61C 19/05 (2013.01)
A61C 7/002 (2013.01)
G06T 7/0012 (2013.01)
G06T 2207/10081 (2013.01)
G06T 2207/30036 (2013.01)

(72) 발명자

포레 잭쿼스

영국 런던 에스더블유1와이 6알제이 킹 스트리트
33 클리브랜드 하우스 케어스트림 덴탈 테크놀로지
톱코 리미티드

트레일 잭쿼스

영국 런던 에스더블유1와이 6알제이 킹 스트리트
33 클리브랜드 하우스 케어스트림 덴탈 테크놀로지
톱코 리미티드

명세서

청구범위

청구항 1

컴퓨터 프로세서 상에서 적어도 부분적으로 실행되는, 환자의 3-D 두부 계측 분석(cephalometric analysis)을 위한 방법으로서,

적어도 제1 2-D 뷰(view)로부터 환자의 머리의 컴퓨터 단층촬영 스캔으로부터 재구성된 볼륨 이미지 데이터를 디스플레이하는 단계;

적어도 상기 디스플레이된 제1 2-D 뷰 상에 적어도 하나의 기준 마크를 위치설정 및 디스플레이하는 조작자 명령을 수용하는 단계;

상기 환자의 입 안의 하나 이상의 치열 요소(dentition elements)를 세그먼트화하는 단계;

상기 적어도 하나의 기준 마크 및 상기 세그먼트화된 하나 이상의 치열 요소로부터의 데이터에 따라 상기 환자에 대한 복수의 두부 계측 파라미터를 연산 및 디스플레이하는 단계;

상기 연산된 두부 계측 파라미터를 사용해서, 상악안면 비대칭을 나타내는 하나 이상의 결과를 연산하는 단계; 및

그래픽 또는 텍스트 디스플레이에 전력을 공급해서 상기 상악안면 비대칭을 나타내는 연산된 결과를 보여주는 단계를 포함하고,

상기 디스플레이는,

상기한 선택된 상악안면 전위 후위 관계, 비대칭 종적 관계 및 비대칭 횡적 관계를 나타내는 복수의 제1 입력, 및

상기 복수의 제1 입력을 사용해서 생성된, 합성된 상악안면 비대칭 누적적 전위 후위 상태, 누적적 비대칭 종적 상태, 및 누적적 비대칭 횡적 상태를 나타내는 복수의 제2 입력을 포함하는

방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 두부 계측 파라미터는 정면 뷰 및 시상면 뷰로부터 비대칭을 그래프로 보여주는

방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 연산된 결과를 사전에 연산된 결과와 비교해서 상기 비교와 관련된 메시지를 디스플레이하는 단계를 더 포함하는

방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 2-D 뷰와 실질적으로 직교하는 제2 2-D 뷰 상에 하나 이상의 상기 기준 마크를 디스플레이하는 단계를 더 포함하는

방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

복수의 두부 계측 파라미터를 연산 및 디스플레이하는 단계는 상기 연산된 두부 계측 파라미터와 관련된 3차원 프레임워크를 생성하는 단계를 포함하는

방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 연산된 결과를 보여주는 단계는 환자 모집단의 샘플링으로부터 계산되는 값에 대하여 하나 이상의 상기 연산된 결과를 평가하는 단계를 포함하고, 상기 적어도 하나의 기준 마크는 상기 환자의 입 바깥쪽의 해부학적 피처를 식별하는

방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 복수의 제1 입력 각각에 대한 상기 연산된 두부 계측 파라미터로부터의 계산에 따라 테이블 형식의 보고서를 생성 및 디스플레이하는 단계를 더 포함하고, 상기 복수의 제1 입력 각각은 그에 대응하는 상기 테이블 형식의 보고서 내의 셀들 중 하나의 활성 셀에 대응하는

방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 디스플레이는, 상기 합성된 상악안면 비대칭 누적적 전위 후위 상태, 상기 누적적 비대칭 종적 상태, 및 상기 누적적 비대칭 횡적 상태의 조합을 나타내는 제3 입력을 더 포함하는

방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 기준 마크 및 상기 상악안면 비대칭을 나타내는 연산된 결과를 보여주는 그래픽 도표를 디스플레이하는 단계를 더 포함하는

방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 디스플레이된 그래픽 도표는 시상면 뷰로부터 연산된 결과를 보여주고, 상기 하나 이상의 결과는 치아 편차를 나타내는

방법.

청구항 11

인코딩된 명령어로 구성된 논리 프로세서로서,

상기 인코딩된 명령어는:

적어도 제1 2-D 뷰로부터 환자의 머리의 컴퓨터 단층촬영 스캔으로부터 재구성된 볼륨 이미지 데이터를 디스플레이하고;

상기 환자의 입 안의 하나 이상의 치열 요소(dentition elements)를 세그먼트화하고;

적어도 하나의 상악안면 기준 마크 및 상기 세그먼트화된 하나 이상의 치열 요소로부터의 데이터에 따라 상기 환자에 대한 복수의 두부 계측 파라미터를 연산 및 디스플레이하고;

상기 연산된 두부 계측 파라미터를 사용해서, 상악안면 비대칭을 나타내는 하나 이상의 결과를 연산하고;

그래픽 또는 텍스트 디스플레이에 전력을 공급해서 비대칭을 나타내는 연산된 결과를 보여주고, 그래픽 또는 텍스트 디스플레이에 전력을 공급해서 상악안면 비대칭을 나타내는 연산된 결과를 보여주기 위한 것이고,

상기 디스플레이는,

상이한 선택된 상악안면 전위 후위 관계, 비대칭 종적 관계 및 비대칭 횡적 관계를 나타내는 복수의 제1 입력, 및

상기 복수의 제1 입력을 사용해서 생성된, 합성된 상악안면 비대칭 누적적 전위 후위 상태, 누적적 비대칭 종적 상태, 및 누적적 비대칭 횡적 상태를 나타내는 복수의 제2 입력을 포함하는

논리 프로세서.

청구항 12

제11항에 있어서,

복수의 네트워크를 갖는 분석 엔진 모델을 사용해서 두부 계측 파라미터를 위해 구성되는

논리 프로세서.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 일반적으로 x-선 컴퓨터 단층촬영(x-ray computed tomography)에서의 이미지 처리에 관한 것으로, 특히 3차원 두부 계측 분석(cephalometric analysis)을 위한 3-D 데이터 획득에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 두부 계측 분석은 머리에 대한 치아 및 골격 관계의 연구이며, 환자의 개선된 치료를 위한 평가 및 계획 도구로서 치과 의사 및 치열 교정 의사에 의해 사용된다. 종래의 두부 계측 분석은 치료 전에 안면의 피쳐(feature; 생김새) 및 이상(abnormality)을 진단하거나 또는 치료의 진척을 평가하기 위해 2-D 두부 계측 방사선 사진에서 뼈 및 연조직 랜드마크를 식별한다.

[0003] 예를 들어, 두부 계측 분석에서 식별될 수 있는 지배적인 이상은 상악골과 하악골 사이의 골격 관계와 관련되는 전후위 부정교합 문제이다. 부정교합은 상악골 첫 번째 대구치의 상대적인 위치에 기초하여 분류된다. Class

I, 중심교합(neutroccclusion)의 경우, 대구치 관계는 정상이지만, 그 밖의 치아들은 이격(spacing), 밀집(crowding), 또는 과잉 또는 과부족 봉출(over- or under-eruption)과 같은 문제가 있을 수 있다. Class II, 원심교합(distroccclusion)의 경우, 상악골 첫 번째 대구치의 근심협측 첨단(mesiobuccal cusp)이 첫 번째 하악골 대구치와 두 번째 소구치 사이에 위치된다. Class III, 근심교합(mesioccclusion)의 경우, 상악골 첫 번째 대구치의 근심협측 첨단이 하악골 첫 번째 대구치의 근심협측 홈(mesiobuccal grooves)보다 후위에 위치된다.

[0004] "Cephalometrics in Clinical Practice"(Charles H. Tweed Foundation for Orthodontic Research, October 1956, pp. 8-29에서 발표된 논문)라는 제목의 논문에서 Steiner에 의해 설명된 예시적인 종래의 2-D 두부 계측 분석 방법은 각도 측정을 사용해서 두개 기저부에 관하여 상악골 및 하악골을 평가한다. 설명된 절차에 있어서, Steiner는 4개의 랜드마크, 즉 비근점(Nasion), 포인트 A(Point A), 포인트 B(Point B) 및 안형요와(Sella)를 선택한다. 비근점은 두개골의 전두골과 2개의 비골의 교점이다. 포인트 A는 상악골의 치근첨단 기저부의 전위 한계로서 간주된다. 포인트 B는 하악골의 치근첨단 기저부의 전위 한계로서 간주된다. 안형요와는 터키안장(sella turcica)의 중간 지점에 있다. 각도 SNA(안형요와(Sella)로부터 비근점(Nasion)에 이어 포인트 A까지)는 상악골이 두개 기저부의 전위 또는 후위에 위치되는지를 판정하는 데 사용되고; 약 82도의 판독치가 정상으로 간주된다. 각도 SNB(안형요와(Sella)로부터 비근점(Nasion)에 이어 포인트 B까지)는 하악골이 두개 기저부의 전위 또는 후위에 위치되는지를 판정하는 데 사용되고; 약 80도의 판독치가 정상으로 간주된다.

[0005] 치열 교정학에 있어서의 최근 연구에 따르면, 종래의 2-D 두부 계측 분석을 사용해서 제공되는 결과에 있어서는 부정확 및 불일치가 지속되는 것으로 나타났다. 하나의 주목할 만한 연구는, *Angle Orthodontics*, September 2008, pp. 873-879에서의 Vandana Kumar 등에 의한 "In vivo comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms"라는 제목의 연구이다.

[0006] 데이터 획득에 있어서의 근본적인 한계로 인해, 종래의 2-D 두부 계측 분석은 인간의 안면에 대한 균형 및 대칭을 염려하지 않고 주로 미학에 중점을 둔다. *World Journal of Orthodontics*, pp. 1-6에서의 Treil 등에 의한 "The human face as a 3D model for cephalometric analysis"라는 제목의 논문에 언급된 바와 같이, 평면 기하학은 해부학적 볼륨 및 그 성장을 분석하기에는 부적절하고; 3-D 진단만이 해부학적 상악안면 복합체를 적절하게 분석할 수 있다. 정상적인 관계는 2가지의 중요한 양태, 즉 균형 및 대칭을 더 가지며, 모델의 균형 및 대칭이 안정적인 경우, 이들 특성은 각각의 사람에 대하여 무엇이 정상인지를 정의한다.

[0007] Tuncay 등에 의한 "System and method of digitally modeling craniofacial features for the purposes of diagnosis and treatment predictions"라는 제목의 미국 특허 제6879712호는 두개안면 피처의 컴퓨터 모델을 생성하는 방법을 개시한다. 3차원 안면 피처 데이터는 레이저 스캐닝 및 디지털 사진을 사용해서 획득되고; 치아를 물리적으로 모델링함으로써 치아 피처가 획득된다. 모델이 레이저 스캐닝된다. 이후, 방사선 사진으로부터 골격 피처가 취득된다. 데이터는 3차원으로 조작 및 관찰될 수 있는 단일의 컴퓨터 모델에 결합된다. 모델은 또한, 현재 모델링된 두개안면 피처와 이론적인 두개안면 피처 사이의 애니메이션 능력을 갖는다.

[0008] Sachdeva 등에 의한 "Method and apparatus for simulating tooth movement for an orthodontic patient"라는 제목의 미국 특허 제6,250,918호는 실제 치열 교정 구조의 3-D 디지털 모델 및 원하는 치열 교정 구조의 3-D 모델로부터 3-D 직접 이동 경로를 결정하는 방법을 개시한다. 이 방법은 레이저 스캐닝된 크라운 및 스케일링을 위한 치아 표면 상의 마커를 사용해서 각각의 치아의 상응하는 3차원 직접 경로에 기초하여 치아 이동을 시뮬레이션한다. 설명되어 있는 방법을 사용한 진정한 전체 치아 3-D 데이터는 없다.

[0009] 측정의 입력 및 이러한 측정에 기초한 두개안면 피처에 대한 생체 계측 데이터의 연산을 자동화하는 기술을 개발하는 쪽으로 유의미한 연구가 이루어지고 있지만, 개선의 여지가 상당하다. 기존의 도구의 이점이 있다고 해도, 의사는 생체 계측 데이터를 효과적으로 사용하기 위해 충분한 수련이 필요하다. 상당한 양의 측정 및 계산된 데이터는 치료 계획을 개발 및 유지하는 작업을 복잡하게 만들고 사람의 실수 및 오류의 위험을 증가시킬 수 있다.

[0010] 따라서, 치료 계획을 지시하고 진행 중인 치료의 다른 단계에서 환자 진척을 추적하는 데 도움이 될 수 있는 두부 계측 결과를 생성 및 보고하는 분석 유틸리티의 개발에 특별한 가치가 있음을 알 수 있다.

발명의 내용

[0011] 두부 계측 분석을 위한 3-D 해부학적 데이터를 획득하는 개선된 방법에 대한 필요성에 대처하는 것이 본 개시물의 목적이다. 이러한 목적을 염두에 두고, 본 개시물은 3-D 두부 계측 분석을 위한 방법을 제공하고, 해당 방법은 컴퓨터 프로세서 상에서 적어도 부분적으로 실행되며 환자의 3-D 두부 계측 분석 방법을 포함하고, 해당

방법은 컴퓨터 프로세서 상에서 적어도 부분적으로 실행되며, 적어도 제1 2-D 뷰(view)로부터 환자의 머리의 컴퓨터 단층촬영 스캔으로부터 재구성된 볼륨 이미지 데이터를 디스플레이하는 단계; 적어도 디스플레이된 제1 2-D 뷰 상에 적어도 하나의 기준 마크를 위치설정 및 디스플레이하는 조작자 명령을 수용하는 단계; 환자의 입 안의 하나 이상의 치열 요소를 세그먼트화하는 단계; 적어도 하나의 기준 마크 및 세그먼트화된 하나 이상의 치열 요소로부터의 데이터에 따라 환자에 대한 복수의 두부 계측 파라미터를 연산 및 디스플레이하는 단계; 연산된 두부 계측 파라미터를 사용해서, 상악안면 비대칭을 나타내는 하나 이상의 결과를 연산하는 단계; 및 그래픽 또는 텍스트 디스플레이에 전력을 공급해서 상악안면 비대칭을 나타내는 연산된 결과를 보여주는 단계를 포함한다.

[0012] 본 개시물의 특징은 해부학적 피처를 나타내는 기준 마크의 위치를 식별하기 위해 조작자와 상호작용하는 것이다.

[0013] 본 개시물의 실시형태들은, 상승적인 방식으로, 피처 식별을 위해 시스템의 인간 조작자의 숙련도를 컴퓨터 기능과 통합한다. 이는, 창의성, 휴리스틱의 사용, 융통성, 및 판단력에 관하여 인간의 숙련도를 이용하고, 이들을 연산 속도, 철저하고 정확한 처리 능력, 및 보고 및 데이터 액세스 능력과 같은 컴퓨터 이점과 결합한다.

[0014] 본 개시물의 이들 및 다른 양태, 목적, 특징 및 이점은 이하의 바람직한 실시형태의 상세한 설명 및 첨부된 청구범위의 검토, 그리고 첨부 도면의 참조에 의해 보다 명확하게 이해되고 인식될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0015] 본 발명의 상기 및 다른 목적, 특징, 및 이점은, 첨부 도면에서 예시되는 바와 같이, 본 개시물의 실시형태들의 이하의 보다 구체적인 설명으로부터 명백해질 것이다.

도면의 요소들은 반드시 서로에 대하여 비례하는 것은 아니다.

도 1은 두부 계측 분석을 제공하기 위한 이미징 시스템을 도시하는 개략도이다.

도 2는 본 개시물의 실시형태에 따른 3-D 두부 계측 분석 프로세스를 도시하는 논리 흐름도이다.

도 3은 3-D 렌더링된 CBCT 머리 볼륨 이미지의 뷰이다.

도 4는 치아 세그먼트화 이후의 3-D 렌더링된 치아 볼륨 이미지의 뷰이다.

도 5는 CBCT 머리 볼륨 이미지 및 조작자-입력 기준 마크의 3가지 직교 뷰를 디스플레이하는 사용자 인터페이스의 뷰이다.

도 6은 3-D 기준 마크 세트가 디스플레이되어 있는 3-D 렌더링된 CBCT 머리 볼륨 이미지의 뷰이다.

도 7a, 7b, 및 7c는 두부 계측 분석을 위한 프레임워크를 제공하는 식별된 해부학적 피처를 도시하는 투시도이다.

도 8은 두부 계측 분석에 사용되는 프레임워크를 생성하는 조작자 명령을 수용하는 단계들을 도시하는 논리 흐름도이다.

도 9a, 9b, 및 9c는 조작자-입력 기준 마크를 사용해서 해부학적 피처의 위치를 지정하기 위한 조작자 인터페이스를 도시한다.

도 10a, 10b, 10c, 10d, 및 10e는 볼륨 이미지 데이터 및 상응하는 조작자-입력 기준 마크를 사용해서 다양한 파생된 파라미터를 계산하는 방법을 도시하는 그래프이다.

도 11은 세그먼트화된 치아 데이터로부터 다수의 파생된 두부 계측 파라미터를 도시하는 3-D 그래프이다.

도 12는 세그먼트화된 치아 데이터로부터 파생된 두부 계측 파라미터를 도시하는 2-D 그래프이다.

도 13은 세그먼트화된 치아 데이터로부터 파생된 두부 계측 파라미터를 도시하는 다른 3-D 그래프이다.

도 14는 세그먼트화된 치아 데이터 및 치료 파라미터로부터 파생된 두부 계측 파라미터를 도시하는 그래프이다.

도 15는 시스템에 의해 치아 배제를 학습하는 방법을 도시하는 3-D 그래프이다.

도 16a는 디지털 모형(digital phantom)의 치아를 도시하는 사시도이다.

- 도 16b는 위턱 및 아래턱에 대한 관성계의 연산된 축선들을 도시하는 3-D 그래프이다.
- 도 17a는 특정 치아 구조에 대한 평행도(parallelism)를 도시하는 그래프이다.
- 도 17b는 특정 치아 구조에 대한 평행도를 도시하는 그래프이다.
- 도 18a는 치아 결손이 있는 디지털 모형의 치아를 도시하는 사시도이다.
- 도 18b는 도 18a의 실시예에 대한 위턱 및 아래턱에 대한 관성계의 연산된 축선들을 도시하는 그래프이다.
- 도 19a는 특정 치아 구조에 대한 평행도의 결여를 도시하는 그래프이다.
- 도 19b는 특정 치아 구조에 대한 평행도의 결여를 도시하는 그래프이다.
- 도 20a는 치아 배제가 있는 디지털 모형의 치아를 도시하는 사시도이다.
- 도 20b는 도 20a의 실시예에 대한 위턱 및 아래턱에 대한 관성계의 연산된 축선들을 도시하는 그래프이다.
- 도 21a는 결손 치아에 대한 치아 배제를 도시하는 실시예이다.
- 도 21b는 도 21a의 실시예에 대한 위턱 및 아래턱에 대한 관성계의 연산된 축선들을 도시하는 그래프이다.
- 도 22a는 결손 치아에 대한 치아 배제를 도시하는 실시예이다.
- 도 22b는 도 22a의 실시예에 대한 위턱 및 아래턱에 대한 관성계의 연산된 축선들을 도시하는 그래프이다.
- 도 23a는 특정 치아들을 배제한 결과를 보여주는 이미지이다.
- 도 23b는 도 23a의 실시예에 대한 위턱 및 아래턱에 대한 관성계의 연산된 축선들을 도시하는 그래프이다.
- 도 24는 DOL 기준계의 다수의 랜드마크 및 좌표 축선 또는 벡터를 도시한다.
- 도 25는 DOL 기준계의 대체 공간으로의 랜드마크 리맵핑(re-mapping)을 도시한다.
- 도 26은 이 리맵핑을 사용해서 변환된 치아 관성계를 구비한 실시예를 측면 뷰로 도시한다.
- 도 27은 본 개시물의 실시형태에 따른 분석 엔진을 위한 독립 네트워크를 도시하는 개략도이다.
- 도 28은 본 개시물의 실시형태에 따른 분석 엔진을 위한 종속 또는 결합 네트워크를 도시하는 개략도이다.
- 도 29는 도 27의 독립 네트워크 배열을 사용하는 알고리즘에 대한 의사-코드(pseudo-code)를 도시한다.
- 도 30은 도 28의 종속적인 네트워크 배열을 사용하는 알고리즘에 대한 의사-코드를 도시한다.
- 도 31a는 예시적인 파라미터들을 수치 및 그 해석으로서 열거한다.
- 도 31b, 31c 및 31d는, 본원의 예시적인 실시형태들에 따른 예시적인 전체 상악안면 비대칭 파라미터들에 기초하여, 특정 환자에 대하여, 예시적인 파라미터들을 상악안면 비대칭에 대한 수치 및 그 해석으로서 열거한다.
- 도 32a는 교합 분석 및 아치 각도 특성을 갖는 특정 실시예에 대한 예시적인 테이블 형식의 결과를 도시한다.
- 도 32b는 상절치 및 하절치(upper and lower incisors)의 토크의 특정 실시예에 대한 예시적인 테이블 형식의 결과를 도시한다.
- 도 32c는 양후퇴(biretrusion) 또는 양돌출(biprotusion)의 평가를 갖는 다른 실시예에 대한 예시적인 테이블 형식의 결과를 도시한다.
- 도 32d는 특정 환자의 두부 계측 분석에 대한 결과의 예시적인 요약 목록을 도시한다.
- 도 32e는 도 35에 열거된 상태들 중 하나에 대한 상세한 목록을 도시한다.
- 도 33은 분석 결과에 기초하여 추진 메시지가 있는 시스템 디스플레이를 도시한다.
- 도 34는 분석 결과를 돕기 위한 그래픽 묘사가 있는 시스템 디스플레이를 도시한다.
- 도 35는 본 개시물의 실시형태에 따른 비대칭에 대한 예시적인 보고서를 도시한다.
- 도 36은 환자에 대한 상대적인 좌-우 비대칭을 정면 뷰로 보여주는 그래프이다.

도 37은 환자의 안면의 좌측 및 우측의 상대적인 중첩을 보여주는 그래프이다.

도 38은 안면 분기를 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 본 개시물의 이하의 실시형태들의 상세한 설명에 있어서는, 연이은 도면들에서의 동일한 요소들에 동일한 참조 번호를 할당한 도면들을 참조한다. 이들 도면은 본 발명의 실시형태들에 따라 전체 기능 및 관계를 예시하기 위해 제공되는 것이지만 실제 크기 및 비율을 나타내려는 의도로 제공되는 것은 아니라는 점에 유의해야 한다.
- [0017] "제1(first)", "제2(second)", "제3(thrid)" 등의 용어를 사용하는 경우, 이는 반드시 어떠한 서수 또는 우선 순위 관계를 나타내는 것이 아니고, 하나의 요소 또는 시간 간격을 다른 요소 또는 시간 간격과 더욱 명확하게 구별하는 데 사용될 수 있다.
- [0018] 본 개시물의 맥락에서, "이미지(image)"라는 용어는 개별 이미지 요소들로 구성된 다차원 이미지 데이터를 의미한다. 2-D 이미지의 경우, 개별 이미지 요소들은 사진 요소, 또는 픽셀이다. 3-D 이미지의 경우, 개별 이미지 요소들은 볼륨 이미지 요소, 또는 복셀(voxel)이다. "볼륨 이미지(volume image)"라는 용어는 "3-D 이미지"라는 용어와 동의어로 간주된다.
- [0019] 본 개시물의 맥락에서, "코드 값(code value)"이라는 용어는 각각의 2-D 이미지 픽셀과 연관된 값, 또는 그에 상응하여, 재구성된 3-D 볼륨 이미지에서의 각각의 볼륨 이미지 데이터 요소 또는 복셀과 연관된 값을 의미한다. 컴퓨터 단층촬영(CT) 또는 원추형-빔 컴퓨터 단층촬영(CBCT) 이미지에 대한 코드 값은 각각의 복셀의 감쇠 계수에 대한 정보를 제공하는 하운스필드(Hounsfield) 단위로 표현되는 경우가 많지만, 항상 그런 것은 아니다.
- [0020] 본 개시물의 맥락에서, "기하학적 프리미티브(geometric primitive)"라는 용어는 직사각형, 원, 선, 트레이스 곡선, 또는 그 밖의 트레이스 패턴과 같은 개방 또는 폐쇄 형상과 관련된다. "랜드마크(landmark)" 및 "해부학적 피처(anatomical feature)"라는 용어들은 동등한 것으로 간주되고, 디스플레이되는 환자의 해부학적 구조의 구체적인 생김새를 의미한다.
- [0021] 본 개시물의 맥락에서, "뷰어(viewer)", "조작자(operator)", 및 "사용자(user)"라는 용어들은 동등한 것으로 간주되고, 디스플레이 모니터 상의 치아 이미지와 같은 이미지를 보면서 조작하는 시술 의사 또는 그 밖의 사람을 의미한다. "조작자 명령(operator instruction)" 또는 "뷰어 명령(viewer instruction)"은, 예를 들면 컴퓨터 마우스 또는 터치 스크린 또는 키보드 입력을 사용해서 뷰어에 의해 입력되는 명시적인 커맨드로부터 취득된다.
- [0022] 디스플레이된 피처에 대한 "강조표시(highlighting)"라는 용어는 정보 및 이미지 디스플레이 분야의 당업자에게 이해되는 바와 같은 그 종래의 의미를 갖는다. 일반적으로, 강조표시는 뷰어의 관심을 끌기 위해 일부 국부화된 디스플레이 강화 형태를 사용한다. 예를 들어, 개별 장기, 뼈, 또는 구조와 같은 이미지의 일부분, 또는 하나의 챔버로부터 다음 챔버까지의 경로를 강조표시하는 것은, 한정되는 것은 아니지만, 주석 달기(annotating), 인근의 또는 중첩되는 기호를 디스플레이하기, 윤곽선긋기(outlining or tracing), 다른 이미지 또는 정보 콘텐츠와는 상이한 컬러로 또는 뚜렷하게 상이한 강도 또는 그레이 스케일로 디스플레이하기, 디스플레이의 일부분의 명멸하기 또는 애니메이션, 또는 보다 높은 선명도 또는 콘트라스트로 디스플레이하기를 포함하는 다수의 방법들 중 어느 하나로 달성될 수 있다.
- [0023] 본 개시물의 맥락에서, "파생된 파라미터(derived parameters)"라는 설명적인 용어는 취득된 또는 입력된 데이터 값의 처리로부터 계산되는 값과 관련된다. 파생된 파라미터는 스칼라, 점, 선, 체적, 벡터, 평면, 곡선, 각도값, 이미지, 폐쇄 윤곽선, 면적, 길이, 매트릭스, 텐서(tensor), 또는 수학적 표현일 수 있다.
- [0024] 본 명세서에서 사용되는 "세트(set)"라는 용어는, 세트의 요소들 또는 멤버들의 개념이 기초 수학에서 폭넓게 이해되기 때문에, 비어있지 않은 세트를 의미한다. "서브세트(subset)"라는 용어는, 달리 명시적으로 언급되지 않는 한, 본 명세서에서는 하나 이상의 멤버를 갖는 비어있지 않은 적절한 서브세트, 즉 보다 큰 세트의 하위 세트를 의미하는 것으로 사용된다. 세트 S의 경우, 서브세트는 완전한 세트 S를 포함할 수 있다. 그러나, 세트 S의 "적절한 서브세트(proper subset)"는 세트 S에 엄격하게 포함되고 세트 S의 적어도 하나의 멤버를 배제한다. 대안으로서, 보다 형식적으로 언급하면, 해당 용어가 본 개시물에서 사용될 때, (i) 서브세트 B가 비어있지 않고, (ii) $B \cap S$ 도 비어있지 않으며 서브세트 B가 세트 S에 있는 요소들만을 더 포함하고 세트 S보다

적은 카디널리티(cardinality)를 가지면, 서브세트 B는 세트 S의 적절한 서브세트라고 간주될 수 있다.

- [0025] 본 개시물의 맥락에서, "평면도(plan view)" 또는 "2-D 뷰(view)"는 수평면의 위치로부터 3차원(3-D) 객체를 통한 해당 객체의 2차원(2-D) 표현 또는 투영이다. 이 용어는 기존에 특정 시점에서 3-D 볼륨 이미지 데이터 내로부터 2-D 평면 표현을 디스플레이하는 것을 설명하는 데 사용된 "이미지 슬라이스(image slice)"라는 용어와 동의어이다. 3-D 볼륨 데이터의 2-D 뷰들은, 해당 뷰들이 취해지는 상응하는 평면들이 서로 90(+/-10)도로, 또는 서로 90도의 정수(n)배(n*90도, +/-10도)로 배치될 경우 실질적으로 직교하는 것으로 간주된다.
- [0026] 본 개시물의 맥락에서, "치열 요소(dentition element)"라는 일반적인 용어는 치아, 의치 및 임플란트와 같은 보철 장치, 및 치아 및 연관 보철 장치를 위한 턱을 포함하는 지지 구조와 관련된다.
- [0027] 본 개시물의 청구 대상은, 디지털 이미지로부터 데이터를 디지털로 처리해서 인식하고, 그에 따라 유용한 의미를 인간이 이해할 수 있는 객체, 속성 또는 상태에 부여하고 나서, 디지털 이미지의 추가적인 처리에서 얻어진 결과를 이용하는 기술을 의미하는 것으로 이해되는 디지털 이미지 처리 및 컴퓨터 비전 기술과 관련된다.
- [0028] 배경기술 부분에서 앞서 주지한 바와 같이, 종래의 2-D 두부 계측 분석은 다수의 중요한 결점을 갖는다. 환자의 머리를 머리 고정 장치 또는 다른 측정 장치의 중앙에 위치시키는 것이 어렵기 때문에, 재현성이 떨어진다. 취득되는 2차원 방사선 사진은 3-D 이미지가 아닌 중첩되는 머리 해부학 이미지를 생성한다. 두부 계측 사진 상에 랜드마크들을 배치하는 것은 어려울 수 있으며, 결과들이 불일치되곤 한다(*The Future of Orthodontics*, ed. Carine Carels, Guy Willems, Leuven University Press, 1998, pp. 181 - 192에서의 P. Planche 및 J. Treil에 의한 "for the next millennium"이라는 제목의 논문을 참조). 치료 계획을 개발 및 추적하는 일은, 부분적으로는, 수집 및 계산된 두부 계측 데이터의 양이 상당하기 때문에 복잡하다.
- [0029] 본 개시물의 실시형태는 3-D 해부학적 피쳐 지점들의 선택, 이들 피쳐 지점들로부터 도출되는 파라미터, 및 이들 도출된 파라미터들을 두부 계측 분석에서 이용하는 방법에 관하여 Treil의 이론을 이용한다. Treil이 저술한 참고 문헌은 *World Journal of Orthodontics*, 2005 Supplement, Vol. 6, issue 5, pp. 33-38에서의 Jacques Treil, B. Waysenson, J. Braga 및 J. Casteigt에 의한 "The Human Face as a 3D Model for Cephalometric Analysis" 및 *Seminars in Orthodontics*, Vol. 15, No. 1, March 2009에서의 J. Treil, J. Braga, J.-M. Loubes, E. Maza, J.-M. Inglese, J. Casteigt, 및 B. Waysenson에 의한 "Tooth Modeling for Orthodontic Assessment"를 포함한다.
- [0030] 도 1의 개략도는 3-D CBCT 두부 계측 이미징을 위한 이미징 장치(100)를 도시한다. 환자(12)를 이미징하는 경우, 일련의 다중 2-D 투영 이미지가 취득되고 이미징 장치(100)를 사용해서 처리된다. 회전식 마운트(130)가, 바람직하게는 환자(12)의 사이즈에 적합한 높이로 조절 가능하게 칼럼(118) 상에 설치된다. 마운트(130)는 환자(12)의 머리의 양측에 x-선 소스(110) 및 방사선 센서(121)를 유지하고 머리에 대한 스캔 패턴으로 소스(110) 및 센서(121)를 선회시키도록 회전한다. 마운트(130)는 환자의 머리의 중심부에 대응하는 축선(Q)을 중심으로 회전하고, 마운트(130)에 부착되는 컴포넌트들은 머리의 주위를 선회한다. 센서(121), 즉 디지털 센서는 CBCT 볼륨 이미징에 적합한 방사선 패턴을 방출하는 x-선 소스(110)에 대향하여 마운트(130)에 결합된다. 턱 받침대 또는 물기(bite) 요소와 같은 선택적인 머리 지지부(136)는 이미지를 획득하는 동안 환자의 머리를 안정화시킨다. 컴퓨터(106)는 조작자 커맨드를 수용하고 이미징 장치(100)에 의해 취득되는 치열 교정 이미지 데이터의 볼륨 이미지의 디스플레이를 위해 조작자 인터페이스(104) 및 디스플레이(108)를 구비한다. 컴퓨터(106)는 이미지 데이터를 취득하기 위해 센서(121)와 신호 통신하고, 소스(110)의 제어를 위한 신호 및, 선택적으로, 마운트(130) 컴포넌트용 회전 액추에이터(112)의 제어를 위한 신호를 제공한다. 컴퓨터(106)는 또한, 이미지 데이터를 저장하기 위해 메모리(132)와 신호 통신한다. 선택적인 정렬 장치(140)가 이미징 프로세스를 위해 환자의 머리의 적절한 정렬을 보조하도록 제공된다.
- [0031] 도 2의 논리 흐름도를 참조하면, 본 개시물의 실시형태에 따른 치과용 CBCT 볼륨으로 3-D 두부 계측 분석을 위한 치열 교정 데이터를 획득하는 데 사용되는 단계들의 시퀀스(200)가 도시되어 있다. CBCT 볼륨 이미지 데이터는 데이터 획득 단계 S102에서 액세스된다. 볼륨은 하나 이상의 2-D 이미지(또는 등가로, 슬라이스)의 이미지 데이터를 포함한다. 원래의 재구성된 CT 볼륨은 CT 스캐너로부터 취득되는 다중 2-D 투영 또는 부비동조영상(sinogram)을 사용하는 표준 재구성 알고리즘을 사용해서 형성된다. 실시예로서, 도 3은 뼈 해부학, 연조직, 및 치아를 포함하는 예시적인 치과용 CBCT 볼륨(202)을 도시한다.
- [0032] 도 2의 시퀀스를 계속하여, 세그먼트화 단계 S104에서는, 3-D 치아 세그먼트화 알고리즘을 치과용 CBCT 볼륨(202)에 적용함으로써 3-D 치열 요소 데이터가 수집된다. 치아 및 관련 치열 요소에 대한 세그먼트화 알고리즘

은 치과 이미징 분야에서 잘 알려져 있다. 예시적인 치아 세그먼트화 알고리즘은, 예를 들어, 전부 본 명세서에 참조로 포함되는, 공통적으로 양도된 Chen 등에 의한 "PANORAMIC IMAGE GENERATION FROM CBCT DENTAL IMAGES"라는 제목의 미국 특허출원 공개 제2013/0022252호; Chen 등에 의한 "METHOD AND SYSTEM FOR TOOTH SEGMENTATION IN DENTAL IMAGES"라는 제목의 미국 특허출원 공개 제2013/0022255호; 및 Chen에 의한 "METHOD FOR TOOTH DISSECTION IN CBCT VOLUME"이라는 제목의 미국 특허출원 공개 제2013/0022254호에서 설명된다.

[0033] 도 4에 도시된 바와 같이, 치아 세그먼트화 결과가 이미지(302)로 렌더링되고, 여기서 치아들은 전체로서 렌더링되지만, 개별적으로 세그먼트화된다. 각각의 치아는 치아 볼륨, 예를 들어, 치아 볼륨(304)이라고 하는 별도의 개체이다.

[0034] 세그먼트화된 치아들의 각각의 치아, 또는 보다 광범위하게, 세그먼트화되어 있는 각각의 치열 요소는, 최소한, 세그먼트화된 치열 요소 내의 각각의 복셀에 대한 3-D 위치 좌표를 포함하는 3-D 위치 리스트, 및 세그먼트화된 요소 내의 각각의 복셀의 코드 값 리스트를 갖는다. 이 점에서, 각각의 복셀에 대한 3-D 위치가 CBCT 볼륨 좌표계에 대하여 정의된다.

[0035] 도 2의 시퀀스에서의 기준 마크 선택 단계 S106에서는, CBCT 볼륨 이미지들이 상이한 화각들에 대하여 취득되는 2개 이상의 상이한 2-D 뷰로 디스플레이된다. 상이한 2-D 뷰들은, 예를 들어, 상이한 각도들일 수 있고 상이한 이미지 슬라이스들일 수 있거나, 또는 정투영 또는 실질적으로 정투영일 수 있거나, 또는 투시도일 수 있다. 본 개시물의 실시형태에 따르면, 3가지의 뷰는 상호간에 직교한다.

[0036] 도 5는 3가지의 직교 2-D 뷰를 도시하는 디스플레이 인터페이스(402)를 갖는 예시적인 포맷을 도시한다. 디스플레이 인터페이스(402)에 있어서, 이미지(404)는 CBCT 볼륨 이미지(202)(도 3)의 축방향 2-D 뷰들 중 하나이고, 이미지(406)는 CBCT 볼륨 이미지(202)의 관상면 2-D 뷰들 중 하나이고, 이미지(408)는 CBCT 볼륨 이미지(202)의 시상면 2-D 뷰들 중 하나이다. 디스플레이 인터페이스는, 의사 또는 기술자와 같은 뷰어가 복수의 3-D 두부 계측 분석 작업을 달성하기 위해 다양한 이미지 처리/컴퓨터 알고리즘을 실행하는 컴퓨터 시스템과 상호작용할 수 있게 한다. 뷰어 상호작용은, 보다 상세하게는 후속하여 설명되는 상호작용을 위해, 동작을 선택하거나 이미지의 좌표를 지정하기 위해 컴퓨터 마우스 조이스틱 또는 터치패드와 같은 포인터를 사용하거나, 또는 터치 스크린을 사용하는 바와 같이, 사용자 인터페이스 분야의 당업자에게 알려져 있는 다수의 형태들 중 어느 하나를 취할 수 있다.

[0037] 3-D 두부 계측 분석 작업들 중 하나는 도 2의 3-D 기준 마크 선택 단계 S106에서 자동 식별을 수행하는 것이다. 디스플레이된 이미지 상에서 뷰어에 의해 식별되는 일종의 3-D 랜드마크 또는 피쳐 지점과 균등한 3-D 기준 마크들이 도 5에서의 디스플레이 인터페이스(402)의 서로 다른 상호 직교 2-D 뷰들에 도시된다. 도 5에 도시되는 예시적인 3-D 해부학적 기준 마크들은 기준 마크(414)에서의 하부 코 구개공(nasal palatine foramen)이다. 도 6의 뷰에 도시된 바와 같이, 디스플레이된 이미지(502) 상에서 뷰어에 의해 지시될 수 있는 다른 해부학적 기준 마크들은 기준 마크(508 및 510)에서의 안와하공(infraorbital foramen), 및 기준 마크(504 및 506)에서의 추골(malleus)을 포함한다.

[0038] 도 2의 단계 S106에서, 뷰어는 포인팅 장치(예를 들어, 마우스 또는 터치 스크린과 같음)를 사용해서 3가지 뷰 중 어느 하나에서 적절한 위치에 일종의 기하학적 프리미티브로서 기준 마크를 위치설정한다. 본 명세서의 도면들에 도시된 본 개시물의 실시형태에 따르면, 기준 마크는 원으로서 디스플레이된다. 예를 들어, 도 5의 디스플레이 인터페이스 스크린을 이용하면, 뷰어는 이미지(404)로서 도시된 뷰에서 위치(414)에 기준점에 대한 기준 마크로서 작은 원을 배치한다. 기준 마크(414)는 이미지(404)에서뿐만 아니라, 이미지(406 및 408)에서의 상응하는 뷰의 적절한 위치에 작은 원으로서 디스플레이된다. 뷰어는 디스플레이된 뷰들 중 하나(404, 406 또는 408)에서만 기준 마크(414)의 위치를 지시할 필요가 있으며; 시스템은 환자 해부구조의 다른 뷰들에서 동일한 기준 마크(414)를 보여주는 것으로 응답한다는 점에 유의하는 것이 중요하다. 따라서, 뷰어는 가장 쉽게 볼 수 있는 뷰에서 기준 마크(414)를 식별할 수 있다.

[0039] 사용자는, 기준 마크(414)를 입력한 후에, 디스플레이된 뷰들 중 어느 하나에서 기준 마크(414)의 위치를 조정하기 위해 키보드 또는 디스플레이된 아이콘과 같은 조작자 인터페이스 도구를 사용할 수 있다. 뷰어는 또한, 입력된 기준 마크를 제거하고 새로운 기준 마크를 입력할 수도 있다.

[0040] 디스플레이 인터페이스(402)(도 5)는 디스플레이된 뷰들 중 일부 또는 전부의 사이즈를 조절하기 위한 줌 인/아웃 유틸리티를 제공한다. 따라서, 뷰어는 향상된 기준 마크 위치설정을 위해 상이한 이미지들을 효율적으로 조작할 수 있다.

- [0041] 3-D 이미지 콘텐츠의 뷰들을 참조하여 이루어지며 해당 뷰들에서 보이는 기준 마크들의 집합은 환자의 머리 형상 및 구조를 보다 정확하게 특정하는 데 사용될 수 있는 두부 계측 파라미터들의 세트를 제공한다. 두부 계측 파라미터들은 환자 머리의 특정한 피처에 대한 기준 마크 입력에 의해 직접적으로 제공된 좌표 정보를 포함한다. 두부 계측 파라미터들은 또한, 좌표 또는 기하학적 구조로서 직접적으로 입력되는 것이 아니라 좌표 정보로부터 파생된 환자 머리의 해부구조의 다양한 측정 가능한 특성들에 대한 정보, 말하자면 "파생된 두부 계측 파라미터(derived cephalometric parameters)"를 포함한다. 파생된 두부 계측 파라미터들은 상대적인 사이즈 또는 체적, 대칭, 방위, 형상, 이동 경로 및 가능한 이동 범위, 관성 축선, 질량 중심, 및 그 밖의 데이터에 대한 정보를 제공할 수 있다. 본 개시물의 맥락에 있어서, "두부 계측 파라미터(cephalometric parameters)"라는 용어는, 예컨대 기준 마크에 의해 직접적으로 식별되는 것, 또는 기준 마크에 따라 연산되는 파생된 두부 계측 파라미터에 적용된다. 예를 들어, 특정한 기준점들이 그들의 상응하는 기준 마크들에 의해 식별되면, 도 6에서 보다 명확하게 도시된 바와 같이, 전체 피처들의 적절한 특정을 위해 프레임워크 연결선(522)이 기준점들을 연결하도록 구성된다. 프레임워크 연결선(522)은 3-D 공간에서 벡터로서 간주될 수 있으며; 그들의 치수 및 공간 특성은 치열 교정 목적 및 그 밖의 목적의 연산에서 사용될 수 있는 추가적인 볼륨 이미지 데이터를 제공한다.
- [0042] 각각의 기준 마크(414, 504, 506, 508, 510)는 이미지 처리 장치(100)의 컴퓨터(106)에 의해 볼륨 데이터 내에서 자동으로 생성되며 후속 분석 및 측정 처리를 용이하게 하는 프레임워크를 형성하는 하나 이상의 프레임워크 연결선(522)에 대한 말단 지점이다. 도 7a, 7b, 및 7c는, 상이한 투시도들로부터 디스플레이된 3-D 이미지(502a, 502b, 및 502c)에 대하여, 정점들에 기준점들이 있는 선택된 기준점들의 프레임워크(520)가 전체 머리 구조의 치수 양태를 정의하는 데 어떻게 도움이 되는지를 보여준다. 본 개시물의 실시형태에 따르면, 조작자 명령은 도 5에 도시된 것들과 유사한 2-D 뷰들과 도 6에 도시된 볼륨 표현 사이를 조작자가 환자의 머리의 복셀들의 부분적인 투명도로 토글할 수 있게 한다. 이를 통해, 조작자는 기준 마크 배치 및 연결선 배치를 여러 각도에서 검사할 수 있게 되고; 디스플레이된 뷰들 중 임의의 뷰에서 기준 마크 위치의 조정이 이루어질 수 있다. 또한, 본 개시물의 실시형태에 따르면, 조작자는 특정한 기준 마크에 대하여 보다 정확한 좌표를 기입할 수 있다.
- [0043] 도 8의 논리 흐름도는 기준 마크 입력 및 식별을 위해 조작자 명령을 수용 및 처리하고 이미지 데이터 및 기준 마크에 따라 연산된 파라미터를 제공하기 위한 시퀀스의 단계들을 도시한다. 디스플레이 단계 S200은, 예를 들어 환자의 머리의 컴퓨터 단층촬영 스캔으로부터 재구성된 3-D 이미지 데이터의 서로 다른 각도, 예컨대 서로 직교하는 각도에서의 하나 이상의 2-D 뷰를 디스플레이한다. 선택적인 열거 단계 S210에서, 시스템은 재구성된 3-D 이미지에서 다수의 랜드마크 또는 해부학적 피처에 대한 위치 데이터의 입력을 필요로 하는 수치 입력을 위한 테이블 형식의 리스트, 일련의 프롬프트, 또는 일련의 레이블링된 필드와 같은 텍스트 목록을 제공한다. 이 목록은, 후술하는 바와 같이, 사용자 인터페이스 프롬프트 또는 메뉴 선택의 형태로 조작자에게 명시적으로 제공될 수 있다. 대안으로서, 목록은 암시적으로 정의될 수 있으며, 조작자는 위치 정보의 입력을 위해 특정한 시퀀스를 따를 필요가 없다. 상이한 해부학적 피처들에 x, y, z 위치 데이터를 제공하는 기준 마크들은 기록 단계 S220에서 입력된다. 해부학적 피처들은 환자의 입 안에 또는 밖에 있을 수 있다. 본 개시물의 실시형태들은 단계 S220에서 입력되는 바와 같이 디스플레이 상에서 식별되는 해부학적 피처들과, 도 2를 참조하여 앞서 주지된 바와 같이 치아 및 그 밖의 치열 요소에 대하여 자동으로 생성되는 세그먼트화 데이터의 조합을 사용할 수 있다.
- [0044] 도 8의 기록 단계 S220에서, 시스템은 해부구조의 각각의 랜드마크 피처에 대응하는 기준 마크를 위치설정하는 조작자 명령을 수용한다. 기준 마크는 조작자에 의해 제1 또는 제2 2-D 뷰에, 또는 2개 이상의 뷰가 존재할 경우에는 다른 뷰들 중 어느 하나에 입력되고, 이어서 입력은 디스플레이된 뷰들 각각에 디스플레이된다. 식별 단계 S230은 입력된 기준 마크에 대응하는 해부학적 피처 또는 랜드마크를 식별하고, 선택적으로, 조작자 입력의 정확성을 검증한다. 주어진 조작자 입력이 특정한 해부학적 피처에 대한 기준 마크의 위치를 정확하게 식별할 가능성을 결정하도록 비례 값이 계산된다. 예를 들어, 안와하공은 통상적으로 구개공으로부터 특정 거리 범위 내에 있으며; 시스템은 입력된 거리를 확인하고 상응하는 기준 마크가 적절히 위치되지 않은 경우 조작자에게 통지한다.
- [0045] 도 8의 시퀀스를 계속하여, 구성 단계 S240에서, 프레임워크 연결선은 프레임 생성을 위해 기준 마크들을 연결하도록 생성된다. 이후, 연산 및 디스플레이 단계 S250이 실행되어, 위치설정된 기준 마크들에 따라 하나 이상의 두부 계측 파라미터를 연산한다. 이어서, 연산된 파라미터들이 조작자에게 디스플레이된다.
- [0046] 도 9a, 9b, 및 9c는 디스플레이(108) 상에 나타나는 조작자 인터페이스를 도시한다. 조작자 인터페이스는, 디스플레이(108) 상에, 조작자 명령을 수용하고 특정 환자의 두부 계측 파라미터에 대한 연산 결과를 디스플레이

하기 위한 대화식 유틸리티를 제공한다. 디스플레이(108)는, 예를 들어, 조작자-지정 기준 마크 및 그 밖의 명령의 입력을 위한 터치 스크린 디스플레이일 수 있다. 디스플레이(108)는 볼륨 이미지 데이터의 적어도 하나의 2-D 뷰 또는 볼륨 이미지 데이터의 2개 이상의 2-D 뷰를 상이한 각도 또는 시각에서 동시에 디스플레이한다. 실시예로서, 도 9a는 측면 또는 시상면 뷰(152)와 쌍을 이루는 정면 또는 관상면 뷰(150)를 도시한다. 2개 이상의 뷰가 동시에 보여질 수 있으며, 서로 다른 2-D 뷰들이 보여질 수 있고, 디스플레이된 뷰들 각각은 본 개시물의 실시형태에 따라 독립적으로 위치된다. 뷰들은 서로 직교하는 뷰일 수 있거나 또는 단순히 서로 다른 각도에서의 뷰일 수 있다. 디스플레이(108)의 인터페이스의 일부로서, 선택적인 제어부(166)는 뷰어가 대안적인 고정 뷰들 사이를 토글함으로써 또는 3-D 축선 (x, y, z) 중 어느 하나를 따르는 증분으로 상대적인 투시 각도를 변경함으로써 하나 이상의 2-D 뷰가 취득되는 투시 각도를 조정할 수 있게 한다. 상응하는 제어부(166)가, 도 9c에 도시된 바와 같이, 각각의 2-D 뷰와 함께 제공될 수 있다. 디스플레이(108)에 도시되는 조작자 인터페이스를 사용하면, 마우스 또는 그 밖의 전자식 포인터일 수 있거나 또는 도 9a에 도시된 바와 같은 터치스크린 입력일 수 있는 어떤 타입의 포인터를 이용해서 각각의 기준 마크(414)가 조작자에 의해 입력된다. 조작자 인터페이스의 일부로서, 조작자가 프롬프트에 따라 특정한 기준 마크를 입력하는 것을 안내하거나, 또는 도 9b의 실시예에 도시된 바와 같이, 예컨대 드롭-다운 메뉴(168)로부터의 선택에 의한 조작자 입력을 식별하기 위해 선택적인 목록(156)이 제공된다. 따라서, 조작자는 목록(156)에 값을 입력하거나, 또는 필드(158)에 값을 입력하고 나서, 입력된 값과 연관되는 이름을 드롭-다운 메뉴(168)로부터 선택할 수 있다. 도 9a-9c는 기준점들 사이에 구성되는 프레임워크(154)를 도시한다. 도 9a에 도시되는 바와 같이, 각각의 입력되는 기준 마크(414)는 뷰(150) 및 뷰(152) 모두에서 보여질 수 있다. 선택된 기준 마크(414)는 굵게 보이거나 또는 다른 컬러로 보이는 바와 같이, 디스플레이(108) 상에서 강조표시된다. 특정한 기준 마크는, 예를 들어, 기준 마크에 대한 정보를 취득 또는 입력하기 위해 또는 그 위치를 옮기는 것과 같은 어떤 동작을 수행하기 위해 선택된다.

[0047] 도 9b에 도시된 실시형태에 있어서, 조작자에 의해 단순히 입력 또는 선택되는 기준 마크(414)는 목록(156)으로부터의 선택에 의해 식별된다. 도시된 실시예의 경우, 조작자는 지시된 기준 마크(414)를 선택하고 나서, 메뉴(168)로부터 "안와하공(infraorbital foramen)"과 같은 메뉴 선택을 한다. 선택적인 필드(158)는 강조표시된 기준 마크(414)를 식별한다. 예를 들어, 모델에 기초한 또는 표준적인 기지의 해부학적 관계에 기초한 계산이 기준 마크(414)를 식별하는 데 사용될 수 있다.

[0048] 도 9c는 조작자가 시스템에 의해 부정확하거나 가능성이 없는 것으로 검출된 기준 마크(414) 명령을 입력하는 실시예를 도시한다. 예러 프롬프트 또는 예러 메시지(160)가 디스플레이되어, 조작자 입력이 예러인 것 같다고 지시한다. 시스템은, 예를 들어, 모델에 기초하여 또는 학습된 데이터에 기초하여 특정한 랜드마크 또는 해부학적 피처에 대한 가능한 위치를 연산한다. 조작자 입력이 부정확한 것으로 보이면, 선택적인 대체 위치(416)와 함께 메시지(160)가 디스플레이된다. 시스템으로부터 계산된 정보에 따라 기준 마크를 재배치하기 위한 재배치 명령(164)과 함께, 오버라이드 명령(162)이 디스플레이된다. 디스플레이 스크린 또는 키보드로부터의 다른 조작자 입력을 수용함으로써 또는 도 9c의 실시예의 대체 위치(416)에서 시스템-연산된 기준 마크 위치를 수용함으로써, 재배치가 행해질 수 있다.

[0049] 본 개시물의 대안적인 실시형태에 따르면, 조작자는 기준 마크들이 입력될 때 이들을 레이블링할 필요가 없다. 대신에, 디스플레이는 조작자가 디스플레이된 2-D 뷰들 중 어느 하나에 특정한 랜드마크 또는 해부학적 피처를 표시하도록 유도하고 표시된 피처를 자동으로 레이블링한다. 이 안내 시퀀스에 있어서, 조작자는 지정된 랜드마크에 대한 상응하는 기준 마크의 위치를 표시함으로써 각각의 시스템 프롬프트에 응답한다.

[0050] 본 개시물의 대안적인 다른 실시형태에 따르면, 시스템은 조작자가 기준 마크를 표시할 때 어떤 랜드마크 또는 해부학적 피처가 식별되었는지를 결정하고; 조작자는 기준 마크들이 입력될 때 이들을 레이블링할 필요가 없다. 시스템은 이미 식별되어 있는 해부학적 피처에 대한 기지의 정보를 사용해서, 내지는 대안으로서, 재구성된 3-D 이미지 자체의 치수를 사용한 연산에 의해 가장 가능성이 높은 기준 마크를 연산한다.

[0051] 도 9a-9c의 실시예들에 도시된 조작자 인터페이스를 사용하면, 본 개시물의 실시형태들은 3-D 두부 계측 분석 프로세스에서 시스템의 인간 조작자의 숙련도를 컴퓨터의 능력과 상승적으로 통합하는 실용적인 3-D 두부 계측 분석 시스템을 제공한다. 이는, 창의성, 휴리스틱의 사용, 융통성, 및 판단력에 관하여 인간의 숙련도를 이용하고, 이들을 연산 속도, 정확하고 반복 가능한 처리 능력, 보고 및 데이터 액세스 및 저장 능력, 및 디스플레이 융통성과 같은 컴퓨터 이점과 결합한다.

[0052] 도 2의 시퀀스를 다시 참조하면, 충분한 랜드마크 세트가 입력될 때 연산 단계 S108에서 파생된 두부 계측 파라미터들이 연산된다. 도 10a 내지 10e는 두부 계측 데이터를 연산 및 분석하기 위한 처리 시퀀스를 도시하는 한

편, 조작자 입력 명령에 따라, 그리고 치열 요소들의 세그먼트화에 따라 결합된 볼륨 이미지 데이터 및 해부학적 피쳐 정보로부터 다수의 두부 계측 파라미터를 취득하는 방법을 도시한다. 본 개시물의 실시형태에 따르면, 도 10a 내지 10e에 도시된 피쳐들의 부분들이 디스플레이(108)(도 1) 상에 디스플레이된다.

- [0053] 도 10a에 도시되는 예시적인 파생된 두부 계측 파라미터는 도 6을 참조하여 전술한 바와 같이 기준 마크(504, 506, 508 및 510)를 가진 제1 기하학적 프리미티브들의 세트의 서브세트를 사용하는 것에 의해 연산된 3-D 평면(602)(두부 계측 분석에 있어서 t-기준면이라고 함)이다. 추가적인 파생된 두부 계측 파라미터는 t-기준계라고 하며 앞서 주지된 공보에서 Treil에 의해 설명된 3-D 좌표 기준계(612)이다. t-기준계(612)의 z 축선은 3-D t-기준면(602)에 수직하게 선택된다. t-기준계(612)의 y 축선은 기준 마크(508)와 기준 마크(504) 사이의 프레임워크 연결선(522)과 정렬된다. t-기준계(612)의 x 축선은 평면(602)에 있으며 t-기준계의 z 축선 및 y 축선 모두에 직교한다. t-기준계 축선들의 방향은 도 10a에, 그리고 후속하는 도 10b, 10c, 10d, 및 10e에 표시된다. t-기준계의 원점은 기준 마크(504)와 기준 마크(506)를 연결하는 프레임워크 연결선(522)의 중간에 있다.
- [0054] t-기준계(612)의 확립에 의해, 단계 S106으로부터의 3-D 기준 마크 및 단계 S104로부터의 3-D 치아 데이터(치아의 3-D 위치 리스트)는 CBCT 볼륨 좌표계로부터 t-기준계(612)로 변환된다. 이 변환에 의하면, 파생된 두부 계측 파라미터들 및 분석들의 후속 연산이 t-기준계(612)에 대하여 수행될 수 있게 된다.
- [0055] 도 10b를 참조하면, t-기준계(612)에서의 치아 데이터로부터의 두부 계측 파라미터들로부터 3-D 위턱 평면(704) 및 3-D 아래턱 평면(702)이 파생된다. 파생된 위턱 평면(704)은 위턱(상악골)으로부터 세그먼트화되는 치아 데이터에 따라 연산된다. 두부 계측 측정 및 분석 분야의 당업자에게 친숙한 방법들을 사용하면, 파생된 아래턱 평면(702)이 아래턱(하악골)으로부터 세그먼트화되는 치아 데이터에 따라 유사하게 연산된다.
- [0056] 치아 데이터로부터의 3-D 평면의 예시적인 연산의 경우, 턱에 있는 모든 치아의 복셀의 3-D 위치 벡터 및 코드 값을 사용해서 관성 텐서가 형성되고(Treil에 의한 인용 공보에서 설명됨); 이후, 관성 텐서로부터 고유벡터들이 연산된다. 이들 고유벡터는 턱의 방위를 t-기준계(612)에서 수학적으로 설명한다. 3-D 평면은 평면 법선으로서 고유벡터들 중 2개를 사용하거나, 또는 고유벡터들 중 하나를 사용해서 형성될 수 있다.
- [0057] 도 10c를 참조하면, 추가적인 파생 파라미터들이 도시된다. 각각의 턱에 대하여, 파생된 파라미터들로서 턱 곡선들이 연산된다. 위턱 곡선(810)은 위턱에 대하여 연산되고; 아래턱 곡선(812)은 아래턱에 대하여 파생된다. 턱 곡선은 각각의 턱에 있는 각 치아의 질량 중심과 교차하고 상응하는 턱 평면에 놓이도록 구성된다. 결과적으로, 치아의 질량 중심은 세그먼트화된 치아들에 대한 3-D 위치 리스트 및 코드 값 리스트를 사용해서 계산될 수 있다.
- [0058] 또한, 치아의 질량은 치아의 코드 값 리스트로부터 연산되는 파생된 두부 계측 파라미터이다. 도 10c에 있어서, 예시적인 치아 질량은 위턱 치아에 대해서는 원(814) 또는 다른 타입의 형상으로서 디스플레이된다. 본 개시물의 실시형태에 따르면, 예를 들어, 원 반경과 같이, 상대적인 형상 치수들 중 하나 이상이 상대적인 질량 값, 즉 턱에 있는 다른 치아들의 질량에 대한 특정 치아의 질량 값을 나타낸다. 예를 들어, 위턱의 첫 번째 대구치는 이웃하는 치아들의 질량 값보다 큰 질량 값을 갖는다.
- [0059] 본 개시물의 실시형태에 따르면, 각각의 치아에 대하여, 고유벡터 시스템이 또한 연산된다. 관성 텐서는, Treil에 의한 인용 공보에서 설명된 바와 같이, 처음에 치아의 복셀의 3-D 위치 벡터 및 코드 값을 사용해서 형성된다. 이후, 고유벡터들이 관성 텐서로부터 파생된 두부 계측 파라미터로서 연산된다. 이들 고유벡터는 치아의 방위를 t-기준계에서 수학적으로 설명한다.
- [0060] 도 10d에 도시된 바와 같이, 다른 파생된 파라미터인 교합 평면, 즉 3-D 평면(908)이 2개의 턱 평면(702 및 704)으로부터 연산된다. 교합 평면, 즉 3-D 평면(908)은 2개의 턱 평면(702 및 704) 사이에 놓인다. 평면(908)의 법선은 평면(702)의 법선 및 평면(704)의 법선의 평균이다.
- [0061] 개개의 치아에 대하여, 일반적으로, 최대 연산 고유값에 대응하는 고유벡터는 치아의 중심 축선을 나타내는 다른 파생된 두부 계측 파라미터이다. 도 10e는 치아들에 대한 2가지 타입의 예시적인 중심 축선, 즉 상절치에 대한 중심 축선(1006) 및 하절치에 대한 중심 축선(1004)을 도시한다.
- [0062] 치아의 중심 축선의 계산된 길이는 두부 계측 분석 및 치료 계획에 있어서 다른 파생된 파라미터들과 함께 유용한 두부 계측 파라미터이다. Treil에 의한 인용 공보에서 제안된 바와 같이 축선의 길이를 설정하기 위해 고유값을 사용하는 대신, 본 개시물의 실시형태들은 상이한 접근법을 이용해서 실제 중심 축선 길이를 파생된 파라미터로서 연산한다는 점에 유의해야 한다. 처음에, 치아 볼륨의 하단 슬라이스와 중심 축선의 제1 교차점이 위치된다. 이어서, 치아 볼륨의 상단 슬라이스와 중심 축선의 제2 교차점이 식별된다. 이후, 본 개시물의 실시

형태는 2개의 교차점 사이의 길이를 연산한다.

- [0063] 도 11은 위턱 평면(704) 및 아래턱 평면(702)과 관련하여 교합 평면(908)을 분리하고 턱 곡선들(810 및 812)의 상대적인 위치 및 곡률을 보여주는 확대도를 제공하는 그래프(1102)를 도시한다.
- [0064] 도 12는 윗니 중심 축선(1006)과 아랫니 중심 축선(1004) 사이의 위치 및 각도 관계를 보여주는 그래프(1202)를 도시한다.
- [0065] 전술한 설명에서 주지되고 상응하는 도면에 도시된 바와 같이, 치열 요소 세그먼트화 및 조각자-입력 기준 마크를 포함하여 결합된 볼륨 이미지 데이터로부터 파생될 수 있는 다수의 두부 계측 파라미터가 존재한다. 이들은 컴퓨터를 이용한 두부 계측 분석 단계 S110(도 2)에서 연산된다.
- [0066] 특히 가치 있는 것일 수 있는 단계 S110에서의 한 가지 예시적인 3-D 두부 계측 분석 절차는 상악골(위턱) 및 하악골(아래턱) 평면(702 및 704)의 상대적인 평행도와 관련된다. 위턱 평면 및 아래턱 평면(702 및 704)은 모두, 제각기, 앞서 주지된 바와 같이, 파생된 파라미터이다. 이하의 순서에 따라 평가를 수행할 수 있다:
- [0067]
 - 상악골 관성계의 x 축선(즉, 고유벡터)을 t-기준계의 x-z 평면에 투영하고 t-기준계의 z 축선과 투영 사이의 각도 MX1_RF를 연산하고;
- [0068]
 - 하악골 관성계의 x 축선(즉, 고유벡터)을 t-기준계의 x-z 평면에 투영하고 t-기준계의 z 축선과 투영 사이의 각도 MD1_RF를 연산하고;
- [0069]
 - $MX1_MD1_RF = MX1_RF - MD1_RF$ 는 t-기준계의 x-z 평면에서 위턱 및 아래턱의 평행도 평가를 제공하고;
- [0070]
 - 상악골 관성계의 y 축선(즉, 고유벡터)을 t-기준계의 y-z 평면에 투영하고 t-기준계의 y 축선과 투영 사이의 각도 MX2_RS를 연산하고;
- [0071]
 - 하악골 관성계의 y 축선(즉, 고유벡터)을 t-기준계의 y-z 평면에 투영하고 t-기준계의 y 축선과 투영 사이의 각도 MD2_RS를 연산하고;
- [0072]
 - $MX2_MD2_RS = MX2_RS - MD2_RS$ 는 t-기준계의 y-z 평면에서 위턱 및 아래턱의 평행도 평가를 제공한다.
- [0073] 단계 S110에서 실행된 다른 예시적인 3-D 두부 계측 분석 절차는 중심 축선(1006 및 1004)(도 10e, 도 12)을 사용해서 상악골(위턱) 절치 및 하악골(아래턱) 절치 사이의 각도 특성을 평가하는 것이다. 이하의 순서에 따라 평가를 수행할 수 있다:
- [0074]
 - 상절치 중심 축선(1006)을 t-기준계의 x-z 평면에 투영하고 t-기준계의 z 축선과 투영 사이의 각도 MX1_AF를 연산하고;
- [0075]
 - 하절치 중심 축선(1004)을 t-기준계의 x-z 평면에 투영하고 t-기준계의 z 축선과 투영 사이의 각도 MD1_AF를 연산하고;
- [0076]
 - $MX1_MD1_AF = MX1_AF - MD1_AF$ 는 t-기준계의 x-z 평면에서 상절치 및 하절치의 각도 특성 평가를 제공하고;
- [0077]
 - 상절치 중심 축선(1006)을 t-기준계의 y-z 평면에 투영하고 t-기준계의 y 축선과 투영 사이의 각도 MX2_AS를 연산하고;
- [0078]
 - 하절치 중심 축선(1004)을 t-기준계의 y-z 평면에 투영하고 t-기준계의 y 축선과 투영 사이의 각도 MD2_AS를 연산하고;
- [0079]
 - $MX2_MD2_AS = MX2_AS - MD2_AS$ 는 t-기준계의 y-z 평면에서 상절치 및 하절치의 각도 특성 평가를 제공한다.
- [0080] 도 13은 상절치에 대한 국소 x-y-z 좌표계(1302) 및 하절치에 대한 국소 x-y-z 좌표계(1304)를 보여주는 그래프(1300)를 도시한다. x-y-z 좌표계의 국소 축선들은 해당 특정 치아와 연관되는 고유벡터들과 정렬된다. x 축선은 도시되어 있지 않지만 오른손 좌표계 법칙을 충족시킨다.
- [0081] 도 13에서, 좌표계(1302)의 원점은 축선(1006)을 따르는 임의의 장소로 선택될 수 있다. 좌표계(1302)의 예시적인 원점은 축선(1006)과 연관된 치아의 질량 중심이다. 유사하게, 좌표계(1304)의 원점은 축선(1004)을 따르는 임의의 장소로 선택될 수 있다. 좌표계(1304)의 예시적인 원점은 축선(1004)과 연관된 치아의 질량 중심이다.
- [0082] 단계 S110(도 2)에서 수행되는 분석에 기초하여, 계획 단계 S112에서 조정 또는 치료 계획이 배열된다. 예시적

인 치료 계획은 그 국소 좌표계 원점과 같은 3-D 지점에서 국소 $x-y-z$ 좌표계의 x 축선과 같은 임의의 3-D 축선을 중심으로 상절치를 반시계방향으로 회전시키는 것이다. 도 14의 그래프는 축선 위치(1408)로의 회전을 도시한다.

- [0083] 도 2의 치료 단계 S114에서, 예를 들어, 상절치 회전에 기초한 계획에 기초하여 치료가 수행된다. 치료 계획은 실제 치료가 수행되기 전에 시각화 단계 S116에서 시각적으로 시험 및 검증될 수 있다.
- [0084] 도 2를 다시 참조하면, 단계 S114로부터 단계 S102로의 선(120)이 도시되어 있다. 이는 시퀀스(200) 작업 흐름에 피드백 루프가 있음을 나타낸다. 환자가 치료를 받은 후, 치료의 즉각적인 평가 또는, 대안으로서, 계획된 평가가 관련 데이터를 시스템에 대한 입력으로서 입력하는 것에 의해 수행될 수 있다. 이 목적을 위한 예시적인 관련 데이터는 광학, 방사선, MRI, 또는 초음파 이미징으로부터의 결과 및/또는 임의의 의미있는 관련 측정치 또는 결과를 포함할 수 있다.
- [0085] 도 2의 시퀀스(200)에서는, 선택적인 치아 배제 단계 S124가 또한 도시된다. 예를 들어, 환자가 하나 이상의 치아를 제거했을 경우, 제거된 치아를 보완한 치아는 배제될 수 있다. 이 단계의 경우, 조작자는 턱 평면들의 평행도에 관한 Treil의 이론에 기초하여 나머지 처리 단계들로부터 배제될 하나 이상의 치아를, 만약에 있다면, 특정한다. 도 15의 그래프는 가상 또는 디지털 모형(912)을 사용해서 시스템에 의해 치아 배제를 어떻게 학습할 수 있는지를 도시한다. 디지털 모형(912)은 연산에 사용되는 가상 모델이고, 랜드마크 세트와 위턱의 디지털 모형의 윗니 세트 및 아래턱의 디지털 모형의 아랫니 세트를 사용해서 구성된 디스플레이이다. 디지털 모형(912)은 환자 해부구조로부터 취득되며 랜드마크 및 그 밖의 제공된 해부학적 정보를 사용해서 생성된 이미지 데이터를 나타내는 3-D 또는 볼륨 이미지 데이터 모델이고, 필요에 따라 참조를 위해 저장될 수 있거나 또는 사용을 위해 생성될 수 있다. 다양한 타입의 디지털 모형의 사용은 디지털 방사선 분야의 당업자에게 잘 알려져 있다. 디지털 모형(912)의 기준 마크(504, 506, 508 및 510)와 같은 랜드마크는 CBCT 볼륨(202)(도 3)으로부터 식별되는 실제 기준 마크에 대응한다. 이들 랜드마크는 t -기준계(612)(도 10a-10e)를 연산하는 데 사용된다.
- [0086] 조작자는 디스플레이로부터 치아를 선택함으로써 또는 디스플레이에서 배제된 치아들을 식별하는 정보를 입력함으로써 하나 이상의 치아를 배제할 수 있다.
- [0087] 도 15의 표현에 있어서, 디지털 모형(912)의 디지털 치아(2202 및 2204)와 같은 윗니 및 아랫니가 디지털 방식으로 생성된다. 디지털 치아의 예시적인 형상은, 도시된 바와 같이 원통형이다. 이 실시예에서의 디지털 치아에 대한 예시적인 복셀 값은 255이다. 모형(912) 표현 및 처리를 위해 다른 형상들 및 값들이 사용될 수 있음을 이해할 수 있다.
- [0088] 도 16a는 디지털 모형(912)의 디지털 치아(2202 및 2204)를 도시한다. 디지털 위턱 및 디지털 아래턱에 있는 상응하는 디지털 치아들이 동일한 방식, 동일한 크기 및 동일한 코드 값으로 생성된다.
- [0089] 디지털 위턱 및 아래턱의 평행도를 평가하기 위해, 디지털 턱에 있는 모든 디지털 치아의 복셀의 3-D 위치 벡터 및 코드 값을 사용함으로써 각각의 디지털 턱에 대한 관성 텐서가 형성된다(앞서 인용된 Treil 공보를 참조). 이후, 관성 텐서로부터 고유벡터들이 연산된다. 관성계로서 이들 고유벡터는 t -기준계(612)(도 10a)에서의 턱의 방위를 수학적으로 설명한다. 앞서 주지된 바와 같이, 관성 텐서 데이터로부터 연산되는 고유벡터들은 파생된 두부 계측 파라미터의 한 유형이다.
- [0090] 도 16b에 도시된 바와 같이, 디지털 위턱 관성계(2206) 및 디지털 아래턱 관성계(2208)의 연산된 축선들은, 위턱 및 아래턱 치아들이 동일한 방식으로 생성되기 때문에, 예상대로 생성된 디지털 모형(912)에 대하여 평행하다. 도 17a는 위턱에 대한 선(2210) 및 아래턱에 대한 선(2212)을 따라 시상면 뷰에서 이러한 평행도를 도시하고; 도 17b는 위턱에 대한 선(2214) 및 아래턱에 대한 선(2216)에서 정면(관상면) 뷰에서 평행도를 도시한다.
- [0091] 도 18a 및 18b를 참조하면, 디지털 치아(2204)가 결손되어 있는 경우가 도시되어 있다. 디지털 위턱 관성계(2206) 및 디지털 아래턱 관성계(2208)의 연산된 축선들은 더 이상 평행하지 않다. 상응하는 도 19a 및 19b에 있어서, 이 오정렬은 또한, 위턱에 대한 선(2210) 및 아래턱에 대한 선(2212)을 따라 시상면 뷰에서; 그리고 위턱에 대한 선(2214) 및 아래턱에 대한 선(2216)을 따라 정면 뷰에서 검사될 수 있다. 본 개시물의 실시형태에 따르면, 하나 이상의 결손 치아로 인한 이러한 타입의 위턱 및 아래턱 평면(관성계)의 오정렬은 도 20a 및 20b에서 예시되는 바와 같이 각각의 결손 치아의 동반 치아를 배제함으로써 보정될 수 있다. 치아(2204)의 동반 치아는 치아들(2304, 2302 및 2202)이다. 치아(2304)는 치아(2204)에 대한 위턱에 있는 대응 치아이다. 치아들(2202 및 2302)은 치아들(2304 및 2204)에 대한 다른 쪽에 있는 대응 치아들이다. 결손 치아(2204)에 대한

동반 치아들을 배제하고 나면, 위턱에 대한 관성계(2206) 및 아래턱에 대한 관성계(2208)의 연산된 축선들이 다시 평행해진다.

- [0092] 도 21a 및 21b는 결손 치아에 대한 동반 치아들이 배제된 경우 CBCT 볼륨으로부터 세그먼트화된 치아들을 예시한다. 세그먼트화 결과는 이미지(2402)에 도시된다. 위턱 및 아래턱에 대한 관성계의 연산된 축선들은 그래프(2404)에 예시된 바와 같이 평행하다.
- [0093] 도 22a 및 22b는 치아 배제 단계 S124(도 2)를 사용해서 다른 환자에게 적용되는 동반 치아들의 배제 방법을 도시한다. 이미지(2500)에 도시된 바와 같이, 치아들(2502, 2504, 2506 및 2508)은 완전히 발달되어 있지 않다. 그들의 위치, 사이즈, 및 방위는 관성계 연산에 관하여 위턱 및 아래턱의 물리적 특성을 심각하게 왜곡시킨다. 도 22b의 그래프(2510)는 위턱 관성계(2512) 및 아래턱 관성계(2514)가 심각하게 오정렬(평행하지 않음)된 상황을 묘사한다.
- [0094] 도 23a 및 23b는 해당 이미지에서 특정 치아들을 배제한 결과를 도시한다. 이미지(2600)는 도 22a의 이미지(2500)에서 치아들(2502, 2504, 2506 및 2508)을 배제한 결과를 도시한다. 이들 치아의 교란 없이, 이미지(2600)에서 보여지는 치아들의 위턱의 관성계(2612) 및 아래턱의 관성계(2614)의 축선들은 그래프(2610)에 묘사된 바와 같이 평행하다.
- [0095] 생체 계측 연산(Biometry Computation)
- [0096] 해부학적 기준점들에 대한 입력된 랜드마크 데이터, 치아, 임플란트, 및 턱과 같은 치열 요소 및 관련 지지 구조의 세그먼트화, 및 전술한 바와 같이 취득되는 연산된 파라미터들을 고려해서, 상세한 생체 계측 연산이 수행될 수 있으며, 그 결과는 치료 계획의 수립 및 진행 중인 치료 진척의 모니터링을 보조하는 데 사용된다. 다시 도 8을 참조하면, 후속하여 설명되는 생체 계측 연산은 기록된 기준 마크들로부터 생성되는 파라미터들을 분석 및 디스플레이하기 위한 단계 S250에 관한 더 세부적인 내용을 제공한다.
- [0097] 본 개시물의 실시형태에 따르면, 치아들의 입력된 랜드마크 및 연산된 관성계는 원래의 CBCT 이미지 복셀 공간으로부터 대체 기준계로, 말하자면 좌표(x_d , y_d , z_d)를 갖는 직접 직교 랜드마크(direct orthogonal landmark)(DOL) 기준계로 변환된다. 도 24는 DOL 기준계의 다수의 랜드마크 및 좌표 축선 또는 벡터를 도시한다. 랜드마크(RIO 및 LIO)는 안와하공을 나타내고; 랜드마크(RHM 및 LHM)는 추골을 표시한다. (x_d , y_d , z_d)의 원점(o_d)은 선 연결 랜드마크(RIO 및 LIO)의 중간에서 선택된다. 벡터(x_d) 방향은 랜드마크(RIO)로부터 랜드마크(LIO)로 정의된다. YZ 평면은 점(o_d)에서 벡터(x_d)에 직교한다. RHM과 LHM을 연결하는 선과 YZ 평면의 교차점(o'_d)이 존재한다. 벡터(y_d) 방향은 o'_d 로부터 o_d 로 정의된다. 벡터(z_d)는 x_d 와 y_d 의 외적(cross product)이다.
- [0098] 이 변환을 사용하면, 식별된 랜드마크들이 도 25에 도시된 좌표 공간에 리맵핑될 수 있다. 도 26은 이 리맵핑을 사용해서 변환된 관성계를 구비한 실시예를 측면 뷰로 도시한다.
- [0099] 제한이 아닌 실시예로서, 하기의 목록은 변환된 랜드마크, 치열 세그먼트화, 및 관성계 데이터를 사용한 추가 분석을 위해 계산 및 사용될 수 있는 다수의 개별 데이터 파라미터를 식별한다.
- [0100] 변환된 공간에서 랜드마크들을 사용해서 계산될 수 있는 데이터 파라미터들의 제1 그룹은 전후위(antero-posterior) 값들을 제공한다:
- [0101] 1. Antero-posterior.alveolar.GIM-Gim: 상절치 및 하절치의 평균 관성 중심들간의 y 위치 차이.
- [0102] 2. Antero-posterior.alveolar.GM-Gm: 윗니 및 아랫니의 평균 관성 중심들간의 차이.
- [0103] 3. Antero-posterior.alveolar.TqIM: 평균 상절치 토크.
- [0104] 4. Antero-posterior.alveolar.Tqim: 평균 하절치 토크.
- [0105] 5. Antero-posterior.alveolar.(GIM+Gim)/2: GIM 및 Gim의 평균 y 위치.
- [0106] 6. Antero-posterior.basis.MNP-MM: 평균 코 구개 및 평균 이공(mental foramen)간의 y 위치 차이.
- [0107] 7. Antero-posterior.basis.MFM-MM: 평균 하악공 및 평균 이공간의 실제 거리.
- [0108] 8. Antero-posterior.architecture.MMy: 평균 이공의 y 위치.

- [0109] 9. Antero-posterior.architecture.MHM-MM: 평균 추골 및 평균 이공간의 실제 거리.
- [0110] 제2 그룹은 종적인(vertical) 값들을 제공한다:
- [0111] 10. Vertical.alveolar.Gdz: 모든 치아의 관성 중심의 z 위치.
- [0112] 11. Vertical.alveolar.MxII-MdII: 상부 아치 및 하부 아치의 제2 축선들의 각도들간의 차이.
- [0113] 12. Vertical.basis.<MHM-MIO,MFM-MM>: 벡터 MHM-MIO 및 MFM-MM간의 각도 차이.
- [0114] 13. Vertical.architecture.MMz: 평균 이공의 z 위치.
- [0115] 14. Vertical.architecture.13: 벡터 MHM-MIO 및 MHM-MM간의 각도 차이.
- [0116] 횡적인(transverse) 값들도 제공된다:
- [0117] 15. Transverse.alveolar.dM-dm: 우상/좌상 대구치 거리 및 우하/좌하 대구치 거리간의 차이.
- [0118] 16. Transverse.alveolar.TqM-Tqm: 상부 첫 번째 및 두 번째 대구치의 토크 및 하부 첫 번째 및 두 번째 대구치의 토크간의 차이.
- [0119] 17. Transverse.basis.(RGP-LGP)/(RFM-LFM): 보다 큰 우/좌 구개 거리 및 하악궁 거리의 비.
- [0120] 18. Transverse.architecture.(RIO-LIO)/(RM-LM): 우/좌 안와하궁 거리 및 이공 거리의 비.
- [0121] 그 밖의 계산된 또는 "추론된(deduced)" 값들이 다음과 같이 제공된다:
- [0122] 19. Deduced.hidden.GIM: 평균 상절치 y 위치.
- [0123] 20. Deduced.hidden.Gim: 평균 하절치 y 위치.
- [0124] 21. Deduced.hidden.(TqIM+Tqim)/2: 평균 상절치 토크 및 평균 하절치 토크의 평균.
- [0125] 22. Deduced.hidden.TqIM-Tqim: 평균 상절치 토크 및 평균 하절치 토크의 차이.
- [0126] 23. Deduced.hidden.MNPy: 평균 코 구개 y 위치.
- [0127] 24. Deduced.hidden.GIM-MNP(y): 평균 상절치 y 위치 및 평균 코 구개 y 위치의 차이.
- [0128] 25. Deduced.hidden.Gim-MM(y): 평균 이공 y 위치.
- [0129] 26. Deduced.hidden.Gdz/(MMz-Gdz): Gdz의 값 및 MMz-Gdz의 값간의 비.
- [0130] 이 목록은 예시적인 것이며 본 개시물의 범위 안에서 일부 다른 방식으로 확대, 편집, 또는 변경될 수 있다는 점에 유의해야 한다.
- [0131] 위에 주어진 예시적인 목록에 있어서는, 전위-후위 카테고리에 9개의 파라미터, 종적인 카테고리에 5개의 파라미터, 그리고 횡적인 카테고리에 4개의 파라미터가 있다. 상기 카테고리들 각각은, 차례로, 3가지 타입: 즉, alveolar(치조), basis(기저), architectural(구조)를 갖는다. 부가적으로, 특정한 공간 위치 또는 관계를 나타내지 않지만 후속 연산에서 사용될 수 있는 8개의 추론된 파라미터가 있다. 이들 파라미터는 정상 또는 이상으로서 추가로 레이블링될 수 있다.
- [0132] 정상 파라미터들은 전위-후위 부조화와 긍정적인 관계를 가지며, 즉 그들의 값에 관해서는 다음과 같다:
- [0133] Class III < Class I < Class II.
- [0134] 여기서, Class I 값들은 윗니, 아랫니 및 턱들 또는 균형잡힌 교합간의 정상적인 관계를 나타내고; Class II 값들은 하부 첫 번째 대구치가 상부 첫 번째 대구치에 대하여 후위에 있음을 나타내고; Class III 값들은 하부 첫 번째 대구치가 상부 첫 번째 대구치에 대하여 전위에 있음을 나타낸다.
- [0135] 이상 파라미터들은 전위-후위 부조화와 부정적인 관계를 가지며, 즉 그들의 교합 관련 값에 관해서는 다음과 같다:
- [0136] Class II < Class I < Class III.
- [0137] 본 개시물의 실시형태들은 해석을 위해 그리고 치료 계획에 대한 지침으로서 사용될 수 있는 가능한 상태 세트를 연산하기 위해 분석 엔진을 사용할 수 있다. 도 27-38은 분석 엔진 동작 및 구성의 다양한 양태와 분석 엔

진에 의해 생성되는 텍스트, 테이블 형식, 및 그래픽 결과 중 일부를 도시한다. 컴퓨터, 워크스테이션, 또는 호스트 프로세서는 필수 작업 및 기능을 달성하는 사전에 프로그램된 명령어 세트에 따라 분석 엔진으로서 구성될 수 있다는 점에 유의해야 한다.

- [0138] 본 개시물의 실시형태에 따르면, 분석 엔진은 도 27에 도시된 바와 같이 3 계층 네트워크(2700)로서 모델링될 수 있다. 이 모델에서는, 행 및 열 노드 입력은 행 및 열 입력 신호에 기초하여 이진 출력을 제공하는 비교기 세트(2702)로 지향되는 것으로 간주될 수 있다. 도시된 바와 같이, 각각의 가능한 입력 상태 세트에 대하여 하나의 출력 셀(2704)이 활성화된다. 도시된 실시예에 있어서, 입력 계층 1(2710)에는 앞서 열거된 26개의 파라미터 중 하나가 공급되고, 입력 계층 2(2720)에는 26개의 파라미터 중 다른 하나가 공급된다. 출력 계층(2730)은 9개의 셀을 포함하고, 각각의 셀은 2개의 입력이 특정 기준을 충족하는 경우, 즉 그 값들이 특정한 범위 내의 값일 경우, 한 가지 가능한 분석을 나타낸다.
- [0139] 본 개시물의 실시형태에 따르면, 분석 엔진은 13개의 네트워크를 갖는다. 이들은 도 27에 도시된 것과 유사한 독립 네트워크와 도 28에 도시된 바와 같은 결합 네트워크(2800 및 2810)를 포함한다.
- [0140] 도 29에 도시된 알고리즘은 도 27의 실시예에 도시된 것과 같이, 독립적인 분석 네트워크의 동작을 설명한다. 여기서, 값 x 및 y 는 입력 파라미터 값이고; m 은 네트워크 인덱스를 나타내고; $D(i, j)$ 는 출력 셀이다. 열 값들에 대한 "벡터(c_m) 평가" 및 행 값들에 대한 "벡터(r_m) 평가" 단계는 입력 값들이 충족하는 평가 기준이 무엇인지를 결정한다. 예를 들어, 다음 식에 있어서, $-\infty < x_m \leq \mu_{x_m}$ 이면, $c_m = [\text{참}, \text{거짓}, \text{거짓}]$ 이다.
- [0141] 도 28의 결합 네트워크는 2개의 다른 네트워크로부터의 결과를 조합하고 도 30에서의 알고리즘에 의해 설명되는 바와 같이 동작할 수 있다. 마찬가지로, 값 x 및 y 는 입력 값이고; m 은 네트워크 인덱스를 나타내고; $D(i, j)$ 는 출력 셀이다. 열 값들에 대한 "벡터(c_k) 평가" 및 행 값들에 대한 "벡터(r_k) 평가" 단계는 입력 값들이 충족하는 평가 기준이 무엇인지를 결정한다.
- [0142] 보다 넓은 양태에 있어서, 도 27을 참조하여 설명된 독립 네트워크 모델 또는 도 28을 참조하여 설명된 결합 네트워크 모델을 사용하는 전체 네트워크 배열은 의사에게 보고되어 치료 계획에 사용될 수 있는 유용한 결과를 제공하기 위해 분석이 다양한 지표를 검사, 비교, 및 결합할 수 있게 한다.
- [0143] 도 31a는, 앞서 주어진 26개의 파라미터 목록에 기초하여, 특정 환자에 대하여, 예시적인 파라미터들을 주로 치아의 부정교합에 대한 수치 및 그 해석으로서 열거한다. 도 31b, 31c 및 31d는, 본원의 예시적인 실시형태에 주어진 총 63개의 파라미터 목록에 기초하여, 특정 환자에 대하여, 예시적인 파라미터들을 상악안면 비대칭에 대한 수치 및 그 해석으로서 열거한다. 도 32a는 교합 분석 및 아치 각도 특성을 갖는 특정 실시예에 대한 예시적인 테이블 형식의 결과(3200)를 도시한다. 도 32a의 실시예에 있어서, 열들은 언더제트(underjet), 정상 절치 관계, 또는 오버제트(overjet) 상태를 나타낸다. 행들은 교합 등급 및 아치 각도 상태를 나타낸다. 도 32a에 도시된 바와 같이, 강조표시는 특정 관심사의 이상 상태 또는 다른 상태를 나타내는 정보의 디스플레이를 강조하는 데 사용될 수 있다. 도 32a에서의 특정 환자의 실시예의 경우, 분석은 결과적으로, Class III 교합 특성을 갖는 언더제트 상태를 나타낸다. 이 결과는 증중도 및 의사 판단에 따라 치료 계획을 추진하는 데 사용될 수 있다.
- [0144] 도 32b는 앞서 주어진 목록으로부터 파라미터 3 및 4를 사용해서 상절치 및 하절치에 대한 토크를 분석하는 다른 실시예에 대한 예시적인 테이블 형식의 결과(3200)를 도시한다.
- [0145] 도 32c는 앞서 주어진 계산된 파라미터를 파라미터 (5) 및 (21)로서 사용해서 양후퇴 또는 양돌출의 평가를 갖는 다른 실시예에 대한 예시적인 테이블 형식의 결과(3200)를 도시한다.
- [0146] 도 32d는 특정 환자의 두부 계측 분석에 대한 결과의 예시적인 요약 목록을 도시한다. 도시된 목록은 앞서 열거된 파라미터 1 - 26에 관하여 취해진 분석 표시를 나타낸다. 도 32d의 특정 실시예에 있어서는, 본 명세서에서 설명되는 바와 같이 파생된 생체 계측 파라미터 및 치열 정보를 사용한 파라미터 비교에 대한 13가지 결과가 존재한다. 실제로는 더 많거나 또는 더 적은 결과가 제공될 수도 있다. 도 32e는 후속하여 도시되는 바(도 35)와 같이 셀(3294)이 있는 테이블(3292)에 의해 테이블 형식의 목록으로 보고되는 상태들 중 하나에 대한 상세한 목록을 도시한다.
- [0147] 생체 계측 연산으로부터의 결과 정보는 다양한 상이한 형식으로 의사에게 제공될 수 있다. 도 31a - 32e에 도시된 것과 같은 테이블 형식의 정보는, 테이블 형식의 스프레드시트 배열로 디스플레이 및 추가적인 계산에 대하여 호환되는 CSV(comma-separated value)와 같은 파일 형태로 제공될 수 있거나, 또는 텍스트 메시지를 제공

하는 것에 의한 바와 같이 다른 형태로 표시될 수 있다. 도 26에 도시된 것과 같은 그래픽 디스플레이는 대안으로서, 예컨대 피쳐들에 대한 디스플레이의 강도 또는 컬러를 강조함으로써, 강조표시된 특정 결과를 갖는 출력으로서 제공될 수 있으며, 여기서, 측정된 및 계산된 파라미터들은 오버제트, 언더제트, 및 그 밖의 상태와 같은 이상 생체 계측 관계를 나타낸다.

[0148] 연산된 생체 계측 파라미터들은, 환자 모집단으로부터 수집된 통계 정보에 대하여 비교될 수 있는 결과를 제공하는, 관련된 파라미터들이 함께 처리되는 분석 시퀀스에서 사용될 수 있다. 이후, 비교를 사용해서, 다양한 피쳐들 사이의 이상 관계를 나타낼 수 있다. 이 관계 정보는 특정 환자의 경우에 상이한 파라미터들이 서로 어떻게 영향을 미치는지를 나타내는 데 도움이 될 수 있고, 치료 계획을 안내하는 데 사용된 결과 정보를 제공할 수 있다.

[0149] 다시 도 1을 참조하면, 메모리(132)는 환자의 모집단으로부터 수집된 두부 계측 정보의 통계 데이터베이스를 저장하는 데 사용될 수 있다. 치아 및 관련 지지 구조에 관한 치수 정보를, 이 데이터에 기초하여 머리 및 입의 부분들의 맞물림, 교합, 및 상관성에 대한 추가 정보와 함께 제공하는 생체 계측 데이터의 다양한 아이템이 환자 모집단으로부터 저장되고 분석될 수 있다. 분석 결과는 그 자체로 저장되어, 개별 환자의 치료를 위해 상당한 양의 유용한 정보를 산출할 수 있는 소정의 값들의 데이터베이스가 제공될 수 있다. 본 개시물의 실시형태에 따르면, 도 31a 및 31b에 열거된 파라미터 데이터는 각각의 환자에 대하여 연산 및 저장되고, 수백 명의 환자에 대하여 또는 적어도 통계적으로 유의미한 환자 그룹에 대하여 저장될 수 있다. 저장된 정보는 정상으로 간주되거나 또는 이상 및 보정 필요로 간주되는 범위를 결정하는 데 유용한 정보를 포함한다. 이후, 개별 환자의 경우에, 환자로부터의 생체 계측 데이터와 데이터베이스로부터 계산된 저장된 값들 사이의 비교는 효과적인 치료 계획에 대한 방향을 제공하는 데 도움이 될 수 있다.

[0150] 치열 교정 및 관련 분야의 당업자에게 잘 알려져 있는 바와 같이, 다양한 환자에 대하여 측정 및 계산된 다양한 생체 계측 파라미터들간의 관계는 복잡할 수 있기 때문에, 보정 조치가 필요한지를 적절히 평가하기 위해 다수의 변수가 연산 및 비교되어야 한다. 도 27 및 28을 참조하여 간단한 형태로 설명된 분석 엔진은 서로 다른 파라미터 쌍들을 비교하고 일련의 이진 출력 값들을 제공한다. 그러나, 실제로는 환자 모집단에서 보여지는 상태들 및 값들의 범위를 고려해서 보다 복잡한 처리를 수행할 수 있다.

[0151] 특정한 측정된 또는 계산된 생체 계측 파라미터들 및 결과들을 강조표시하는 것은 환자에 대한 치료 계획의 개발을 안내할 수 있는 유용한 데이터를 제공한다.

[0152] 도 33은 추천과 관련된 환자 해부구조의 분석 결과 및 강조표시 피쳐에 기초하여 추천 메시지(170)를 갖는 결과(3200)의 시스템 디스플레이를 도시한다. 도 34는 분석 결과(3200)의 그래픽 묘사가 있는 시스템 디스플레이(108)를 도시한다. 추천 메시지(170) 및 제어부(166)와 함께, 서로 다른 각도로 배치되는, 주석이 달린 3-D 뷰들(예컨대, 308a-308d)이 도시된다.

[0153] 본 개시물에 따른 특정한 예시적인 방법 및/또는 장치 실시형태는 비대칭 안면/치아 해부학적 구조를 평가하는 것을 돕는 데 사용될 수 있는 객관적인 지표 및 디스플레이된 데이터에 대한 필요성에 대처할 수 있다. 유리하게는, 예시적인 방법 및/또는 장치 실시형태는 의사에 의한 평가에 적합한 다수의 형식으로 디스플레이되는 측정 및 분석된 결과를 제시한다.

[0154] 도 35는 본 개시물의 실시형태에 따른 상악안면 비대칭 평가를 위한 예시적인 텍스트 보고서를 도시한다. 보고서는, 시스템으로부터 이용 가능한 일련의 평가 테이블 T1 - T19를, 도 31b에서의 파라미터 P1-P15와 같은 취득된 파라미터들간의 관계와 관련되는 계산에 기초하여 구성되는 상악안면/치아의 구조적 비대칭 특성 평가 코멘트를 제공하는 셀 입력(행 및 열 인덱스가 있는 C로 표시됨, 즉 C(행, 열))과 함께 열거한다. 도 32e에서는, 4개의 행 및 4개의 열을 갖는 예시적인 평가 테이블(3292)이 묘사된다.

[0155] 일 실시형태에 있어서, 각각의 예시적인 평가 테이블(예컨대, 19개의 평가 테이블)의 경우, 한 번에 하나의 셀(3294)만이 활성화될 수 있고; 활성화된 셀 내용은, 예를 들면 적색 글꼴로 디스플레이되는 것에 의해 강조표시된다. 예시적인 테이블(3292)에 있어서, 활성화된 셀은 절치 및 대구치 상부/하부 편차의 특성에 대하여 비대칭이 발견되지 않음을 나타내는, 내용이 "0"인 C(2,2)(3294)이다.

[0156] 예시적인 평가 테이블에 대한 빠른 참조를 위해, 본 개시물의 시스템은 평가 테이블 T1-T19로부터 테이블 번호(Tn), 파라미터 번호(Pk, j), 셀 인덱스(Cs, t), 및 실제 평가 코멘트에 대한 정보를 제공하는 체크리스트 타입의 간결한 요약 페이지(예컨대, 도 35)를 생성한다. 이러한 타입의 텍스트 보고서로부터 얻어지는 정보는 의사에게 도움이 될 수 있으며, 특정 환자에 대한 치료 계획을 개발하거나 치료 진척을 평가하는 데 유용할 수 있는

적어도 어느 정도 객관적인 지표를 제공한다. 의사에게 추가적으로 유리한 것은 환자의 전반적인 상태 평가에 관한 누적적인 총괄적 평가일 수 있다. 이는, 특히, 비대칭 안면/치아 해부학적 구조를 결정하는 데 이용되는 다수의 조건부 기준점들 및 그들간의 관계 또는 환자에 대한 관계가 가변적인 근본 원인과 함께 다수의 뷰-지향 및 3D-지향 치료 조건을 수반하는 상황일 수 있다.

[0157] 하나의 예시적인 비대칭 결정 테이블 실시형태에 있어서, 19개의 평가 테이블에는 수백 개의 기준점들 및 그들간의 수백 가지의 관계가 포함될 수 있다. 이 예시적인 비대칭 결정 테이블 실시형태에 있어서, 테이블은, T1: 절치 및 대구치 상부/하부 편차의 비대칭 정합; T2: 아치 회전; T3: 상부/하부 아치 우회전 및 상부 또는 하부 아치 책임능력; T4: 상절치/하절치 횡적 편차에서의 상부 또는 하부 아치의 응답인, 상절치 횡적 편차와 절치 상부/하부 편차의 비대칭 정합; T5: 상절치/하절치 횡적 편차에서의 상부 또는 하부 아치 전위 편차의 응답인, 전위 기저부 횡적 편차와 절치 상부/하부 편차의 비대칭 정합; T6: 상부 또는 하부 대구치 횡적 편차의 응답인, 상부 대구치 횡적 편차와 절치 상부/하부 대구치 편차의 비대칭 정합; T7: 하부 대구치 횡적 편차와 절치 상부/하부 대구치 편차의 비대칭 정합; T8: 기본 뼈대 상부/하부 편차의 비대칭 정합; T9: 전위 상악골 편차와 기본 뼈대 상부/하부 전위 관계의 비대칭 정합; T10: 전위 하악골 편차와 기본 뼈대 상부/하부 전위 관계의 비대칭 정합; T11: 전위 기저부 횡적 편차와 절치 상부/하부 편차의 비대칭 정합; T12: 상악골 아치 롤링과 L/R 대구치 높이차의 종적 비대칭 비교; T13: 하악골 아치 롤링과 L/R 대구치 높이차의 비대칭 비교; T14: 기본 뼈대 R/L 후위 차이(상악골 및 하악골)의 종적 비대칭 비교; T15: 턱끝점 레벨(상악안면 영역 및 전역적 안면을 측정)에서 L/R 차이의 종적 비대칭 비교; T16: R/L 상부/하부 대구치 전위-후위 차이를 하부의 것들과 전위-후위 비대칭 비교; T17: R/L 상부/하부 대구치 전위-후위 관계 차이를 하부의 것들과 전위-후위 비대칭 비교; T18: L/R 상부 기저 측면 랜드마크의 전위-후위 차이를 하부의 것들과 전위-후위 비대칭 비교; T19: R/L 전역적 반측안면과 하악골 수평 브랜치의 전위-후위 비대칭 정합을 포함한다.

[0158] 본원에 따른 이러한 복잡한 비대칭 안면/치아 해부학적 구조 또는 관계 결정에 있어서는, 환자의 전반적인 상태 평가에 관한 선택적인 누적적인 총괄적 평가를 사용하는 것이 바람직하다. 일부 실시형태에 있어서, 예시적인 누적적인 총괄적 또는 전체적 진단 코멘트는, 비대칭 전위 후위 방향(Asymmetry anterior posterior direction)(AP 코멘트 또는 S1), 비대칭 종방향(Asymmetry vertical direction)(VT 코멘트 또는 S2), 및 비대칭 횡방향(Asymmetry Transverse direction)(TRANS 코멘트 또는 S3)을 포함할 수 있다. 또한, 최고 수준의 평가 스코어(들)는 비대칭 전역적 스코어를 결정(비대칭 전역적 결정(Asymmetry Global determination))하도록 S1, S2 및 S3을 하나 이상 사용하거나 또는 조합하는 것에 의해 사용될 수 있다. 예를 들어, 예시적인 비대칭 전역적 스코어는 요약(예컨대, 전체 Class I, II, III)일 수 있거나, 소수의 제한된 카테고리(예컨대, 정상, 제한된 평가, 상세한 평가 제안)로 나뉠 수 있거나, 또는 지배적인 비대칭 상태(예컨대, S1, S2, S3)에 의해 표현/특정될 수 있다.

[0159] 도 35에 도시된 바와 같이, 예시적인 텍스트 보고서는 또한, S1 전위-후위 방향 "합성(synthetic)" 비대칭 코멘트, S2 종방향 합성 비대칭 코멘트, 및 S3 횡방향 합성 비대칭 코멘트를 제시한다.

[0160] "합성(synthetic)"이라는 용어는 본원에서는 각 방향으로 한 쌍의 테이블로부터 파생된다. 특정한 예시적인 실시형태들에 있어서, "합성(synthetic)"이라는 용어는 각각의 평가 타입(예컨대, 두개골의 상당한(예컨대, >50%) 부분을 포함 또는 나타내는 AP, V, Trans)으로부터의 복수의 테이블의 조합으로부터 또는 각 방향으로 한 쌍의 테이블로부터 결정될 수 있다.

[0161] 예를 들어, S1 합성 코멘트는 테이블 17 및 테이블 19로부터 파생된다. 파생은 먼저 테이블 17 및 테이블 19의 각각의 셀에 스코어를 할당한다. 예시적인 스코어 할당을 다음과 같이 설명한다.

[0162] 테이블 17의 경우, $C(1,3) = -2$; $C(1,2) = C(2,3) = -1$; $C(2,1) = C(3,2) = 1$; $C(3,1) = 2$; 다른 셀들은 값이 0으로 할당된다.

[0163] 테이블 19의 경우, $C(1,1) = -2$; $C(1,2) = C(2,1) = -1$; $C(2,3) = C(3,2) = 1$; $C(3,3) = 2$; 다른 셀들은 값이 0으로 할당된다.

[0164] S1 합성 코멘트의 파생은 테이블 17 및 테이블 19로부터의 스코어들을 더해서 합계 스코어를 평가한다.

[0165] 예를 들면, 테이블 17에서 $C(1,3)$ 이 활성화되고 테이블 19에서 $C(1,1)$ 이 활성화되면, 합계 스코어는 테이블 17의 $C(1,3)$ 및 테이블 19의 $C(1,1)$ 의 스코어들의 합계일 것이다. 테이블 17에서의 $C(1,3)$ 에는 값 -2가 할당되고 테이블 19에서의 $C(1,1)$ 에는 값 -2가 할당되므로, 합계 스코어는 -4이다. 분명히, S1에 대한 가능한 합계 스코어 값들은 -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3 및 4이다.

- [0166] 예시적인 S1 합성 코멘트는 합계 스코어 값에 기초할 수 있으며 아래에 요약된다.
- [0167] 합계 스코어 = -4 또는 -3이면, S1 합성 코멘트 = 강한 좌측 전위-후위 초과이다.
- [0168] 합계 스코어 = -2이면, S1 합성 코멘트 = 좌측 전위-후위 초과 경향이다.
- [0169] 합계 스코어 = 2이면, S1 합성 코멘트 = 우측 전위-후위 초과 경향이다.
- [0170] 합계 스코어 = 4 또는 3이면, S1 합성 코멘트 = 강한 우측 전위-후위 초과이다.
- [0171] 합계 스코어 = 0이면, 코멘트가 없다.
- [0172] 유사한 합성 코멘트 파생들이 종방향 및 횡방향에도 적용된다.
- [0173] 다시 도 35를 참조하면, 예시적인 텍스트 보고서는 S1 = 강한 우측 전후위 초과, S2 = 없음 및 S3 = 좌측 상부 편차 경향을 디스플레이한다.
- [0174] 매우 드문 경우에 있어서, 합성 코멘트가 3 방향 모두에 나타나거나, 또는 코멘트가 진단 및/또는 치료를 더욱 확장시킬 수 있는 몇 가지 타입의 합성 코멘트의 혼합을 제시한다.
- [0175] 또한, 본원에 따라 선택된 예시적인 방법 및/또는 장치 실시형태는 환자의 상악안면/치아 구조의 비대칭 특성의 신속한 시각적 평가를 제공할 수도 있다.
- [0176] 도 36은 조작자에 의해 선택되는 랜드마크, 즉 기준 마크(414)(도 5 참조)를 사용해서 묘사되는 정면 뷰에 대하여 환자에 대한 상악안면/치아 구조 피처를 보여주는 도표 또는 그래프이다. 이러한 타입의 디스플레이된 도표는 이러한 예시적인 환자에 대한 비대칭(좌측 대 우측)을 객관적인 방식으로 명확하게 도시한다.
- [0177] 유사하게, 도 37은 비대칭의 다른 객관적인 지표로서 환자의 안면의 좌측면 및 우측면이 얼마나 밀접하게 중첩되는지를 보여주는 기준 마크(414)를 갖는 시상면 뷰의 도표 또는 그래프이다.
- [0178] 도 38은 위턱 및 아래턱 평면(704 및 702)의 시상면 뷰에서 환자의 현저한 부적절한 교합 정렬의 신속한 시각적 평가를 제공하는 도표 또는 그래프이다. 턱 평면(704)은 파생된 위턱 마크(814)에 기초하여 연산되고, 아래턱 평면(702)은 파생된 아래턱 마크(814)에 기초하여 연산된다. 파생된 마크(814)들은 도 4에 도시된 세그먼트화된 치아(304)에 기초하여 연산되고, 치아의 위치를 보여준다. 도 38에 도시된 실시예는 과도한 분기 패턴을 갖는 환자에 대한 예시적인 시각적 큐를 묘사한다.
- [0179] 본 명세서에서는, 환자의 상악안면 비대칭의 3-D 두부 계측 분석을 위한 컴퓨터 실행 방법이 설명된다. 해당 방법은, 적어도 제1 2-D 뷰로부터 환자의 머리의 컴퓨터 단층촬영 스캔으로부터 재구성된 볼륨 이미지 데이터를 획득 및 디스플레이한다. 조작자 명령은 적어도 디스플레이된 제1 2-D 뷰 상에 적어도 하나의 기준 마크를 위치설정 및 디스플레이한다. 이후, 환자의 입 안의 하나 이상의 치열 요소가 세그먼트화된다. 방법은 적어도 하나의 기준 마크 및 세그먼트화된 하나 이상의 치열 요소로부터의 데이터에 따라 환자에 대한 복수의 두부 계측 파라미터를 연산 및 디스플레이하고, 연산된 두부 계측 파라미터를 사용해서, 상악안면 비대칭을 나타내는 하나 이상의 결과를 연산한다. 이후, 방법은 그래픽 또는 텍스트 디스플레이에 전력을 공급해서 상악안면 비대칭을 나타내는 연산된 결과를 보여준다.
- [0180] 본 명세서의 예시적인 실시형태와 일치하여, 컴퓨터 프로그램은 전자 메모리로부터 액세스된 이미지 데이터에 대한 3D 생체 계측 분석을 수행하는 저장된 명령을 사용할 수 있다. 이미지 처리 분야의 당업자가 이해할 수 있듯이, 본원의 예시적인 실시형태들에 있어서 이미징 시스템 및 프로브를 조작하고 이미지 데이터를 획득하기 위한 컴퓨터 프로그램은 개인용 컴퓨터 또는 워크스테이션과 같이, 본 명세서에서 설명된 바와 같은 제어 논리 프로세서로서 동작하는 적절한 범용 컴퓨터 시스템에 의해 이용될 수 있다. 그러나, 예를 들어, 네트워크화된 프로세서들의 배치를 포함하여, 본 발명의 컴퓨터 프로그램을 실행하기 위해 많은 다른 타입의 컴퓨터 시스템이 사용될 수 있다. 예시적인 방법 실시형태들을 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터 판독가능 저장 매체에 저장될 수 있다. 이 매체는, 예를 들어, 하드 드라이브 또는 착탈식 드라이브 또는 자기 테이프와 같은 자기 디스크와 같은 자기 저장 매체; 광학 디스크, 광학 테이프, 또는 기계 판독 가능한 광학 인코딩과 같은 광학 저장 매체; 랜덤 액세스 메모리(RAM), 또는 리드 온리 메모리(ROM)와 같은 고체 전자 저장 장치; 또는 컴퓨터 프로그램을 저장하는 데 사용되는 임의의 다른 물리 장치 또는 매체를 포함할 수 있다. 예시적인 방법 실시형태들을 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램은 또한, 인터넷 또는 다른 네트워크 또는 통신 매체를 통해 이미지 프로세서에 접속된 컴퓨터 판독 가능 저장 매체에 저장될 수도 있다. 당업자는 그러한 컴퓨터 프로그램 제품의 등가

물이 하드웨어로 구성될 수도 있다는 점을 더 용이하게 인식할 것이다.

[0181] 본원의 맥락에서, "컴퓨터 액세스 가능한 메모리(computer-accessible memory)"에 상당하는, "메모리(memory)"라는 용어는 이미지 데이터를 저장 및 조작하는 데 사용되고, 예를 들어, 데이터베이스를 포함하는 컴퓨터 시스템에 액세스 가능한 임의의 타입의 일시적인 또는 보다 영속적인 데이터 저장 작업 공간을 의미할 수 있다는 점에 유의해야 한다. 메모리는, 예를 들어, 자기 또는 광학 스토리지와 같이, 장기 저장 매체를 사용하는 비휘발성 메모리일 수 있다. 대안으로서, 메모리는 마이크로프로세서 또는 그 밖의 제어 논리 프로세서 장치에 의해 일시적인 버퍼 또는 작업 공간으로서 사용되는 랜덤 액세스 메모리(RAM)와 같이, 전자 회로를 사용하는 보다 휘발성을 갖는 메모리일 수 있다. 예를 들어, 디스플레이 데이터는 통상 디스플레이 장치와 직접적으로 연관되는 일시적인 저장 버퍼에 저장되고, 디스플레이된 데이터를 제공하기 위해 필요에 따라 주기적으로 갱신된다. 이 일시적인 저장 버퍼는 또한, 해당 용어가 본원에서 사용될 때에는, 일종의 메모리인 것으로 간주된다. 또한, 메모리는 계산 및 그 밖의 처리의 중간 및 최종 결과를 실행 및 저장하기 위한 데이터 작업 공간으로서 사용된다. 컴퓨터 액세스 가능한 메모리는 휘발성, 비휘발성, 또는 휘발성과 비휘발성 타입의 하이브리드 조합일 수 있다.

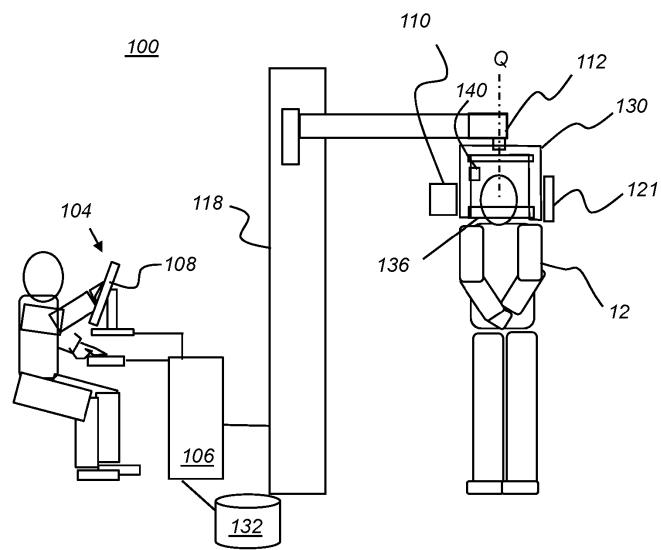
[0182] 본원의 컴퓨터 프로그램 제품은 잘 알려져 있는 다양한 이미지 조작 알고리즘 및 프로세스를 이용할 수 있다는 점을 이해할 것이다. 그러한 알고리즘 및 시스템의 추가적인 양태들과, 이미지를 생성 내지는 처리하거나 또는 본원의 예시적인 컴퓨터 프로그램 제품 실시형태들과 협동하는 하드웨어 및/또는 소프트웨어는 본 명세서에서 구체적으로 도시 및 설명되어 있지 않고, 본 기술분야에 알려져 있는 그러한 알고리즘, 시스템, 하드웨어, 컴포넌트 및 요소로부터 선택될 수 있다.

[0183] 본원에 따른 특정한 예시적인 방법 및/또는 장치 실시형태들은 의사가 비대칭 안면/치아 해부학적 구조(들)를 평가하는 것에 도움이 되도록 객관적인 지표 및/또는 디스플레이된 데이터의 이점을 취하게 할 수 있다. 유리하게는, 예시적인 방법 및 장치 실시형태들은 의사에 의한 평가에 적합한 연속적으로 보다 고차의 포맷으로 디스플레이되는 복수의 단계적인 또는 계층적인 측정 및 분석된 결과를 제공할 수 있다. 본 개시물의 실시형태들이 치과용 이미징 장치를 사용하여 예시되었지만, 유사한 원리가 다른 유형의 진단용 이미징 및 다른 해부학에 적용될 수 있다. 본원에 따른 예시적인 실시형태들은 본 명세서에서 설명되는 다양한 특징들을 (개별적으로 또는 조합하여) 포함할 수 있다.

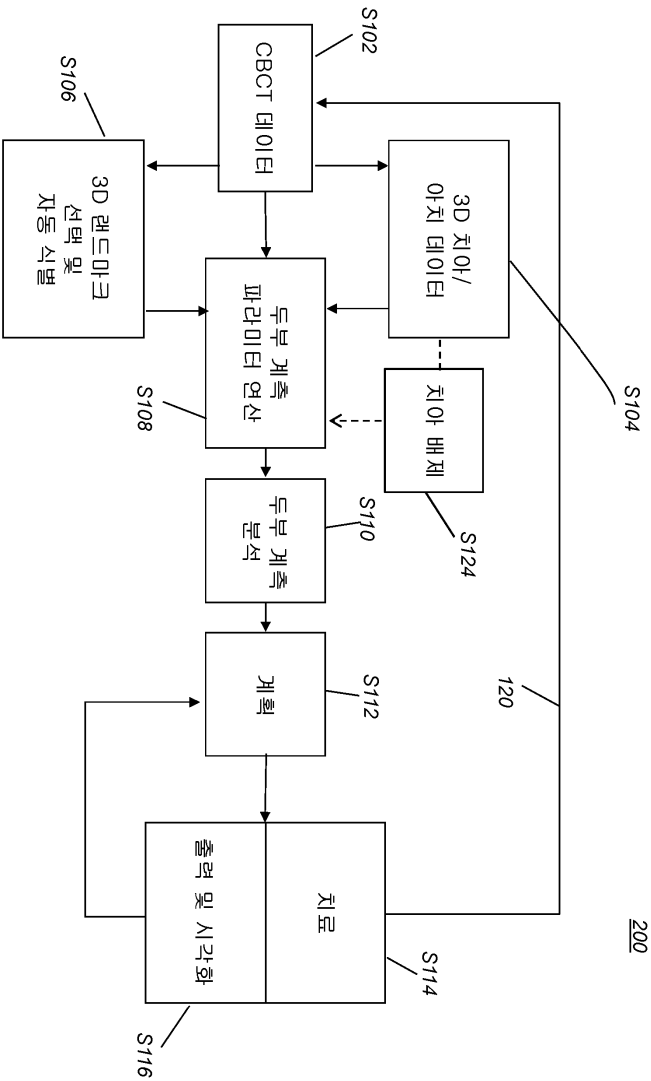
[0184] 본 발명은 하나 이상의 구현예에 관하여 예시되었지만, 첨부된 청구범위의 사상 및 범위로부터 이탈하는 일 없이, 예시된 실시예들에 대하여 변경 및/또는 수정이 이루어질 수 있다. 또한, 본 발명의 특정한 특징은 여러 구현예들/실시형태들 중 단지 하나에 관하여 개시되었을 수 있지만, 이러한 특징은 임의의 주어진 또는 특정한 기능에 대하여 바람직하고 유리할 수 있는 다른 구현예들/실시형태들의 하나 이상의 다른 특징들과 결합될 수 있다. "적어도 하나(at least one of)"라는 용어는 나열된 항목들 중 하나 이상을 선택할 수 있음을 의미하는 데 사용된다. "약(about)"이라는 용어는, 예시된 실시형태에 대하여 변경이 프로세스 또는 구조의 부적합을 초래하지 않는 한, 나열된 값이 다소 변경될 수 있음을 나타낸다. 마지막으로, "예시적인(exemplary)"이라는 용어는 설명이 이상적임을 의미하는 것이 아니라 예시로서 사용됨을 나타낸다. 본 발명의 다른 실시형태들은 본 명세서의 고찰 및 본 명세서에 개시된 발명의 실시로부터 당업자에게는 명백할 것이다. 본 명세서 및 실시예들은 단지 예시적인 것으로만 고려되며, 본 발명의 진정한 범위 및 사상은 적어도 이하의 청구범위에 의해 지시되는 것으로 의도된다.

도면

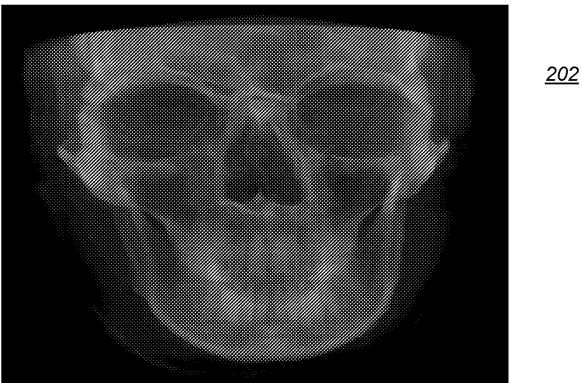
도면1



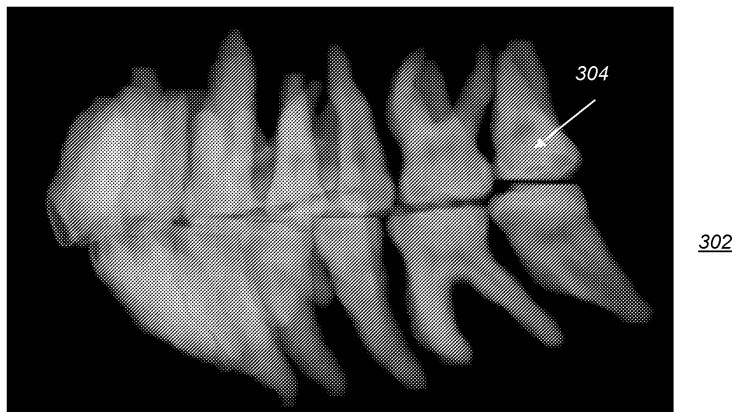
도면2



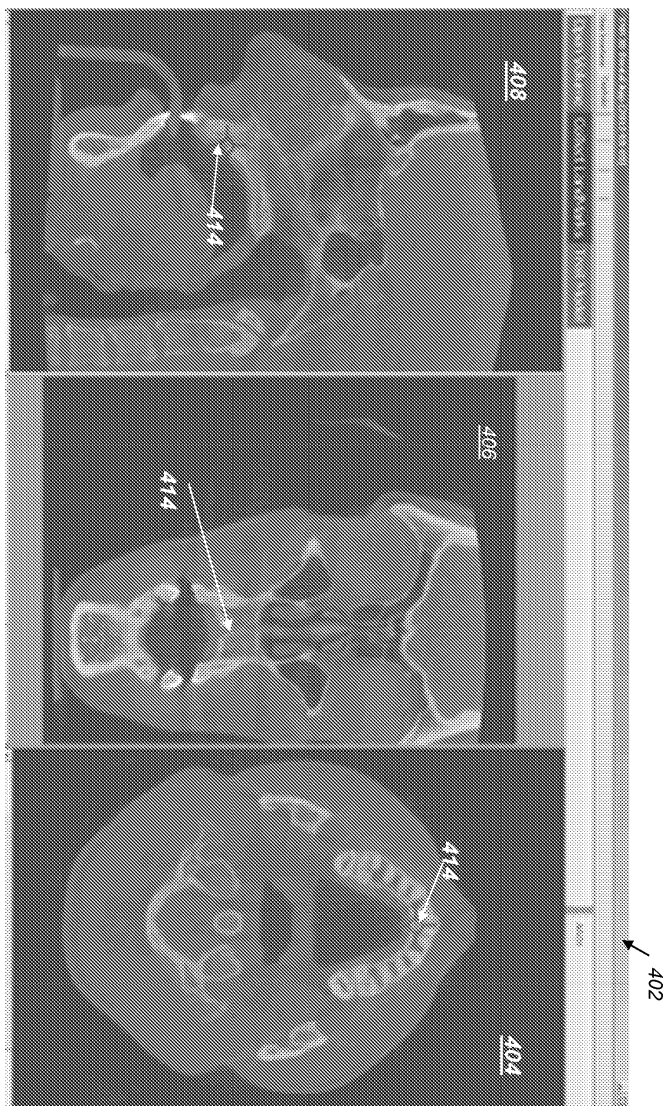
도면3



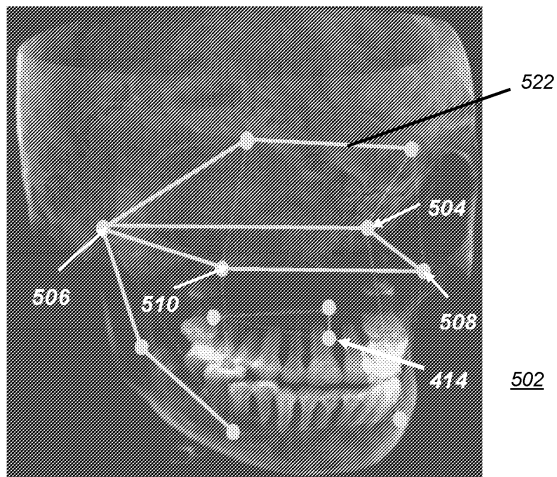
도면4



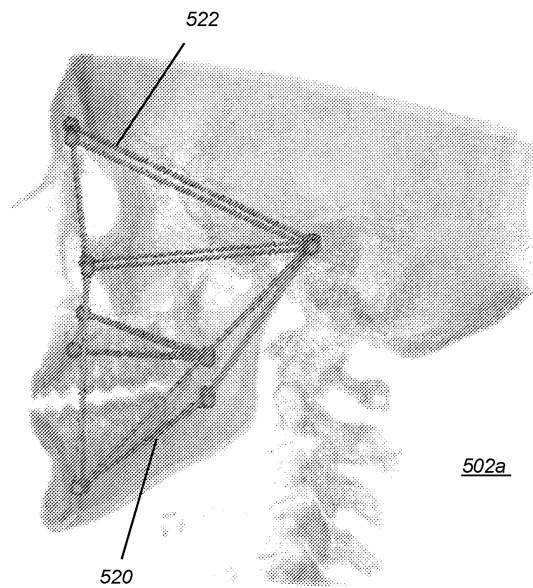
도면5



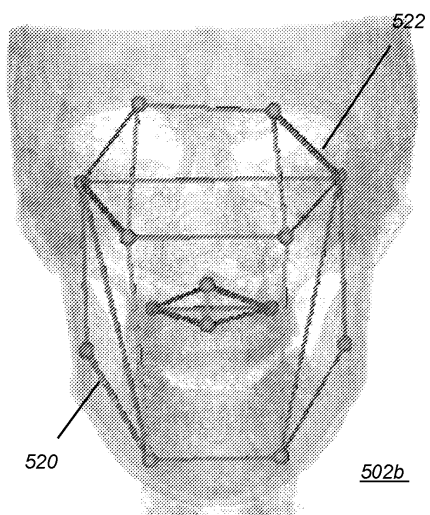
도면6



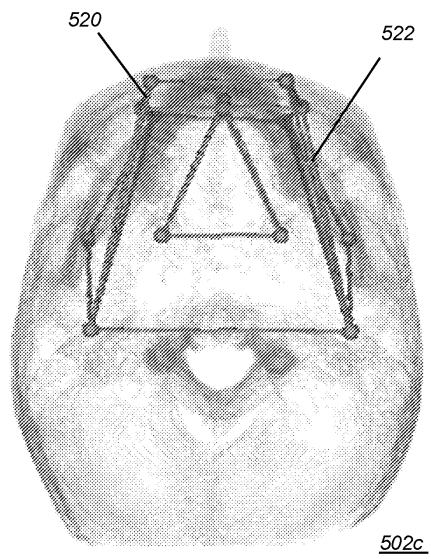
도면7a



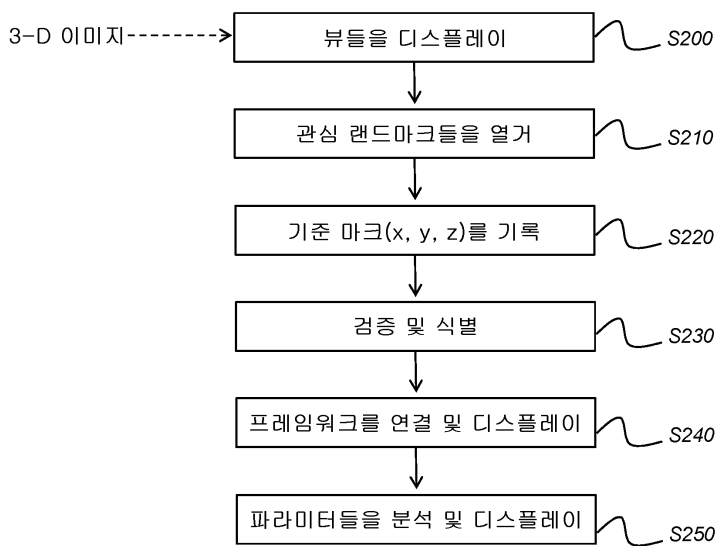
도면7b



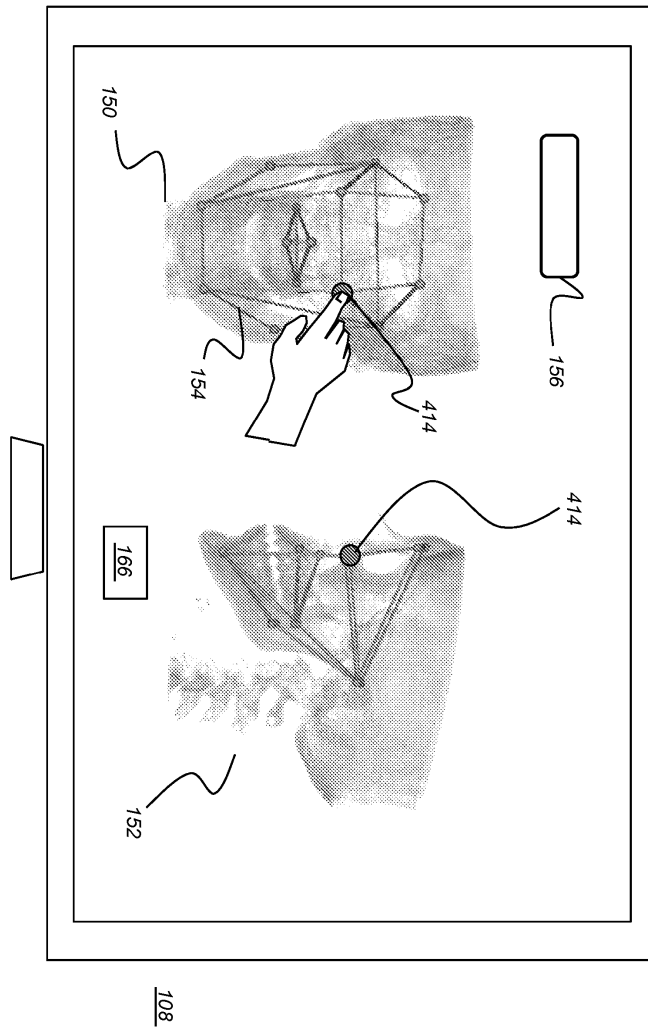
도면7c



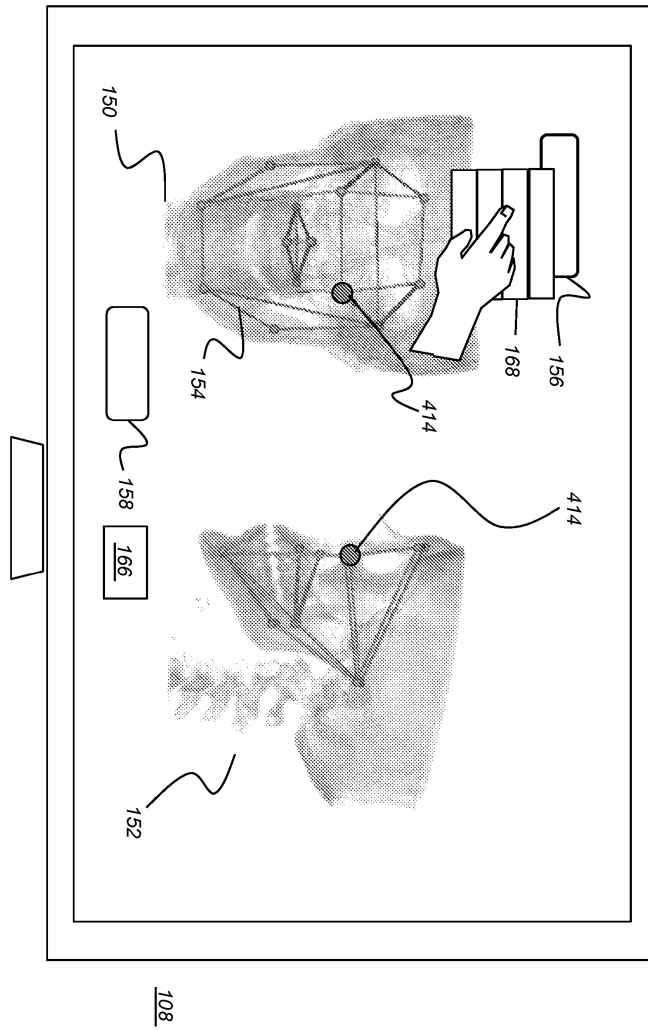
도면8



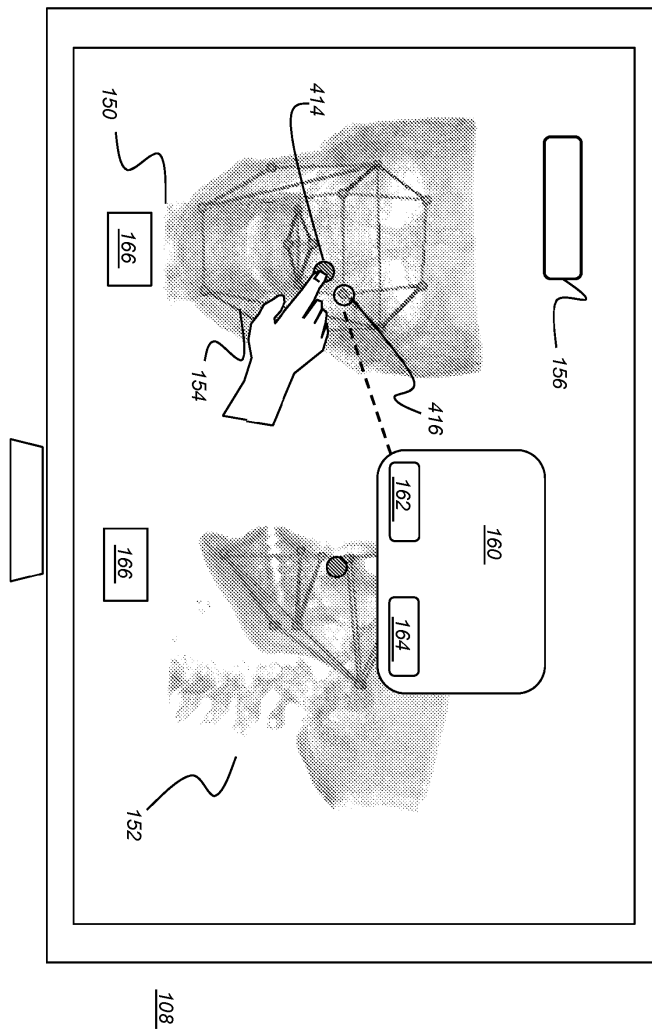
도면9a



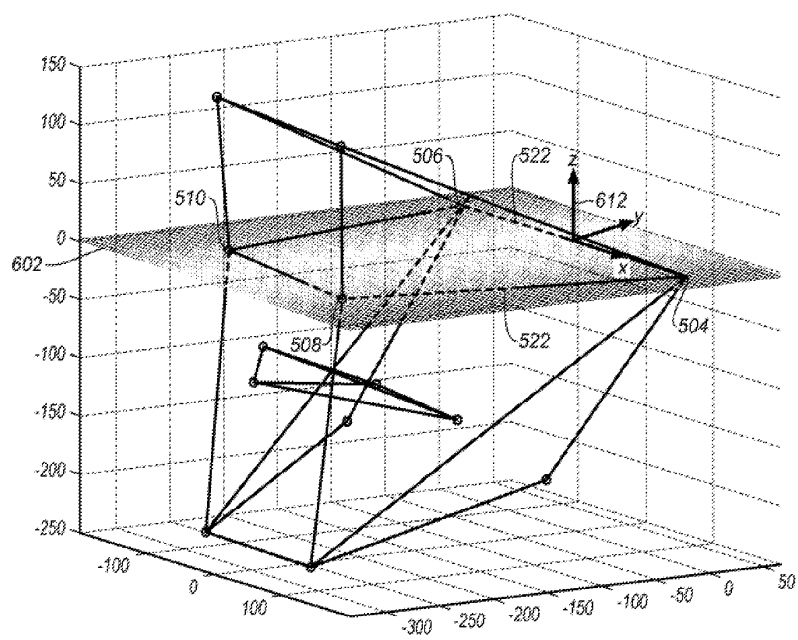
도면9b



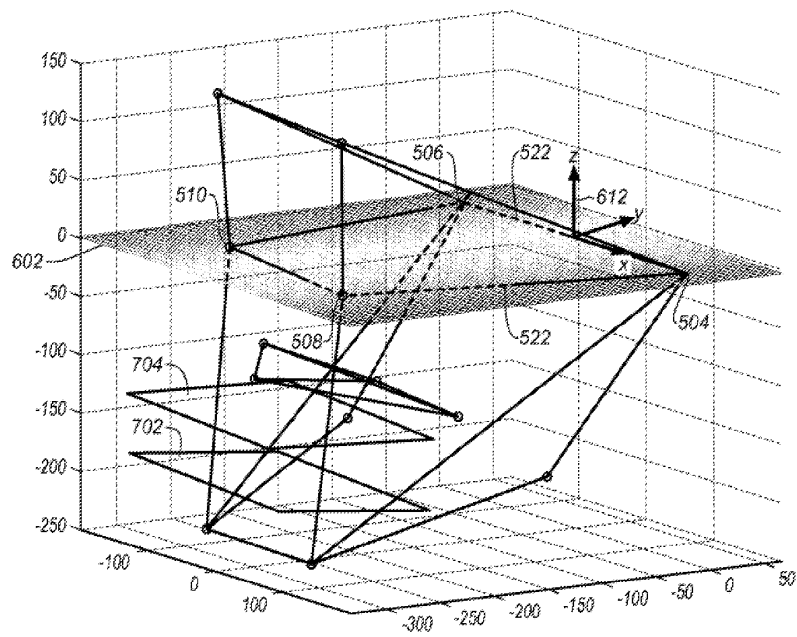
도면9c



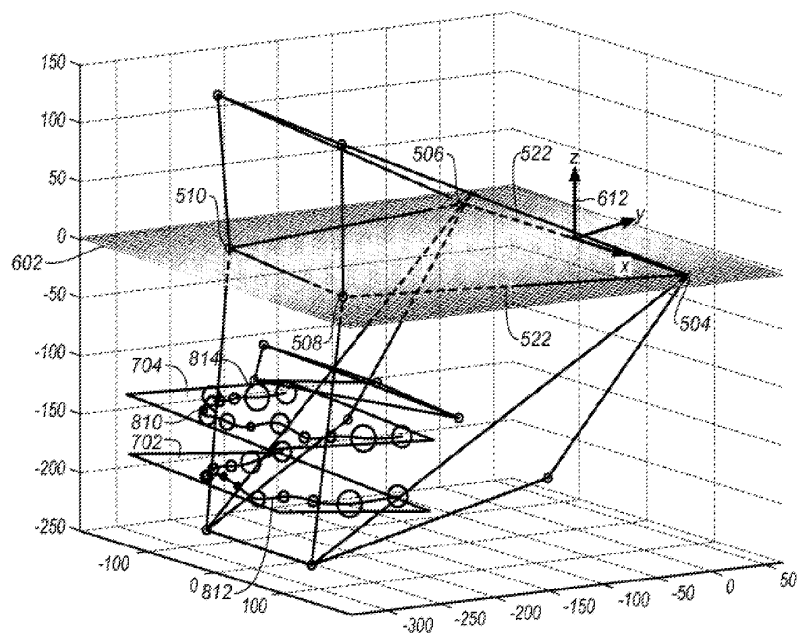
도면10a



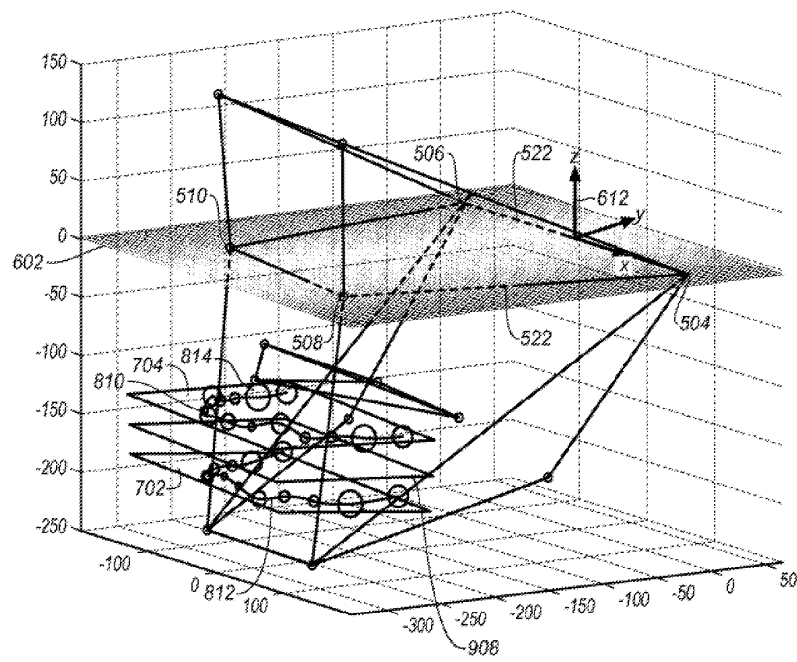
도면10b



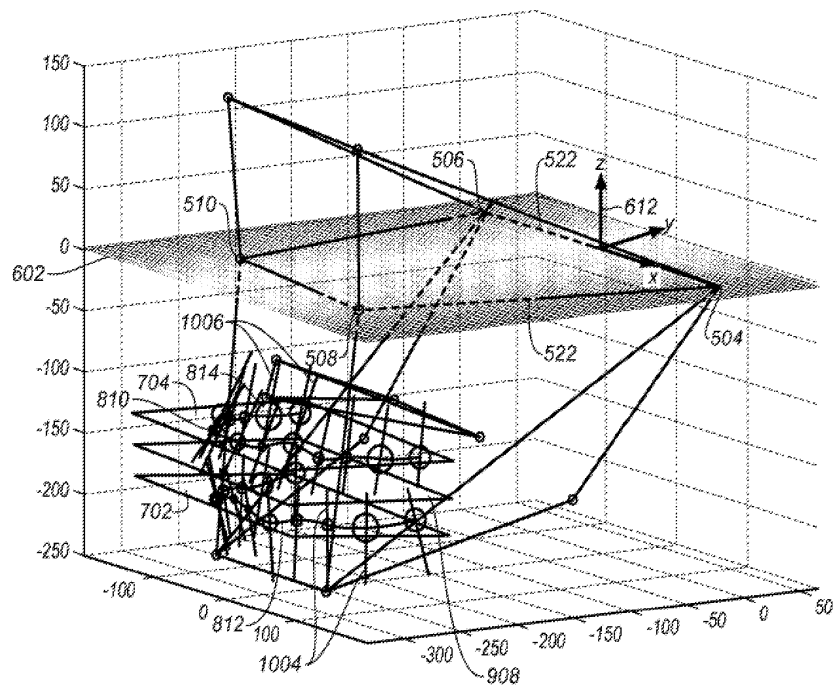
도면10c



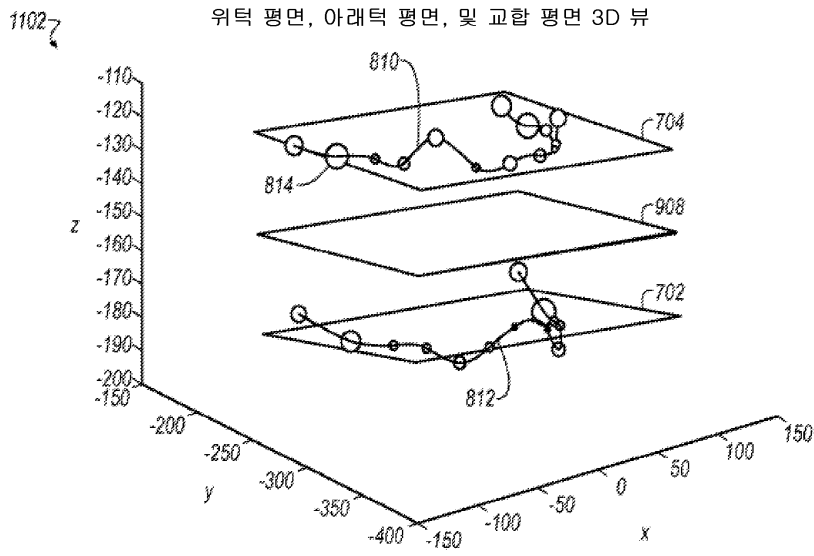
도면10d



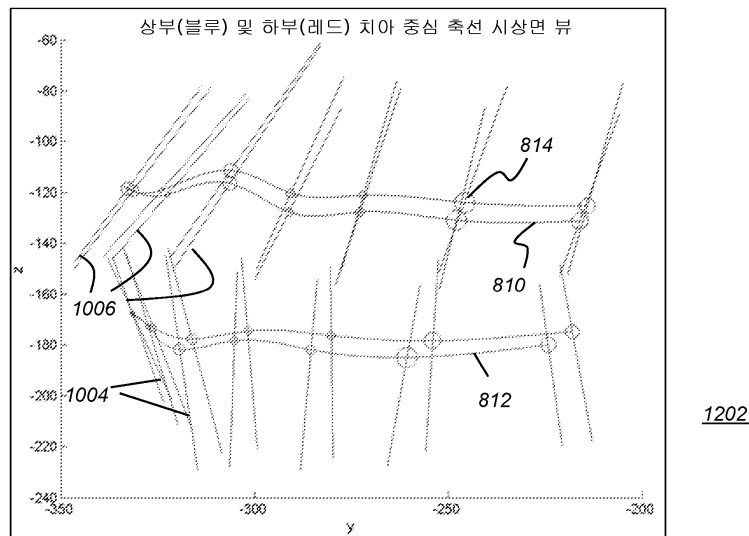
도면10e



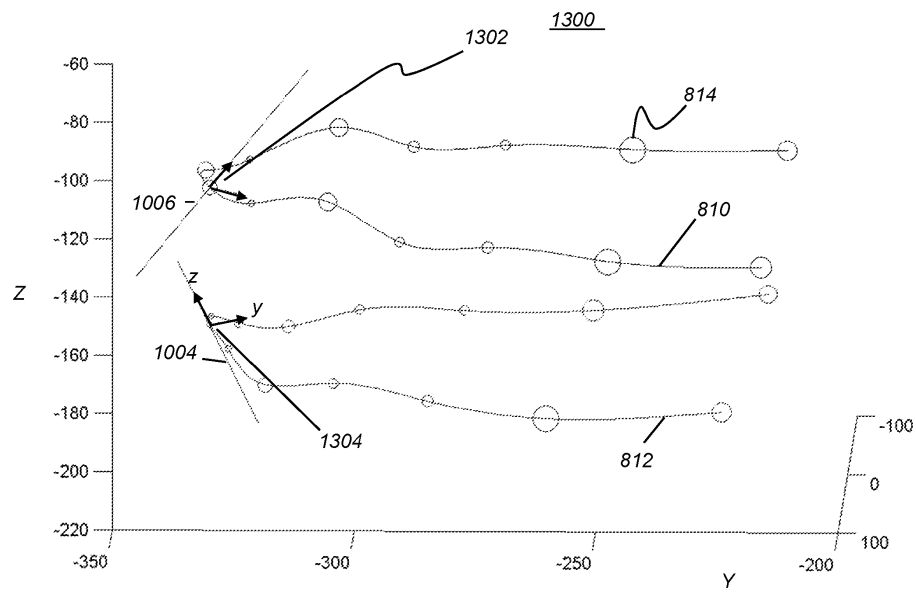
도면11



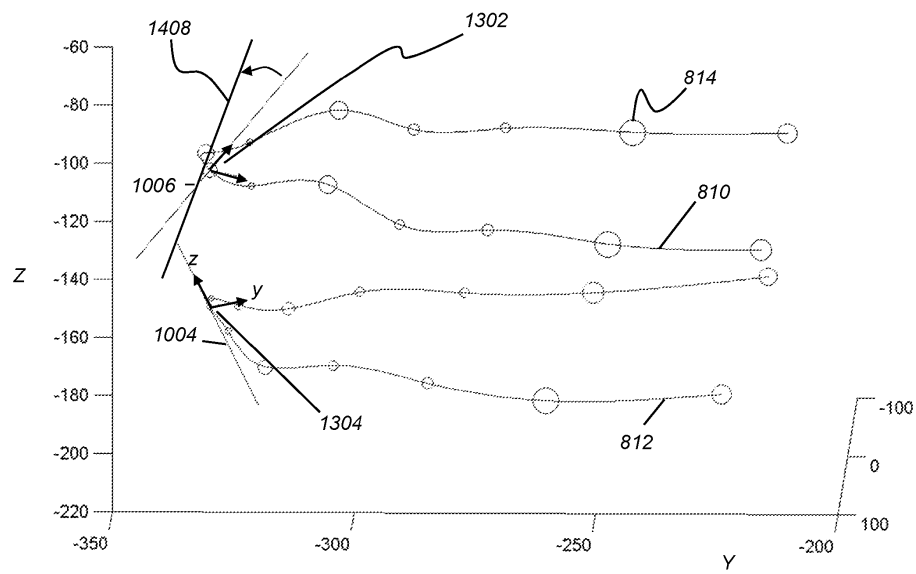
도면12



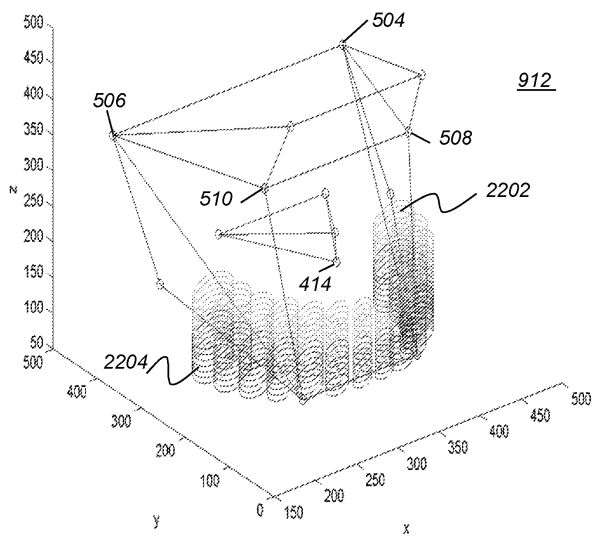
도면13



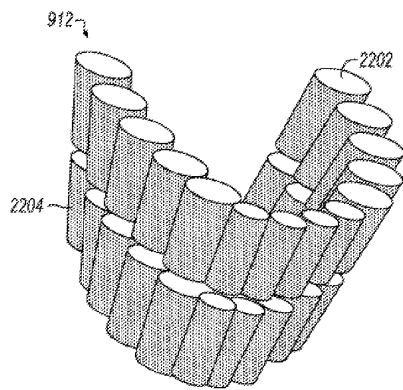
도면14



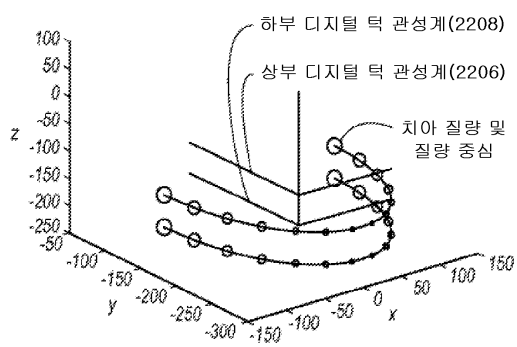
도면15



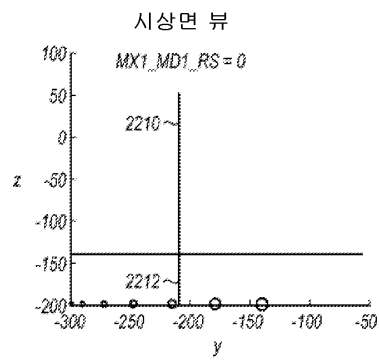
도면16a



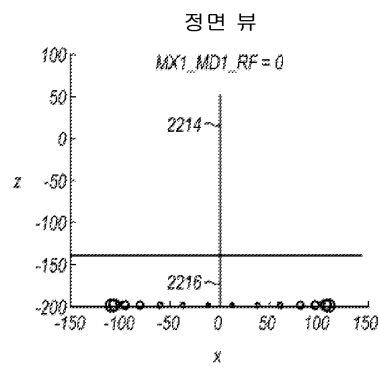
도면16b



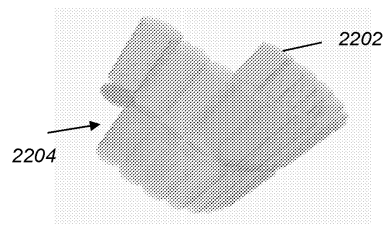
도면17a



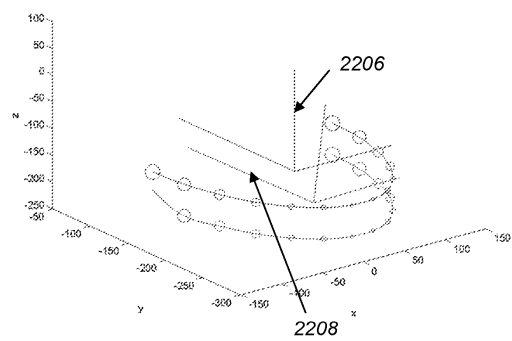
도면17b



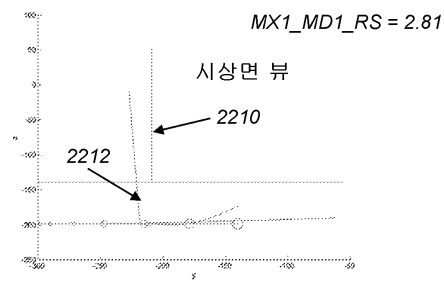
도면18a



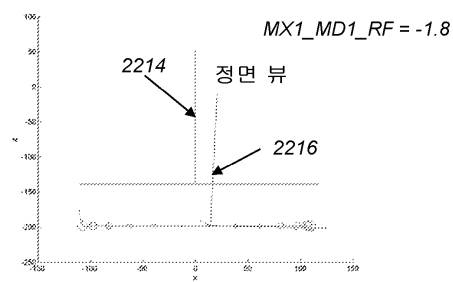
도면18b



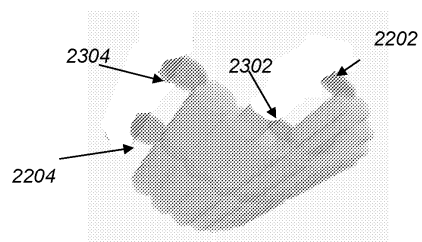
도면19a



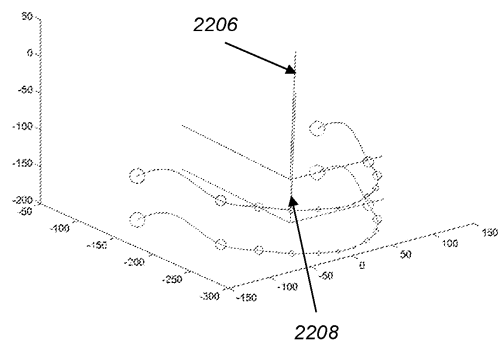
도면19b



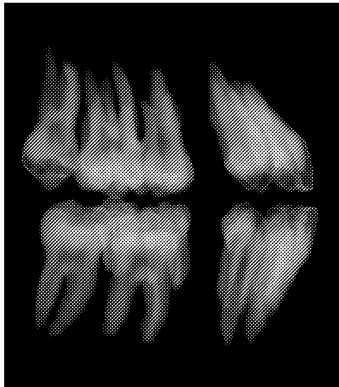
도면20a



도면20b

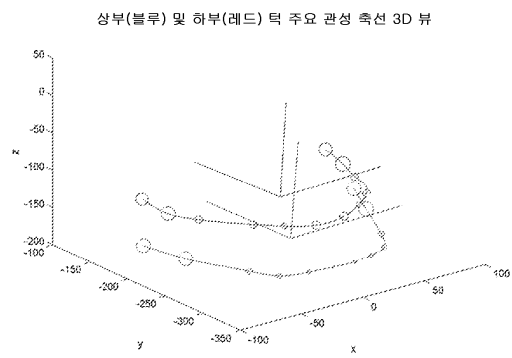


도면21a



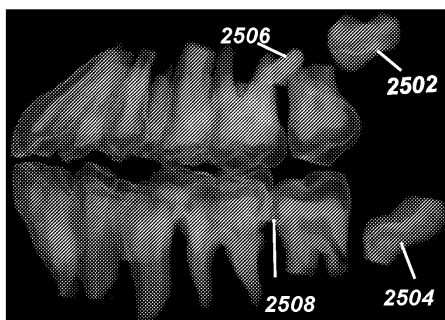
2402

도면21b



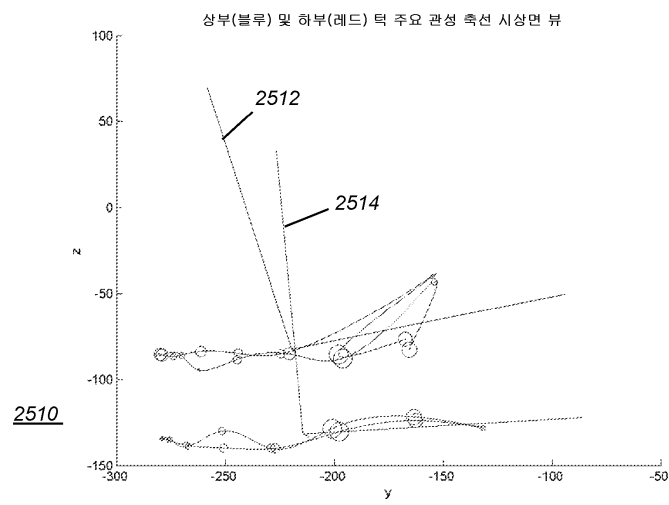
2404

도면22a

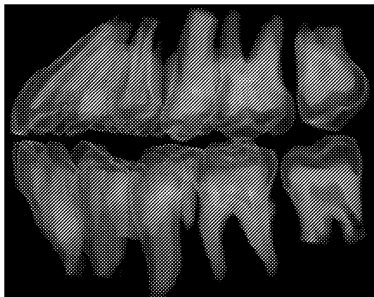


2500

도면22b

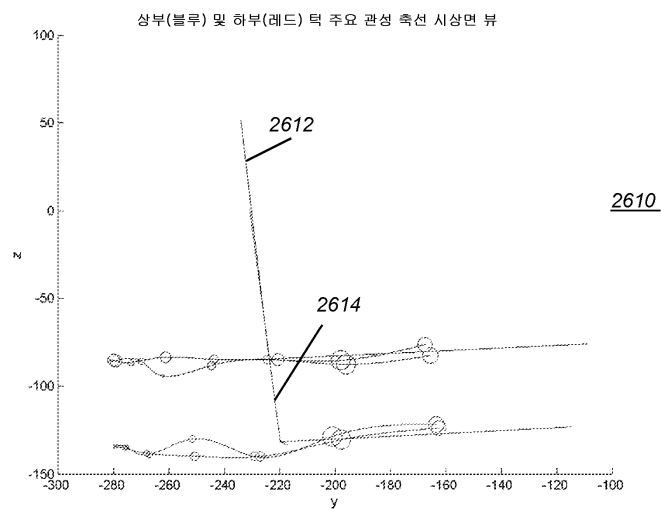


도면23a

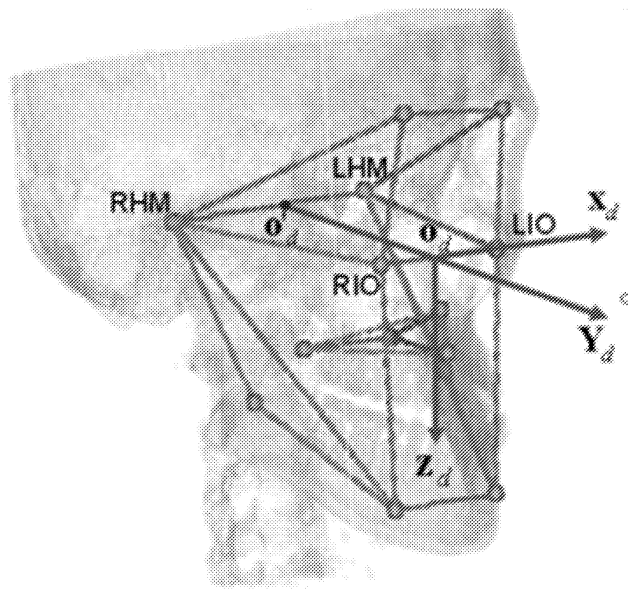


2600

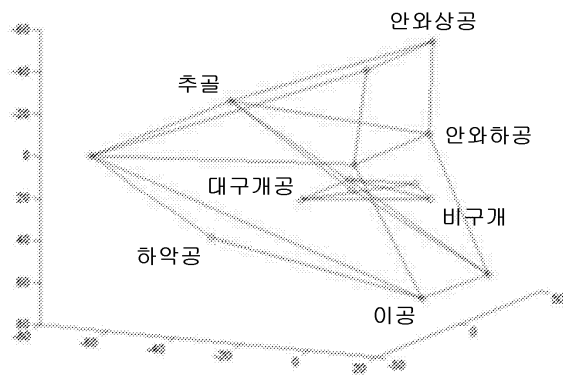
도면23b



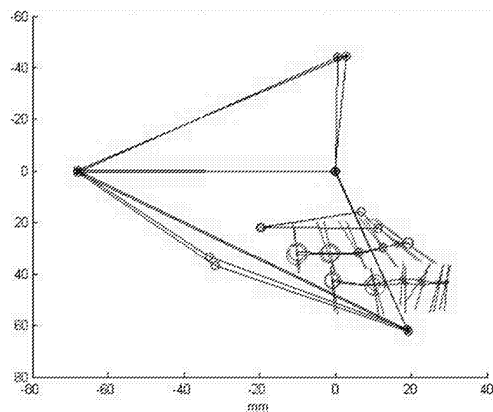
도면24



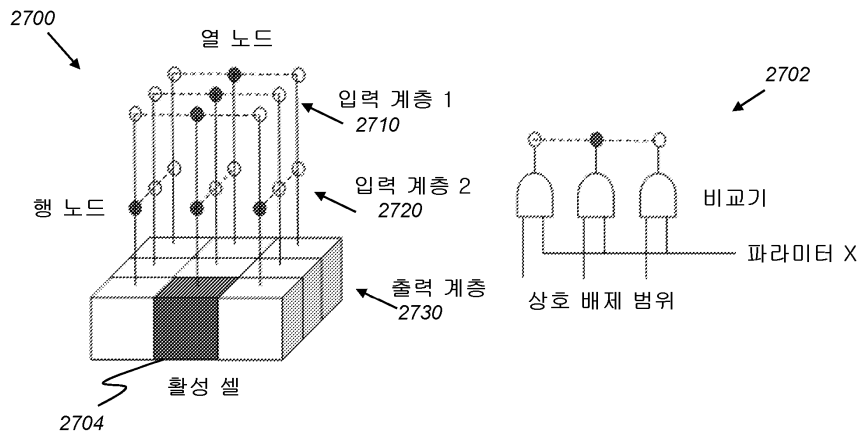
도면25



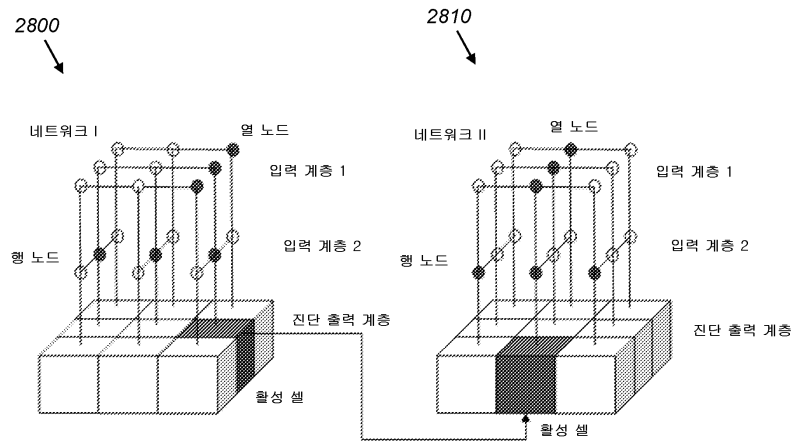
도면26



도면27



도면28



도면29

independent_diagnosis_algorithm

$x_m, y_m \in [\text{normal_parameters}, \text{abnormal_parameters}]$

$x_m \neq y_m; \quad m \in [1, 2, \Lambda, 13]$

given variables x_m, y_m :

define *diagnosis_result_matrix*(3x3) \mathbf{D}_m

evaluate vector $\mathbf{c}_m = [-\infty < x_m \leq \mu_{x_m} - \sigma_{x_m}, \mu_{x_m} - \sigma_{x_m} < x_m < \mu_{x_m} + \sigma_{x_m}, \mu_{x_m} + \sigma_{x_m} \leq x_m < \infty]$

evaluate vector $\mathbf{r}_m = [-\infty < y_m \leq \mu_{y_m} - \sigma_{y_m}, \mu_{y_m} - \sigma_{y_m} < y_m < \mu_{y_m} + \sigma_{y_m}, \mu_{y_m} + \sigma_{y_m} \leq y_m < \infty]$

$\mu = \text{Class_I_mean}$; $\sigma = \text{Class_I_deviation}$

$\mathbf{D}_m(i, j) = \text{true}$ if $\mathbf{c}_m(j) = \text{true}$ and $\mathbf{r}_m(i) = \text{true}$;

$i, j \in [1, 2, 3]$.

도면30

dependent_diagnosis_algorithm

$x_k, y_k \in [\text{normal_parameters}, \text{abnormal_parameters}]$

$x_k \neq y_k; k \in [m, n]; m, n \in [1, 2, \Lambda, 12, 13]; m \neq n$

given variables x_k, y_k :

define diagnosis_matrices(3x3) D_m, D_n

evaluate vector $c_k = [-\infty < x_k \leq \mu_{x_k} - \sigma_{x_k}, \mu_{x_k} - \sigma_{x_k} < x_k < \mu_{x_k} + \sigma_{x_k}, \mu_{x_k} + \sigma_{x_k} \leq x_k < \infty]$

evaluate vector $r_k = [-\infty < y_k \leq \mu_{y_k} - \sigma_{y_k}, \mu_{y_k} - \sigma_{y_k} < y_k < \mu_{y_k} + \sigma_{y_k}, \mu_{y_k} + \sigma_{y_k} \leq y_k < \infty]$

$\mu = \text{Class_I_mean}$ $\sigma = \text{Class_I_deviation}$

$D_m(i, j) = \text{true}$ if $c_m(j) = \text{true}$ and $r_m(i) = \text{true}$;

$D_n(i, j) = \text{true}$ if $c_n(j) = \text{true}$ and $r_n(i) = \text{true}$;

$D_m(i, j) = D_m(i, j) + D_n(i, j)$, if $i + j \neq 4(\text{exemplary})$

$i, j \in [1, 2, 3]; k \in [m, n]$.

도면31a

1	Case Name: C/III 9	
2	Eighteen Parameters	
3	Antero-posterior	
4	alveolar-GIM-Gim	-10.479 Overjet GIMx-Gimx, centers of inertia of upper and lower incisors
5	alveolar-GIM-Gm	-8.989 Dental class II, Gmy-Gmy
6	alveolar-IqIM	37.0768 Angular maxillary incisors protrusion (torque), medium upper incisors torque
7	alveolar-Iqim	11.2776 Angular mandibular incisors protrusion (torque), medium lower incisors torque
8	alveolar-GIM+Gim? or Giv	23.0233 Linear biprotrusion (GIMy+GIMy)/2
9	basis-MNP-MM	-10.028 Basis class II, MNPx-MMy
10	basis-MFM-MM	58.0601 Corpus length, This is the real length between MFM and MM
11	architecture-MMx	19.0765 Chin protrusion, y coordinate of medium mental
12	architecture-MHx-MM	106.922 Mandibular global length, This is the real length between MHx and MM
13	Vertical	
14	alveolar-Gdz	37.0601 Arches altitude, z coordinate of the inertia center of all the teeth
15	alveolar-Mxli-Mdli	-6.8822 Inter-arches divergence, Mxli/y2(GSP)
16	basis-MHx-MIO, MFM-MMx	27.609 Pseudo FMA (orbital floor/corpus angle)
17	architecture-MMz	61.97 Maxillo-mandibular height
18	architecture-13	35.4276 Facial global divergence angle between MHx-MIO axis and MHx-MM axis
19	Transverse	
20	alveolar-dM-dm	-0.4271 Inter-first molars diameter relationship
21	alveolar-TGM-Tgm	27.5746 Class III or mandibular excess angular compensation
22	basis-RGP-LGP/RFL-LFLM	36.2319 Basis maxillarmandibular excess, LGPx-RGPx/LFLMx-RFLMx
23	architecture-RIO-LIO/RM-LM	115.909 infra-orbital (Anterior mandibular width, formula RIOx-LIO/RMx-LMx
24	Deduced	
25	hidden-GIM	17.7837 Upper incisors group protrusion
26	hidden-GIM	28.2529 Lower incisors group protrusion
27	hidden-(IqIM+Iqim)/2	24.1472 Medium upper and lower incisors torque
28	hidden-(IqIM-Iqim)	25.7392 Upper and lower incisors torque difference
29	hidden-MNPx	6.9866 Maxilla protrusion
30	hidden-GIM-MNP(y)	8.79502 Upper linear class III compensation
31	hidden-GIM-MMy	0.24639 Upper linear class II compensation
32	hidden-Goz/MMz-Gtz	0.44603 Maximand ratio of maxi mand global height

도면31b

Indb	15. Asym. vert. params	Measure	Comment	Norm mean				
				std	-5	+5	-5s	+5s
Vertical								
1	av.arch.rof<G15z G36z	mm/deg	0.19 Right/left upper nasal height difference (+Right lower) (T12)	0	-0.07	1.42	-1.49	1.35
2	av.arch.rof<G36z G36z		0.1 Right/left lower nasal height difference (+Right lower) (T13)	0	-0.13	1.51	-1.65	1.38
3	av.arch.rof<R14 Vx>		-0.32 Mandible rolling (+Right side lower) (T12)	0	-0.14	1.27	-1.51	1.63
4	av.arch.rof<R14 Vx>		-1.83 Mandible rolling (+Right side lower) (T13)	0	-0.18	1.27	-1.56	1.59
5	av.comp.arch.rof<G15z G36z G6z G6z> (R17z L17z)		0.51 Right/left maxilla height difference (+Right lower) (T14)	0	0.37	1.25	-0.92	1.66
6	av.comp.arch.rof<G15z G36z G6z G6z> (R17z L17z)		-2.7 Right/left maxilla height difference (+Right lower) (T14)	0	0.65	2.12	-1.43	2.81
7	bas.bone.rof<R17z L17z		-0.32 Mandible height difference (+Right lower) (T14)	0	-0.84	1.23	-3.67	0.79
8	bas.bone.rof<R17z L17z		2.8 Mandible height difference (+Right lower) (T14)	0	-0.82	2.08	-3.8	2.16
9	bas.bone.rof<R17z L17z> (T14, L14M)		1.44 Maxilla height difference (+Right lower) projected on Z	0	0.47	2.03	-1.56	2.49
10	bas.bone.rof<R17z R17z R17z R17z> <L14M L14M L14M L14M>		-0.5 Difference of right/left basic mandible divergence	0	0.06	1.57	-1.51	1.63
11	arch.fcl.bas.rof<R17z R17z R17z R17z> <L14M L14M L14M L14M>		0.67 Difference of right/left maxilla-mandible divergences	0	-0.16	1.36	-1.52	1.2
12	arch.fcl.bas.rof<-8M R17z R17z> <L14M L14M L14M L14M>		0.1 Difference of right/left alveol face divergences	0	0.08	1.29	-1.71	1.86
13	arch.fcl.bas.rof<R17z G36z> (T10-L10)		-1.14 Maxilla height difference projected on Z	0	0.09	1.56	-1.48	1.65
14	arch.fcl.bas.rof<R17z L17z		0.53 Maxilla-mandible height difference (T15)	0	-0.12	1.52	-1.64	1.4
15	arch.fcl.bas.rof<-8M R17z G36z> (L10-L10)		-0.61 Maxilla height difference projected on Z (T15)	0	-0.04	1.27	-1.3	1.23

도면31c

Ind.	16. Asym. SL beams	Measure	Comment	Norm. mean	std	-5	+5	-5σ	+5σ	
Anterior-posterior										
1	Anterior AP RL - (G16y - G26y)	mt/deg	-0.11 AP/16.26 difference (T16)	0	-0.05	1.27	-1.32	1.27	-1.29	1.19
2	Anterior midcap - G46y - G56y		0.34 AP 46/36 difference (T16)	0	0.12	1.32	-1.2	1.44	-1.17	1.4
3	AP mid - (G16y - G36y) - (K60y - L60y)		-0.51 Upper midcap AP position/midcap right/left difference	0	-0.37	1.49	-1.86	1.41	-1.81	1.09
4	AP cap sitting - (G46y - G56y) - (RPM - FLM)y		0.93 Lower midcap AP position/midcap right/left difference	0	-0.05	2.26	-2.63	2.21	-2.26	2.16
5	Anterior AP GDL RL - (G16y - G46y)		1.5 Right Class II, negative value means Class III relationship (T17)	-3.09	-3.08	1.55	-4.63	-1.54	-4.53	-1.5
6	Anterior AP CIL LL - (G26y - G36y)		2 Left Class II, negative value means Class II relationship (T17)	-2.92	-2.92	1.21	-4.13	-1.71	-4.03	-1.67
7	Class RL (R4 - R70y) - (L4 - L70y)		-0.48 AP great palatal foramen right/left difference projected on Y (T19)	0	-0.93	2.24	-3.16	1.31	-3.99	1.28
8	Class morpho - R60y - L60y		0.38 AP great palatal right/left position difference (T18)	0	0.32	1.34	-1.02	1.66	-0.99	1.62
9	Class diff - R60y - L60y		-0.59 AP mandible foramen right/left position difference (T18)	0	0.17	2.55	-2.38	2.72	-2.32	2.66
10	Ant AP RL - FC60yss - (R20 - R40y) - (L20 - L40y)		-0.33 Facial depth right/left difference (F10 level)	0	-0.09	2.95	-3.05	2.86	-2.96	2.79
11	Ant AP RL - FC60yss - (R50 - R40y) - (L50 - L40y)		0.22 Facial depth right/left difference (S70 level)	0	0.22	2.22	-2	2.44	-1.96	2.38
12	Ant AP RL - FC60yss - R50y - L50y		0.55 AP S70 positions, right/left difference	0	0.31	1.46	-1.15	1.77	-1.12	1.73
13	Ant AP RL - FC60yss - R40y - L40y		-1.07 AP mental positions, right/left difference (T19)	0	-0.76	1.72	-2.46	0.95	-2.4	0.93
14	Ant AP RL - FC60yss - (R4 - R40y) - (L4 - L40y)		-1.44 Facial depth right/left difference (mental level) projected on Y	0	-0.85	2.63	-3.48	1.78	-3.77	1.74
15	Ant AP RL - FC60yss - (R40 - R10y) - (L40 - L10y) - (L10 - L0y)		-1.29 Mandible global opening right/left difference	0	0.3	3.06	-2.27	3.36	-2.33	3.26
16	Anterior AP RL - (G16y - G46y) - (G26y - G36y)		-0.45 Class 2 right/left difference	0	-0.17	0.81	-0.98	0.64	-0.95	0.63

도면31d

no	32. Asym. trans. pairs	mean	Comment	Norm. mean	std	-S	+S	-SS	+SS	
Transverse		mm/deg		mm/deg/mm/deg/mm/deg/mm/deg/mm/deg/mm/deg						
1	av.g.pln.trans.pos-Gmx	0.14	Upper incisors transversal deviation (T4)	0	0.19	1.46	-1.3	1.65	-1.2	1.61
2	av.g.pln.trans.pos-Gmx	0.19	Lower incisors transversal deviation (T5)	0	-0.1	2.09	-2.2	1.99	-2.1	1.94
3	av.g.pln.trans.pos-Gmx	0.97	Upper arch transversal deviation	0	0.18	1.6	-1.4	1.28	-1.4	1.24
4	av.g.pln.trans.pos-Gmx	0.58	Lower arch transversal deviation	0	-0.1	1.89	-2	1.8	-1.9	1.76
5	av.g.pln.trans.pos-Gmx	0.04	Upper molar transversal deviation (T6)	0	0.04	1.5	-1.5	1.54	-1.4	1.51
6	av.g.pln.trans.pos-Gmx	0.51	Lower molar transversal deviation (T7)	0	0.01	1.92	-1.9	1.92	-1.9	1.88
7	av.arch.trans.<id1.Vy>(R4)	-0.9	Upper arch rotation in arch plane (+: Right) (T3)	0	0.58	2.66	-2.3	3.44	-2.3	3.44
8	av.arch.trans.<id1.Vy>(R4)	-3.4	Lower arch rotation in arch plane (+: Right) (T3)	0	-0	2.8	-2.8	2.78	-2.8	2.78
9	av.trans.comp-Gmx-Mmx	-0.2	Deviation: upper incisors/molar anterior landmark	0	-0.1	0.68	-0.8	0.55	-0.8	0.54
10	av.trans.comp-Gmx-Mmx	-0.6	Deviation: lower incisors/molar anterior landmark	0	0.41	0.69	-0.3	1.09	-0.3	1.07
11	av.trans.comp-Gmx-Gmx	1.1	Deviation: upper arch/molar	0	0.06	0.78	-0.7	0.64	-0.7	0.62
12	av.trans.comp-Gmx-Gmx	0.17	Deviation: lower arch/molar	0	0.26	0.79	-0.5	1.05	-0.5	1.03
13	av.trans.comp-Gmx-MGmx	0.62	Deviation: upper molar/posterior mandible	0	0.11	0.74	-0.6	0.85	-0.6	0.83
14	av.trans.comp-Gmx-MGmx	0.47	Deviation: lower molar/posterior mandible	0	0.18	1.16	-1	1.24	-1	1.21
15	av.torg.comp-Tq_16_17-Tq_20_21	-1.1	Upper molars torque compensation of maxilla left deviation	0	1.58	5.64	-4.1	7.22	-4.1	7.22
16	av.torg.comp-Tq_36_37-Tq_46_47	12.4	Upper molars torque compensation of mandible right deviation	0	-1.6	4.18	-5.8	2.58	-5.8	2.58
17	av.U.L.tr.dev-Gmx-Gmx	-0.1	Upper/lower incisors left deviation (T1,T4,T5,T11)	0	0.3	1.02	-0.7	1.31	-0.7	1.28
18	av.U.L.tr.dev-Gmx-Gmx	0.4	Upper/lower arch left deviation	0	0.27	0.88	-0.6	1.14	-0.6	1.12
19	av.U.L.tr.dev-Gmx-Gmx	-0.5	Upper/lower molars left deviation (T1,T4,T7)	0	0.04	0.76	-0.7	0.8	-0.7	0.78
20	av.aug.tr.dev<id1.Vy><id1.Vy>	3	Upper/lower arch right deviation (+: maxilla right deviation) (T2)	0	0.6	2.53	-1.9	3.13	-1.9	3.13
21	bas.bone.lorl.tr.dev-MGmx	-0.6	mid-gon.pobal left deviation	0	-0.1	1.35	-1.4	1.28	-1.4	1.25
22	bas.bone.lorl.tr.dev-MGmx	0.04	mid-mandible-foramen left deviation	0	-0.2	2.05	-2.2	1.87	-2.2	1.83
23	bas.bone.lorl.tr.dev-MGmx	0.34	Maxo-pobal left deviation (T3)	0	0.32	1.09	-0.8	1.42	-0.8	1.38
24	bas.bone.lorl.tr.dev-Mmx	0.76	mid-mandible-foramen left deviation (T10)	0	-0.5	2.23	-2.7	1.72	-2.7	1.68
25	bas.bone.lorl.tr.dev-Gmx	-0.1	Mandible left deviation	0	0.13	1.09	-1	1.22	-0.9	1.19
26	bas.bone.lorl.tr.dev-Gmx	0.4	Mandible left deviation	0	-0.3	1.96	-2.3	1.62	-2.3	1.58
27	bas.bone.U.L.tr.dev-MGmx-Mmx	-0.6	Maxilla/mandible posterior left deviation	0	0.11	1.2	-1.1	1.21	-1.1	1.18
28	bas.bone.U.L.tr.dev-MGmx-Mmx	-0.4	Maxilla/mandible anterior left deviation (T8,T9,T10,T11)	0	0.83	1.52	-0.7	2.35	-0.7	2.3
29	bas.bone.U.L.tr.dev-Gmx-Gmx	-0.5	Maxilla/mandible oblique left deviation (T8)	0	0.47	1.18	-0.7	1.65	-0.7	1.61
30	arch.facial.dvrat~1.angle	-1.2	Chin/facial deviation	0	0.67	3.1	-2.4	3.77	-2.4	3.68
31	arch.facial.dvrat~1.angle	-89	Chin/facial/face right deviation	0	-91	1.59	-34	59	-59	58
32	arch.facial.dvrat~2.angle	90.5	Orbital floor/ceiling left deviation	0	89.8	1.82	88	91.6	88	91.6

도면32a

A		B		C	D
Incoher relation (1) vs arches angle relation (2) row	Underpin upperpower incoher negative and (+)			Overall upperpower incoher positive and (+)	
Occluded Class II upperpower arches relation (-)	Underpin with Class III			Class III despite incoher relation	Overall and contradictory Class III
Occluded Class I upperpower arches relation	Underpin without Class III			Overall without Class III	Overall without Class III
Occluded Class II upperpower arches relation (+)	Underpin and contradictory Class II			Class II despite incoher relation	Overall with Class II
At 1. Marking incoher and global arches in the positive upperpower discrepancy					
Case Name: C III 9					

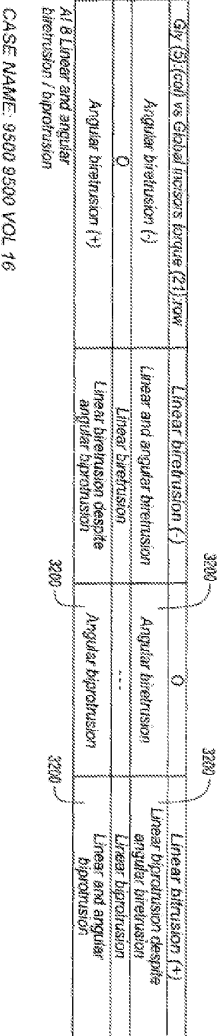
3202

도면32b

A				B		C		D	
Inconsistency relation [1] and 13. Inconsistency relation [2] row				Underline upper/lower reasons negative gap (-)		Class II/ despite previous relation		Overline upper/lower reasons positive gap (+)	
Overline Class II upper/lower reasons relation (+)				Underline with Class III		...		Overline and contradictory Class III	
Overline Class II upper/lower arches relation				Underline and contradictory Class II		Class II despite previous relation		Overline without Class II	
Overline Class II upper/lower arches relation (-)								Overline with Class II	
At 1. Matching Inconsistency and global arches arches possible upper/lower discrepancy									
Case Name: C1/1/9									

3200

도면32c



도면32d

CASE NAME: 9500 9500 VOL 16

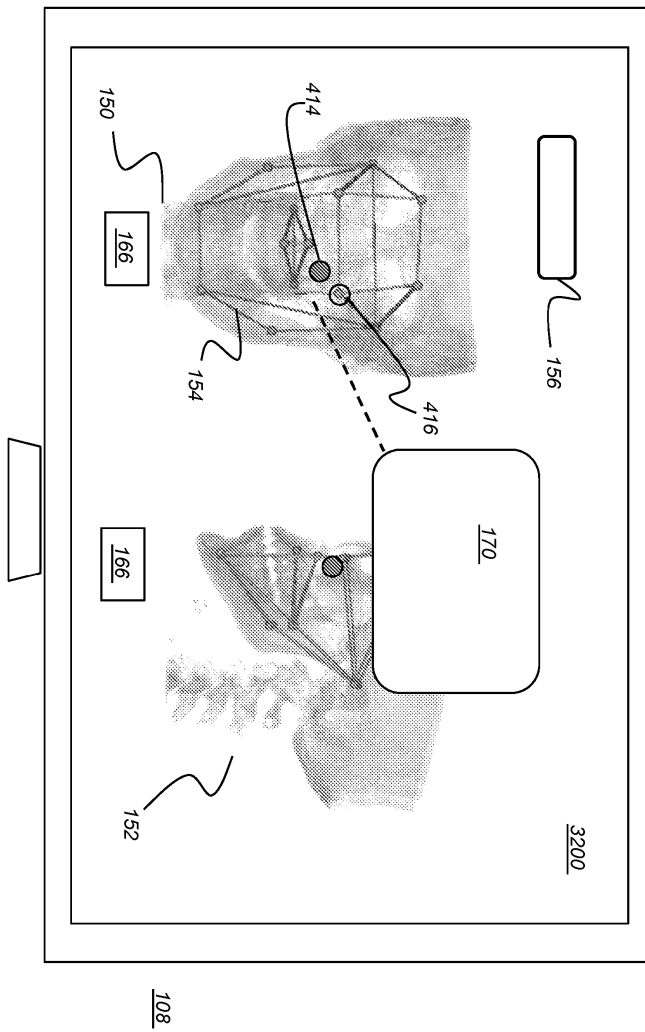
3209

AI	PARAMETERS	DIAGNOSIS
AI 1 Matching incisors and global arches antero-posterior upper/lower discrepancy	Incisors relation (1) : col vs Anches angle relation (2) : row	Underjet without Class III
AI 2 Matching incisors discrepancy and separate linear upper (and lower) incisors positions	Incisors relation (1) : col vs Upper incisor position (19) : row	Underjet by upper incisors retraction
AI 3 Matching incisors discrepancy and separate linear (upper and lower incisors positions	Incisors relation (1) : col vs Lower incisor position (20) : row	0
AI 4 Matching incisors gap & upper-lower CL II torque differential (CL III compensation)	Incisors relation (1) : col vs Torque Upper/Lower difference (22) : row	0
AI 5 Upper-lower separate responsibilities concerning upper-lower CL II torque differential (CL III compens.)	Upper incisors torque (3) : (col) vs lower incisors torque (4) : row	---
AI 6 Matching alveolar and basic upper/lower relationship	Dental Class II (2) : (col) vs basic Class II (6) : row	Dental Class I (despite basic Class III)
AI 7 Upper/lower separate responsibilities concerning skeletal CL II and CL III	MMPy (23) : (col) vs MMx (6) : row	---
AI 8 Linear and angular hyperdivergency	Gxy (5) : (col) vs facial incisors torque (27) : row	---
AI 9 Global linear facial height and its distribution	MMz (16) : (col) vs Gdz(MMz-Gdz) (26) : row	Long face syndrome (linear) due to mandible excess
AI 10 Linear and angular facial disharmony	MMz (16) : (col) vs I3 (14) : row	Basic hyperdivergency in agreement with facial hyperdivergency
AI 11 Alveolar and basic disharmonies	MMx-Mdl (11) : (col) vs FMM (12) : row	---
AI 12 Transverse linear and angular upper/lower alveolar relationship	dM-dm (15) : (col) vs Tmk-Tqm (16) : row	---
AI 13 Transverse linear and angular upper/lower basic relationship	RGP, LSP, RFM, LFM (17) : (col) vs PRO-LD, RLM, LLM (18) : row	Mandible basic excess and mental defect

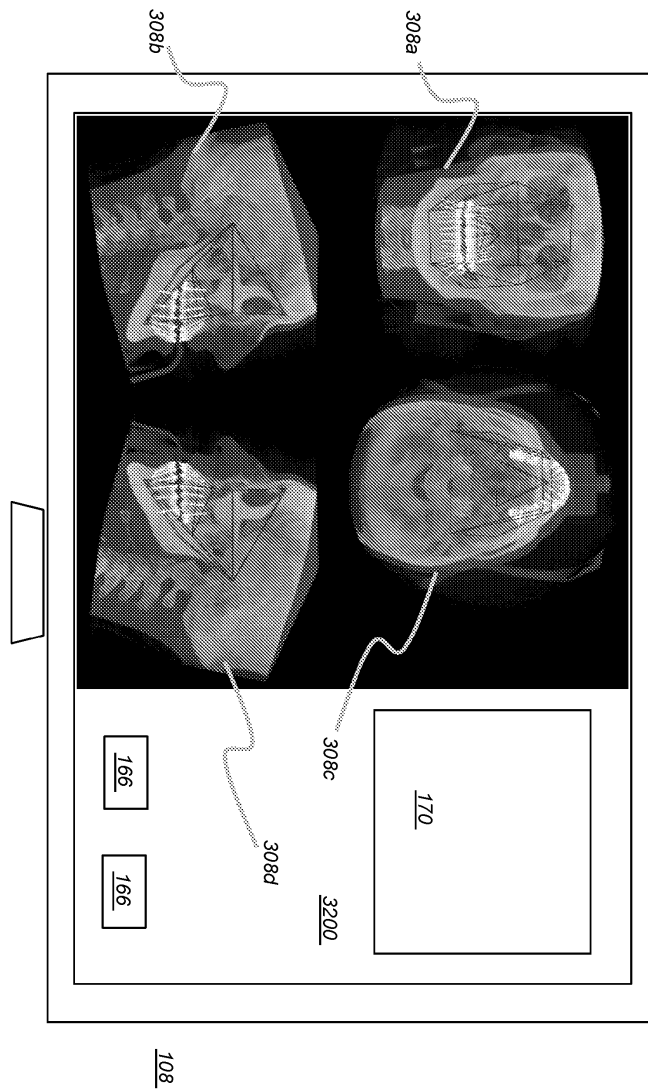
도면32e

3292				
Row 0	Incisors transverse relation TNS17c (GIMx-Gimx) vs molars transverse relations TNS19 r (GIMx-Gimx)	Upper/Lower incisors right deviation (-)	0	Upper/Lower incisors left deviation (+)
Row 1	Upper/Lower molars transverse right deviation (-)	Global upper arch right translation/lower deviation	Posterior upper/lower arch right deviation	Upper arch left global rotation/lower deviation
Row 2	0	Upper/Lower incisors right deviation	0	Upper/Lower incisors left deviation
Row 3	Upper/Lower molars transverse left deviation (+)	Upper/arch right global rotation lower	Posterior upper/lower arch left deviation	Global upper arch left translation/lower
Column 0		Column 1	Column 2	Column 3
C (2,2)		3294		

도면33



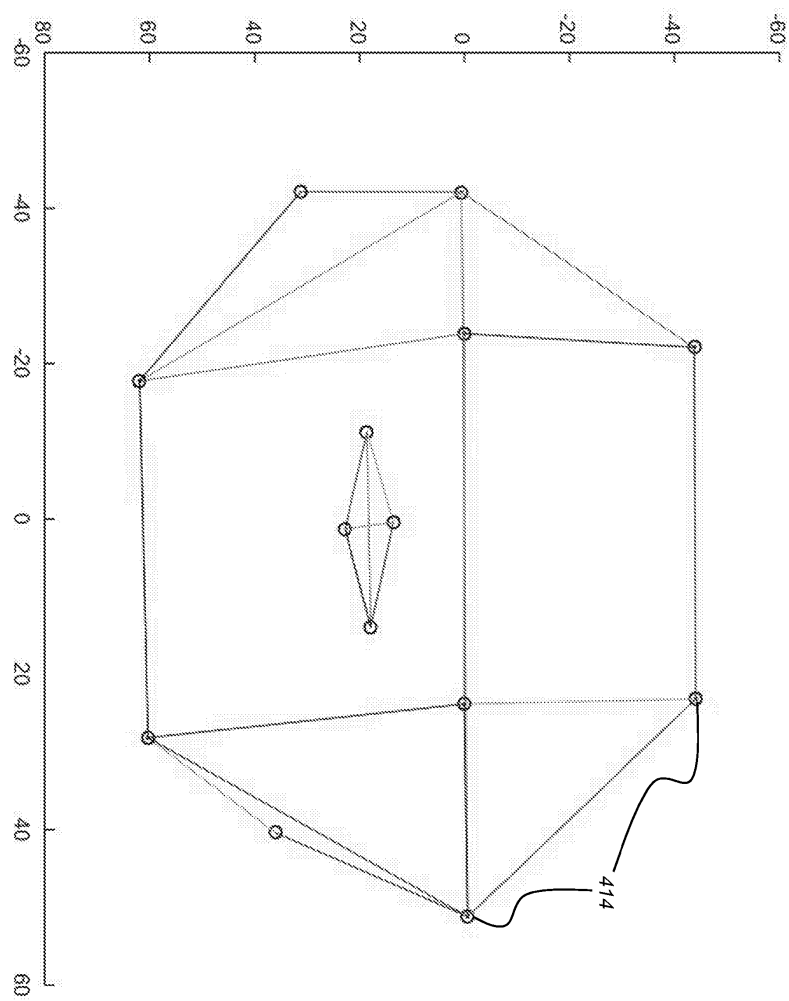
도면34



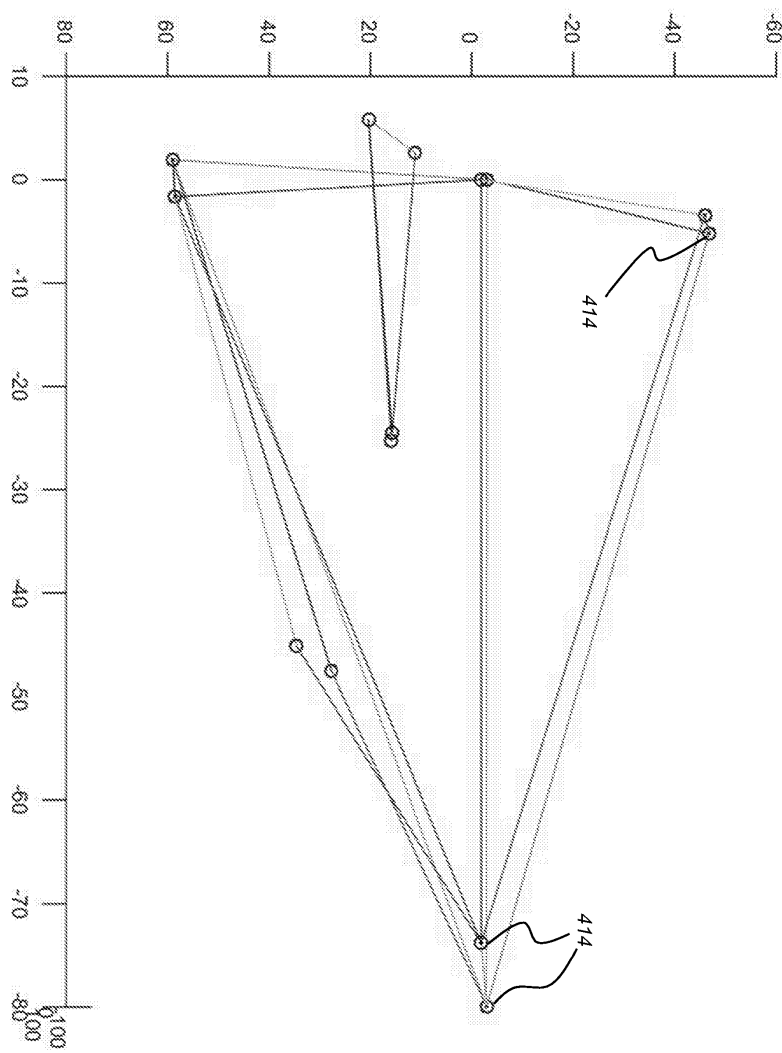
도면35

T1; P19,17;C2,1; Upper/Lower incisors right deviation
T2; P20;C1,2; 0
T3; P8,7;C2,2; 0
T4; P1,17;C2,1; Upper/lower incisors right deviation
T5; P2,17;C2,1; 0
T6; P5,19;C2,2; 0
T7; P6,19;C2,2; 0
T8; P27,28;C2,1; 0
T9; P23,28;C2,1; 0
T10; P24,28;C3,1; Upper/Lower anterior landmarks right deviation is due to chin left deviation
T11; P28,17;C1,1; The upper/Lower incisors right deviation is in agreement with upper/lower base dev
T12; P3,1;C2,2; --
T13; P4,2;C2,2; --
T14; P8,7;C2,2; --
T15; P15,14;C2,2; 0
T16; P2,1;C2,2; 0
T17; P6,5;C3,2; Left Class II
T18; P9,8;C2,2; --
T19; P13,7;C3,3; Excess of the right hemiface and of the right horizontal branch
S1 Anterior-posterior direction synthetic comment = strong right anteroposterior excess
S2 Vertical direction synthetic comment = none
S3 Transversal direction synthetic comment = left upper deviation (right excess) tendency

도면36



도면37



도면38

