



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110326023 B

(45) 授权公告日 2024. 04. 19

(21) 申请号 201780087656.3  
 (22) 申请日 2017.12.22  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 110326023 A  
 (43) 申请公布日 2019.10.11  
 (30) 优先权数据  
 15/395190 2016.12.30 US  
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日  
 2019.08.29  
 (86) PCT国际申请的申请数据  
 PCT/GB2017/053885 2017.12.22  
 (87) PCT国际申请的公布数据  
 W02018/122553 EN 2018.07.05  
 (73) 专利权人 锐珂牙科技技术顶阔有限公司  
 地址 英国伦敦  
 (72) 发明人 J-M. 英格尔斯 陈守朴 J. 富尔  
 J. 特雷尔  
 (74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公  
 司 72001  
 专利代理师 黄涛 刘春元

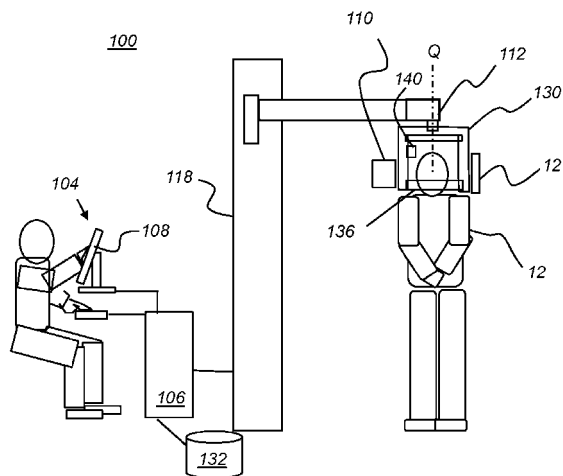
(51) Int.Cl.  
 G06T 7/00 (2017.01)  
 (56) 对比文件  
 CN 102576465 A, 2012.07.11  
 CN 106137414 A, 2016.11.23  
 CN 1998022 A, 2007.07.11  
 US 2007197902 A1, 2007.08.23  
 WO 2015179084 A1, 2015.11.26  
 US 2014348405 A1, 2014.11.27  
 US 8805048 B2, 2014.08.12  
 CN 102770752 A, 2012.11.07  
 CN 104598909 A, 2015.05.06  
 CN 104346803 A, 2015.02.11  
 CN 105232163 A, 2016.01.13  
 CN 103976758 A, 2014.08.13  
 CN 103858134 A, 2014.06.11  
 高琳; 李巍然; 林久祥. 模型重叠评价上颌切  
 牙牙轴变化的可靠性研究. 口腔医学. 2010, (第  
 09期), 全文. (续)  
 审查员 王鑫

权利要求书2页 说明书20页 附图48页

(54) 发明名称  
 用于头影测量分析的方法

(57) 摘要

至少部分地在计算机处理器上执行的用于患者的3D头影测量分析的方法显示根据来自至少第一2D视图的患者头部的计算机断层扫描重构的体积图像数据并且接受在显示的所述至少第一2D视图上定位和显示至少一个参考标记的操作员指令。分割患者口腔内的一个或多个牙列元素并根据来自所述至少一个参考标记和一个或多个分割的牙列元素的数据计算并显示患者的头影测量参数。使用计算的头影测量参数计算指示颌面部不对称性的一个或多个结果以及激发图形或文本显示以示出指示不对称性的计算结果。



CN 110326023 B

[接上页]

(56) 对比文件

吴斐;张苗苗.骨性Ⅲ类错牙合的三维CT头

影测量分析.中国美容医学.2011,(第07期),全文.

1. 一种用于患者的3D头影测量分析的方法,所述方法至少部分地在计算机处理器上执行并且包括:

显示根据来自至少第一2D视图或3D视图的患者头部的计算机断层扫描重构的体积图像数据;

接受在显示的所述至少第一2D视图或3D视图上定位和显示至少一个参考标记的操作员指令;

分割患者口腔内的一个或多个牙列元素;

根据来自所述至少一个参考标记和一个或多个分割的牙列元素的数据计算并显示患者的多个解剖学头影测量参数和多个导出的头影测量参数;

使用计算的头影测量参数计算指示颌面部不对称性的一个或多个结果;以及

激发图形或文本显示以示出指示颌面部不对称性的计算结果,其中显示包括:

第一多个条目,表示不同的所选择的颌面部不对称性前后关系、不对称性竖直关系和不对称性横向关系,

第二多个条目,表示使用所述第一多个条目生成的综合颌面部不对称性累积前后状况、累积不对称性竖直状况和累积不对称性横向状况,以及

第三条目,表示综合颌面部不对称性累积前后状况、综合颌面部不对称性累积竖直状况和综合颌面部不对称性累积横向状况的组合。

2. 如权利要求1所述的方法,其中所述多个头影测量参数以图形方式示出来自正视图或矢状视图的不对称性。

3. 如权利要求1所述的方法,还包括:将计算结果与先前计算结果进行比较,并显示与所述比较相关的消息。

4. 如权利要求1所述的方法,还包括:在与所述第一2D视图基本正交的第二2D视图上显示所述参考标记中的一个或多个。

5. 如权利要求1所述的方法,其中计算和显示多个头影测量参数包括生成与所计算的头影测量参数相关的三维框架。

6. 如权利要求1所述的方法,其中示出计算结果包括针对从患者群体的采样计算的值评价计算结果中的一个或多个,并且其中所述至少一个参考标记识别患者口腔外部的解剖学特征。

7. 如权利要求1所述的方法,还包括:根据从针对所述第一多个条目中的每个条目的所计算的头影测量参数的计算来生成和显示表格报告,其中所述第一多个条目中的所述每个条目对应于与之对应的表格报告中单元格中的一个活动单元格。

8. 如权利要求1所述的方法,还包括:显示图形绘图,所述图形绘图示出所述至少一个参考标记和指示颌面部不对称性的计算结果。

9. 如权利要求8所述的方法,其中所显示的图形绘图示出来自矢状视图的计算结果,其中所述一个或多个结果指示牙齿偏差。

10. 一种利用编码指令配置的逻辑处理器,用于:

显示根据来自至少第一2D视图或3D视图的患者头部的计算机断层扫描重构的体积图像数据;

分割患者口腔内的一个或多个牙列元素;

根据来自至少一个颌面部参考标记和一个或多个分割的牙列元素的数据计算并显示患者的多个解剖学头影测量参数和多个导出的头影测量参数;

使用计算的头影测量参数计算指示颌面部不对称性的一个或多个结果;以及

激发图形或文本显示以示出指示不对称性的计算结果,激发图形或文本显示以示出指示颌面部不对称性的计算结果,其中显示包括:

第一多个条目,表示不同的所选择的颌面部不对称性前后关系、不对称性竖直关系和不对称性横向关系,

第二多个条目,表示使用所述第一多个条目生成的综合颌面部不对称性累积前后状况、累积不对称性竖直状况和累积不对称性横向状况,以及

第三条目,表示综合颌面部不对称性累积前后状况、综合颌面部不对称性累积竖直状况和综合颌面部不对称性累积横向状况的组合。

11. 如权利要求10所述的逻辑处理器,使用具有多个网络的分析引擎模型针对头影测量参数被配置。

## 用于头影测量分析的方法

### 技术领域

[0001] 本发明一般地涉及x射线计算机断层摄影术中的图像处理,并且尤其涉及获取用于三维头影测量分析的3D数据。

### 背景技术

[0002] 头影测量分析是对头部的牙齿和骨骼关系的研究,并且被牙医和正牙医师用作评估和计划工具以改善患者的治疗。常规头影测量分析识别二维头影测量射线照片中的骨和软组织界标,以便在治疗前诊断面部特征和异常,或评价治疗进展。

[0003] 例如,可以在头影测量分析中识别的显性异常是与上颌和下颌之间的骨骼关系有关的咬合不正的前后问题。根据上颌第一臼齿的相对位置对咬合不正进行分类。对于类I,中性牙合,臼齿关系是正常的,但其他牙齿可能存在诸如间距、拥挤或过量出牙或出牙不足之类的问题。对于类II,远中牙合,上颌第一臼齿的近中颊牙尖位于第一下颌臼齿和第二前臼齿之间。对于类III,近中牙合,上颌第一臼齿的近中颊牙尖在下颌第一臼齿的近中颊沟后面。

[0004] Steiner在标题为“Cephalometrics in Clinical Practice”(论文记录在Charles H. Tweed Foundation for Orthodontic Research, October 1956, pp. 8-29)的文章中描述的示例性常规2D头影测量分析方法使用角度度量相对于颅底评估上颌和下颌。在描述的过程中,Steiner选择了四个界标:鼻根、A点、B点和鞍。鼻根是头骨的额骨和两个鼻骨的交叉点。A点被认为是上颌的牙弓基座的前部极限。B点被认为是下颌的牙弓基座的前部极限。鞍是蝶鞍的中点。角度SNA(从鞍到鼻根,然后到A点)用于确定上颌是位于颅底的前方还是后方;大约82度的读数被认为是正常的。角度SNB(从鞍到鼻根然后到B点)用于确定下颌是位于颅底的前方还是后方;大约80度的读数被认为是正常的。

[0005] 最近的口腔正畸学研究表明,使用常规的二维头影测量分析提供的结果存在持续的不准确性和不一致性。一项值得注意的研究是在Angle Orthodontics, September 2008, pp. 873-879中的Vandana Kumar等人的标题为“In vivo comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms”。

[0006] 由于数据获取的基本限制,常规的2D头影测量分析主要集中在美学上,而不关心人面部的平衡和对称性。正如Treil等人在World Journal of Orthodontics, pp. 1-6中标题为“The human face as a 3D model for cephalometric analysis”的文章中所述,平面几何不适合分析解剖学体积及其生长;仅3D诊断能够适当地分析解剖学颌面部复合体。正常关系有两个更重要的方面:平衡和对称性,当模型的平衡和对称性稳定时,这些特性定义了每个人的正常情况。

[0007] Tuncay等人的标题为“System and method of digitally modeling craniofacial features for the purposes of diagnosis and treatment predictions”的第6879712号美国专利公开了一种生成颅面特征的计算机模型的方法。使用激光扫描和数字照片获取三维面部特征数据;通过对牙齿进行物理建模来获取牙齿特

征。模型被激光扫描。然后从射线照片获得骨骼特征。数据被组合成单个计算机模型,可以在三个维度上操作和查看该计算机模型。该模型还具有在当前建模的颅面特征和理论颅面特征之间进行动画的能力。

[0008] Sachdeva等人的标题为“Method and apparatus for simulating tooth movement for an orthodontic patient”的第6,250,918号美国专利公开了一种从实际正牙结构的3D数字模型和所期望的正牙结构的3D模型确定3D直接移动路径的方法。该方法基于每个牙齿的对应三维直接路径使用牙齿表面上的激光扫描的牙冠和标记进行缩放来模拟牙齿移动。使用所述方法没有真正的全牙3D数据。

[0009] 尽管已经在开发使测量的输入和基于这种测量对颅面特征的生物计量数据的计算自动化的技术方面取得了显著进步,但仍有相当大的改进空间。即使利用现有工具的益处,从业者也需要进行充分的培训才能有效地使用生物计量数据。大量的测量和计算数据使得制定和维持治疗计划的任务变得复杂,并且可能增加人类疏忽和错误的风险。

[0010] 因此,可以看出,分析实用程序的开发将具有特别的价值,该分析实用程序生成并报告头影测量结果,头影测量结果可以帮助指导治疗计划并且在正在进行的的治疗的不同阶段跟踪患者进展。

## 发明内容

[0011] 本公开的目的是解决对获取用于头影测量分析的3D解剖数据的改进方式的需要。考虑到该目的,本公开提供了一种用于3D头影测量分析的方法,该方法至少部分地在计算机处理器上执行并且包括用于患者的3D头影测量分析的方法,该方法至少部分地在计算机处理器上执行并且包括:显示根据来自至少第一2D视图的患者头部的计算机断层扫描的重构体积图像数据;接受在显示的所述至少第一2D视图上定位和显示至少一个参考标记的操作员指令;分割患者口腔内的一个或多个牙列元素;根据来自所述至少一个参考标记和一个或多个分割的牙列元素的数据计算并显示患者的多个头影测量参数;使用计算的头影测量参数计算指示颌面部不对称性的一个或多个结果;以及激发图形或文本显示以示出指示颌面部不对称性的计算结果。

[0012] 本公开的特征是与操作员的交互以识别指示解剖学特征的参考标记的位置。

[0013] 本公开的实施例以协同方式将系统的人类操作员的技能与用于特征识别的计算机能力相集成。这利用了创造性、使用启发法、灵活性和判断力的人类技能,并将这些与计算机优势(诸如计算速度、穷尽和准确处理能力以及报告和数据库访问能力)相组合。

[0014] 通过审阅以下优选实施例的详细描述和所附权利要求并参考附图,将更清楚地理解和领会本公开的这些和其他方面、目的、特征和优点。

## 附图说明

[0015] 如附图中所图示的,根据以下对本公开实施例的更具体描述,本发明的上述和其他目的、特征和优点将是显而易见的。附图的元素不一定相对于彼此成比例。

[0016] 图1是示出用于提供头影测量分析的成像系统的示意图。

[0017] 图2是示出根据本公开的实施例的用于3D头影测量分析的过程的逻辑流程图。

[0018] 图3是3D渲染CBCT头部体积图像的视图。

- [0019] 图4是牙齿分割后的3D渲染牙齿体积图像的视图。
- [0020] 图5是显示CBCT头部体积图像和操作人员输入的参考标记的三个正交视图的用户界面的视图。
- [0021] 图6是具有显示的3D参考标记的集合的3D渲染CBCT头部体积图像的视图。
- [0022] 图7A、7B和7C是透视图,示出了为头影测量分析提供了框架的所识别的解剖学特征。
- [0023] 图8是示出用于接受生成用于头影测量分析的框架的操作员指令的步骤的逻辑流程图。
- [0024] 图9A、9B和9C示出了用于使用操作人员输入的参考标记指定解剖学特征的位置的操作员界面。
- [0025] 图10A、10B、10C、10D和10E是示出如何使用体积图像数据和对应的操作人员输入的参考标记计算各种导出参数的图。
- [0026] 图11是3D图,示出多个从分割的牙齿数据导出的头影测量参数。
- [0027] 图12是2D图,示出从分割的牙齿数据导出的头影测量参数。
- [0028] 图13是另一3D图,示出了从分割的牙齿数据导出的头影测量参数。
- [0029] 图14是示出从分割的牙齿数据导出的头影测量参数和治疗参数的图。
- [0030] 图15是示出了系统如何学习牙齿排除的3D图。
- [0031] 图16A是示出数字体模的牙齿的透视图。
- [0032] 图16B是示出针对上颌和下颌的计算的惯性系统轴的3D图。
- [0033] 图17A是示出特定牙齿结构的平行度的图。
- [0034] 图17B是示出特定牙齿结构的平行度的图。
- [0035] 图18A是示出缺失牙齿的数字体模的牙齿的透视图。
- [0036] 图18B是示出针对图18A的示例的针对上颌和下颌的计算的惯性系统轴的图。
- [0037] 图19A是示出特定牙齿结构缺乏平行度的图。
- [0038] 图19B是示出特定牙齿结构缺乏平行度的图。
- [0039] 图20A是示出具有牙齿排除的数字体模的牙齿的透视图。
- [0040] 图20B是示出针对图20A的示例的针对上颌和下颌的计算的惯性系统轴的图。
- [0041] 图21A是示出针对缺失牙齿的牙齿排除的示例。
- [0042] 图21B是示出针对图21A的示例的针对上颌和下颌的计算的惯性系统轴的图。
- [0043] 图22A是示出针对缺失牙齿的牙齿排除的示例。
- [0044] 图22B是示出针对图22A的示例的针对上颌和下颌的计算的惯性系统轴的图。
- [0045] 图23A是示出排除特定牙齿的结果的图像。
- [0046] 图23B是示出针对图23A的示例的针对上颌和下颌的计算的惯性系统轴的图。
- [0047] 图24示出了DOL参考系统的许多界标和坐标轴或向量。
- [0048] 图25示出了向DOL参考系统的替代空间的界标重映射。
- [0049] 图26从侧视图示出了使用所述重映射的具有经变换的牙齿惯性系统的示例。
- [0050] 图27是示出根据本公开的实施例的用于分析引擎的独立网络的示意图。
- [0051] 图28是示出根据本公开的实施例的用于分析引擎的从属或耦合网络的示意图。
- [0052] 图29示出了使用图27的独立网络布置的算法的伪代码。

- [0053] 图30示出了使用图28的从属网络布置的算法的伪代码。
- [0054] 图31A列出了作为数值的示例参数及其解释。
- [0055] 图31B、31C和31D根据本申请的示例性实施例针对特定患者基于示例性总颌面部不对称性参数列出了作为数值的示例参数及其关于颌面部不对称性的解释。
- [0056] 图32A示出了具有咬合分析和牙弓角特性的特定示例的示例性列表结果。
- [0057] 图32B示出了针对上切牙和下切牙的扭矩的特定示例的示例性列表结果。
- [0058] 图32C示出了评估双颌后移或双颌前突的另一个示例的示例性列表结果。
- [0059] 图32D示出了特定患者的头影测量分析的结果的示例性总结列表。
- [0060] 图32E示出了图35中列出的一个状况的详细列表。
- [0061] 图33示出了具有基于分析结果的推荐消息的系统显示。
- [0062] 图34示出了具有用于帮助分析结果的图形描绘的系统显示。
- [0063] 图35示出了根据本公开的实施例的针对不对称的示例性报告。
- [0064] 图36是示出正视图中患者的相对左右不对称性的图。
- [0065] 图37是示出患者面部左侧和右侧的相对重叠的图。
- [0066] 图38是示出面部发散的图。

### 具体实施方式

[0067] 在本公开的实施例的以下详细描述中参考附图,附图中相同的附图标记被分配给连续附图中的相同元素。应当注意,提供这些附图是为了说明根据本发明的实施例的整体功能和关系,并且不以表示实际尺寸或比例的意图被提供。

[0068] 在使用它们的地方,术语“第一”、“第二”、“第三”等不一定表示任何序数或优先关系,而是可能用于更清楚地区分一个元素或时间间隔与另一个元素或时间间隔。

[0069] 在本公开的上下文中,术语“图像”指代由离散图像元素组成的多维图像数据。对于2D图像,离散图像元素是图片元素或像素。对于3D图像,离散图像元素是体积图像元素或体素。术语“体积图像”被认为与术语“3D图像”同义。

[0070] 在本公开的上下文中,术语“代码值”指代与每个2D图像像素相关联的值或相应地,与重构的3D体积图像中的每个体积图像数据元素或体素相关联的值。计算机断层扫描(CT)或锥形束计算机断层扫描(CBCT)图像的代码值通常(但不总是)以亨氏(Hounsfield)单位表示,亨氏单位提供有关每个体素的衰减系数的信息。

[0071] 在本公开的上下文中,术语“几何图元”涉及诸如矩形、圆圈、线、跟踪曲线或其他跟踪图案之类的开放或闭合形状。术语“界标”和“解剖学特征”被认为是等同的并且指代所显示的患者解剖结构的特定特征。

[0072] 在本公开的上下文中,术语“查看者”、“操作员”和“用户”被认为是等同的并且指代进行查看的从业者或查看和操纵显示监视器上的图像(诸如牙齿图像)的其他人。从由查看者诸如使用计算机鼠标或触摸屏或键盘输入而输入的显式命令获得“操作员指令”或“查看者指令”。

[0073] 针对所显示的特征的术语“突出显示”具有如信息和图像显示领域中的技术人员所理解的那样的其常规含义。通常,突出显示使用某种形式的局部显示增强来吸引查看者的注意力。例如,突出显示图像的一部分(诸如个体器官、骨或结构、或从一个腔室到下一个



腔室的路径)可以以多种方式中的任何一种来实现,包括但不限于注释、显示附近或重叠的符号、描画轮廓或跟踪、以与其他图像或信息内容不同的颜色显示或以与其他图像或信息内容明显不同的强度或灰度值显示、显示的一部分闪烁或动画、或以更高清晰度或对比度显示。

[0074] 在本公开的上下文中,描述性术语“导出参数”涉及根据获取或输入的数据值的处理而计算的值。导出参数可以是标量、点、线、体积、向量、平面、曲线、角度值、图像、闭合轮廓、面积、长度、矩阵、张量或数学表达式。

[0075] 本文使用的术语“集合”指代非空集合,因为在小学数学中集合的元素或成员的汇集的概念被广泛理解。除非另有明确说明,否则术语“子集”在本文中用于指代非空的真子集,即,指代较大集合的具有一个或多个成员的子集。对于集合S,子集可以包括完整集合S。然而,集合S的“真子集”严格地包含在集合S中并且排除集合S的至少一个成员。或者,更正式地说明,当该术语在本公开中使用,如果(i)子集B非空并且(ii)如果 $B \cap S$ 也是非空的并且子集B还仅包含集合S中的元素并且基数小于集合S的基数,则子集B可以被认为是集合S的真子集。

[0076] 在本公开的上下文中,“平面视图”或“2D视图”是来自穿过物体的水平面的位置的3维(3D)物体的2维(2D)表示或投影。该术语与术语“图像切片”同义,“图像切片”通常用于描述显示来自3D体积图像数据的2D平面表示,所述3D体积图像数据来自特定视角。如果拍摄视图所处的对应平面彼此以90(+/-10)度设置,或者彼此以90度的整数倍 $n$ ( $n \times 90$ 度,+/-10度)设置,则认为3D体积数据的2D视图基本上是正交的。

[0077] 在本公开的上下文中,通用术语“牙列元素”涉及牙齿、假体装置(诸如假牙和植入物)以及用于牙齿和相关联的假体装置(包括颚)的支撑结构。

[0078] 本公开的主题涉及数字图像处理 and 计算机视觉技术,其被理解为意指如下技术:以数字方式处理来自数字图像的数据以识别人类可理解的物体、属性或状况并由此为所述人类可理解的物体、属性或状况分配有用含义,并且然后在进一步处理数字图像中利用所获得的结果。

[0079] 如前面在背景技术部分中所述的,常规的2D头影测量分析具有许多显著的缺点。难以将患者头部置于头颅固定器或其他测量装置的中心,使得不太可能再现。获得的二维射线照片产生重叠的头部解剖结构图像而不是3D图像。在测频X线照片上定位界标可能是困难的,并且结果往往不一致(参见P.Planche和J.Treil在The Future of Orthodontics, ed. Carine Carels, Guy Willems, Leuven University Press, 1998, pp. 181 - 192中的标题为“cephalometrics for the next millennium”的文章)。制定和跟踪治疗计划的工作是复杂的,部分原因在于收集和计算的头影测量数据的显著数量。

[0080] 本公开的实施例在选择3D解剖学特征点、从这些特征点导出的参数、以及在头影测量分析中使用这些导出参数的方式方面利用Treil的理论。由Treil撰写的参考出版物包括“The Human Face as a 3D Model for Cephalometric Analysis” Jacques Treil, B, Waysenson, J. Braga and J. Casteigt in World Journal of Orthodontics, 2005 Supplement, Vol. 6, issue 5, pp. 33-38;以及“3D Tooth Modeling for Orthodontic Assessment” by J. Treil, J. Braga, J.-M. Loubes, E. Maza, J.-M. Inglese, J. Casteigt, and B. Waysenson in Seminars in Orthodontics, Vol. 15, No. 1, March

2009)。

[0081] 图1的示意图示出了用于3D CBCT头影测量成像的成像设备100。为了对患者12进行成像,使用成像设备100获得并处理一系列多个2D投影图像。可旋转安装件130提供在柱118上,优选地可调整高度以适合患者12的尺寸。安装件130把x射线源110和辐射传感器121维持在患者12的头部的相对侧并且进行旋转以围绕头部以扫描模式使源110和传感器121绕轨道运行。安装件130围绕对应于患者头部的中心部分的轴Q旋转,使得附接到安装件130的部件绕头部轨道运行。传感器121(数字传感器)耦合到安装件130,与x射线源110相对,x射线源110发射适合于CBCT体积成像的辐射图案。可选的头部支撑件136(诸如下巴托或咬合元件)在图像获取期间提供患者头部的稳定性。计算机106具有操作员界面104和显示器108,用于接受操作员命令和显示由成像设备100获得的正牙图像数据的体积图像。计算机106与传感器121进行信号通信以获得图像数据并提供信号用于控制所述源110,并且可选地,控制用于安装件130部件的旋转致动器112。计算机106还与用于存储图像数据的存储器132进行信号通信。提供可选的对齐设备140来帮助患者头部的正确对齐以用于成像过程。

[0082] 参考图2的逻辑流程图,其示出了根据本公开的实施例的用于利用牙齿CBCT体积获取用于3D头影测量分析的正牙数据的步骤序列200。在数据获取步骤S102中访问CBCT体积图像数据。体积包含针对一个或多个2D图像(或等效地,切片)的图像数据。使用从CT扫描仪获得的多个2D投影或正弦图使用标准重构算法形成原始重构的CT体积。作为示例,图3示出了示例性牙齿CBCT体积202,其包含骨解剖结构、软组织和牙齿。

[0083] 继续图2的序列,在分割步骤S104中,通过将3D牙齿分割算法应用于牙齿CBCT体积202来收集3D牙列元素数据。针对牙齿和相关牙列元素的分割算法在牙齿成像领域中是众所周知的。例如,示例性牙齿分割算法在以下文献中描述:Chen等人的标题为“PANORAMIC IMAGE GENERATION FROM CBCT DENTAL IMAGES”的共同转让的美国专利申请公开号2013/0022252;Chen等人的标题为“METHOD AND SYSTEM FOR TOOTH SEGMENTATION IN DENTAL IMAGES”的美国专利申请公开号2013/0022225;以及Chen的标题为“METHOD FOR TOOTH DISSECTION IN CBCT VOLUME”的美国专利申请公开号2013/00222254,这些文献的全部内容通过引用并入本文。

[0084] 如图4中所示,用图像302渲染牙齿分割结果,其中牙齿作为整体被渲染,但是被单独分割。每个牙齿是称为牙齿体积(例如牙齿体积304)的单独实体。

[0085] 被分割的牙齿中的每个牙齿,或更宽泛地说,已被分割的每个牙列元素至少具有:3D位置列表,该3D位置列表包含被分割的牙列元素内的每个体素的3D位置坐标;以及被分割的元素内的每个体素的代码值列表。此时,相对于CBCT体积坐标系定义每个体素的3D位置。

[0086] 在图2的序列中的参考标记选择步骤S106中,CBCT体积图像显示有关于不同视角所获得的两个或更多个不同的2D视图。例如,该不同的2D视图可以处于不同的角度并且可以是不同的图像切片,或者可以是正交或基本上正交的投影,或者可以是透视图。根据本公开的实施例,三个视图是相互正交的。

[0087] 图5示出了具有示出三个正交2D视图的显示界面402的示例性格式。在显示界面402中,图像404是CBCT体积图像202(图3)的轴向2D视图之一,图像406是CBCT体积图像202的冠状2D视图之一,以及图像408是CBCT体积图像202的矢状2D视图之一。显示界面允许查

看者(诸如从业者或技术人员)与执行各种图像处理/计算机算法的计算机系统交互以实现多个3D头影测量分析任务。查看者交互可以采用用户界面领域的技术人员已知的多种形式中的任何一种,诸如使用诸如计算机鼠标操纵杆或触摸板之类的指示器,或者使用触摸屏来选择动作或指定图像的坐标,用于随后更详细描述交互。

[0088] 3D头影测量分析任务之一是在图2的3D参考标记选择步骤S106中执行自动识别。在图5中,3D参考标记(等同于由查看者在显示的图像上识别的一种类型的3D界标或特征点)在显示界面402的不同的相互正交的2D视图中示出。图5中所示的示例性3D解剖学参考标记是参考标记414处的下鼻腭孔。如图6的视图所示,查看者可以在显示的图像502上指示的其他解剖学参考标记包括在参考标记508和510处的眶下孔,以及在参考标记504和506处的锤骨。

[0089] 在图2的步骤S106中,查看者使用指示装置(诸如,例如鼠标或触摸屏)将参考标记作为一种类型的几何图元放置在三个视图中的任何一个视图中的适当位置处。根据本文中的附图中所示的本公开的实施例,参考标记显示为圆圈。例如,在使用图5的显示界面画面的情况下,查看者在如图像404示出的视图中在位置414处放置小圆圈作为参考点的参考标记。参考标记414在图像404中以及在图像406和408中的对应视图中的适当位置处显示为小圆圈。注意以下内容是有指导性的:查看者仅需要在所显示的视图404、406或408之一中指示参考标记414的位置;系统通过在患者解剖结构的其他视图中示出相同的参考标记414来进行响应。因此,查看者可以在最容易看到参考标记414的视图中识别参考标记414。

[0090] 在输入参考标记414之后,用户可以使用诸如键盘或显示的图标之类的操作员界面工具,以便在任何所显示的视图上调整参考标记414的位置。查看者还可以有去除输入的参考标记并输入新参考标记的选项。

[0091] 显示界面402(图5)提供放大/缩小实用程序,用于重新调整任何或所有显示的视图的尺寸。因此,查看者可以高效地操纵不同的图像以改进参考标记定位。

[0092] 参考3D图像内容的视图做出并出现在3D图像内容的视图上的参考标记的收集提供了头影测量参数集合,头影测量参数集合可以用于更精确地表征患者的头部形状和结构。头影测量参数包括由参考标记输入直接提供的针对患者头部的特定特征的坐标信息。头影测量参数还包括关于患者头部的解剖结构的各种可测量特性的信息,该各种可测量特性不直接作为坐标或几何结构被输入,而是从坐标信息导出,称为“导出的头影测量参数”。导出的头影测量参数可以提供关于相对尺寸或体积、对称性、定向、形状、移动路径和可能的移动范围、惯性轴、质心和其他数据的信息。在本公开的上下文中,术语“头影测量参数”适用于诸如由参考标记直接识别的那些参数,或者根据参考标记计算的那些导出的头影测量参数。例如,由于特定参考点由它们对应参考标记识别,所以框架连接线522被构造为接合参考点以便对整体特征进行合适的表征,如图6中更清楚地示出的那样。可以把框架连接线522看作3D空间中的向量;它们的尺寸和空间特性提供了可用于正牙和其他目的的计算的额外的体积图像数据。

[0093] 每个参考标记414、504、506、508、510是针对一个或多个框架连接线522的终点,由图像处理设备100的计算机106在体积数据内自动生成并形成促进后续分析和测量处理的框架。图7A、7B和7C针对来自不同透视图的所显示的3D图像502a、502b和502c示出了所选择的参考点的框架520如何与顶点处的参考点一起帮助定义整体头部结构的尺寸方面。根据

本公开的实施例,操作员指令允许操作员在类似于图5中所示的那些的2D视图和图6中所示的体积表示(对于患者头部的体素具有部分透明度)之间切换。这使操作员能够从多个角度检查参考标记放置和连接线放置;可以在任何显示的视图上调整参考标记位置。另外,根据本公开的实施例,操作员可以针对特定参考标记键入更精确的坐标。

[0094] 图8的逻辑流程图示出了用于接受和处理针对参考标记输入和识别的操作员指令以及用于根据图像数据和参考标记提供计算参数的序列中的步骤。显示步骤S200从不同角度(诸如例如从相互正交的角度)显示根据患者头部的计算机断层扫描重构的3D图像数据的一个或多个2D视图。在可选的列表步骤S210中,系统提供文本列表,诸如表格列表、一系列提示或用于数字输入的一系列标记字段,数字输入需要重构的3D图像中多个界标或解剖学特征的位置数据的输入。如后面所述的,可以以用户界面提示或菜单选择的形式为操作员明确地提供该列表。替代地,可以隐含地定义列表,使得操作员不必遵循用于输入位置信息的特定序列。在记录步骤S220中输入给出不同解剖学特征的x、y、z位置数据的参考标记。解剖学特征可位于患者口腔内部或外部。本公开的实施例可以使用如下两项的组合:如在步骤S220中输入的在显示上识别的解剖学特征与针对牙齿和其他牙列元素自动生成的分割数据,如前面参考图2所述。

[0095] 在图8的记录步骤S220中,系统接受操作员指令,该操作员指令定位与解剖结构的每个界标特征对应的参考标记。参考标记由操作员在第一或第二2D视图上输入,或者如果呈现的视图超过两个,则在任何其他视图上输入,并且在输入之后,在每个显示的视图上显示。识别步骤S230识别与输入的参考标记对应的解剖学特征或界标,并且可选地,验证操作员输入的准确性。计算比例值以确定给定操作员输入准确识别特定解剖学特征的参考标记的位置的可能性。例如,眶下孔通常在距腭孔的一定距离范围内;系统检查输入的距离,并通知操作员对应的参考标记是否看起来没有正确定位。

[0096] 继续图8的序列,在构造步骤S240中,生成框架连接线用于连接参考标记以用于框架生成。然后执行计算和显示步骤S250,根据定位的参考标记计算一个或多个头影测量参数。然后将计算的参数显示给操作员。

[0097] 图9A、9B和9C示出了出现在显示器108上的操作员界面。操作员界面在显示器108上提供用于接受操作员指令和用于显示特定患者的头影测量参数的计算结果的交互式实用程序。例如,显示器108可以是用于输入操作员指定的参考标记和其他指令的触摸屏显示器。显示器108同时显示体积图像数据的至少一个2D视图或者来自不同角度或视角的体积图像数据的两个或更多个2D视图。作为示例,图9A示出了与侧视图或矢状视图152配对的正或冠状视图150。根据本公开的实施例,可以同时示出多于两个视图,并且可以示出不同的2D视图,其中每个显示的视图独立地定位。各个视图可以是相互正交的,或者可以仅仅是来自不同的角度。作为显示器108的界面的一部分,可选控件166使查看者能够通过交替的固定视图之间切换或通过沿任何3D轴(x, y, z)递增地改变相对透视角度来调整获得一个或多个2D视图的透视角度。可以为每个2D视图提供对应的控件166,如图9C中所示。使用针对显示器108示出的操作员界面,操作员使用某种类型的指示器输入每个参考标记414,该指示器可以是鼠标或其他电子指示器,或者可以是如图9A中所示的触摸屏输入。作为操作员界面的一部分,提供可选列表156以引导操作员根据提示输入特定参考标记,或者识别操作员输入,诸如通过从下拉菜单168中选择,如图9B的示例中所示。因此,操作员可以在列表

156中输入值或者可以在字段158中输入值,然后从下拉菜单168中选择与输入的值相关联的名称。图9A-9C示出了在参考点之间构造的框架154。如图9A所示,每个输入的参考标记414可以在视图150和152二者中示出。选择的参考标记414在显示器108上突出显示,诸如以粗体或另一种颜色显现。例如,选择特定的参考标记以便获得或输入关于该参考标记的信息或执行某种动作,诸如改变其位置。

[0098] 在图9B中所示的实施例中,通过从列表156中进行选择来识别刚刚由操作员输入或选择的参考标记414。对于所示的示例,操作员选择所指示的参考标记414,然后进行菜单选择,诸如来自菜单168的“眶下孔”。可选字段158识别突出显示的参考标记414。基于模型或基于标准已知解剖学关系的计算可用于识别例如参考标记414。

[0099] 图9C示出了一示例,在该示例中,操作员输入被系统检测为不正确或不可能的参考标记414指令。显示错误提示或错误消息160,错误提示或错误消息160指示操作员输入看起来是错误的。例如,系统基于模型或基于学习的数据来计算特定界标或解剖学特征的可能位置。当操作员输入看起来不准确时,显示消息160以及可选的替代位置416。显示覆盖指令162以及用于根据来自系统的计算的信息重新定位参考标记的重新定位指令164。可以通过接受来自显示屏或键盘的另一个操作员输入或通过接受在图9C的示例中的替代位置416处的系统计算的参考标记位置来完成重新定位。

[0100] 根据本公开的替代实施例,操作员在输入参考标记时不需要标注参考标记。相反,显示器提示操作员在任何所显示的2D视图上指示特定界标或解剖学特征并自动标注所指示的特征。在该引导序列中,操作员通过指示指定界标的对应参考标记的位置来响应每个系统提示。

[0101] 根据本公开的另一替代实施例,当操作员指示参考标记时,系统确定已识别出哪个界标或解剖学特征;操作员在输入参考标记时不需要标注参考标记。系统使用关于已经识别的解剖学特征的已知信息并且替代地通过使用重构的3D图像本身的尺寸进行计算来计算最可能的参考标记。

[0102] 使用图9A-9C的示例中所示的操作员界面,本公开的实施例提供了一种实用的3D头影测量分析系统,该3D头影测量分析系统在3D头影测量分析过程中协同地将该系统的人类操作员的技能与计算机的能力集成在一起。这利用了人类如下技能:创造性、使用启发法、灵活性和判断力,并将这些与计算机优势(诸如计算速度、准确和可重复处理能力、报告和数据访问和存储能力、以及显示灵活性)相组合。

[0103] 返回参考图2的序列,一旦输入了足够的界标集合,就在计算步骤S108中计算导出的头影测量参数。图10A到10E示出了用于计算和分析头影测量数据的处理序列,并且示出了如何根据操作员输入的指令并根据牙列元素的分割从组合的体积图像数据和解剖学特征信息获得多个头影测量参数。根据本公开的实施例,图10A到10E中所示的特征部分被显示在显示器108(图1)上。

[0104] 图10A中所示的示例性导出的头影测量参数是3D平面602(在头影测量分析中称为t参考平面),3D平面602通过使用如先前参考图6所述的具有参考标记504、506、508和510的第一几何图元的集合的子集来计算。另一导出的头影测量参数是3D坐标参考系统612,称为t参考系统,并且由Treil在先前提到的出版物中描述。t参考系统612的z轴被选择为垂直于3D t参考平面602。t参考系统612的y轴与参考标记508和504之间的框架连接线522对齐。t

参考系统612的x轴在平面602中并且与t参考系统的z轴和x轴都正交。t参考系统轴的方向在图10A和随后的图10B、10C、10D和10E中指示。t参考系统的原点位于连接参考标记504和506的框架连接线522的中间。

[0105] 通过t参考系统612的建立,来自步骤S106的3D参考标记和来自步骤S104的3D牙齿数据(牙齿的3D位置列表)从CBCT体积坐标系统变换为t参考系统612。利用这种变换,现在可以相对于t参考系统612执行导出的头影测量参数和分析的后续计算。

[0106] 参照图10B,可以从来自t参考系统612中的牙齿数据的头影测量参数导出3D上颌平面704和3D下颌平面702。根据从上颌(上颌)分割的牙齿数据来计算该导出的上颌平面704。使用头影测量和分析领域的技术人员熟悉的方法,根据从下颌(下颌)分割的牙齿数据类似地计算导出的下颌平面702。

[0107] 对于根据牙齿数据的3D平面的示例性计算,通过使用颌中所有牙齿的体素的3D位置向量和代码值来形成惯性张量(如所引用的Treil的出版物中所述的);然后从惯性张量计算特征向量。这些特征向量在数学上描述了t参考系统612中的颌的定向。3D平面可以使用两个特征向量形成,或者使用一个特征向量作为平面法线形成。

[0108] 参考图10C,示出了另一导出的参数。对于每个颌,将颌曲线计算为导出的参数。计算上颌的上颌曲线810;针对下颌导出下颌曲线812。颌曲线被构造成与相应颌中的每个齿的质心相交并且位于对应的颌平面中。继而,可以使用3D位置列表和分割牙齿的代码值列表来计算牙齿的质心。

[0109] 牙齿的质量也是从牙齿的代码值列表计算的导出的头影测量参数。在图10C中,针对上颌牙齿,示例性牙齿质量被显示为圆圈814或其他类型的形状。根据本公开的实施例,形状的一个或多个相对尺寸(诸如圆圈半径)例如指示相对质量值,即颌中特定牙齿相对于其他牙齿质量的质量值。例如,上颌的第一臼齿的质量值大于相邻的牙齿质量值。

[0110] 根据本公开的实施例,对于每个牙齿,还计算特征向量系统。最初通过使用牙齿体素的3D位置向量和代码值来形成惯性张量,如所引用的Treil的出版物中所述的。然后根据惯性张量将特征向量计算为导出的头影测量参数。这些特征向量在数学上描述了t参考系统中牙齿的定向。

[0111] 如图10D中所示,根据两个颌平面702和704计算另一导出的参数,咬合平面,即3D平面908。咬合平面,即3D平面908位于两个颌平面702和704之间。平面908的法线是平面702的法线和平面704的法线的平均。

[0112] 对于个体牙齿,通常,对应于计算的最大特征值的特征向量是指示牙齿的中轴的另一导出的头影测量参数。图10E示出了牙齿的两种类型的示例性中轴:上切牙的中轴1006和下切牙的中轴1004。

[0113] 计算的牙齿中轴的长度以及其他导出的参数是头影测量分析和治疗计划中有用的头影测量参数。应当注意,代替在引用的Triel的出版物中提出的使用特征值来设置轴的长度,本公开的实施例使用不同的方法将实际中轴长度计算为导出的参数。首先定位中轴与牙齿体积的底部切片的第一交叉点。然后,识别中轴与牙齿体积的顶部切片的第二交叉点。然后,本公开的实施例计算两个交叉点之间的长度。

[0114] 图11示出了图1102,图1102提供了特写视图,该特写视图将咬合平面908关于上颌平面704和下颌平面702隔离,并且示出了颌曲线810和812的相对位置和曲率。

[0115] 图12示出了图1202,图1202示出了上齿中轴1006和下齿中轴1004之间的位置和角度关系。

[0116] 如在前面的描述中所指出的并且在对应的附图中示出的,存在可以从组合的体积图像数据(包括牙列元素分割和操作员输入的参考标记)导出的多个头影测量参数。这些是在计算机辅助头影测量分析步骤S110(图2)中计算的。

[0117] 在步骤S110中可能特别有价值的示例性3D头影测量分析过程涉及上颌(上颌)和下颌(下颌)平面702和704的相对平行度。上颌平面702和下颌平面704二者分别是如前所述的导出的参数。可以使用以下序列进行评估:

[0118] ·将上颌惯性系统的x轴(即特征向量)投影到t参考系统的x-z平面,并计算t参考系统的z轴和投影之间的角度MX1\_RF;

[0119] ·将下颌惯性系统的x轴(即特征向量)投影到t参考系统的x-z平面,并计算t参考系统的z轴和投影之间的角度MD1\_RF;

[0120] · $MX1\_MD1\_RF=MX1\_RF-MD1\_RF$ 给出t参考系统的x-z平面中上颌和下颌的平行度评估;

[0121] ·将上颌惯性系统的y轴(即特征向量)投影到t参考系统的y-z平面,并计算t参考系统的y轴与投影之间的角度MX2\_RS;

[0122] ·将下颌惯性系统的y轴(即特征向量)投影到t参考系统的y-z平面,并计算t参考系统的y轴与投影之间的角度MD2\_RS;

[0123] · $MX2\_MD2\_RS=MX2\_RS-MD2\_RS$ 给出t参考系统的y-z平面中上颌和下颌的平行度评估。

[0124] 在步骤S110中执行的另一示例性3D头影测量分析过程是使用中轴1006和1004(图10E,12)评估上颌(上颌)切牙和下颌(下颌)切牙之间的角度属性。可以使用以下序列进行评估:

[0125] ·将上切牙中轴1006投影到t参考系统的x-z平面,并计算t参考系统的z轴和投影之间的角度MX1\_AF;

[0126] ·将下切牙中轴1004投影到t参考系统的x-z平面,并计算t参考系统的z轴和投影之间的角度MD1\_AF;

[0127] · $MX1\_MD1\_AF=MX1\_AF-MD1\_AF$ 给出t参考系统的x-z平面中上和下切牙的角度属性评估;

[0128] ·将上切牙中轴1006投影到t参考系统的y-z平面,并计算t参考系统的y轴和投影之间的角度MX2\_AS;

[0129] ·将下切牙中轴1004投影到t参考系统的y-z平面,并计算t参考系统的y轴和投影之间的角度MD2\_AS;

[0130] · $MX2\_MD2\_AS=MX2\_AS-MD2\_AS$ 给出t参考系统的y-z平面中上和下切牙的角度属性评估。

[0131] 图13示出了图1300,图1300示出了针对上切牙的局部x-y-z坐标系统1302和针对下切牙的局部x-y-z坐标系统1304。x-y-z坐标系统的局部轴和与该特定牙齿相关联的特征向量对齐。x轴未被示出但满足右手系统规则。

[0132] 在图13中,系统1302的原点可以被选择位于沿轴1006的任何位置处。系统1302的

示例性原点是与轴1006相关联的牙齿的质心。类似地,系统1304的原点可以被选择位于沿轴1004的任何位置处。系统1304的示例性原点是与轴1004相关联的牙齿的质心。

[0133] 基于在步骤S110(图2)中执行的分析,在计划步骤S112中布置调整或治疗计划。示例性治疗计划是使上切牙在3D点(诸如在其局部坐标系原点)处并且围绕任意3D轴(诸如围绕局部x-y-z系统的x轴)逆时针旋转。图14的图示出了向轴位置1408的旋转。

[0134] 在图2的治疗步骤S114中,基于所述计划(例如,基于上切牙旋转)执行治疗。在实际治疗发生之前,可以在可视化步骤S116中可视地测试和验证治疗计划。

[0135] 返回参考图2,示出了从步骤S114到步骤S102的线120。这指示在序列200工作流程中存在反馈环路。在患者接受治疗之后,可以通过输入相关数据作为系统的输入来执行立即评价或者替代地,执行治疗的预定评价。用于此目的的示例性相关数据可包括来自光学、射线照相、MRI或超声成像的结果和/或任何有意义的相关测量或结果。

[0136] 可选的牙齿排除步骤S124也在图2的序列200中示出。例如,如果患者已经移除了一个或多个牙齿,则可以排除与移除的牙齿互补的牙齿。对于该步骤,操作员基于Treil的颞平面平行度理论指定要从其余的处理步骤中排除的一个或多个牙齿(如果有的话)。图15的图示出了系统如何使用虚拟或数字体模912学习牙齿排除。数字体模912是用于计算和显示的虚拟模型,该虚拟模型使用上颌的数字模型的上牙集合和下颌的数字模型的下牙集合和界标集合构造。数字体模912是3D或体积图像数据模型,其表示从患者解剖结构获得的图像数据,并且使用所提供的界标和其他解剖学信息生成并且可以存储以供参考,或者可以被生成以供需要时使用。各种类型的数字体模的使用对于数字射线照相领域的技术人员来说是公知的。诸如数字体模912的参考标记504、506、508和510之类的界标对应于从CBCT体积202(图3)识别的实际参考标记。这些界标用于计算t参考系统612(图10A-10E)。

[0137] 操作员可以通过从显示中选择牙齿或通过输入识别显示上排除的牙齿的信息来排除一个或多个牙齿。

[0138] 在图15的表示中,数字体模912的上牙齿和下牙齿(诸如数字牙齿2202和2204)是以数字方式生成的。如所示的,数字牙齿的示例性形状是圆柱体。在该示例中,数字牙齿的示例性体素值是255。可以理解,其他形状和值可以用于体模912表示和处理。

[0139] 图16A示出了数字体模912的数字牙齿2202和2204。上数字颌和下数字颌中的对应数字牙齿以相同的方式生成,具有相同的尺寸和相同的代码值。

[0140] 为了评估上和下数字颌的平行度,通过使用数字颌中所有数字牙齿的体素的代码值和3D位置向量来形成每个数字颌的惯性张量(参见之前引用的Treil出版物)。然后根据惯性张量计算特征向量。这些特征向量作为惯性系统在数学上描述了t参考系统612(图10A)中的颌的定向。如前所述,根据惯性张量数据计算的特征向量是一种类型的导出的头影测量参数。

[0141] 如图16B中所示,如预期的那样,上数字颌惯性系统2206和下数字颌惯性系统2208的所计算的轴针对所生成的数字体模912是平行的,因为上颌牙齿和下颌牙齿以相同方式创建。图17A在矢状图中沿着针对上颌的线2210和沿着针对下颌的线2212示出了这种平行度;图17B在正(冠状)视图中在针对上颌的线2214处和针对下颌的线2216处示出了平行度。

[0142] 参考图18A和18B,示出了缺失数字牙齿2204的情况。上数字颌惯性系统2206和下数字颌惯性系统2208的所计算的轴不再平行。在对应的图19A和19B中,也可以沿着针对上



颞的线2210和针对下颞的线2212在矢状视图中;沿着针对上颞的线2214和针对下颞的线2216在正视图中检查这种未对齐。根据本公开的实施例,如图20A和20B中所示的,可以通过排除每个缺失牙齿的配对牙齿来校正由于一个或多个缺失牙齿导致的上颞平面和下颞平面(惯性系统)的这种类型的未对齐。牙齿2204的配对牙齿是牙齿2304、2302和2202。牙齿2304是针对牙齿2204的在上颞中的对应牙齿。牙齿2202和2302是针对牙齿2304和2204的在另一侧的对应牙齿。在排除缺失牙齿2204的配对牙齿之后,针对上颞的惯性系统2206的计算的轴和针对下颞的惯性系统2208的计算的轴再次平行。

[0143] 图21A和21B图示了在排除了缺失牙齿的配对牙齿的情况下来自CBCT体积的分割牙齿。分割结果在图像2402中示出。针对上颞和下颞的惯性系统的所计算的轴是平行的,如图2404中所展示的。

[0144] 图22A 和22B示出了应用于另一患者的使用牙齿排除步骤S124(图2)排除配对牙齿的方法。如图像2500中所示,牙齿2502、2504、2506和2508未发育完全。在惯性系统计算方面,它们的定位、尺寸和定向严重扭曲了上颞和下颞的物理属性。图22B中的图2510描绘了上颞惯性系统2512和下颞惯性系统2514严重不对齐(不平行)的情况。

[0145] 图23A和23B示出了从图像中排除特定牙齿的结果。图像2600示出了从图22A的图像2500中排除牙齿2502、2504、2506和2508的结果。在没有这些牙齿的干扰的情况下,如图2610中所描绘的,图像2600中所示的牙齿的上颞的惯性系统2612和下颞的惯性系统2614的轴平行。

[0146] 生物计量计算

[0147] 给定输入的解剖学参考点的界标数据、牙列元素(诸如牙齿、植入物和颞及相关支撑结构)的分割、以及如前所述获得的所计算的参数,可以执行详细的生物计量计算并且其结果用于帮助建立治疗计划和监测进行中的治疗进展。返回参考图8,随后描述的生物计量计算给出关于步骤S250的更多细节,步骤S250用于分析和显示从记录的参考标记生成的参数。

[0148] 根据本公开的实施例,牙齿的输入的界标和计算的惯性系统从原始CBCT图像体素空间变换到称为直接正交界标(DOL)参考系统的替代参考系统,直接正交界标(DOL)参考系统具有坐标 $(x_d, y_d, z_d)$ 。图24示出了DOL参考系统的许多界标和坐标轴或向量。界标RI0和LI0指示眶下孔;界标RHM和LHM标记锤骨。 $(x_d, y_d, z_d)$ 的原点 $o_d$ 被选择处于连接界标RI0和LI0的线的中间。向量 $x_d$ 方向被定义为从界标RI0到LI0。YZ平面在点 $o_d$ 处与向量 $x_d$ 正交。平面YZ与连接RHM和LHM的线存在交点 $o'_d$ 。向量 $y_d$ 方向为从 $o'_d$ 到 $o_d$ 。向量 $z_d$ 是 $x_d$ 和 $y_d$ 的叉积。

[0149] 使用该变换,可以将识别的界标重新映射到图25中所示的坐标空间。图26从侧视图示出了使用该重新映射的经变换的惯性系统的示例。

[0150] 作为示例而非限制,以下列表识别了多个个体数据参数,这些个体数据参数可以使用经变换的界标、牙列分割和惯性系统数据计算并用于进一步分析。

[0151] 可以使用经变换的空间中的界标计算的第一分组数据参数给出前-后值:

[0152] 1. Antero-posterior.alveolar.GIM-Gim:上切牙和下切牙的中等惯性中心之间的y位置差值。

[0153] 2. Antero-posterior.alveolar.GM-Gm:上牙齿和下牙齿的中等惯性中心之间的差值。

- [0154] 3. Antero-posterior.alveolar.TqIM: 上切牙的中等扭矩。
- [0155] 4. Antero-posterior.alveolar.Tqim: 下切牙的中等扭矩。
- [0156] 5. Antero-posterior.alveolar. (GIM+Gim)/2: GIM和Gim的平均y位置。
- [0157] 6. Antero-posterior.basis.MNP-MM: 中等鼻腭与中等颞孔之间的y位置差值。
- [0158] 7. Antero-posterior.basis.MFM-MM: 中等下颌孔与中等颞孔之间的实际距离。
- [0159] 8. Antero-posterior.architecture.MMy: 中等颞孔的y位置。
- [0160] 9. Antero-posterior.architecture.MHM-MM: 中等锤骨与中等颞孔之间的实际距离。
- [0161] 第二分组给出竖直值:
- [0162] 10. Vertical.alveolar.Gdz: 所有牙齿的惯性中心的z位置。
- [0163] 11. Vertical.alveolar.MxII-MdII: 上牙弓和下牙弓的第二轴的角度之间的差值。
- [0164] 12. Vertical.basis.<MHM-MIO,MFM-MM>: 向量MHM-MIO和MFM-MM之间的角度差。
- [0165] 13. Vertical. architecture.MMz: 中等颞孔的z位置。
- [0166] 14. Vertical. architecture.13: 向量MHM-MIO和MHM-MM之间的角度差。
- [0167] 还提供横向值:
- [0168] 15. Transverse.alveolar.dm-dm: 右上/左上臼齿距离与右下/左下臼齿距离之间的差值
- [0169] 16. Transverse.alveolar.TqM-Tqm: 上第1和第2臼齿的扭矩与下第1和第2臼齿的扭矩之间的差值。
- [0170] 17. Transverse.basis. (RGP-LGP) / (RFM-LFM) : 右/左更大的腭距离与下颌孔距离的比率。
- [0171] 18. Transverse.basis. (RIO-LIO) / (RM-LM) : 右/左眶下孔与颞孔距离的比率。
- [0172] 其他计算或“推导”值给出如下:
- [0173] 19. Deduced.hidden.GIM: 中等上切牙y位置。
- [0174] 20. Deduced.hidden.Gim: 中等下切牙y位置。
- [0175] 21. Deduced.hidden. (TqIM+Tqim) /2: 上切牙的中等扭矩和下切牙的中等扭矩的平均。
- [0176] 22. Deduced.hidden.TqIM-Tqim: 上切牙中等扭矩与下切牙中等扭矩的差值。
- [0177] 23. Deduced.hidden.MNPy: 中等鼻腭y位置。
- [0178] 24. Deduced.hidden.GIM-MNP(y) : 中等上切牙y位置和中等鼻腭y位置的差值。
- [0179] 25. Deduced.hidden.Gim-MM(y) : 中等颞孔y位置。
- [0180] 26. Deduced.hidden.Gdz/(MMz-Gdz) : Gdz值与MMz-Gdz值之间的比率。
- [0181] 应当注意, 该列表是示例性的, 并且可以在本公开的范围以某种其他方式放大、编辑或改变。
- [0182] 在上面给出的示例性列表中, 前-后类别中有9个参数, 竖直类别中有5个参数, 并且横向类别中有4个参数。继而, 上述每个类别有三种类型: 牙槽(alveolar)、基础(basis)和结构(architecture)。另外, 有8个推导的参数, 该推导的参数可能不表示特定的空间位置或关系, 但是用于后续计算。这些参数可以进一步标记为正常或异常。

[0183] 正常参数与前-后不协调有正相关关系,即在它们的值方面:

[0184] 类III <类I <类II。

[0185] 其中类I值指示上牙、下牙和颞或平衡咬合之间的正常关系;类II值指示第一下臼齿相对于第一上臼齿位于后方;类III值指示第一下臼齿相对于第一上臼齿位于前方。

[0186] 异常参数与前-后不协调呈负相关关系,即在其咬合相关值方面:

[0187] 类II <类I <类III。

[0188] 本公开的实施例可以使用分析引擎来计算可以用于解释以及作为治疗计划的引导的可能状况的集合。图27-38示出了分析引擎操作和组织的各个方面以及由分析引擎生成的一些文本、表格和图形结果。应当注意,计算机、工作站或主控处理器可以根据完成必要任务和功能的预编程指令集合被配置为分析引擎。

[0189] 根据本公开的实施例,分析引擎可以被建模为三层网络2700,如图27中所示。在该模型中,行和列节点输入可以被认为被引导至比较器集合2702,比较器集合2702基于行和列输入信号提供二进制输出。如所示的,针对可能的输入状况的每个集合激活一个输出单元2704。在所示的示例中,输入层1 2710被馈送先前列出的26个参数之一,并且输入层2 2720被馈送26个参数中的另一个。输出层2730包含9个单元,如果两个输入满足特定准则,即,当它们的值处于特定范围内时,每个单元表示一个可能的分析。

[0190] 根据本公开的实施例,分析引擎具有十三个网络。这些包括类似于图27中所示的独立网络以及如图28中所示的耦合网络2800和2810。

[0191] 图29中所示的算法描述了独立分析网络(诸如图27的示例中所示的独立分析网络)的操作。这里,值x和y是输入参数值;m表示网络索引;D(i, j)是输出单元。针对列值的“评价向量 $c_m$ ”和针对行值的“评价向量 $r_m$ ”的步骤检查以确定输入值满足什么评价准则。例如,在下面的公式中,如果 $-\infty < x_m \leq \mu_{x_m}$ ,那么 $c_m$ =[真,假,假]。

[0192] 图28的耦合网络组合来自两个其他网络的结果,并且可以如图30中的算法所描述的那样操作。再次,值x和y是输入值;m表示网络索引;D(i, j)是输出单元。针对列值的“评价向量 $c_k$ ”和针对行值的“评价向量 $r_k$ ”的步骤检查以确定输入值满足什么评价准则。

[0193] 在更广泛的方面,使用参考图27描述的独立网络模型或参考图28描述的耦合网络模型的网络整体布置允许分析进行检查、比较和组合各种度量以便提供有用的结果,该有用的结果可以向从业者报告并用于治疗计划。

[0194] 图31A基于先前给出的26个参数的列表针对特定患者列出了作为数值的示例参数及其主要关于牙齿咬合不正的解释。图31B、31C和31D基于在本申请的示例性实施例中给出的总共63个参数的列表针对特定患者列出作为数值的示例参数及其关于颌面部不对称性的解释。图32A示出了具有咬合分析和牙弓形角特性的特定示例的示例性列表结果3200。在图32A的示例中,列指示下覆盖(under jet)、正常切牙关系或上覆盖(over jet)状况。行表示咬合类和牙弓形角状况。如图32A所示,突出显示可用于强调指示异常状况或特别感兴趣的其他状况的信息的显示。对于图32A示例中的特定患者,分析结果指示具有类III咬合特性的下覆盖状况。根据严重程度和从业者判断,该结果可用于推动治疗计划。

[0195] 图32B示出了使用来自先前给出的列表的参数3和4分析上切牙和下切牙的扭矩的另一示例的示例性列表结果3200。

[0196] 图32C示出了另一个示例的示例性列表结果3200,其中使用先前作为参数(5)和

(21) 给出的计算的参数来评估双颌后移或双颌前突。

[0197] 图32D示出了特定患者的头影测量分析的结果的示例性总结列表。示出的列表指代相对于先前列出的参数1-26取得的分析指示。在图32D的特定示例中,存在使用如本文所述的导出的牙列信息和生物计量参数进行参数比较的13个结果。在实践中可以提供附加的或更少的结果。图32E利用具有单元格3294的表格3292示出了针对表格列表中报告的一个状况的详细列表,如随后示出的(图35)。

[0198] 可以以各种不同的格式为从业者提供来自生物计量计算的结果信息。诸如图31A-32E中所示的表格信息可以以适合用于表格式电子表格布置中的显示和进一步计算的文件形式(诸如以逗号分隔值(CSV)形式)提供,或者可以以其他形式指示,诸如通过提供文本消息。可以替代地提供图形显示(诸如图26中所示的图形显示)作为输出,其中特定结果被突出显示,诸如通过强调特征的显示的强度或颜色,在所述特征处测量和计算的参数示出异常生物计量关系(诸如上覆盖、下覆盖和其他状况)。

[0199] 计算的生物计量参数可以用在分析序列中,在分析序列中相关参数被组合处理,从而提供可以与从患者群体收集的统计信息进行比较的结果。然后,该比较可用于指示各种特征之间的异常关系。该关系信息可以帮助示出在特定患者的情况下不同参数如何相互影响,并且可以提供用于引导治疗计划的结果信息。

[0200] 返回参考图1,存储器132可用于存储从患者群体收集的头影测量信息的统计数据库。来自患者群体的提供关于牙齿和相关支撑结构的尺寸信息以及各种生物计量数据项以及基于该数据的关于头部和嘴部的各部分的咬合、啮合和相互关系的附加信息可以存储并被分析。分析结果本身可以被存储,以提供预定值的数据库,该数据库能够产生用于治疗个体患者的大量有用信息。根据本公开的实施例,图31A和31B中列出的参数数据针对每个患者被计算并存储,并且可以针对几百个患者或针对至少统计上显著的患者组被存储。存储的信息包括用于确定被认为是正常或异常并且需要校正的范围的信息。然后,在个体患者的情况下,来自患者的生物计量数据与来自数据库的计算的存储值之间的比较可以帮助提供有效治疗计划的指导。

[0201] 如正牙和相关领域中的技术人员所公知的,针对各种患者测量和计算的各种生物计量参数之间的关系可能是复杂的,因此必须计算和比较多个变量以便适当地评估对校正动作的需要。关于图27和28以简单形式描述的分析引擎比较不同的参数对并提供一系列二进制输出值。然而,在实践中,考虑到在患者群体中看到的状况和值的范围,可以执行更复杂的处理。

[0202] 突出显示特定的测量或计算的生物计量参数和结果提供有用的数据,该有用的数据可以引导患者的治疗计划的制定。

[0203] 图33示出了结果3200的系统显示,其具有基于分析结果的推荐消息170并突出显示与该推荐相关的患者解剖结构的特征。图34示出了具有分析结果3200的图形描绘的系统显示108。示出了以不同角度布置的带注释的3D视图(例如,308a-308d)以及推荐消息170和控件166。

[0204] 根据本公开的某些示例性方法和/或设备实施例可以解决对可用于帮助评价不对称面部/牙齿解剖结构的客观度量 and 显示数据的需要。有利地,示例性方法和/或设备实施例呈现了以适合于从业者进行评估的多种格式显示的测量和分析结果。

[0205] 图35示出了根据本公开的实施例的针对颌面部不对称性评估的示例性文本报告。该报告列出了可从系统获得的评估表(T1-T19)集合,其中单元格条目(由具有行和列索引的C,即 C(行,列)表示)提供基于以下计算组织的颌面部/牙齿结构不对称性属性评估评论,所述计算涉及所获得的参数(诸如图31B中的参数P1-P15)之间的关系。图32E中描绘了示例性评估表3292,其具有四行和四列。

[0206] 在一个实施例中,对于每个示例性评估表(例如,19个评估表),一次只能激活一个单元格3294;激活的单元格内容被突出显示,诸如通过以红色字体被显示。在示例性表3292中,激活的单元格是C(2,2)(3294),其内容“0”指示没有找到针对切牙和臼齿上/下偏差的属性的不对称性。

[0207] 为了快速参考示例性评估表,本公开的系统生成核对单类型简明总结页面(例如,图35),其提供关于来自评估表T1-T19的表编号(Tn)、参数编号(Pk,j)、单元格索引(Cs,t)和实际评估评论的信息。从这种类型的文本报告获得的信息对于从业者可能是有帮助的,提供至少一些可用于为特定患者制定治疗计划或评价治疗进展的客观度量。对从业者进一步有益的可能是针对患者的总体状况评估的累积总结性评价。特别是在如下状况下可能是这种情况:由于可变的潜在原因,用于确定患者的不对称面部/牙齿解剖结构或关系的多个状况参考点和它们之间的关系涉及大量面向视图和面向3D的治疗状况。

[0208] 在一个示例性不对称确定表实施例中,可以包括19个评估表,具有数百个参考点和它们之间的数百个关系。在该示例性不对称确定表实施例中,表包括:T1:不对称匹配切牙和臼齿上/下偏差;T2:牙弓旋转;T3:上/下牙弓右旋转和上或下牙弓反应性(responsibility);T4:不对称匹配切牙上/下偏差与上切牙横向偏差,上/下切牙横向偏差中上或下牙弓的反应;T5:不对称匹配切牙上/下偏差与前基础横向偏差,上/下切牙横向偏差中上或下牙弓前偏差的反应;T6:不对称匹配切牙上/下臼齿偏差与上臼齿横向偏差,上或下臼齿横向偏差的反应;T7:不对称匹配切牙上/下臼齿偏差与下臼齿横向偏差;T8:不对称匹配基础骨上/下偏差;T9:不对称匹配基础骨上/下前关系与前上颌偏差;T10:不对称匹配基础骨上/下前关系与前下颌偏差;T11:不对称匹配切牙上/下偏差与前基础横向偏差;T12:竖直不对称比较L/R臼齿高度差与上颌牙弓滚动;T13:不对称比较L/R臼齿高度差与下颌牙弓滚动;T14:竖直不对称比较基础骨R/L后差值(上颌和下颌);T15:颞点级别处竖直不对称比较L/R差值(测量颌面部区域和全局面部);T16:前-后不对称比较R/L上/下臼齿与下臼齿前-后差值;T17:前-后不对称比较R/L上/下臼齿与下臼齿前-后关系差值;T18:前-后不对称比较L/R上基础侧界标与下基础侧界标前-后差值;T19:前-后不对称匹配下颌水平分支与R/L全局半面部。

[0209] 在根据本申请的这种复杂不对称面部/牙齿解剖结构或关系确定中,优选使用针对患者的总体状况评估的可选的累积总结性评价。在一些实施例中,示例性累积总结性或总体诊断评论可包括:不对称性前后方向(AP评论或S1)、不对称性竖直方向(VT评论或S2)和不对称性横向方向(TRANS评论或S3)。更进一步地,可以通过使用一个或多个或者组合S1、S2和S3来确定不对称性全局分数(不对称性全局确定)来使用(一个或多个)最高级别评价分数。例如,示例性不对称性全局分数可以是总结(例如,总体类I、II、III),可以被分为几个有限的类别(例如,正常的、有限的评价、建议的详细评估)或由主导不对称性状况(例如,S1,S2,S3)表示/表征。

[0210] 如图35中所示,示例性文本报告还呈现S1前-后方向“综合”不对称性评论、S2垂直方向综合不对称性评论和S3横向方向综合不对称性评论。

[0211] 在本申请中,在每个方向上从一对表导出“综合”术语。在某些示例性实施例中,“综合”术语可以从来自每种评估类型(例如,AP、V、Trans涉及或表示颅骨的基本(例如,>50%)部分)的多个表的组合或在每个方向上从一对表来确定。

[0212] 例如,S1综合评论从表17和表19导出。所述导出首先为表17和表19的每个单元格分配分数。示例性分数分配解释如下:

[0213] 对于表17, $C(1,3)=-2$ ;  $C(1,2)=C(2,3)=-1$ ;  $C(2,1)=C(3,2)=1$ ;  $C(3,1)=2$ ;其他单元格被分配值0。

[0214] 对于表19, $C(1,1)=-2$ ;  $C(1,2)=C(2,1)=-1$ ;  $C(2,3)=C(3,2)=1$ ;  $C(3,3)=2$ ;其他单元格被分配值0。

[0215] S1综合评论的导出通过将来自表17和表19的分数相加来评价组合分数。

[0216] 例如,如果表17中的 $C(1,3)$ 被激活并且表19中的 $C(1,1)$ 被激活,则组合分数将是表17的 $C(1,3)$ 和表19的 $C(1,1)$ 的分数的总和。由于表17中的 $C(1,3)$ 被分配值-2,并且表19中的 $C(1,1)$ 被分配值-2,因此,组合分数是-4。显然,S1的可能组合分数值是-4、-3、-2、-1、0、1、2、3和4。

[0217] 可以基于组合分数值的示例性S1综合评论总结如下。

[0218] 如果组合分数=-4或-3,则S1综合评论=强左前-后过量。

[0219] 如果组合分数=-2,则S1综合评论=左前-后过量倾向。

[0220] 如果组合分数=2,则S1综合评论=右前-后过量倾向。

[0221] 如果组合分数=4或3,则S1综合评论=强右前-后过量。

[0222] 如果组合分数=0,则无评论。

[0223] 类似的综合评论导出被应用于垂直方向和横向方向。

[0224] 返回参考图35,示例性文本报告显示S1=强右前后过量,S2=无,并且S3=左上偏差倾向。

[0225] 在极少数情况下,综合评论在所有三个方向上示出,或者该评论呈现某种类型的综合评论的混合,该混合可以提示进一步扩展诊断和/或治疗。

[0226] 此外,根据本申请的所选示例性方法和/或设备实施例还可以提供对患者的颌面部/牙齿结构的不对称性属性的快速视觉评估。

[0227] 图36是相对于正视图示出患者颌面部/牙齿结构特征的绘图或图,使用由操作员选择的界标,即参考标记414(参见图5)绘制。这种类型的所显示的绘图以客观方式清楚地示出了该示例性患者的不对称性(左对右)。

[0228] 同样地,图37是矢状视图的绘图或图,其中参考标记414示出了患者面部的左侧和右侧紧密重叠的程度,作为不对称性的另一个客观指示。

[0229] 图38是在上和下颚平面704和702的矢状视图中提供对患者咬合的明显不正确对齐的快速视觉评估的绘图或图。基于导出的上颚标记814计算颚平面704,基于导出的下颚标记814计算下颚平面702。导出的标记814基于图4中所示的分割牙齿304来计算并示出牙齿的位置。图38中所示的示例描绘了具有超发散模式的患者的示例性视觉提示。

[0230] 本文描述的是用于患者的颌面部不对称性的3D头影测量分析的计算机执行的方



法。该方法从来自至少第一2D视图的患者头部的计算机断层扫描获取并显示重构的体积图像数据。操作员指令在至少第一显示的2D视图上定位并显示至少一个参考标记。然后将患者口腔内的一个或多个牙列元素分割。该方法根据来自所述至少一个参考标记和所述一个或多个分割的牙列元素的数据计算并显示患者的头影测量参数,并使用计算的头影测量参数来计算指示颌面部不对称性的一个或多个结果。该方法然后激发图形或文本显示以示出指示颌面部不对称性的计算结果。

[0231] 与本文的示例性实施例一致,计算机程序可以使用存储的指令,该存储的指令对从电子存储器访问的图像数据执行3D生物计量分析。如图像处理领域的技术人员可以理解的,在本申请的示例性实施例中用于操作成像系统并且探测和获取图像数据的计算机程序可以由作为如本文所述的控制逻辑处理器操作的合适的通用计算机系统(诸如个人计算机或工作站)利用。然而,许多其他类型的计算机系统可用于执行本发明的计算机程序,包括例如网络处理器的布置。用于执行示例性方法实施例的计算机程序可以存储在计算机可读存储介质中。该介质可包括例如:磁存储介质,诸如磁盘,诸如硬盘驱动器或可移动装置或磁带;光存储介质,诸如光盘、光带或机器可读光学编码;固态电子存储装置,诸如随机存取存储器(RAM)或只读存储器(ROM);或用于存储计算机程序的任何其他物理装置或介质。用于执行示例性方法实施例的计算机程序还可以存储在计算机可读存储介质上,该计算机可读存储介质通过因特网或其他网络或通信介质连接到图像处理器。本领域技术人员将进一步容易认识到,这种计算机程序产品的等同物也可以用硬件构造。

[0232] 应当注意,术语“存储器”,等同于本申请上下文中的“计算机可访问存储器”,可以指代用于存储和操作图像数据并且可由计算机系统访问的任何类型的临时或更持久的数据存储工作空间,例如包括数据库。存储器可以是非易失性的,例如使用诸如磁存储装置或光存储装置之类的长期存储介质。替代地,存储器可以具有更易失性质,使用电子电路,诸如由微处理器或其他控制逻辑处理器装置用作临时缓冲器或工作空间的随机存取存储器(RAM)。例如,显示数据通常存储在与显示装置直接相关的临时存储缓冲器中,并且根据需要定期刷新以提供显示的数据。该临时存储缓冲器在该术语在本申请中使用时也被视为一种类型的存储器。存储器还用作数据工作空间,数据工作空间用于执行和存储计算和其他处理的中间和最终结果。计算机可访问的存储器可以是易失性的、非易失性的、或者易失性和非易失性类型的混合组合。

[0233] 将理解的是,本申请的计算机程序产品可以利用公知的各种图像操纵算法和过程。这些算法和系统的其他方面以及用于产生和以其他方式处理图像或与本申请的计算机程序产品示例性实施例协作的硬件和/或软件在本文中未具体示出或描述,并且可从本领域已知的这些算法、系统、硬件、部件和元素中选择。

[0234] 根据本申请的某些示例性方法和/或设备实施例可以允许从业者利用客观度量 and/或显示的数据来帮助评价(一个或多个)不对称面部/牙齿解剖结构。有利地,示例性方法和/或设备实施例可以提供多个分级或分层测量和分析结果,该结果以适合于由从业者评估的连续更高阶格式显示。尽管使用牙齿成像设备说明了本公开的实施例,但是类似的原理可以应用于其他类型的诊断成像和其他解剖结构。根据本申请的示例性实施例可包括本文描述的各种特征(单独地或组合地)。

[0235] 虽然已经关于一个或多个实施方式说明了本发明,但是在不脱离所附权利要求的

精神和范围的情况下,可以对所说明的示例进行改变和/或修改。另外,尽管可能仅关于几个实施方式/实施例中的一个公开了本发明的特定特征,但是这样的特征可以与其他实施方式/实施例的一个或多个其他特征组合,如对于任何给定或特定功能可能是期望的和有利的那样。术语“至少一个”用于表示可以选择一个或多个列出的项目。术语“约”指示列出的值可以稍微改变,只要改变不会导致过程或结构与所说明的实施例不一致。最后,“示例性”指示该描述用作示例,而不是暗示它是理想的。通过考虑本文公开的本发明的说明书和实践,本发明的其他实施例对于本领域技术人员而言将是显而易见的。说明书和示例仅意图被认为是示例性的,本发明的真实范围和精神由至少所附权利要求指示。



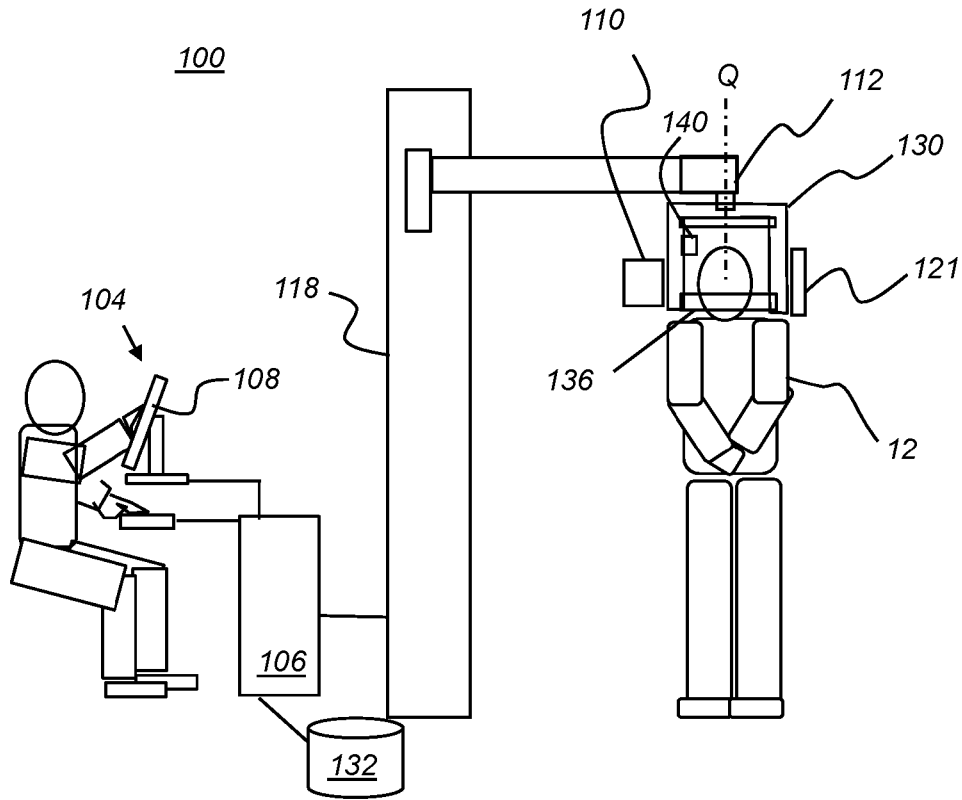


图 1

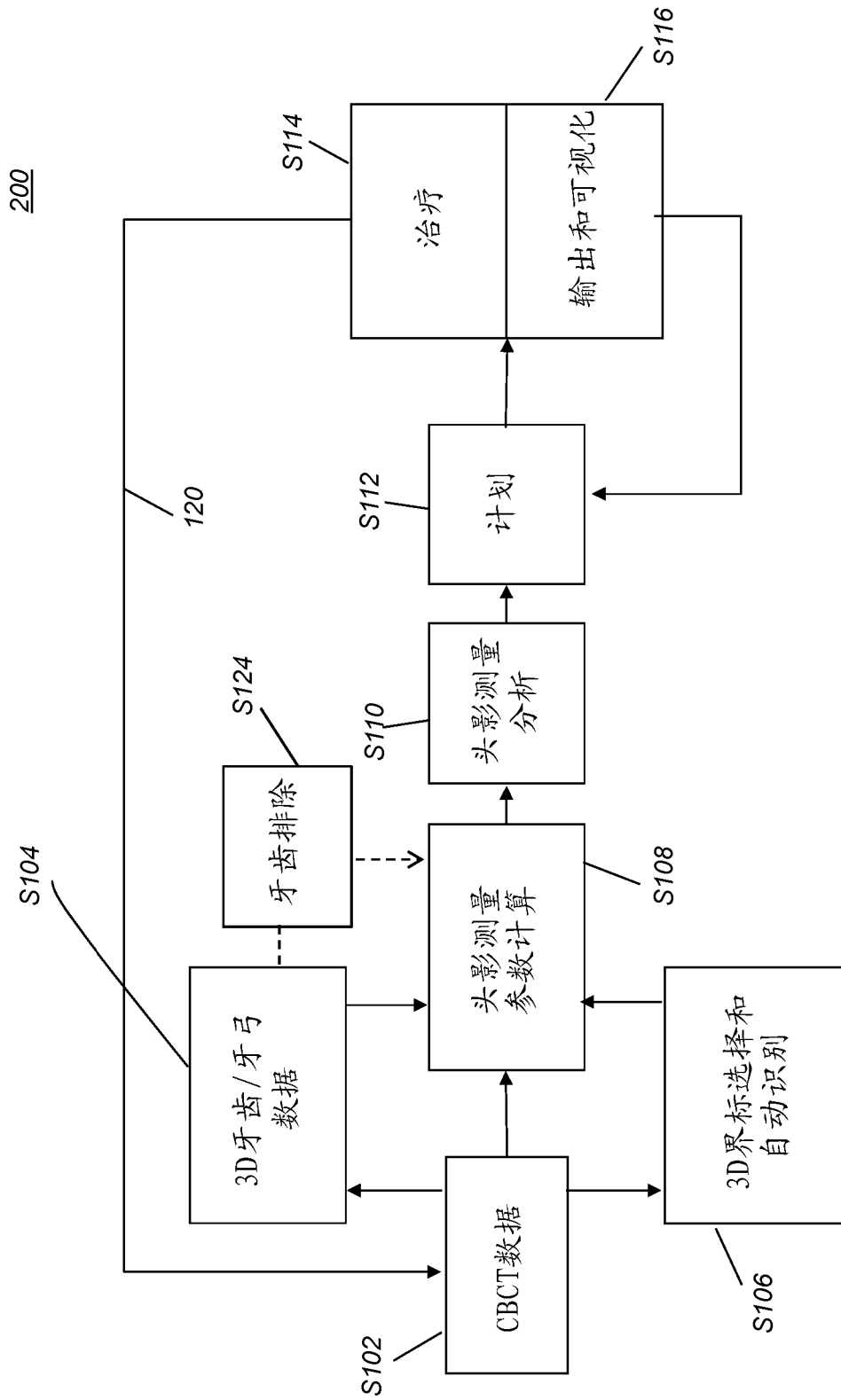
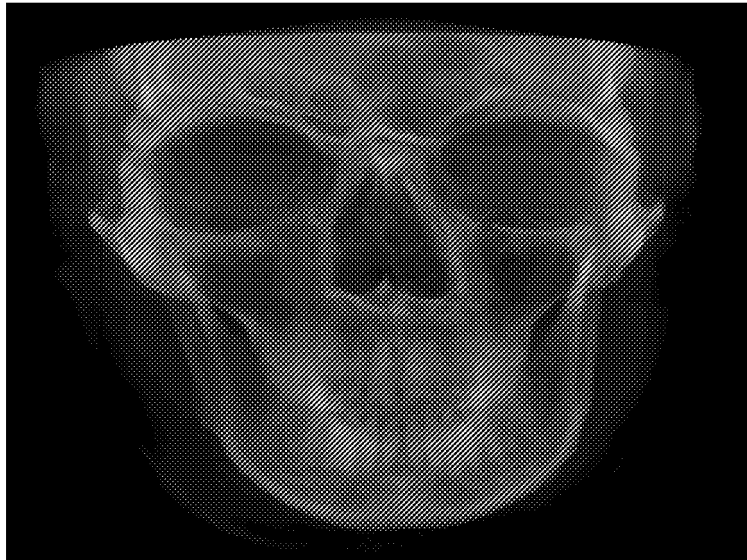


图 2



202

图 3



304

302

图 4

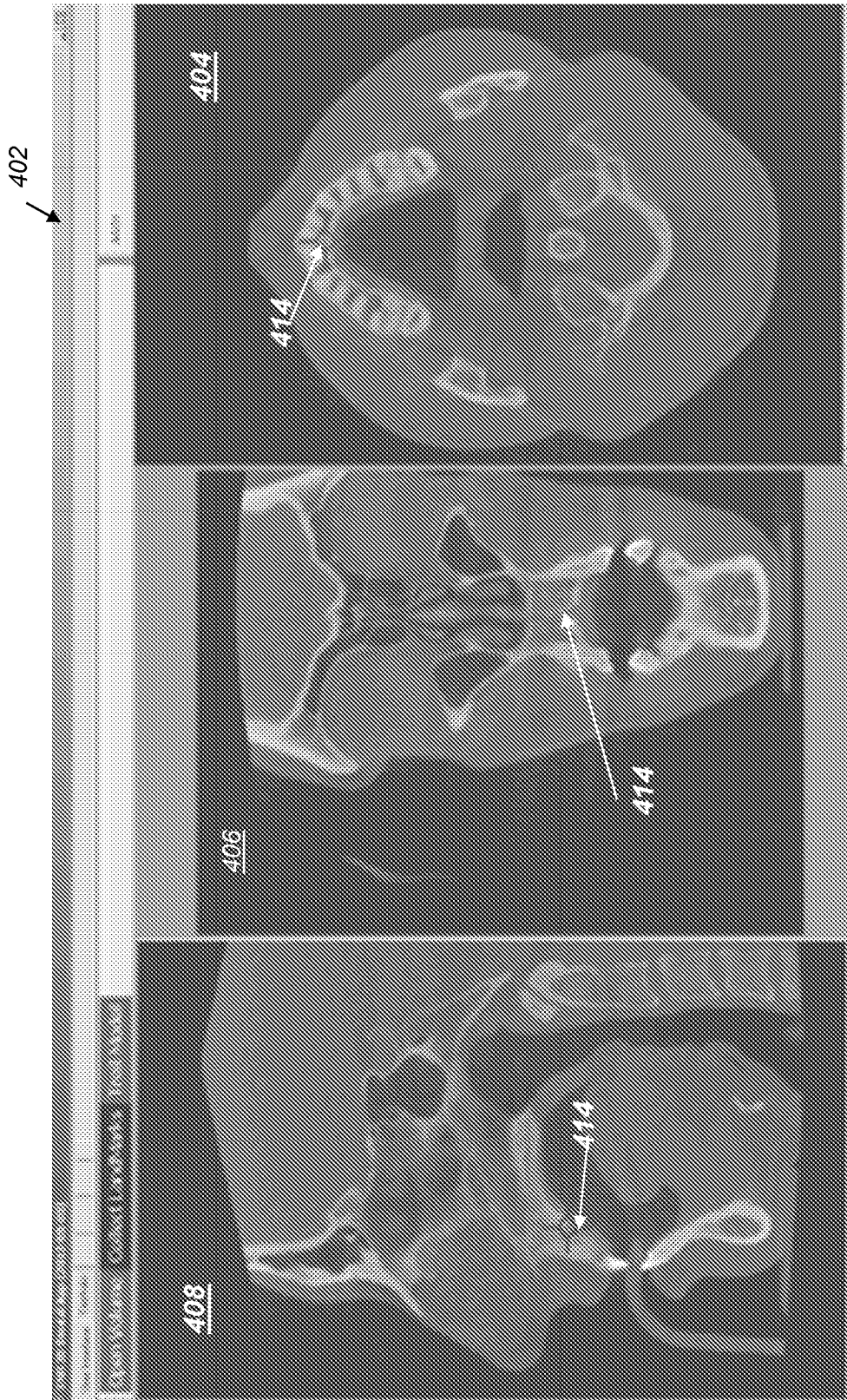


图 5

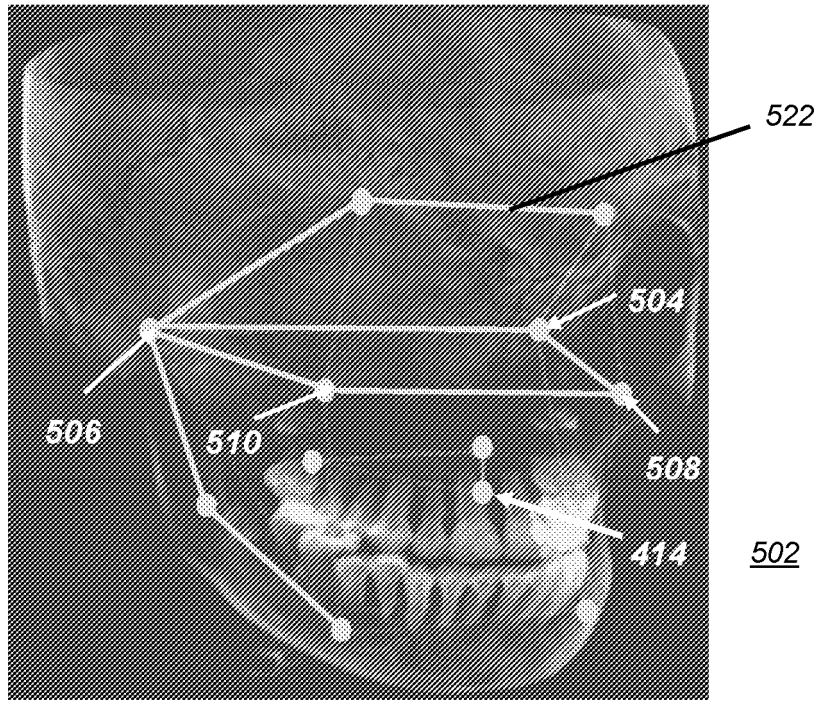


图 6

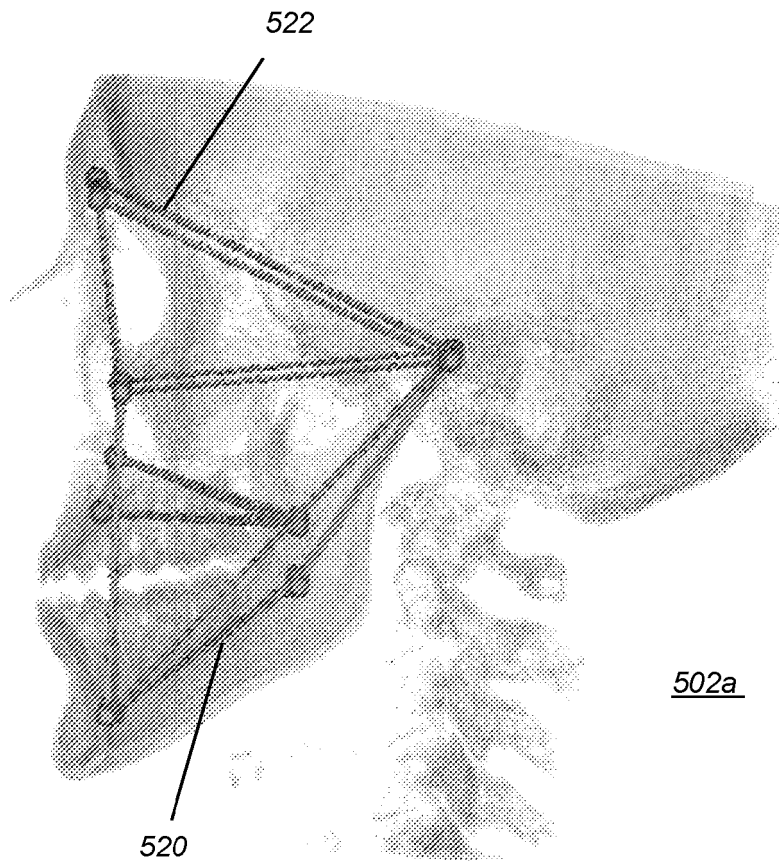


图 7A

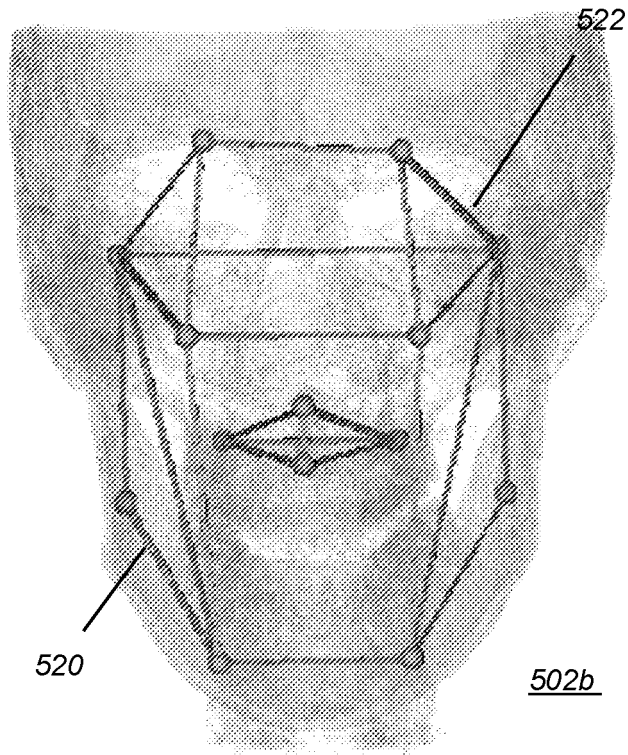


图 7B

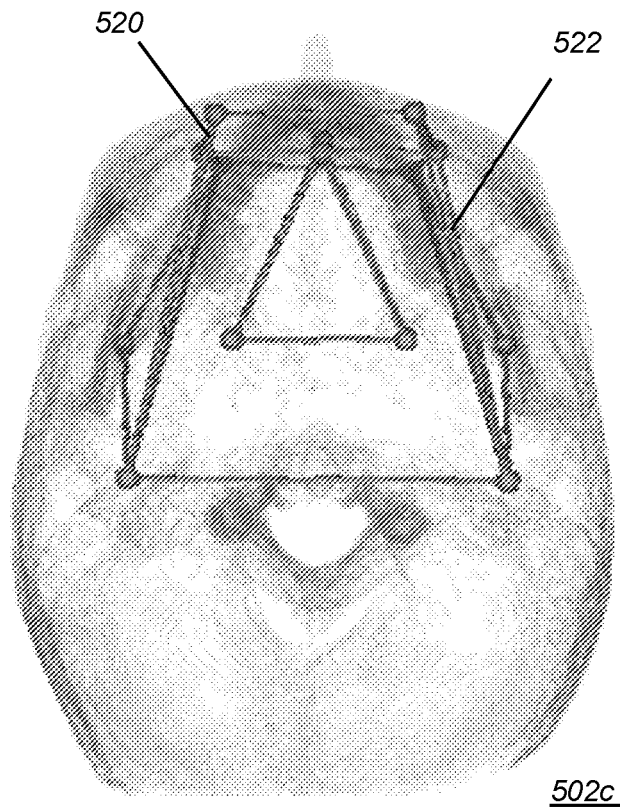


图 7C

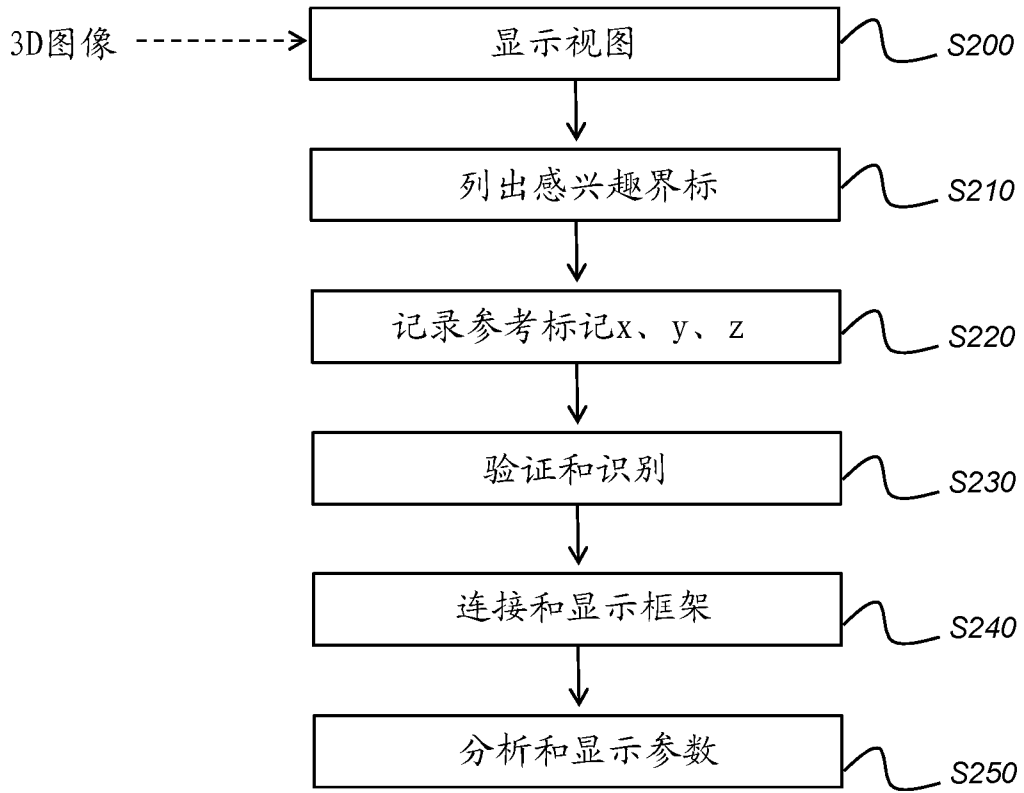


图 8

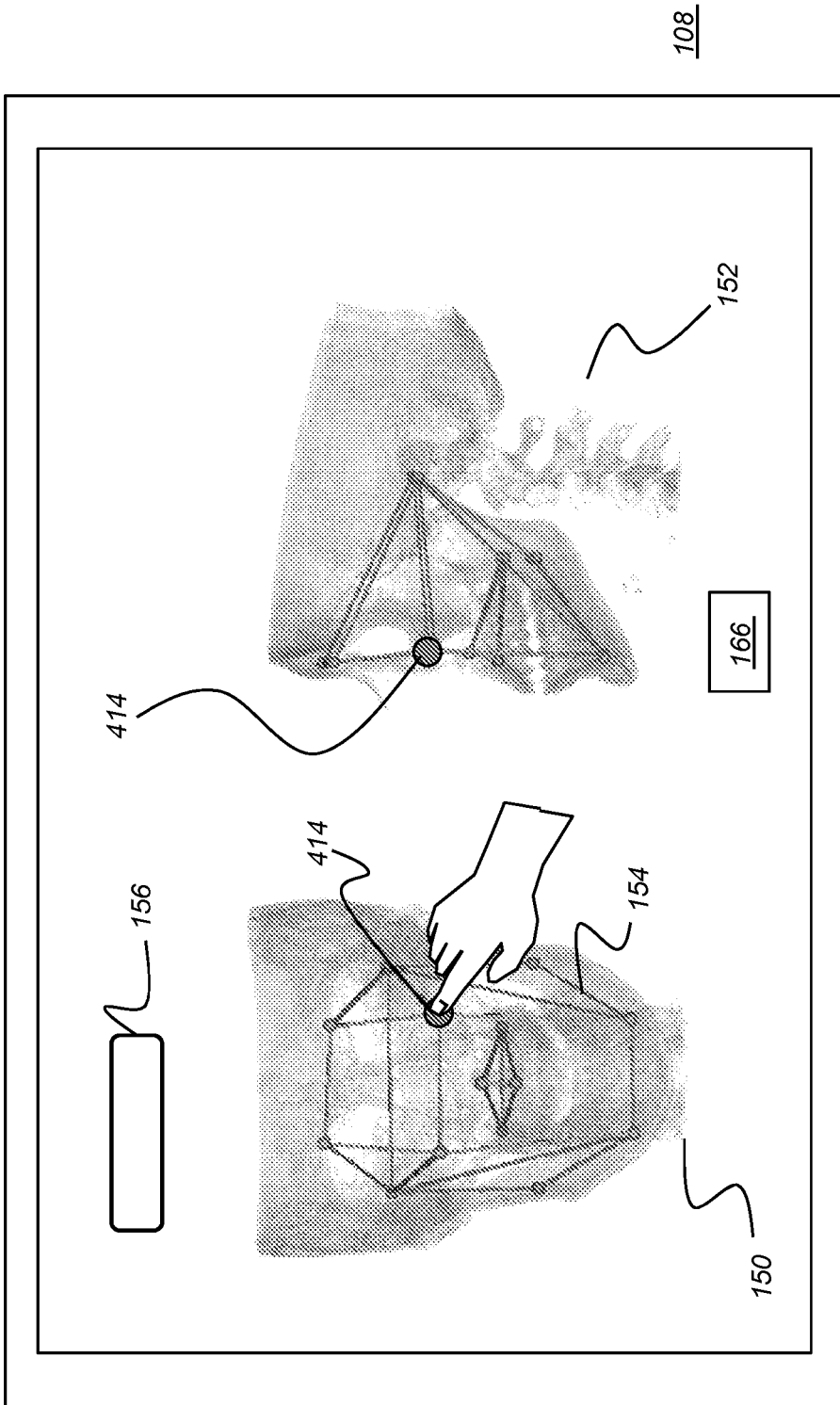


图 9A



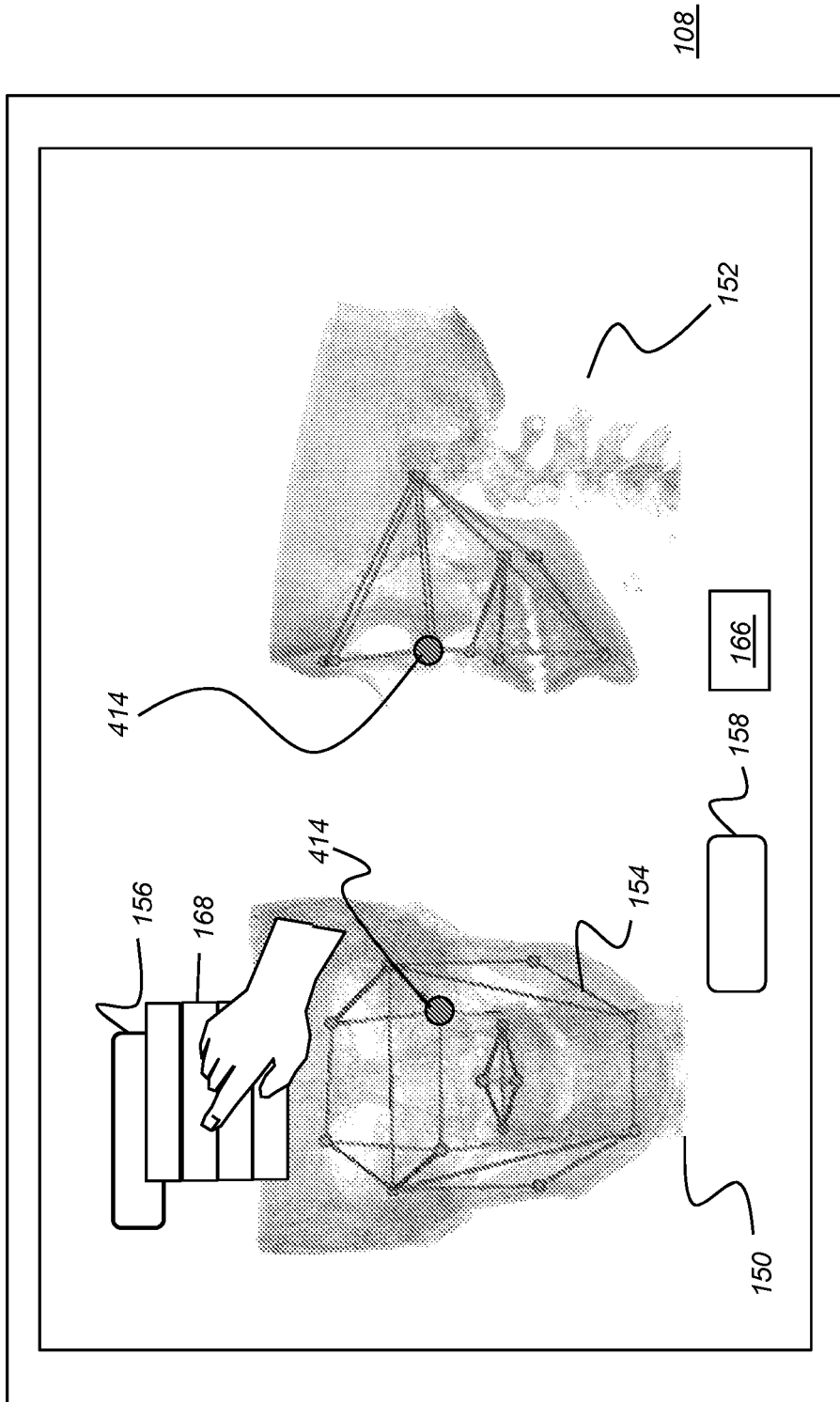


图 9B

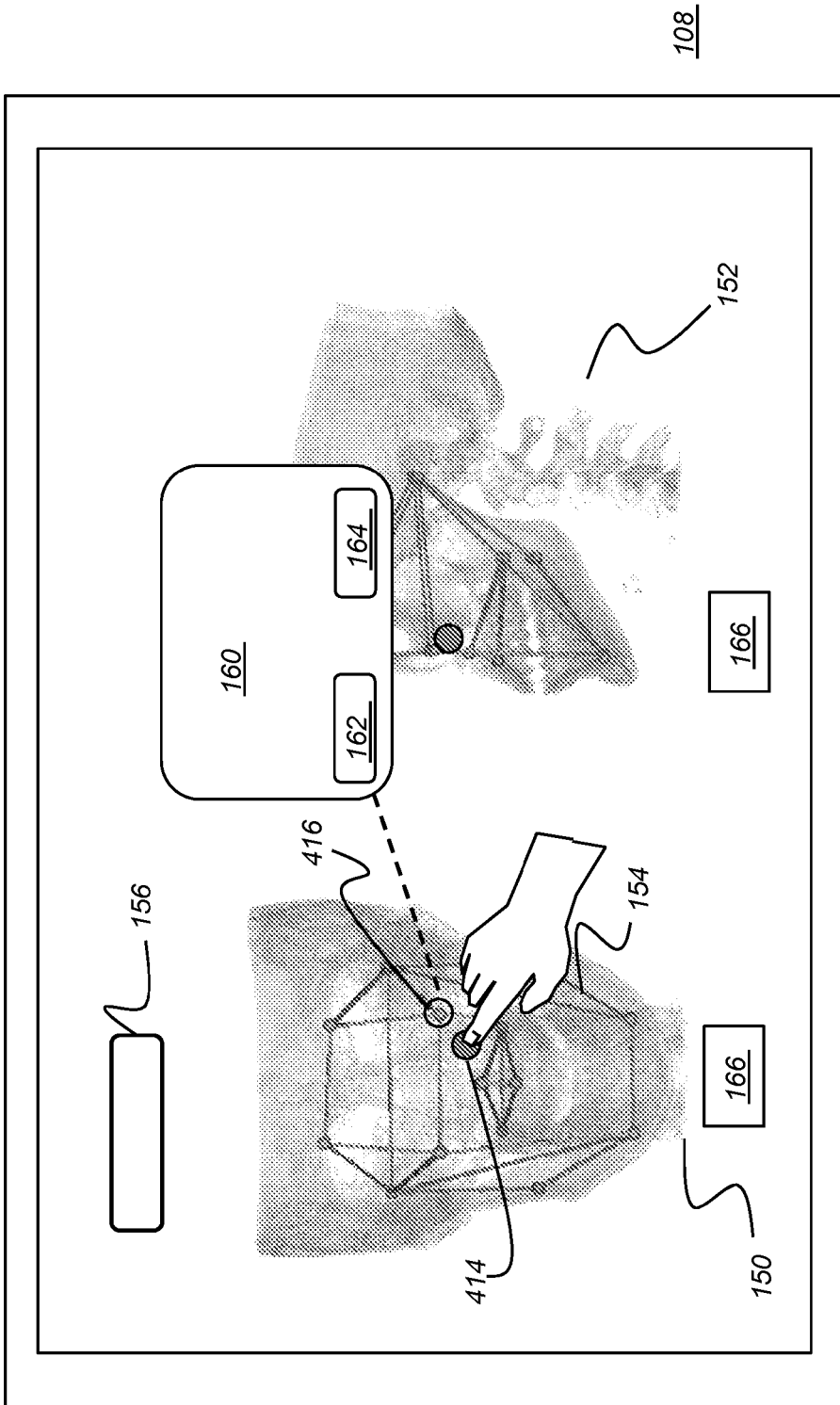


图 9C

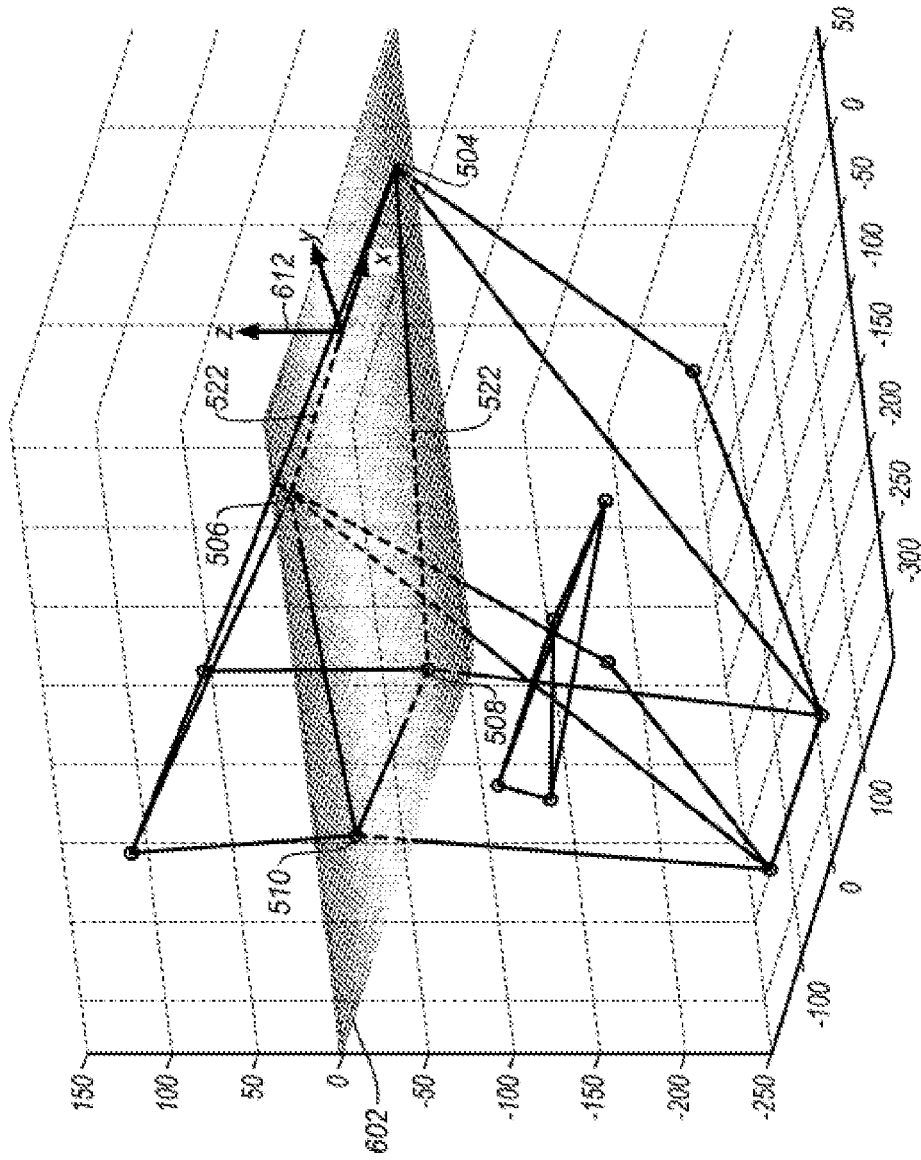


图 10A

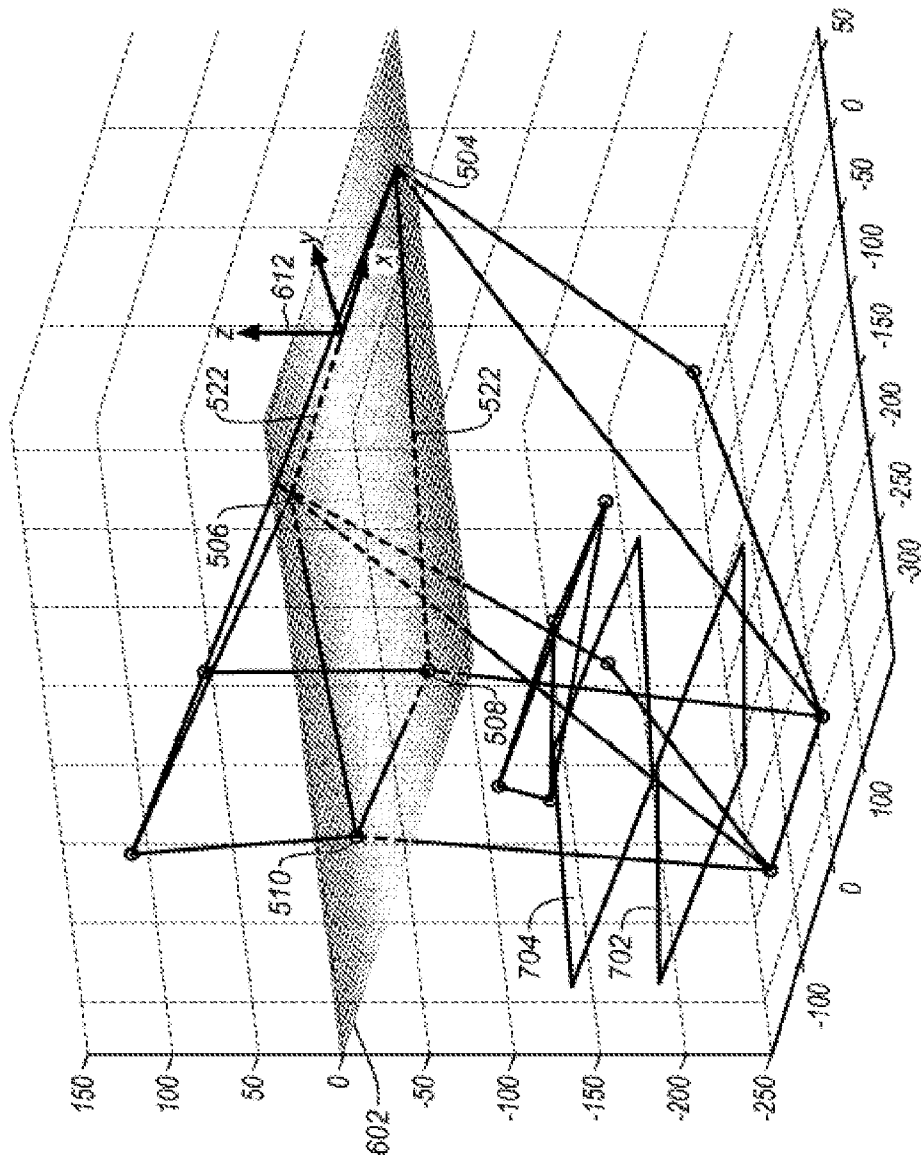


图 10B

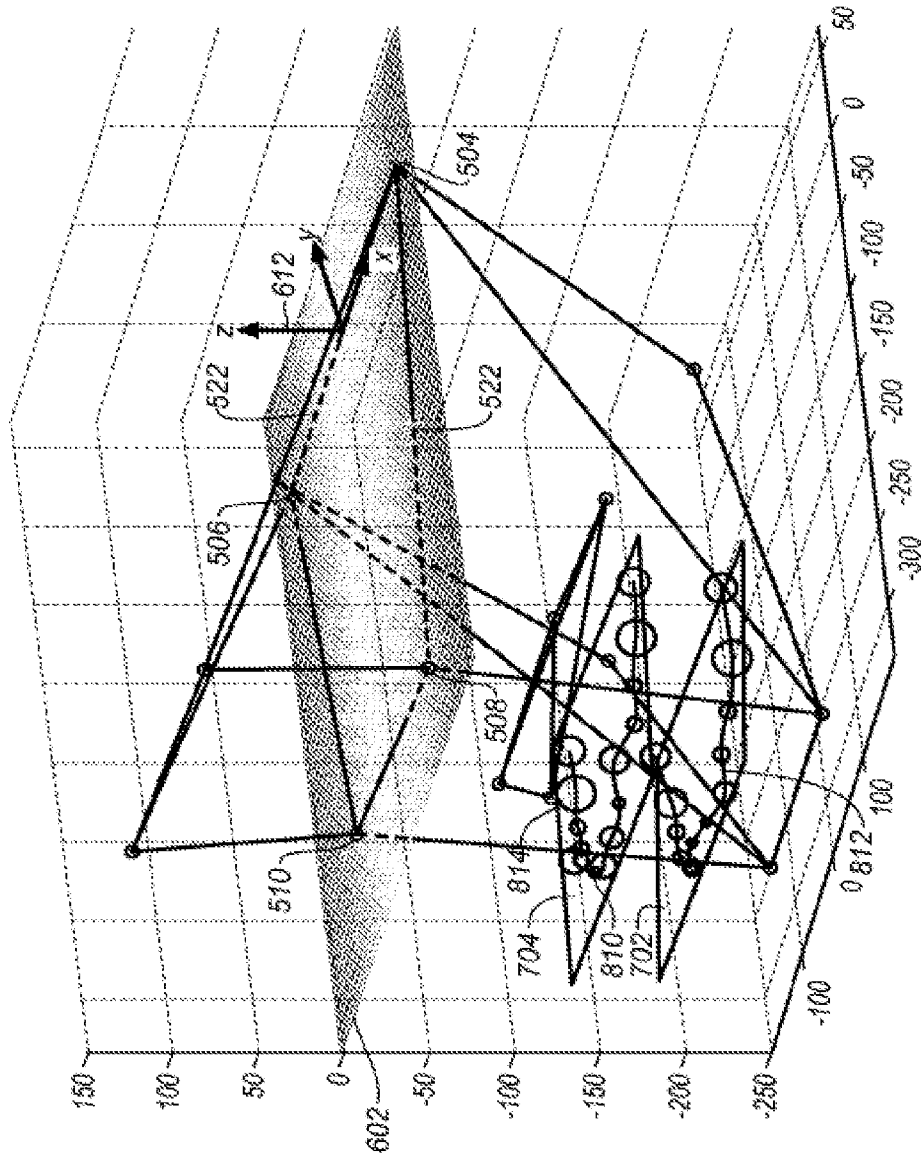


图 10C

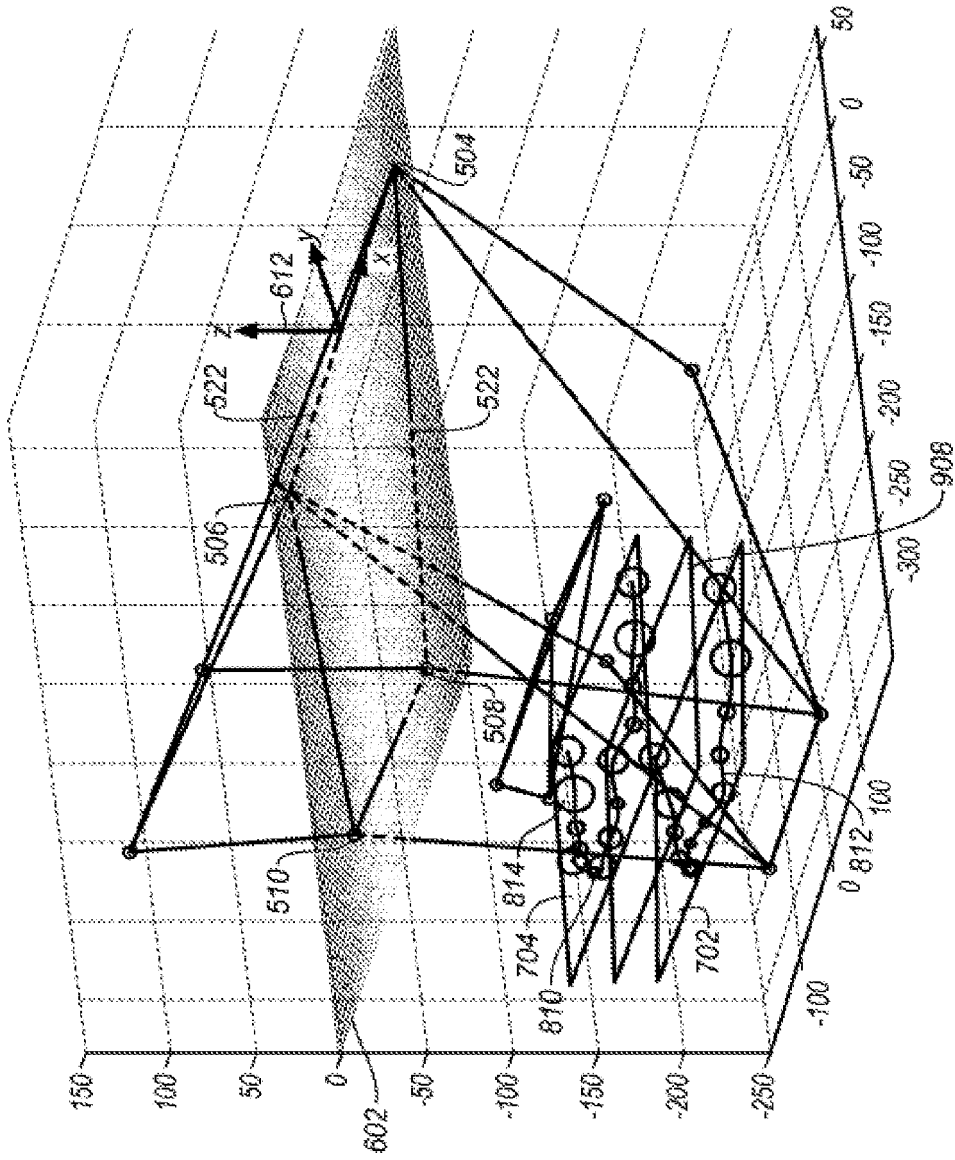


图 10D

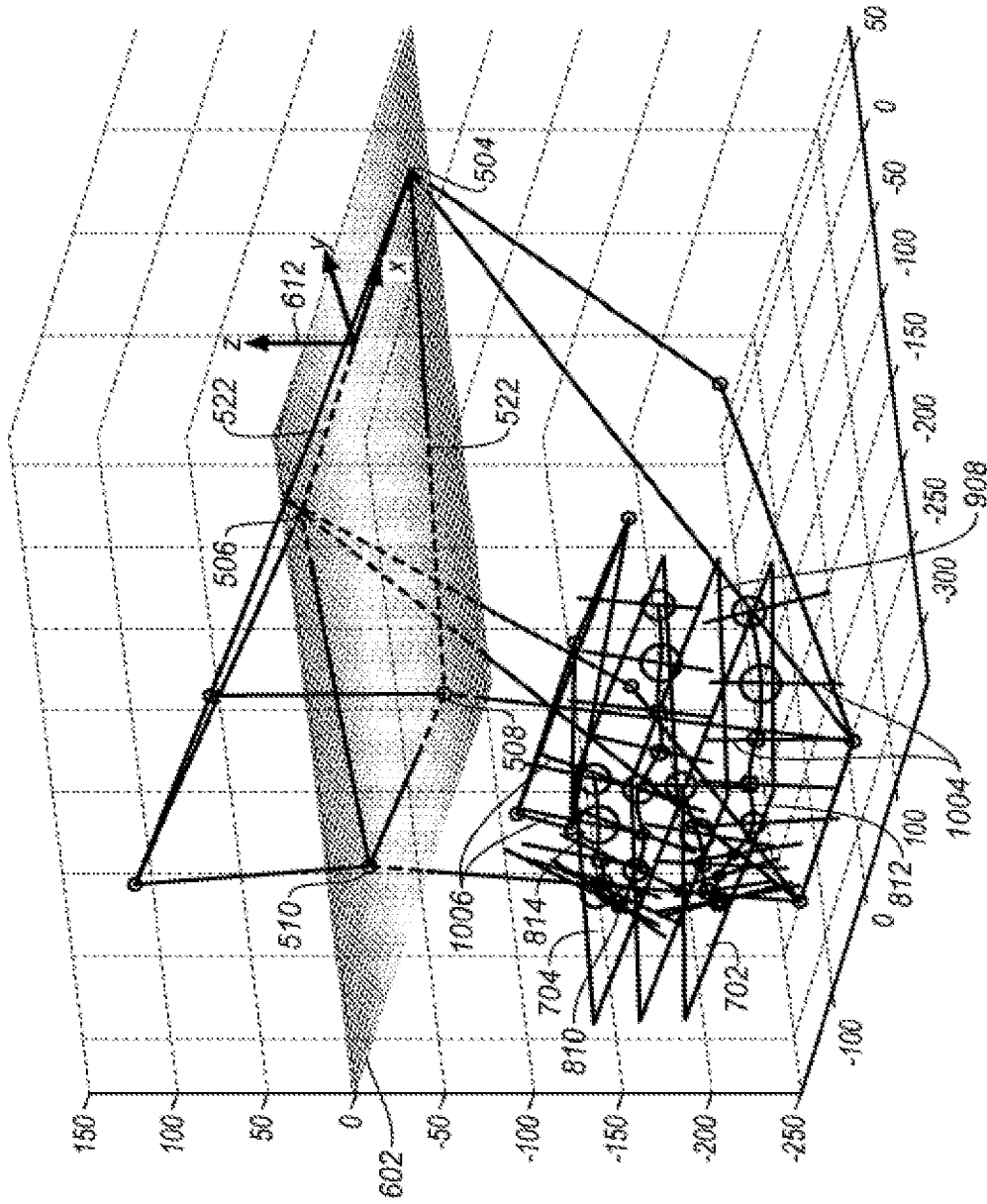


图 10E

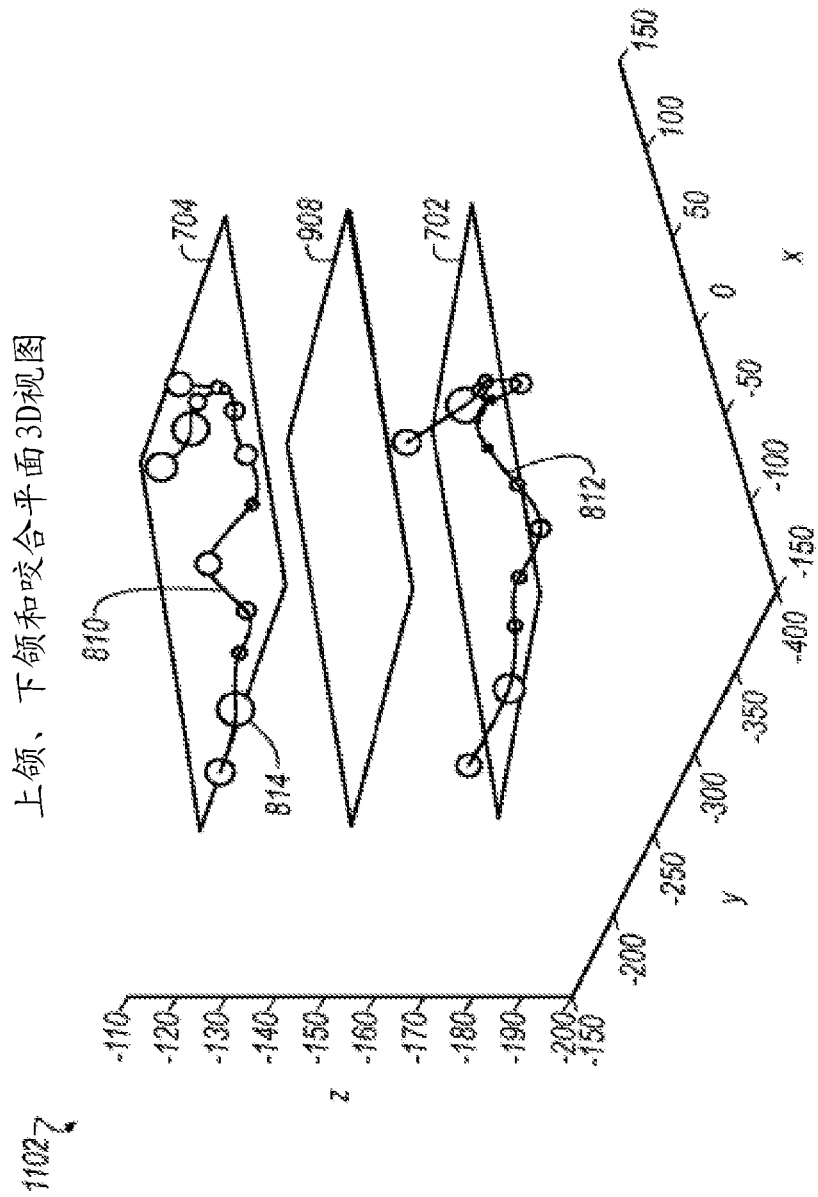


图 11



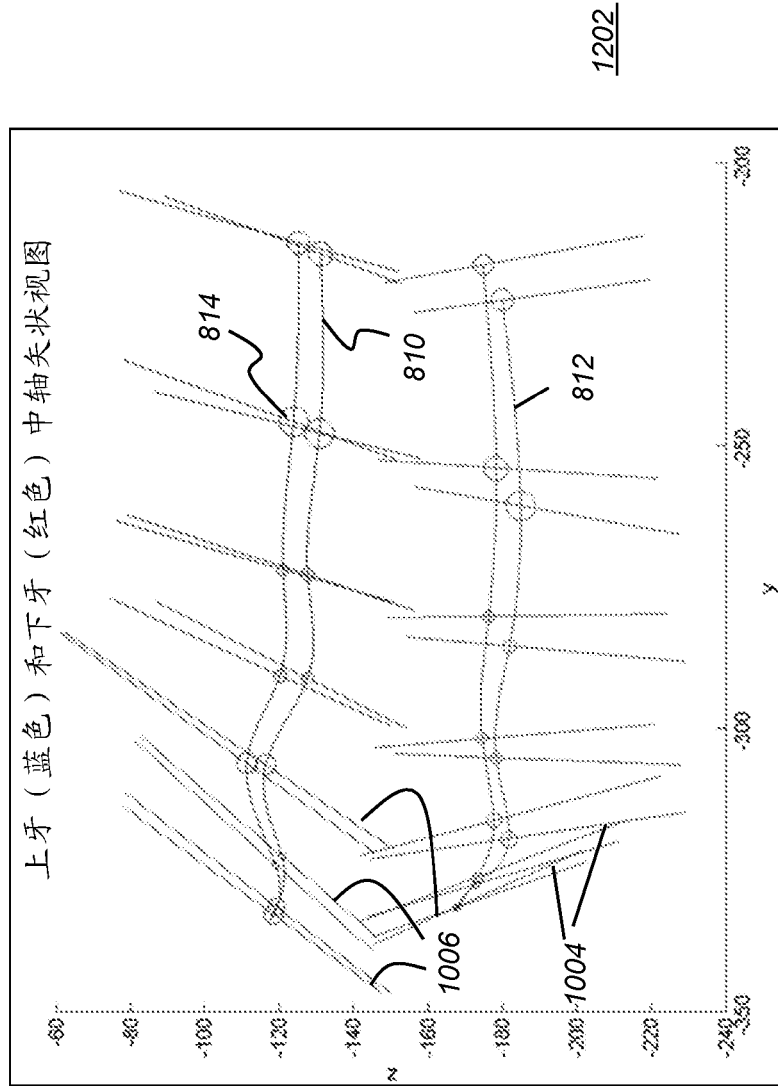


图 12

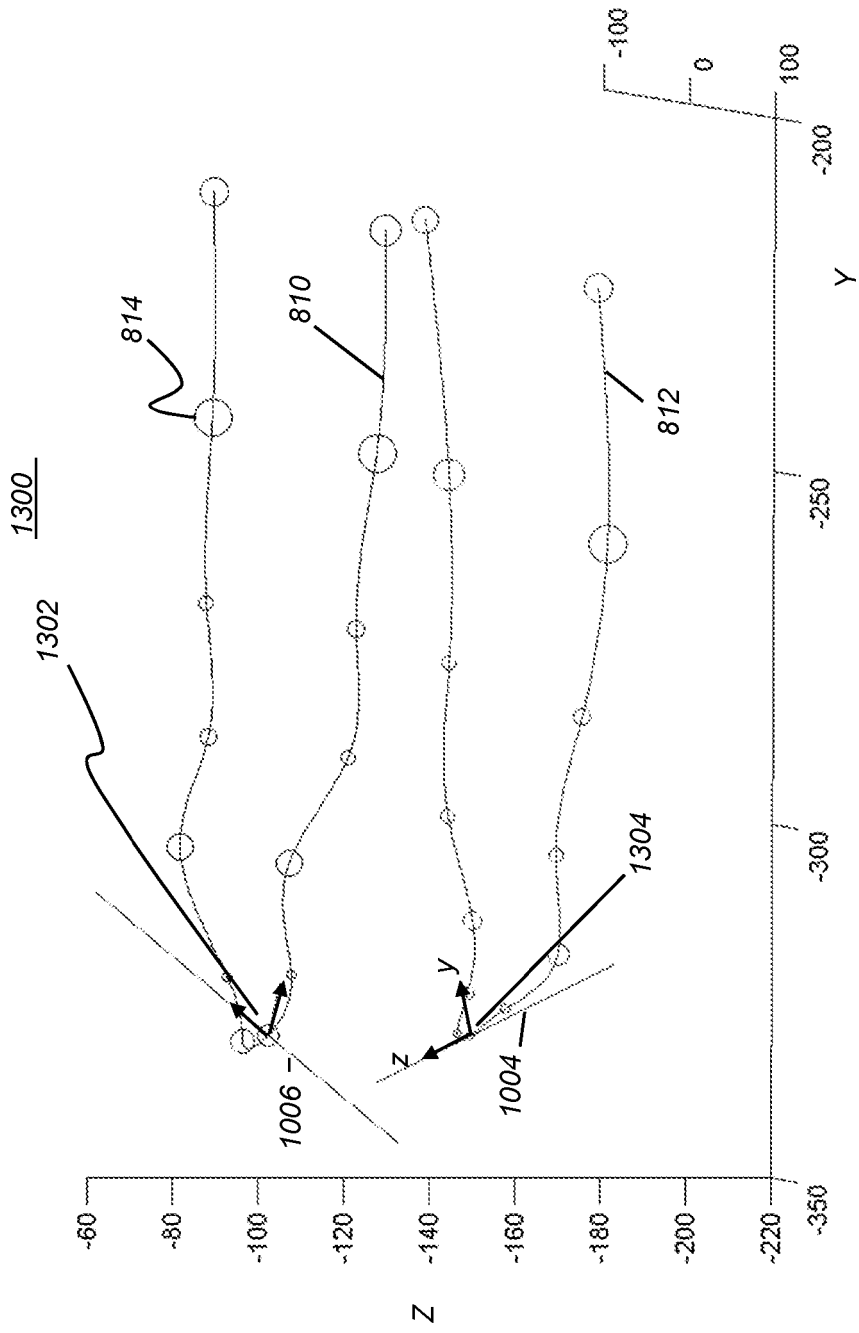


图 13

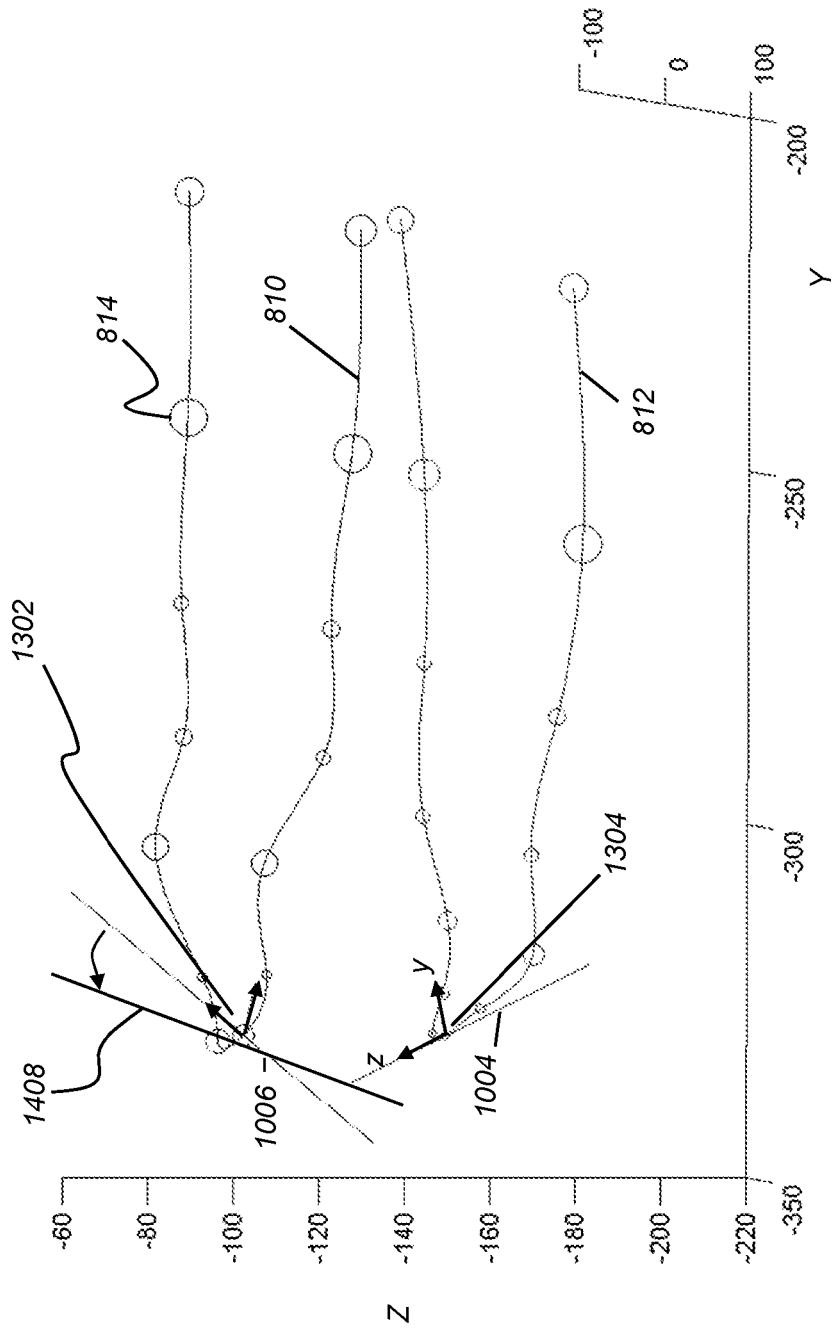


图 14

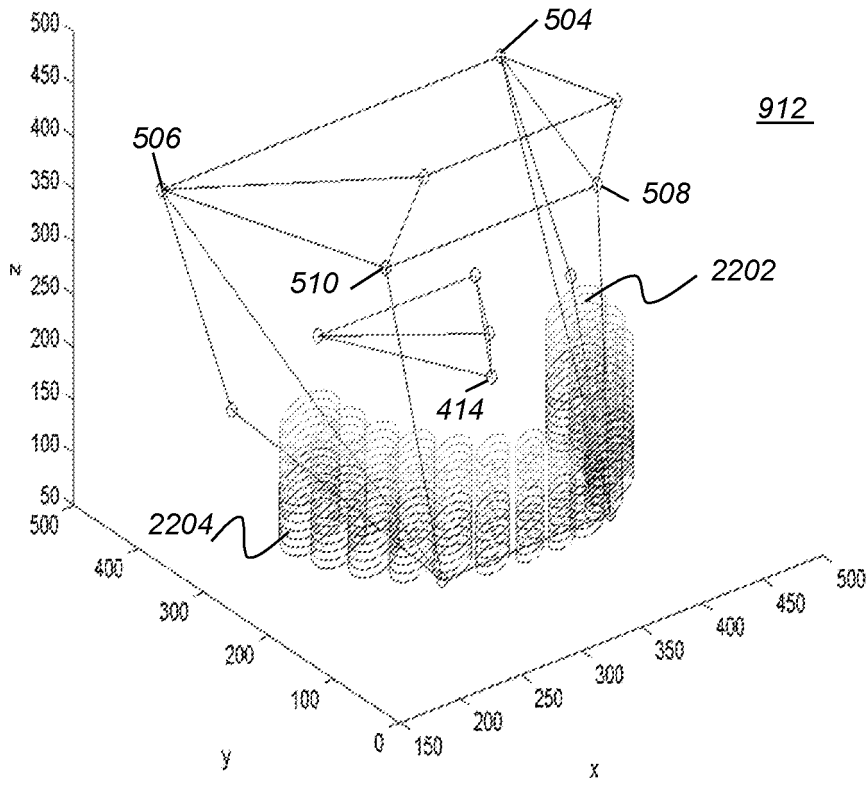


图 15

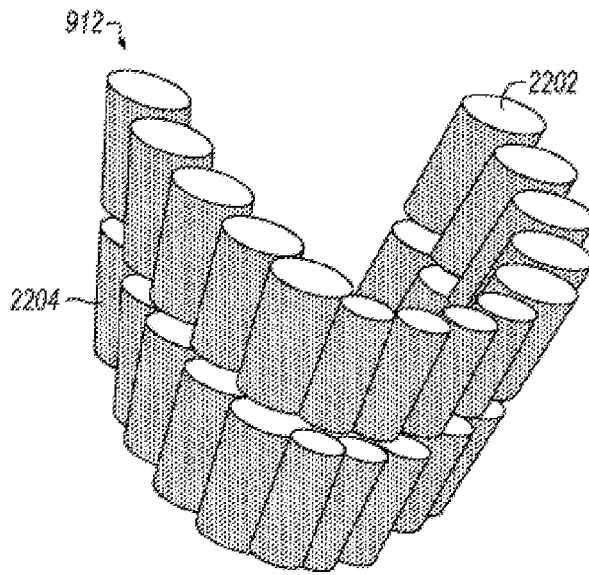


图 16A

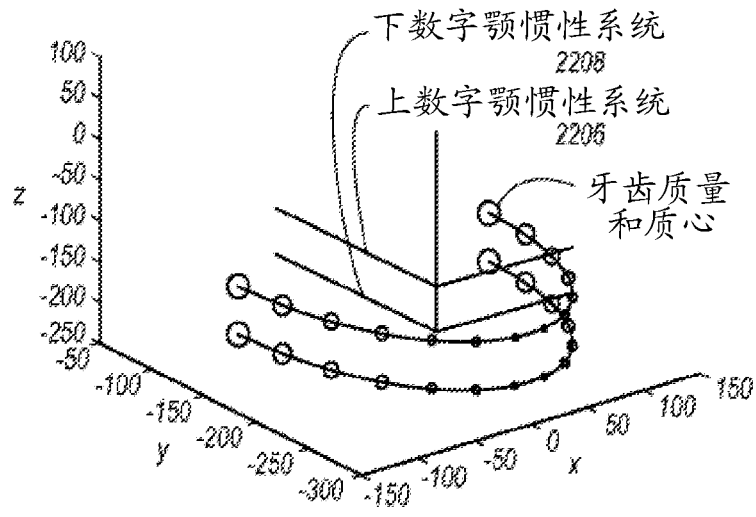


图 16B

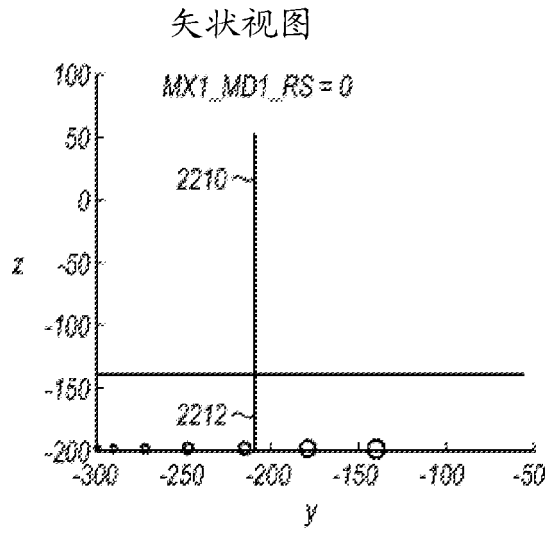


图 17A

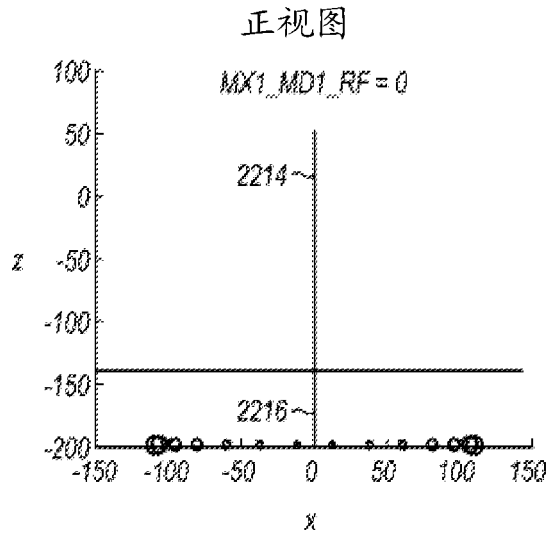


图 17B

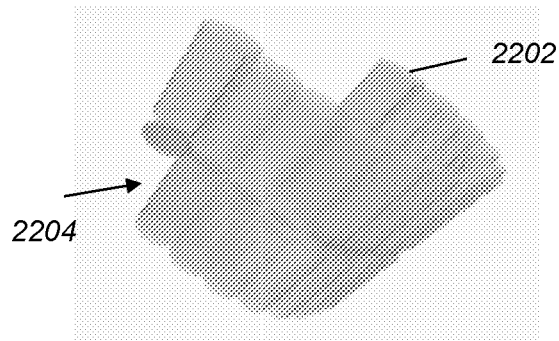


图 18A

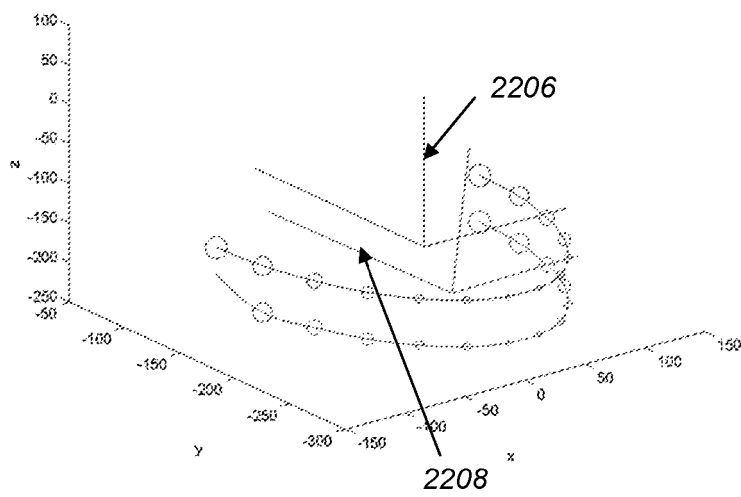


图 18B

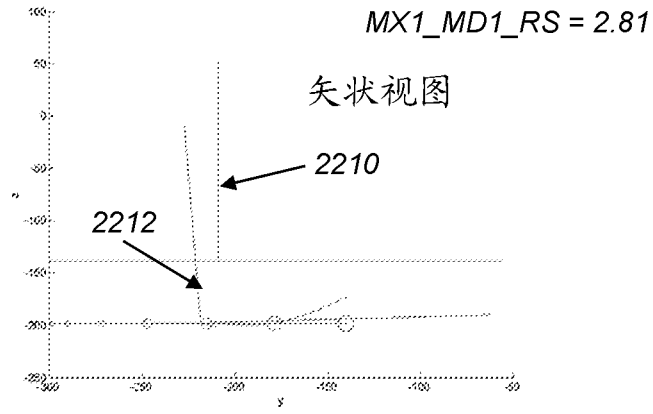


图 19A

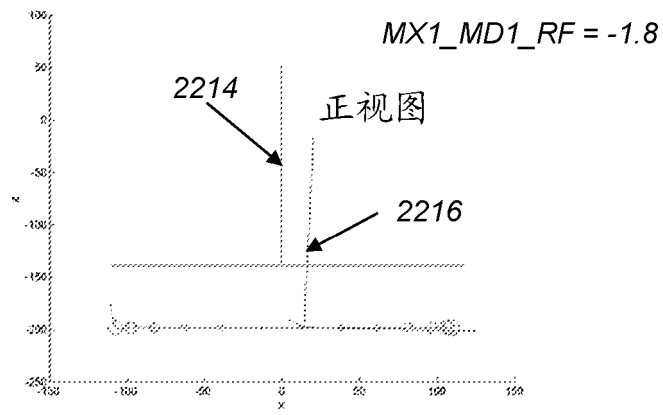


图 19B

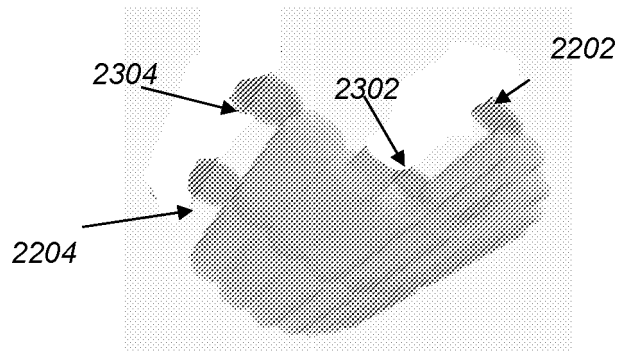


图 20A

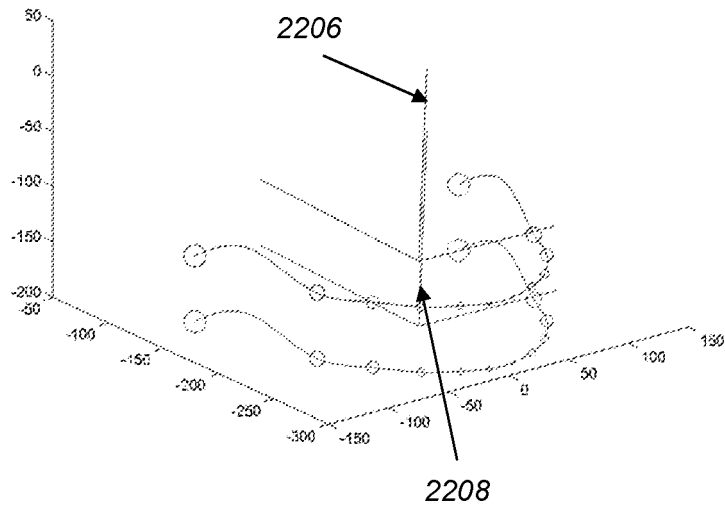
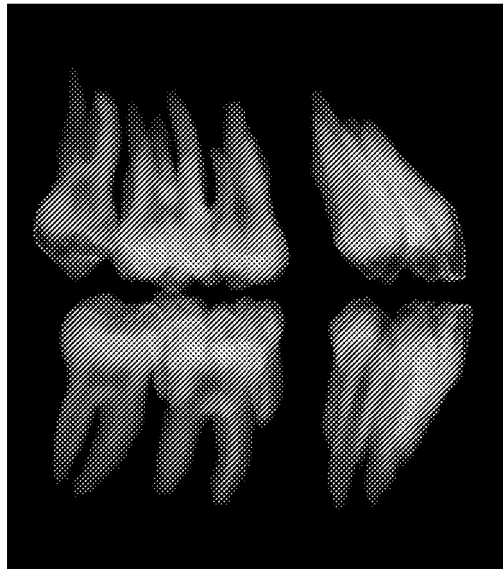


图 20B

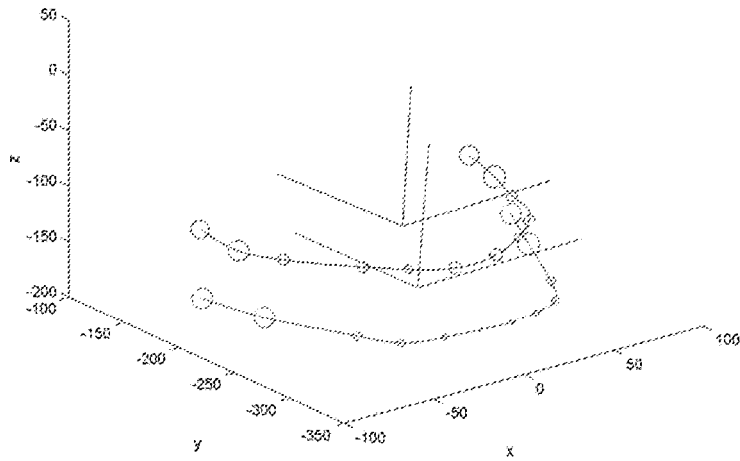


2402

图 21A

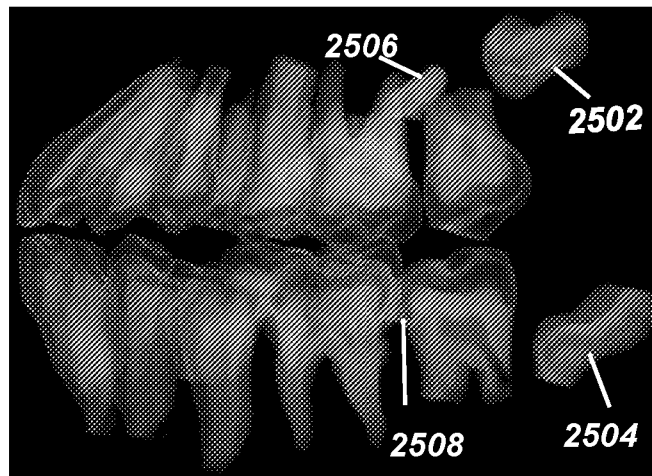


上颌（蓝色）和下颌（红色）主惯性轴3D视图



2404

图 21B



2500

图 22A

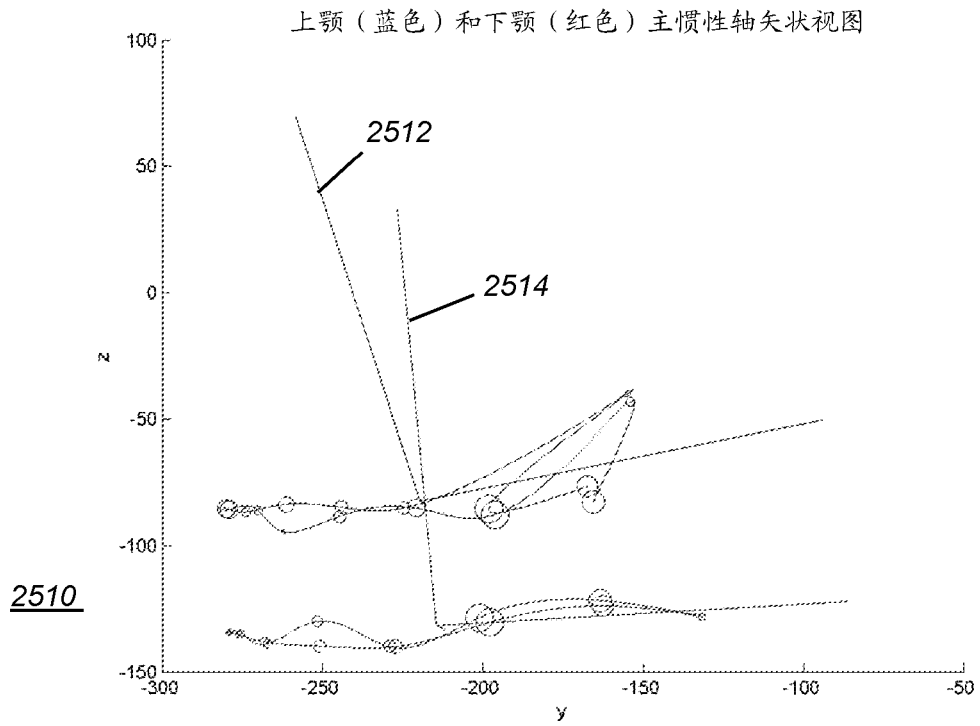


图 22B



2600

图 23A

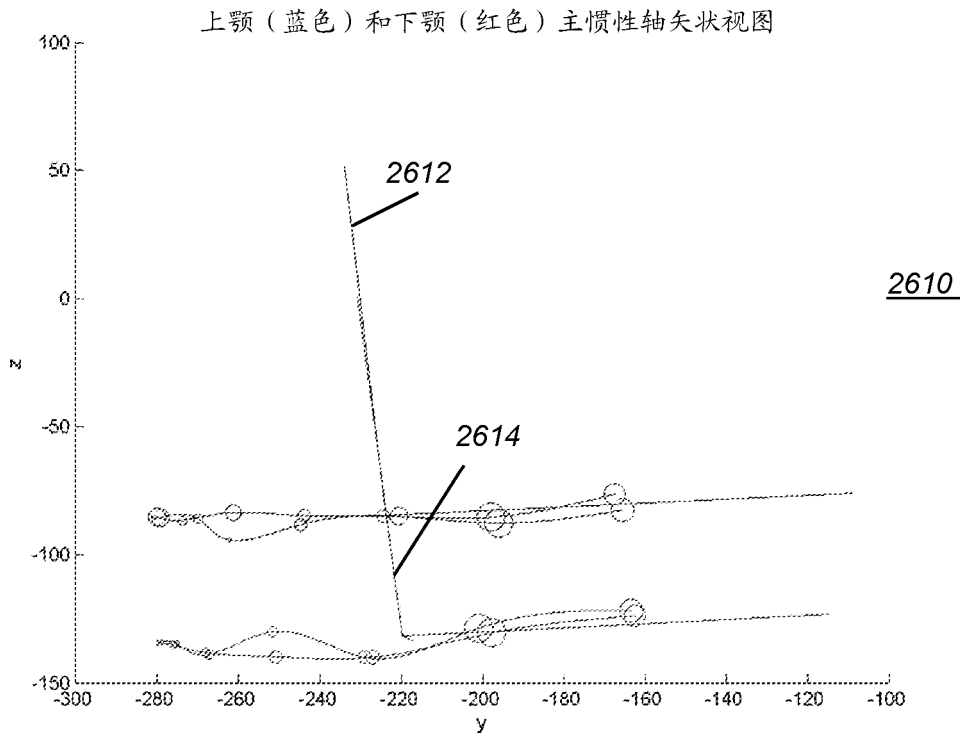


图 23B

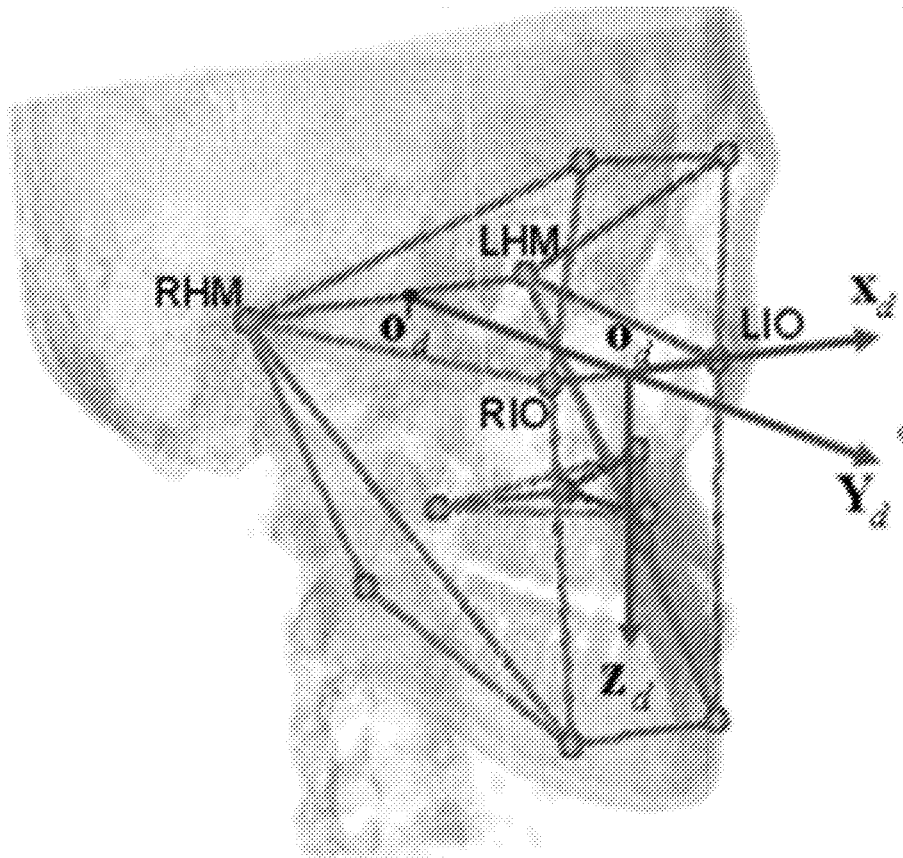


图 24

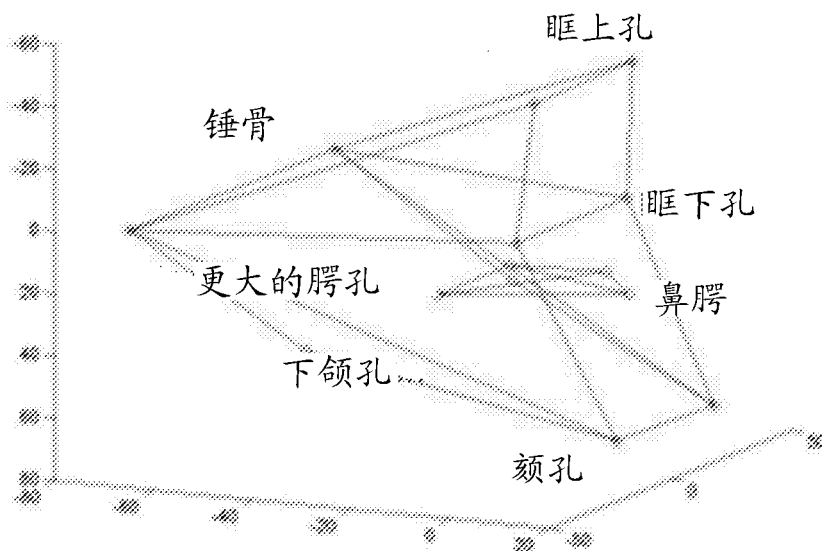


图 25

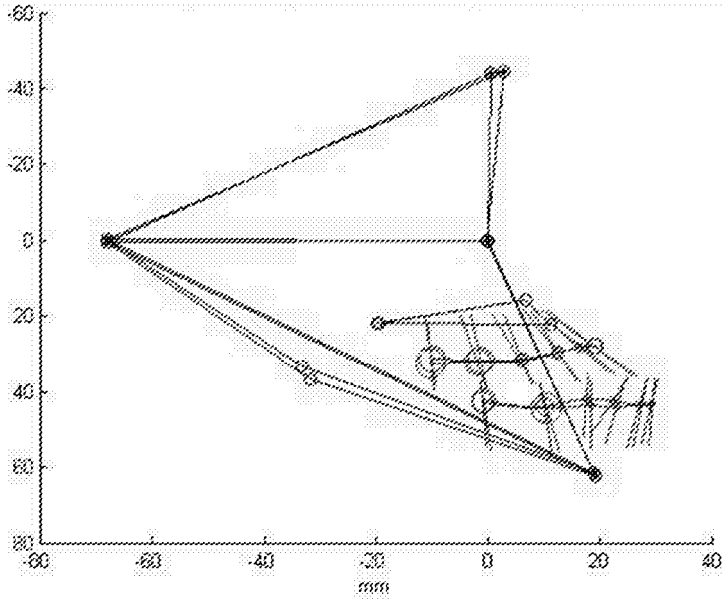


图 26

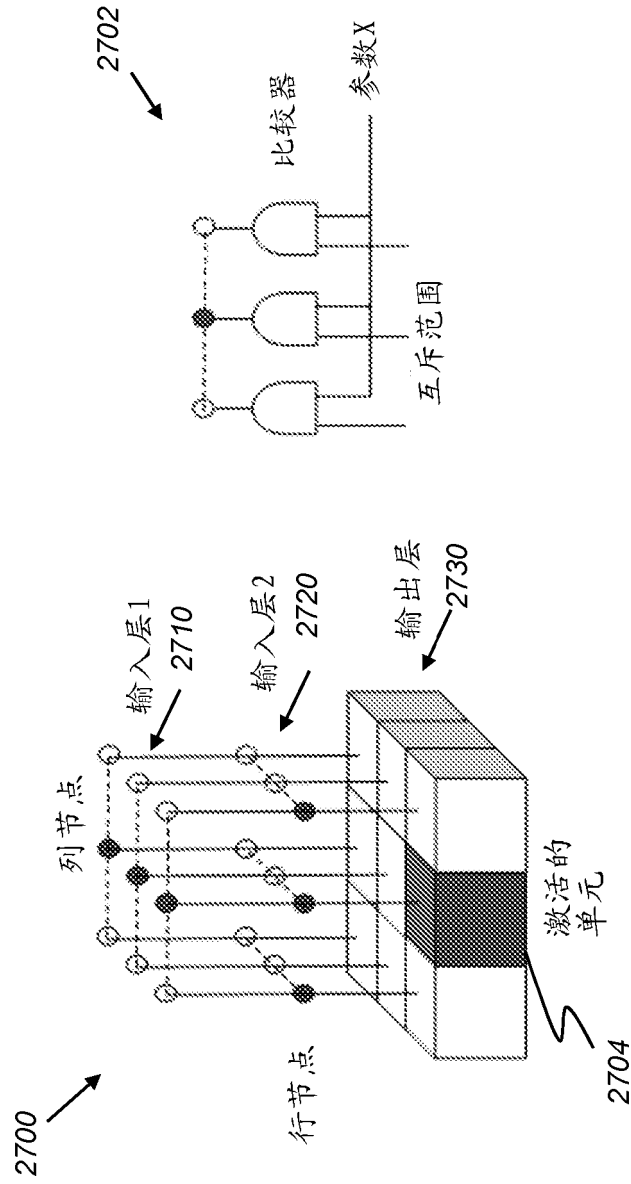


图 27

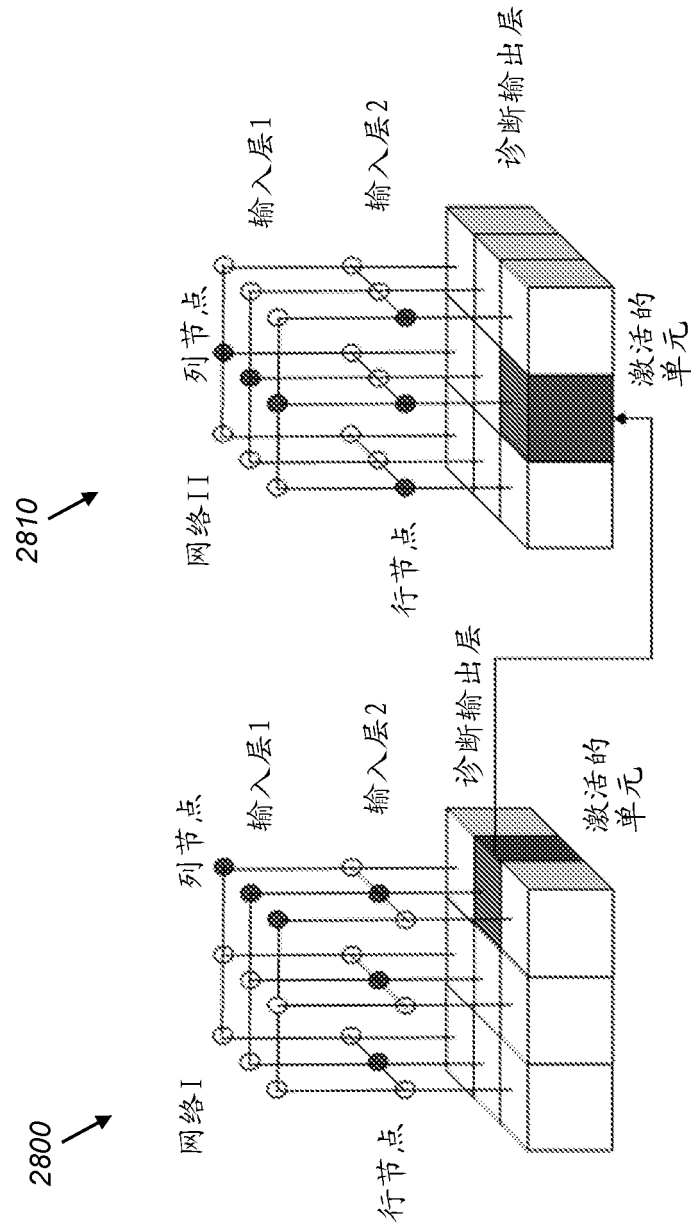


图 28

*independent\_diagnosis\_algorithm*  
 $x_m, y_m \in [\text{normal\_parameters}, \text{abnormal\_parameters}]$   
 $x_m \neq y_m; \quad m \in [1, 2, \Lambda, 1, 3]$

给出 变量  $x_m, y_m$  ;  
 定义 *diagnosis\_result\_matrix*(3x3)  $\mathbf{D}_m$   
 评价 向量  $\mathbf{c}_m = [-\infty < x_m \leq \mu_{x_m} - \sigma_{x_m}, \mu_{x_m} - \sigma_{x_m} < x_m < \mu_{x_m} + \sigma_{x_m}, \mu_{x_m} + \sigma_{x_m} \leq x_m < \infty]$   
 评价 向量  $\mathbf{r}_m = [-\infty < y_m \leq \mu_{y_m} - \sigma_{y_m}, \mu_{y_m} - \sigma_{y_m} < y_m < \mu_{y_m} + \sigma_{y_m}, \mu_{y_m} + \sigma_{y_m} \leq y_m < \infty]$   
 $\mu = \text{Class\_I\_mean}$  ;  $\sigma = \text{Class\_I\_deviation}$   
 $\mathbf{D}_m(i, j) = \text{true}$  if  $\mathbf{c}_m(j) = \text{true}$  and  $\mathbf{r}_m(i) = \text{true}$ ;  
 $i, j \in [1, 2, 3]$ .

图 29



$dependent\_diagnosis\_algorithm$   
 $x_k, y_k \in [normal\_parameters, abnormal\_parameters]$   
 $x_k \neq y_k; k \in [m, n]; m, n \in [1, 2, \Lambda, 12, 13]; m \neq n$

给出 变量  $x_k, y_k$  :  
 定义  $diagnosis\_matrices(3 \times 3)$   $\mathbf{D}_m, \mathbf{D}_n$   
 评价 向量  $\mathbf{c}_k = [-\infty < x_k \leq \mu_{x_k} - \sigma_{x_k}, \mu_{x_k} - \sigma_{x_k} < x_k < \mu_{x_k} + \sigma_{x_k}, \mu_{x_k} + \sigma_{x_k} \leq x_k < \infty]$   
 评价 向量  $\mathbf{r}_k = [-\infty < y_k \leq \mu_{y_k} - \sigma_{y_k}, \mu_{y_k} - \sigma_{y_k} < y_k < \mu_{y_k} + \sigma_{y_k}, \mu_{y_k} + \sigma_{y_k} \leq y_k < \infty]$   
 $\mu = Class\_I\_mean$   $\sigma = Class\_I\_deviation$   
 $\mathbf{D}_m(i, j) = true$  if  $\mathbf{c}_m(j) = true$  and  $\mathbf{r}_m(i) = true$ ;  
 $\mathbf{D}_n(i, j) = true$  if  $\mathbf{c}_n(j) = true$  and  $\mathbf{r}_n(i) = true$ ;  
 $\mathbf{D}_m(i, j) = \mathbf{D}_m(i, j) + \mathbf{D}_n(i, j)$ , if  $i + j \neq 4(exemplary)$   
 $i, j \in [1, 2, 3]; k \in [m, n]$ .

图 30

案例名称: C1119			
1	18个参数		
2	前-后		
3	alveolar-GIM-Gim	-10.479	上覆盖, GIMx-Gimx, 上切牙和下切牙的惯性中心
4	alveolar-GM-Gm	-8.899	牙齿类II, GMy-Gmy
5	alveolar-IqIM	37.0168	角度上颌切牙突出(扭矩), 中间上切牙扭矩
6	alveolar-Iqim	11.2776	角度下颌切牙突出(扭矩), 中间下切牙扭矩
7	alveolar-GIM+Gim? or Gly	23.0233	线性双颌前突, (GIMy+Gimy)/2
8	basis-MNP-MM	-10.028	基础类II, MNPv-MMv
9	basis-MFM-MM	58.0601	主体长度, 这是MFM和MM之间的真实长度
10	architecture-MMy	19.0165	下巴突出, 中间颏的y坐标
11	architecture-MHM-MM	106.922	下颌全局长度, 这是MHM和MM之间的真实长度
12	alveolar-Gdz	37.0501	牙弓高度, 所有牙齿的惯性中心的z坐标
13	alveolar-Mxl-Mdl	-6.8922	牙弓之间的分散度, $\sqrt{x^2+y^2}(SP)$
14	basis-<MFM-MIO, MFM-MM>	27.609	伪FMA(眶底/主体角)
15	architecture-MMz	61.97	上颌-下颌高度
16	architecture-13	35.4216	面部全局分散度, MHM-MIO轴和MHM-MM轴之间的角度
17	横向		
18	alveolar-dM-dm	-0.4271	第一白齿之间直径关系
19	alveolar-IqM-Iqm	27.5746	类III或下颌过量角度补偿
20	basis-RGPLGP/RFM-LFM	36.2319	基础上颌/下颌过量, LGPx -RGPx/LFMx-RFMx
21	architecture-RIO-LIO/RM-LM	115.909	眶下(前)颌宽度, 公式 $RIOx-LIOx/RMx-LMx$
22	推导的		
23	hidden-GIM	17.7837	上切牙组突出
24	hidden-GIM	28.2629	下切牙组突出
25	hidden-(IqM+Iqm)/2	24.1472	中间上切牙和下切牙扭矩
26	hidden-(IqM-Iqm)	25.7392	上切牙与下切牙扭矩差值
27	hidden-MNPv	8.98266	上颌突出
28	hidden-GIM-MNP(Y)	8.79502	上线性类III补偿
29	hidden-GIM-MM(Y)	0.24639	上线性类II补偿
30	hidden-Gdz/(MMz-Gdz)	0.44603	上颌下颌全局高度的上颌/下颌比率

图 31A

Ind	15_Asym_vert_params	measur	评论	Norm mean	std	-S	+S	-5s	+5s
	竖直	mydec							
1	arch.rof-G36z-G26z	0.19	右/左上白齿高度差(+;右较低)(T12)	0 -0.07	1.42	-1.49	1.35	-1.55	1.41
2	av.arch.rof-G46z-G36z	0.1	右/左下白齿高度差(+;右较低)(T13)	0 -0.13	1.51	-1.55	1.38	-1.71	1.44
3	av.arch.rof<M4, V4>	0.32	上颌滚动(+;右侧较低)(T12)	0 -0.14	1.77	-1.91	1.63	-1.91	1.63
4	av.arch.rof<M4, V4>	1.85	下颌滚动(+;右侧较低)(T13)	0 -0.18	1.77	-1.96	1.59	-1.96	1.59
5	av.comp.arch.rof<G46z-G36z>{RGPz-LGPz}	0.51	右/左牙槽高度差(+;右较高)	0 0.37	1.25	0.92	1.66	-0.95	1.72
6	av.comp.arch.rof<G46z-G36z>{RPMz-LPMz}	2.7	右/左牙槽高度差(+;右较高)	0 0.69	2.12	-1.43	2.81	-1.89	2.92
7	bas.bone.rof-RGPz-LGPz	0.32	上颌右/左高度差(+;右较低)(T14)	0 -0.44	1.23	-1.67	0.79	-1.74	0.82
8	bas.bone.rof-RPMz-LPMz	2.8	下颌右/左高度差(+;右较低)(T14)	0 -0.82	2.98	-3.8	2.16	-3.95	2.24
9	bas.bone.rof<RPM-RPM>{LPM-LPM}	1.4	投影在Z上的颌分支右/左高度差(+;右较高)	0 0.47	2.03	-1.56	2.49	-1.62	2.59
10	bas.bone.rof<RPM-RPM,RHM-RHO><LPM-LM,LHM-LHO>	0.9	右/左颌下颌分散度差值	0 0.05	1.57	-1.51	1.62	-1.51	1.63
11	arch.fclines.rof<RM,RHM,RHO><LM,LHM,LHO>	0.67	右/左上颌-下颌分散度差值	0 -0.16	1.26	-1.52	1.1	-1.52	1.2
12	arch.fclines.rof<RM,RHM,RHO><LM,LHM,LHO>	0.1	右/左全局面部分散度差值	0 0.08	1.78	-1.71	1.86	-1.71	1.86
13	arch.fclines.rof<RM,RHM,RHO><LM,LHM,LHO>	-1.14	投影在Z上的框右/左高度差值	0 0.09	1.56	-1.48	1.65	-1.51	1.71
14	arch.fclines.rof<RID-RSO>{LID-LSO}	0.53	上颌-下颌右/左高度差(T15)	0 -0.12	1.52	-1.64	1.4	-1.7	1.45
15	arch.fclines.rof<RM-RSO>{LM-LSO}	-0.61	投影在Z上的全局面都右/左高度差(T15)	0 0.04	1.27	-1.3	1.23	-1.35	1.28

图 31B

ind	16_Asymm.sp_Param	featur	评论	Norm	mean	std	-S	+S	-Ss	+Ss
		tm/deg		tm/deg	tm/deg	tm/deg	tm/deg	tm/deg	tm/deg	tm/deg
	前-后									
1	alveolar.AP.RL~G16y-G36y	-0.11 AP 46/26 差值 (T16)		0	-0.05	1.27	-1.32	1.22	-1.29	1.19
2	alveolar.mlaGap~G46y-G36y	0.34 AP 46/36 差值 (T16)		0	0.12	1.32	-1.2	1.44	-1.17	1.4
3	alveolar.mla~(G16y-G36y)~(RGP~LGP)y	-0.5 上白齿AP位置/上颌右/左差值		0	-0.37	1.49	-1.86	1.12	-1.81	1.09
4	alv.comp.shftng~(G46-G36)y~(RFM-LFM)y	0.93 下白齿AP位置/下颌右/左差值		0	-0.05	2.26	-2.31	2.21	-2.26	2.16
5	alveolar.AP.CIL.R~G16y-G46y	1.5 右类II, 负值表示类III关系 (T17)		-3.09	-3.09	1.55	-4.63	1.54	-4.53	-1.5
6	alveolar.AP.CIL.L~G26y-G36y	2 左类II, 负值表示类III关系 (T17)		-2.92	-2.92	1.21	-4.13	-1.71	-4.03	-1.67
7	basis.RL~(RM~RFM)~(LM-LFM)	-0.48 投影在Y上的水平分支右/左差值 (T19)		0	-0.93	2.24	-3.16	1.31	-3.09	1.28
8	basis.morpho~RGP~LGP	0.38 AP 大上颌右/左位置差 (T18)		0	0.32	1.34	-1.02	1.66	-0.99	1.62
9	basis.dff~RFM~LFM	-0.59 AP 下颌孔右/左位置差 (T18)		0	0.17	2.55	-2.38	2.72	-2.32	2.66
10	arch.AP.RL.FcExc~(RLO-RHM)~(LIO-LHM)	-0.33 面部深度右/左差值 (IF0级别)		0	-0.09	2.95	-3.05	2.86	-2.98	2.79
11	arch.AP.RL.FcExc~(RSO-RHM)~(LSO-LHM)	0.22 面部深度右/左差值 (SP0级别)		0	0.22	2.22	-2	2.44	-1.96	2.38
12	arch.AP.RL.FcExc~RSOy-LSOy	0.55 AP SPO位置, 右/左差值		0	0.31	1.46	-1.15	1.77	-1.12	1.73
13	arch.AP.RL.FcExc~RM~LM	-1.07 AP 颌位置, 右/左差值 (T19)		0	-0.76	1.7	-2.46	0.95	-2.4	0.93
14	arch.AP.RL.FcExc~(RM-RHM)~(LM-LHM)	-1.4 投影在Y上的面部深度右/左差值 (颌级别)		0	-0.85	2.63	-3.48	1.78	-3.39	1.74
15	arch.AP.RL.FcExc~(RHM,RLO,RM)~(LHM,LLO,LM)	-1.29 下颌全局开口右/左差值		0	0.1	3.06	-2.72	3.26	-2.77	3.26
16	addition.AP.RL~(G16y-G46y)~(G26y-G36y)	-0.45 类2右/左差值		0	-0.17	0.81	-0.98	0.64	-0.95	0.63

图 31C

Pd <sub>x</sub>	32_A3XB_transv_params	features	评论	Norm						
				mean	std	-S	+S	+Ss		
	横向	mm/deg								
1	av.grp.lnr.transv_pos~Gmx	0.14	上切牙横向偏差 (T4)	0	0.19	1.46	-1.3	1.65	-1.2	1.61
2	av.grp.lnr.transv_pos~Gmx	0.19	下切牙横向偏差 (T5)	0	-0.1	2.09	-2.2	1.99	-2.1	1.94
3	av.grp.lnr.transv_pos~Gmx	0.97	上牙弓横向偏差	0	0.18	1.6	-1.4	1.78	-1.4	1.74
4	av.grp.lnr.transv_pos~Gmx	0.58	下牙弓横向偏差	0	-0.1	1.89	-2	1.6	-1.9	1.76
5	av.grp.lnr.transv_pos~Gmx	0.04	上白齿横向偏差 (T6)	0	0.04	1.5	-1.5	1.54	-1.4	1.51
6	av.grp.lnr.transv_pos~Gmx	0.51	下白齿横向偏差 (T7)	0	0.01	1.92	-1.9	1.92	-1.9	1.88
7	av.arch.ratn~<Mdi,Vy>(Rt)	-0.9	在牙弓平面中的上牙弓旋转 (+; 右) (T3)	0	0.58	2.85	-2.3	3.44	-2.3	3.44
8	av.arch.ratn~<Mdi,Vy>(Rt)	-3.9	在牙弓平面中的下牙弓旋转 (+; 右) (T3)	0	-0	2.8	-2.8	2.78	-2.8	2.78
9	av.lnr.transv.comp~Gmx~MFPx	-0.2	偏差: 上切牙/上颌前界标	0	-0.1	0.68	-0.3	0.55	-0.6	0.54
10	av.lnr.transv.comp~Gmx~MFPx	-0.6	偏差: 下切牙/下颌前界标	0	0.41	0.69	-0.3	1.09	-0.3	1.07
11	av.lnr.transv.comp~Gmx~GBmx	1.1	偏差: 上牙弓/上颌	0	0.06	0.78	-0.7	0.84	-0.7	0.82
12	av.lnr.transv.comp~Gmx~GBmx	0.17	偏差: 下牙弓/下颌	0	0.26	0.79	-0.5	1.05	-0.5	1.03
13	av.lnr.transv.comp~Gmx~MGPx	0.62	偏差: 上白齿/后上颌	0	0.11	0.74	-0.6	0.85	-0.6	0.83
14	av.lnr.transv.comp~Gmx~MFMx	0.47	偏差: 下白齿/后下颌	0	0.18	1.16	-1	1.24	-1	1.31
15	av.tsq.comp~Tq_16_17~Tq_20_21	-1.1	上颌左偏差的上白齿扭矩补偿	0	1.59	5.63	-4.1	7.22	-4.1	7.22
16	av.tsq.comp~Tq_36_37~Tq_46_47	12.4	下颌右偏差的上白齿扭矩补偿	0	-1.5	4.18	-5.8	2.58	-5.8	2.58
17	av.lnr.transv.comp~Gmx~Gmx	-0.1	上/下切牙左偏差 (T1, T4, T5, T11)	0	0.3	1.02	-0.7	1.31	-0.7	1.28
18	av.lnr.transv.comp~Gmx~Gmx	0.4	上/下牙弓左偏差	0	0.27	0.88	-0.6	1.14	-0.6	1.12
19	av.lnr.transv.comp~Gmx~Gmx	-0.5	上/下白齿左偏差 (T1, T6, T7)	0	0.04	0.76	-0.7	0.8	-0.7	0.78
20	av.agul.dev~<Mx3,Vy>~<Mdi,Vy>	3	上/下牙弓右偏差 (+; 上颌右偏差) (T2)	0	0.5	2.53	-1.9	3.13	-1.9	3.13
21	bas.bone.UorL.lnr.dev~MGPx	-0.6	中-大上腭左偏差	0	-0.1	1.35	-1.4	1.36	-1.4	1.25
22	bas.bone.UorL.lnr.dev~MFPx	0.04	中-下颌孔左偏差	0	-0.2	2.05	-2.2	1.87	-2.2	1.83
23	bas.bone.UorL.lnr.dev~MFPx	0.34	鼻上腭左偏差 (T9)	0	0.32	1.09	-0.8	1.42	-0.8	1.38
24	bas.bone.UorL.lnr.dev~MFPx	0.76	中-颌孔左偏差 (T10)	0	-0.5	2.23	-2.7	1.72	-2.7	1.68
25	bas.bone.UorL.lnr.dev~GBmx	-0.1	上颌左偏差	0	0.13	1.09	-1	1.22	-0.9	1.19
26	bas.bone.UorL.lnr.dev~GBmx	0.4	下颌左偏差	0	-0.3	1.96	-2.3	1.62	-2.3	1.56
27	bas.bone.UorL.lnr.dev~MFPx~MFPx	-0.6	上颌/下颌后左偏差	0	0.11	1.2	-1.1	1.31	-1.1	1.28
28	bas.bone.UorL.lnr.dev~MFPx~MFPx	-0.4	上颌/下颌前左偏差 (T8, T9, T10, T11)	0	0.83	1.52	-0.7	2.35	-0.7	2.3
29	bas.bone.UorL.lnr.dev~GBmx~GBmx	-0.5	上颌/下颌全局左偏差 (T8)	0	0.47	1.18	-0.7	1.65	-0.7	1.61
30	arch.facal.dvlatn~MSOx~MFPx	-1.2	下巴/面部偏差	0	0.67	3.1	-2.4	3.77	-2.4	3.68
31	arch.facal.dvlatn~1_angle	-8.9	下巴/眶底右偏差	0	4.1	1.99	-3.3	3.3	-3.3	3.3
32	arch.facal.dvlatn~2_angle	90.5	眶底/顶左偏差	0	89.8	1.82	88	91.6	88	91.6

图 31D

A	B	C	D
切牙关系(1):列vs牙弓角关系(2):行	下覆盖上/下切牙负间隙(-)	O	上覆盖上/下切牙正间隙(+)
咬合类III上/下牙弓关系(-)	类III下覆盖	类III, 无视切牙关系	上覆盖和对立类III
咬合类II上/下牙弓关系	非类III下覆盖	...	非类II上覆盖
咬合类I上/下牙弓关系(+)	下覆盖和对立类II	类II, 无视切牙关系	类II上覆盖
A1 1 四配切牙和全局牙弓前-后上/下差异			
[案例名称: C11119]			

图 32A

A	B	C	D
切牙关系 (1): 列 vs 牙弓角关系 (2): 行	下覆盖上/下切牙负间隙 (-)	O	上覆盖上/下切牙正间隙 (+)
咬合类 III 上/下牙弓关系 (-)	类 III 下覆盖	类 III, 无视切牙关系	上覆盖和对立类 III
咬合类 I 上/下牙弓关系	非类 III 下覆盖	...	非类 II 上覆盖
咬合类 II 上/下牙弓关系 (+)	下覆盖和对立类 II	类 II, 无视切牙关系	类 II 上覆盖
A1 1 匹配切牙和全局牙弓前-后上/下差异			
案例名称: C1113			

图 32B

Gy (z) vs 全周切牙扭矩 (21) 行	线性双颌后移 (-)	角度双颌后移	线性双颌后移 (+)
角度双颌后移 (-)	线性双颌后移	线性双颌后移	线性双颌后移 (+)
角度双颌后移 (+)	线性双颌后移, 无视觉角度双颌前突	线性双颌后移, 无视觉角度双颌前突	线性双颌后移, 无视觉角度双颌前突
AI B 线性双颌后移 / 双颌前突	线性双颌后移, 无视觉角度双颌前突	线性双颌后移, 无视觉角度双颌前突	线性双颌后移, 无视觉角度双颌前突

案例名称: 9500 9500 VOL 16

图 32C



案例名称: 9500 9500 VOL 16

32D

Al	参数	诊断
Al1	匹配切牙和全局牙弓前-后上/下差异	非类III下覆盖
Al2	匹配切牙差异和分离的线性上(和下)切牙位置	由上切牙后移引起的下覆盖
Al3	匹配切牙差异和分离的线性(上和)下切牙位置	∅
Al4	匹配切牙间隙和上-下类II扭矩差(类III补偿)	∅
Al5	关于上-下类III扭矩差(类III补偿)的上-下分离的反应性	---
Al6	匹配牙槽和基础上/下关系	咬合类I, 无视基础类III
Al7	关于骨骼类II和类III的上/下分离的反应性	...
Al8	线性和角度双颌后移/双颌前突	...
Al9	全局线性面部垂直高度及其分布	由下颌过度导致的长面部综合征(线性)
Al10	线性和角度面部不协调	...
Al11	牙槽和基础发散度	与面部过度发散一致的基础过度发散
Al12	横向线性和角度上/下牙槽关系	...
Al13	横向线性和角度上/下基础关系	上颌基础过量和额不足

图 32D

**3292**

行0	切牙横向关系 TNS17c (GIMx-Gimx) vs 白齿横向关系 TNS19 r (GMMx-Gmmx)	上/下切牙右偏差 (-)	0	上/下切牙左偏差 (+)
行1	上/下白齿横向右偏差 (-)	全局上牙弓右平移/下	后上/下牙弓右偏差	上牙弓左全局旋转/下
行2	0	上/下切牙右偏差	0	上/下切牙左偏差
行3	上/下白齿横向左偏差 (+)	上/牙弓右全局旋转下	后上/下牙弓左偏差	全局上牙弓左平移/下

**C (2,2) 3294**

列0                      列1                      列2                      列3

图 32E

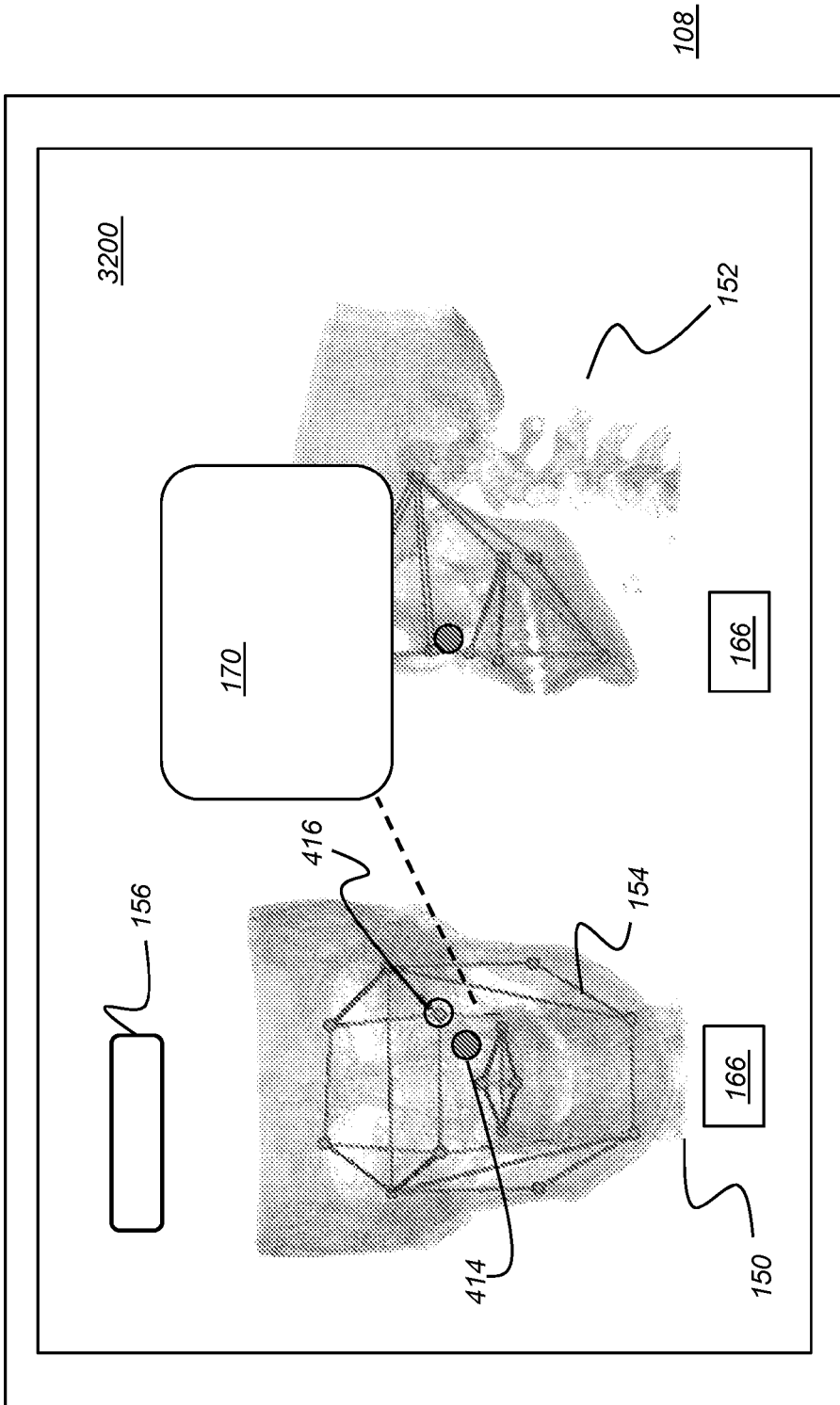


图 33

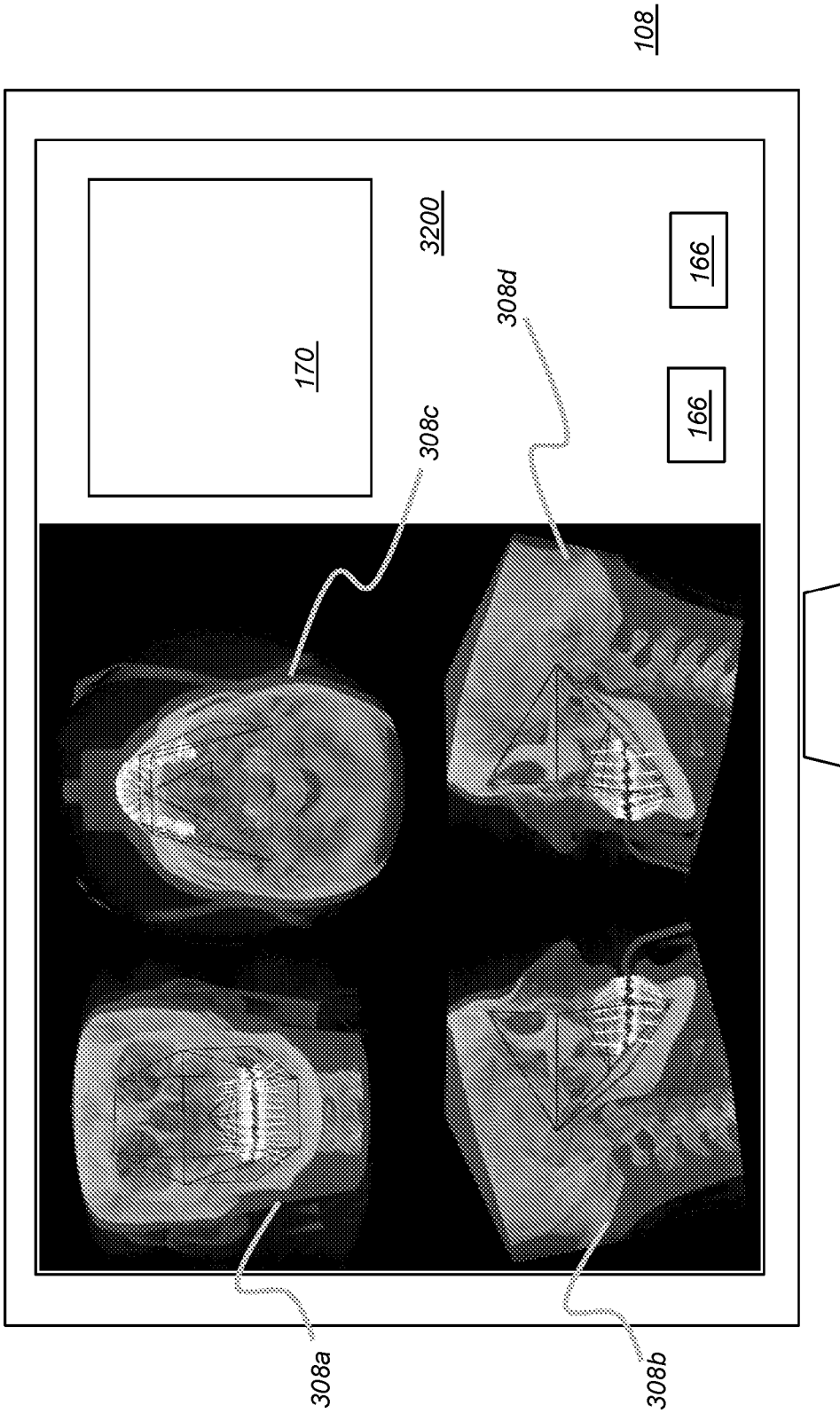


图 34

T1; P19,17;C2,1; 上/下切牙右偏差  
 T2; P20;C1,2; 0  
 T3; P8,7;C2,2; 0  
 T4; P1,17;C2,1; 上/下切牙右偏差  
 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; 上/下前界右偏差是由于下巴左偏差  
 T11; P28,17;C1,1; 上/下切牙右偏差与上/下基础偏差一致  
 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; 左类II  
 T18; P9,8;C2,2; ---  
 T19; P13,7;C3,3; 右半面部的过量和右水平分支的过量

S1 前-后方向综合评论=强右前后过量  
 S2 竖直方向综合评论=无  
 S3 横向方向综合评论=左上偏差(右过量)趋势

图 35

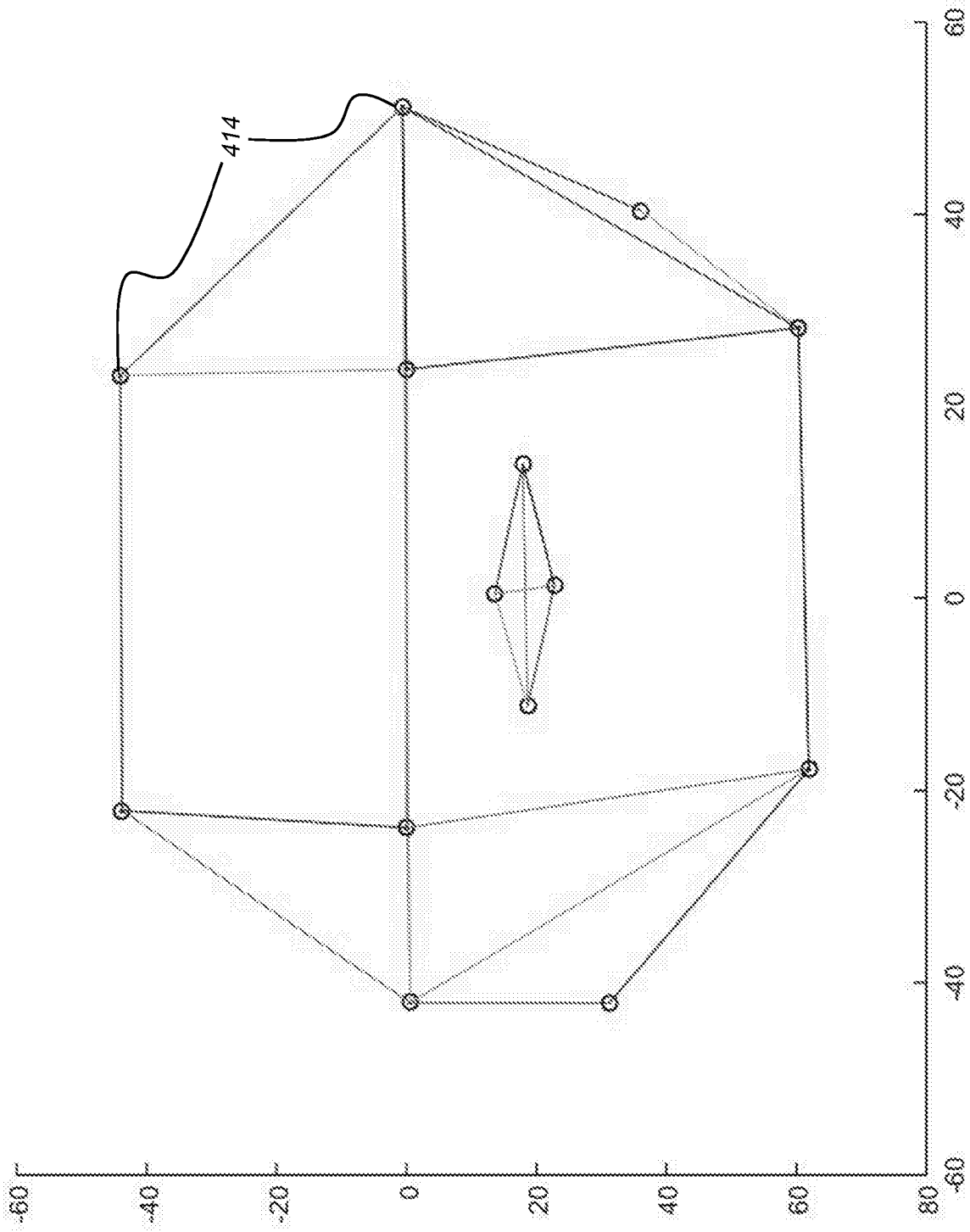


图 36

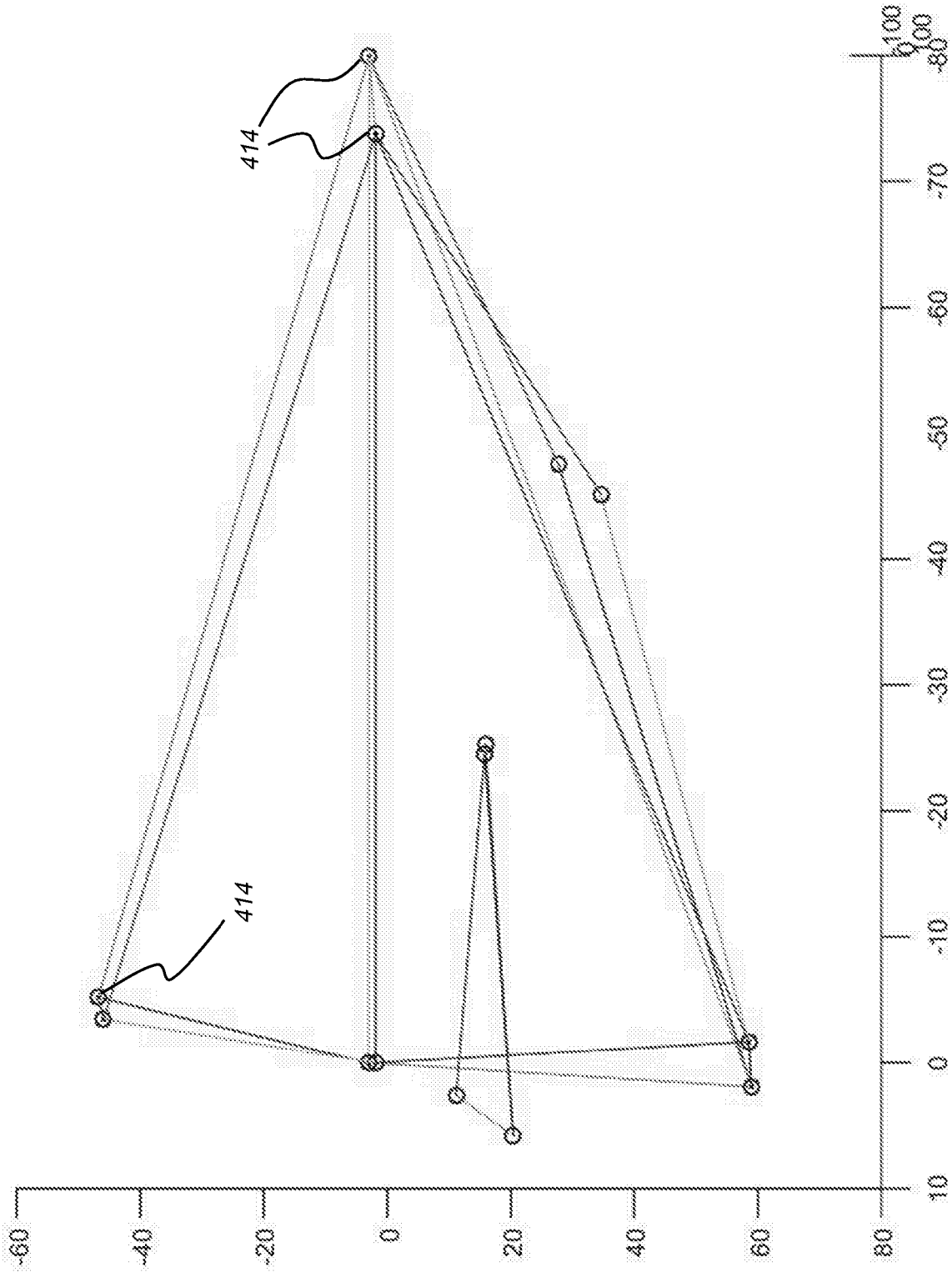


图 37

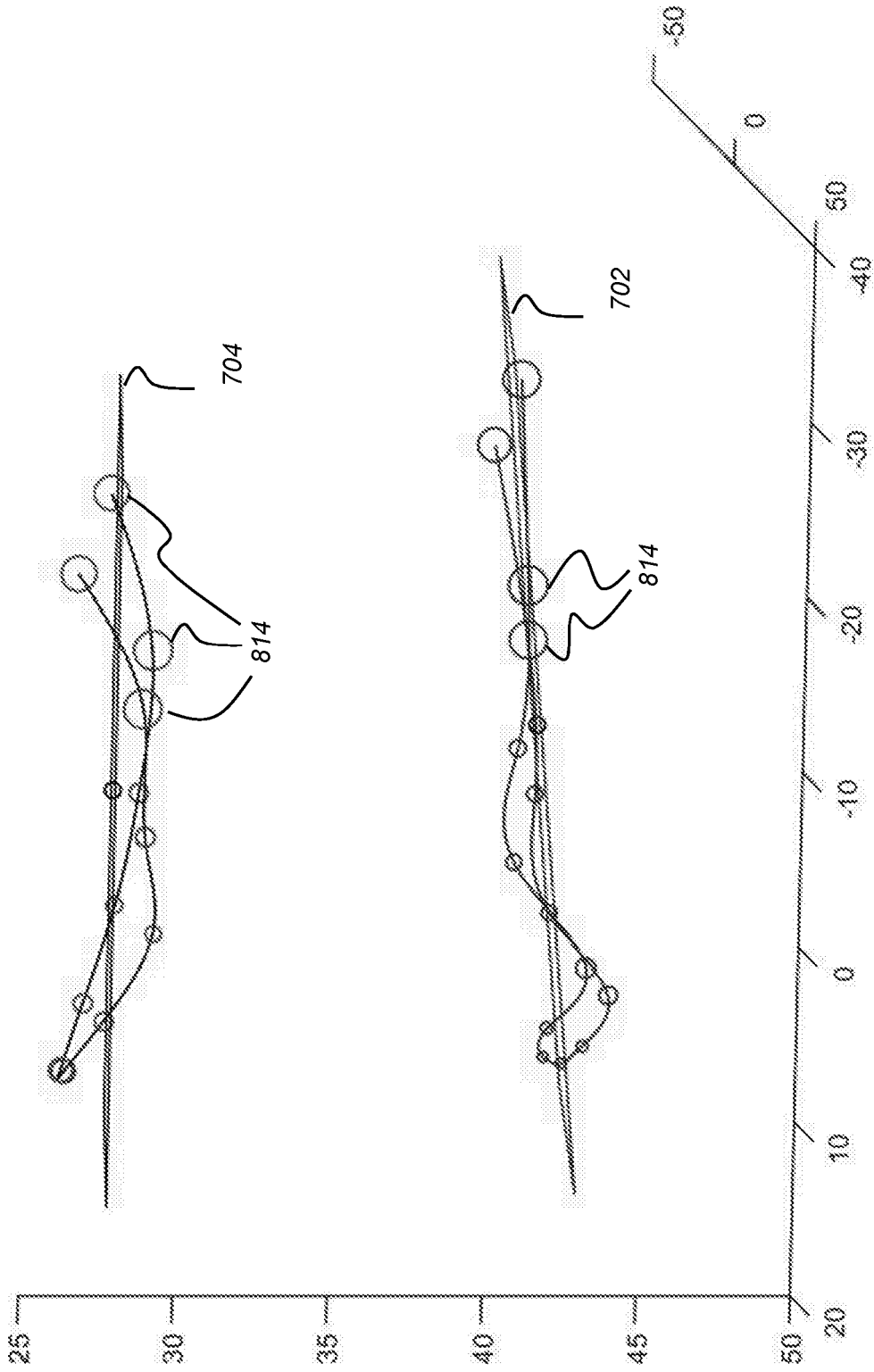


图 38