

[51] Int. Cl.
G06T 7/00 (2006.01)



[21] 申请号 200580013603.4

[11] 公开号 CN 1961337A

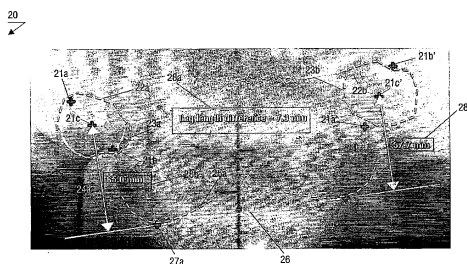
S·洛布雷格特 F·A·杰里特森

权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 7 页

用于在多维数据集中进行对象映射的图像分析系统

设置成使得在多维数据集中能够进行对象映射的设备(40)具有用于接收任何适合形式的多维数据集的输入(42)。该设备的核心由诸如常规的微处理器或信号处理器的处理器(44)、后台存储器(48)(通常基于硬盘)和工作存储器(46)(通常基于RAM)所构成。后台存储器(48)可用于在数据集未被处理时存储数据集(或其部分),并且用于存储图形关系应用宏和模型的运算(在其未被处理器执行时)。主存储器(46)通常保存正被处理的数据集(或其部分)和用于处理数据集的那些部分的图形关系应用宏和模型的指令。根据本发明的设备(40)包括设置成使用几何关系应用框架宏来定义一组几何模板之间的一组几何关系的计算装置(45)和用于将多维图形对象与几何模板进行关联的装置(47)。

优选地，装置(45)和(47)可由计算机程序(43)操作，并且该计算机程序优选存储在存储器(48)中。输出(49)用于输出映射的结果。优选地，该输出包括多维图形对象与通过图形关系应用宏而相互联系的几何模板的关联结果。本发明进一步涉及多维数据集中对象映射的方法、计算机程序、图像分析系统和成像系统。



1. 一种在多维数据集中进行对象映射的方法，所述方法包括以下步骤：

使用多维图形对象（23a、23b、25a、25b 和 31）执行多维数据集的分割；

使用几何关系应用框架宏（12）定义一组几何模板（22a、22b、26、32、34 和 35）之间的一组几何关系；

将多维图形对象与所述几何模板进行关联。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中该方法进一步包括以下步骤：

将多维图形对象的更新与几何模板的更新相互关联。

3. 根据前述权利要求中任一项所述的方法，其中几何关系应用框架宏设置成定义关联的多维图形对象受到的约束。

4. 根据权利要求 3 所述的方法，其中对于每个多维图形对象，该方法进一步包括以下步骤：

构造成分模型，每个成分模型指定为对相应的预定成分结构进行分割；

构造复合模型，其通过决定并入或涉及多维图形对象的至少两个成分结构来对多维图形数据集进行分割；

基于与相应的确定的成分结构相对应的各成分模型形成复合模型，该复合模型可用于通过控制成分模型来分割多维图形数据集。

5. 根据权利要求 4 所述的方法，其中选择接口以使多维图形对象与关联的图形模板之间能够通信。

6. 一种计算机程序，用于使处理器执行根据前述权利要求 1 至 5 中任一项所述的方法的步骤。

7. 一种设备（40），用于使得在多维数据集中能够进行对象映射，所述设备包括：

输入装置（42），用于加载多维数据集；

处理装置（44），用于使用多维图形对象来执行对所述多维数据集的分割；

计算装置（45），设置成使用几何关系应用框架宏来定义一组几何模板之间的一组几何关系；

用于将多维图形对象与几何模板进行关联的装置(47)。

8. 根据权利要求7所述的设备, 其中用于关联的装置设置成:

为每个多维图形对象构造成分模型, 每个成分模型指定为对相应的预定成分结构进行分割;

构造复合模型, 其通过确定并入或涉及多维图形对象的至少两个成分结构来对多维图形数据集进行分割;

基于与相应的确定的成分结构相对应的各成分模型形成复合模型, 该复合模型可用于通过控制成分模型来分割多维图形数据集。

9. 一种图像分析系统(50), 设置成可视化被映射的多维数据集, 上述系统包括:

根据权利要求7或8所述的设备和设置成可视化与几何模板相关联的多维图形对象的观察装置(51)。

10. 一种成像系统(60), 包括设置成采集所述多维数据集的数据采集单元(61), 所述多维数据集耦合到根据权利要求9所述的图像分析系统。

用于在多维数据集中进行对象映射的图像分析系统

本发明涉及多维数据集中对象映射的方法，所述方法包括使用多维图形对象来执行多维数据集的分割的步骤。

本发明进一步涉及计算机程序。

本发明还进一步涉及使得能够在多维数据集中进行对象映射的设备，所述设备包括：

输入装置，其用于加载多维数据集；

处理装置，其用于使用多维图形对象执行所述多维数据集的分割。

本发明还进一步涉及图像分析系统，其设置成映射多维数据集。

本发明还进一步涉及成像系统。

由 US 5,559,901 公知了开篇段落中所阐述的方法的实施例。已知的方法使用放置在多维图像数据内的可变形的二维或三维图形对象，之后这些对象根据预定义的标准自动地使它们的形状和位置最优化。例如，如果解剖结构边界的特征是体素值的梯度，那么对最大梯度位置之后的多维图形对象的再造则会产生解剖结构形状模型。图 1 示出了已知的可变形二维对象的实施例，该可变形二维对象从简单形状 2 开始，并遵循梯度路径自动地变形直至其呈现代表多维数据集内对象 1 的最终形状 3。图 2 示出了已知的可变形三维对象的实施例，该可变形三维对象从简单形状 2 开始，并遵循梯度路径自动地变形为 2a'、2a'' 直至其呈现代表多维数据集内对象 1 的最终形状 3。

已知方法的缺点是已知的分割只能为结构的轮廓或形状提供模型。当人们关注于被分割结构的几何特性时，就会需要附加的数据处理步骤。

本发明的一个目的是提供多维数据集中对象映射的方法，其中有关被分割结构几何特性的信息可从多维数据集中自动提取。

为此目的，根据本发明的方法包括以下步骤：

使用几何关系应用框架宏来定义一组几何模板之间的一组几何关系；

将多维图形对象与几何模板进行关联。

本发明的技术措施基于以下的深刻理解，通过将多维图形对象与图形应用框架进行关联，将精确定位、定向和定大小的多维图形对象调整成图形模板，并且因此所述多维图形对象可由图形应用框架宏操作。此特征不仅确保了多维数据集的精确分割，还保证了使用为几何模板定义的几何应用框架宏来自动提取被分割结构的几何特性。在本申请范围内的术语“关联的”须理解为多维图形对象的各空间坐标与图形模板的空间坐标之间的任何关联。须注意，空间坐标可以是确切的欧几里得坐标、极坐标或任何适合的坐标系内的坐标。此外，多维图形对象的空间坐标能够在功能上与相关联的模板的坐标相关，或反之亦然。实现分割步骤以产生多维图形对象之后并且选择了几何模板后，各空间坐标可以存储在适合的查找表中，并且在多维数据集内多维图形对象或几何模板任一者发生重定位的事件时可以由适合的重建装置来寻址。或者，在使用功能性关联的情况下，当其它相关联数据项发生重定位时，适合的重建装置计算相关联数据项的新空间坐标并且更新在用的空间坐标。

由转让给本申请人的 WO/0063844 公知了使用几何应用框架宏的图像处理的实施例。几何应用框架宏设置成提供在图像内定义的各种几何模板的详细描述，并特别设置成在图像的几何结构内结构上相互关联上述模板，因此提供各种几何模板的结构处理，以便保持模板之间某种预定义的几何一致性。当解剖结构具有适合的标记时，几何应用框架宏进一步使得能够分析和/或测量解剖结构的几何特性。可预定义的几何模板（像圆、线和球等等）之间的众多可能的几何关系是有可能的并且在几何应用框架宏内被定义。可由几何应用框架宏使用与几何模板关联的标记或标记集合来操作几何模板。图 3 示出了可由几何应用框架宏控制的已知几何模板的实施例，该几何应用框架宏设置成定义几何模板 4、5a、5b 和 6 之间的几何关系。已知的图形应用框架宏进一步设置为一旦任何几何模板发生重定位时，保持已定义的几何关系。各几何模板使用各自的关联标记 7a、7b、7e 和 7f 来定义。紧邻这些标记，由几何关系应用框架宏设置标记 7c 和 7d。

几何关系应用框架宏还能够设置成操作三维几何模板（未示出）。已知的几何应用框架宏的缺点是与几何模板相关联的标记必须人工更改，其导致主观的、不可再现的结果。例如，图3中，指示股骨头的标记7a和7b需要人工定位。

本发明的技术措施在多维图形对象与图形关系应用宏之间起到协同作用，其不仅提供在多维数据集中进行图像映射的全自动方法，而且提供高可靠性的描绘和测量的工具。

本方法的一个实施例中，该方法包括以下步骤：

使多维图形对象的更新与几何模板的更新相互关联。

作为本技术措施的结果，几何模板移位时多维图形对象的更新取代了人工更新。如果多维图形对象被重定义，相关联的图形模板位置的自动更新消除了对人工调整的需要。如果还期望人工交互，那么图形模板的位置能够用作人工调整的自动提议，因此减少交互工作。优选地，几何模板的位置设置成可从相关联的自动定位的多维图形对象导出。例如，作为圆的图形模板能够适合多维图形对象的轨迹。类似的，在图形模板每次发生更改后，可以例如，通过沿图形模板的路径来计算离散的顶点位置并通过沿图形模板的路径来重新初始化多维图形对象，从几何模板导出多维图形对象。

根据本发明方法的又另一实施例，几何关系应用框架宏设置成定义相关联的多维图形对象受到的约束。

本技术特征基于以下的深刻理解，对于目标是处理医学多维数据集的临床应用，其优势在于将有关解剖结构的相对位置和取向的解剖知识结合到几何关系应用宏中，该应用宏调整成适合于解决特定的临床问题或执行特定顺序的数据分析步骤。该图形关系应用宏优选用于初始化多维图形对象集。所得到的图像映射是客观的，并且因此减少与用户交互的数量。

图形关系应用宏优选设置成在多维图形结构变形期间，对多维图形结构施加约束和关系。结果，避免了与临床专家经验相矛盾的情况。此外，多维图形对象的位置针对多维数据集中包含的信息自动优化，该优化转化为几何模板特性及其位置的客观自动更改，因此进一步减少了所需的人工交互。

在根据本发明方法的又另一实施例中，该方法包括以下进一步的

步骤:

构造成分模型, 每个成分模型指定用于对相应的预定成分结构进行分割;

构造复合模型, 用于通过确定被并入多维图形对象或与多维图形对象相关的至少两个成分结构, 来进行多维图形数据集的分割;

基于与相应的确定的成分结构相对应的各成分模型形成复合模型, 该复合模型可用于通过控制成分模型来分割多维图形数据集。

根据本技术措施, 复合模型设置成使用成分模型来对复合结构进行分割, 因此每一个设置成在多维数据集(如2维图像)中找到它们最可接受的解。每个成分模型指定成对被并入或与该复合结构相关的成分结构进行分割。对于结构, 上述数据集中感兴趣区域或对象意味着例如医学数据集内器官的轮廓。就其本身而言, 这样的成分模型如何操作是无关紧要的。例如, 它可能基于图像信息本身(该模型与图像信息对应地有多好)、基于解的似然性或基于它们的结合。此行为能够通过最小化模型的能量, 或者等同的, 通过最大化解的似然性来表达。成份模型可以是这样的基元模型, 其被开发成仅使用对象的先验知识而不需要其它模型的使用/辅助来分割相应的基本结构, 例如, 左肺、右肺和心脏。这些基元模型可以组合成用于对肺部和心脏进行分割的一个复合模型。因此, 该复合模型识别包括或涉及左肺、右肺和心脏这三个基本结构的复合结构。类似地, 用于对胸椎骨进行分割的若干同样的基元模型可以组合成用于对脊骨进行分割的复合模型。就其本身而言, 每个基元模型可以使用任何适合的分割技术来对该基元模型设计用于的基元结构进行分割。该复合模型不需要知道下层基元模型的任何实现方面。须注意, 对特定器官的参考仅仅是为了说明的目的, 而不对根据本发明的方法强加任何限制。

根据本实施例的模块化框架能够用来为不同应用实现对象分割器。通过建立在现有技术而不是从最初重新开始, 已被开发的分割器的重新使用将会使快速进展得以实现。该框架还促进了对现有基元模块的改进, 因为即使重新被开发的模型基于不同的分割技术, 改进后的模型也能够毫不费力地应用在已经使用了这种基元模型的前身的任何复合模型中。特别地, 在医学成像中, 许多对象虽然十分复杂但能够分解成比较简单并比较易于发现的不同的部分。而且, 邻近的结

构和对象常常比感兴趣对象本身更易于发现，这能够帮助感兴趣对象的定位和分割。这样，高质量的复合模型能够基于现有的并且通常较简单的基元模型来构造。

在根据本发明原理的又一个实施例中，提供接口以便在多维图形对象与关联的图形模板之间能够进行通信并对该通信进行控制。

根据本技术措施，成分模型具有用于控制该模型的接口。这使得能够建立模型的框架，其中较高级别的模型（用于对复合结构进行分割）使用用于该复合结构中的成分结构的成分模型来建立。优选地，选择统一的接口。该接口优选设置成建立和控制活动对象与关系图形之间的关联，例如，设置成定义关系并建立控制活动世界与关系世界之间的更新策略的特定用途控制器。除此之外，用户能够使用关系图形的该接口来与这些模型进行交互。应用的设计者（并且可选择地，用户）还能够访问活动对象用户接口，其中 hobbit 接口（在下面作介绍）就是一个可能的例子。这些模型的统一接口使复合模型能够以同样的方式控制所有的成分模型，并因此显著简化了复合模型的建立。此外，由于其本身与模型无关，统一接口将模型的内部工作隐藏起来。这使得用使用不同的分割技术的、例如具有改进的性能的实施方式来代替成分模型等等，变得非常容易。

本发明进一步涉及计算机程序，该计算机程序设置成使得在多维数据集中能够进行对象映射。

在根据本发明的计算机程序的优选实施例中，该程序设置成：

运行计算机代码，该计算机代码设置成使用多维图形对象执行多维数据集的分割；

使用几何应用框架宏定义一组几何模板之间的一组几何关系；

将多维图形对象与几何模板进行关联。

须注意，计算机程序的每个已定义的操作可以以单独的可执行子程序实现，该计算机程序设置成以适当的方式执行上述子程序。或者，根据本发明的计算机程序本身可以包括所有必需的指令来实现其目标。所属领域的技术人员将会意识到计算机程序的物理实现方式，可能有很多改进形式。要注意，属于本发明的范围的所有的改进形式都被涵盖。

本发明还进一步涉及使得在多维数据集中能够进行对象映射的设

备, 所述设备包括:

输入装置, 用于加载多维数据集;

处理装置, 用于使用多维图形对象来进行所述多维数据集的分割;

计算装置, 设置成使用几何关系应用框架宏来定义一组几何模板之间的一组几何关系;

用于将多维图形对象与几何模板相关联的装置。

本发明还进一步涉及图像分析系统, 该图像分析系统包括使得在多维数据集中能够进行对象映射的装置和设置成可视化与几何模板关联的多维对象的观察装置。

根据本发明的成像系统包括该图像分析系统和设置成采集多维数据集的数据采集单元。

本发明的这些和其它的方面将参考附图做更详细地解释, 其中相似的参考标记指相似的项。

图 1 示出了二维轮廓的实施例, 该二维轮廓设置为自动地描绘结构 (现有技术)。

图 2 示出了三维对象的实施例, 该三维对象设置为自动地再整形以匹配结构的形状 (现有技术)。

图 3 示出了二维图形关系应用宏的实施例 (现有技术)。

图 4 示出了根据本发明的与几何模板关联的多维图形对象的应用的第一实施例。

图 5 示出了根据本发明的与几何模板关联的多维图形对象的应用的第二实施例。

图 6 示意性示出了根据本发明的设备的实施例。

图 7 示意性示出了根据本发明的图像分析系统的实施例。

图 8 示意性示出了根据本发明的成像系统的实施例。

图 1 示出了二维轮廓的实施例 10, 该二维轮廓设置为自动地描绘结构。在本实施例中示出了结构 1, 其为膝盖的剖面图。二维轮廓 2 定位于包括关于结构 1 的梯度信息 1' 的图像之上。二维轮廓 2 设置成以本身已知的方法演化其形状, 以便实现梯度信息 1' 与轮廓 2 之间的匹

配。多个本身已知的操作可变形对象的方法可应用于本目的，例如，由 US 5,559,901 已知的方法。

图 2 示出了三维对象的实施例 11，该三维对象设置为自动地再整形以匹配结构的形状。在本例中，圆柱体的截面示出为可变形的三维图形对象。自然地，也能够使用其它的形状。圆柱形三维图形对象 2a 更适合用于映射脉管系统的截面。因此能够成功地映射脉管系统的各个部分。此外，圆柱体三维图形对象 2a 适合用于映射动脉瘤。通常，可变形的三维图形对象 2a 在达到匹配 3'之前要经历数次变形 2a'、2a''。

图 3 示出了已知的二维图形关系应用宏 12 的实施例，该二维图形关系应用宏设置成定义几何模板 4、5a、5b 和 6 之间的几何关系。已知的图形应用框架宏进一步设置成在任何几何模板发生重定位时维持已定义的几何关系。各个几何模板使用各自的关联标记 7a、7b、7e 和 7f 来定义。该几何应用框架宏还能够设置成操作三维几何模板（未示出）。

图 4 示出了根据本发明的与几何模板关联的多维图形对象的应用 20 的第一实施例。本特定的实施例图解说明了与基于 X 射线图像的腿长度差测量有关的应用。来自任何其它适合的成像形式的任何其它适合的图像也可以用于实践本发明。通过图形关系应用宏而相互关联的图形模板包括两个圆 22a、22b 和线 26，两个圆 22a、22b 设置成用于模拟对应股骨头的大小和位置，线 26 设置成用于指示骨盆的底部。从两个圆心 21c、21c'到该基线的距离也是该几何关系应用宏结构的部分并且被自动计算出来。因此，也就自动地以高精度获得了表示腿长度差的距离 24a 和 24b 之间的差。

如果更改了一个元素（圆 22a 或线 26），那么所有其它的元素会自动地更新以反映此更改。根据本发明，多维图形对象 23a、23b、25a 和 25b 与各自的图形模板 22a、22b 和 26 相关联。这些多维图形对象设置成沿着多维图像数据集的边缘或其它特征自动地定位其自身。通过特别定义的通过图形关系应用宏相互关联的几何模板 22a、22b 和 26 与多维图形对象 23a、23b、25a 和 25b 之间的关系，图形模板的位置和尺寸再次自动地调整成适应于多维图形对象的位置和尺寸：圆 22a 和 22b 定位成最优地与闭合轮廓 23a 和 23b 的路径保持一致，而直线

26 定位成其接触两个开放轮廓 25a 和 25b。几何模板被耦合，因此圆 22a 和 22b 或直线 26 的适应自动地反映在测得的距离 24a 和 24b 中。优选地，将存在于几何对象之间的约束和关系设置为限制这些对象的适应，这接着自动地转化为对多维图形对象的适应的限制。

图 5 示出了根据本发明的与几何模板关联的多维图形对象的应用 30 的第二实施例。图 5 示出了自动的股骨直径测量。实线 32 和 34 表示几何模板：线 32 模拟股骨轴，第二条垂直线 34 模拟直径测量 35 的方向。该垂直线 34 设置为包含两个几何模板，即具有关联距离测量的两个点对象 33a 和 33b，全部都在几何关系应用宏中得到定义。根据本发明，开放轮廓（即，多维图形对象 31）与点 33a 和 33b 相关联。这些轮廓沿着股骨骨骼的边缘自动地对其自身进行定位。通过特别定义的几何关系应用宏的几何模板与多维图形对象 31 之间的关系，两个点对象 33a 和 33b 的位置自动地适应垂直线 34 和各个多维图形对象 31 的交点。

假如用户拾取垂直线 34 并将其沿股骨轴移动，则直径测量 35 将取决于在垂直线 34 的新位置处的当前股骨直径来适应。在另一种可选的实施方式中，多维图形对象能够集成到几何模板中。在该例中，实施活动的几何关系应用宏程序块（其具有控制适合的活动的子例程的开关），例如，来找到正梯度或负梯度（边缘）。该程序块的输入是垂直线 34 和多维数据集。如果这条线改变了它在多维数据集内的位置，则该程序块通过执行多维图形对象 31 的一个更新循环来更新。

图 6 示意性示出了根据本发明的设备的实施例。设备 40 具有用于接收任何适合形式的多维数据集的输入 42。例如，设备 40 可涉及到多维数据集的采集。在这种情况下，可以以模拟形式采集上述数据集并使用适合的模/数转换器将其变换成数字形式以供进一步处理。该数据集也可以以数字形式被接收，例如，通过直接以数字形式采集或由其它的计算机/医疗器械采集后经由计算机网络来接收。该设备的核心由诸如常规微处理器或信号处理器的处理器 44、后台存储器 48（通常基于硬盘）和工作存储器 46（通常基于 RAM）所构成。后台存储器 48 能够在数据集未被处理时存储数据集（或其部分），以及用于存储图形关系应用宏和模型的运算（在其未被处理器执行时）。主存储器 46 通常保存正被处理的数据集（或其部分）和用于处理数据集的那些部

分的图形关系应用宏和模型的指令。根据本发明的设备 40 包括设置成使用几何关系应用框架宏来定义一组几何模板之间的一组几何关系的计算装置 45, 和用于将多维图形对象与几何模板进行关联的装置 47。优选地, 装置 45 和 47 可由计算机程序 43 操作, 并且该计算机程序优选存储在存储器 48 中。输出 49 用于输出映射的结果。例如, 如果处理器 44 加载有例如从存储器 48 检索到的分割程序, 那么输出可以是被分割的结构, 例如可视化地显示在适合的显示装置上。优选地, 输出包括多维图形对象与通过图形关系应用宏而相互联系的几何模板的关联结果。

图 7 示意性示出了根据本发明的图像分析系统的实施例。根据本发明的图像分析系统 50 包括设置为使用多维几何对象来映射多维数据集 59 的设备 40, 所述多维几何对象与借助几何关系应用宏而相互联系的几何模板相关联。设备 40 的输出优选包括这样的图像, 与通过图形关系应用宏而相互联系的几何模板相关联的多维图形对象被映射到该图像上。设备 40 的输出可由图像观察器 51 的输入装置 55 使用。优选地, 输入装置 55 包括适当的处理装置, 其设置成使用适于控制用户界面 54 的程序 56 来操作适合的界面, 以便将包括与几何模板 53b 相关联的多维几何对象 53a 的图像 53 被可视化。优选地, 为了用户方便, 观察器 51 配备有高分辨率显示装置 52, 所述用户界面可借助适当的用户接口装置 57 (例如, 鼠标、键盘或任何其它适合的用户输入装置) 操作。

图 8 示意性示出了根据本发明的成像系统的实施例。成像系统 60 包括可与数据采集单元 61 通信的图像分析系统 50。虽然在本例中显示为 X 射线设备, 但其它数据采集模式, 像 CT、磁共振装置或超声设备也涵盖其中。X 射线装置设置成从位于装置 61 的采集体 V 中的对象 (例如, 患者) 采集图像数据。为此目的, X 射线束 (未示出) 从 X 射线源 63 发射。透射辐射 (未示出) 由适合的探测器 (65) 记录。为了能够倾斜成像, X 射线源 63 和 X 射线探测器 65 安装在可以旋转地连接到底座 67 的机架 64 上。

从探测器输出的包括多维数据集的信号馈送到成像系统 50 的适合的输入装置。优选地, 多维数据集使用在装置 40 中与几何模板相关联的多维对象来映射, 该装置 40 可由设置成实现上述映射的适合的计算

机程序操作。所得的图像可由图像分析系统 51 使用，在该图像分析系统中，所得的图像（未示出）使用适合的显示装置（未示出）显示给用户。

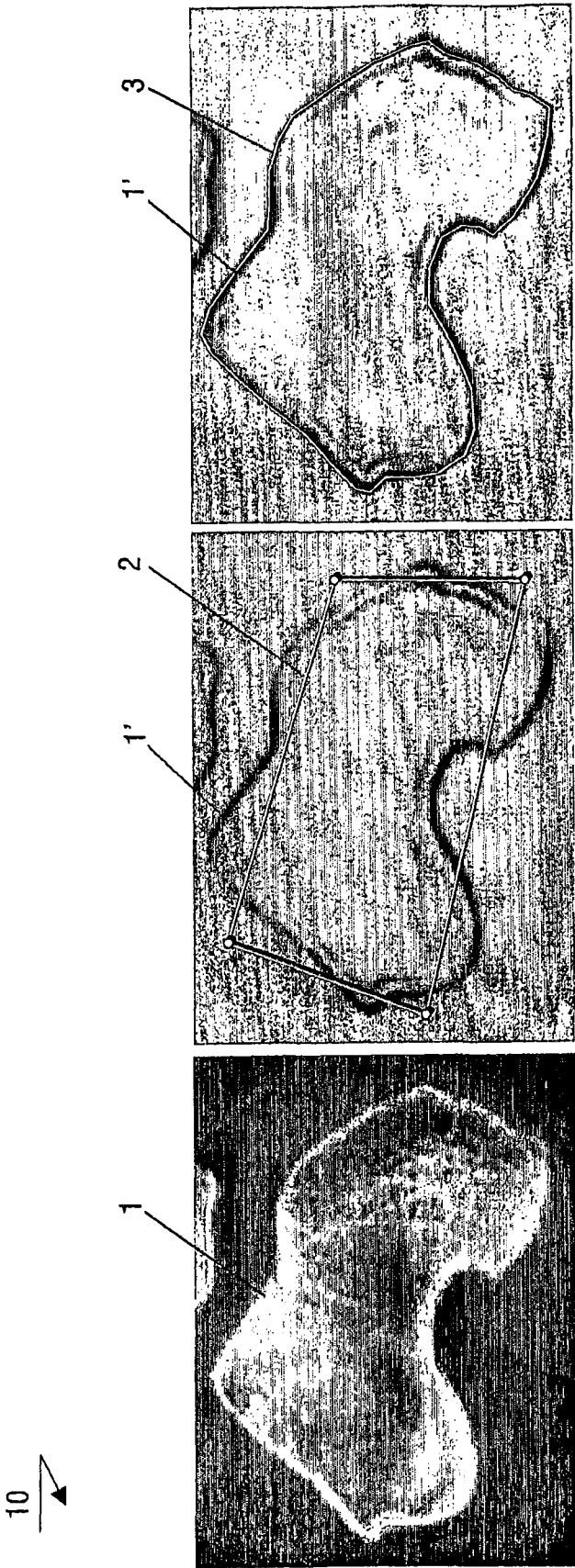


图 1
(现有技术)

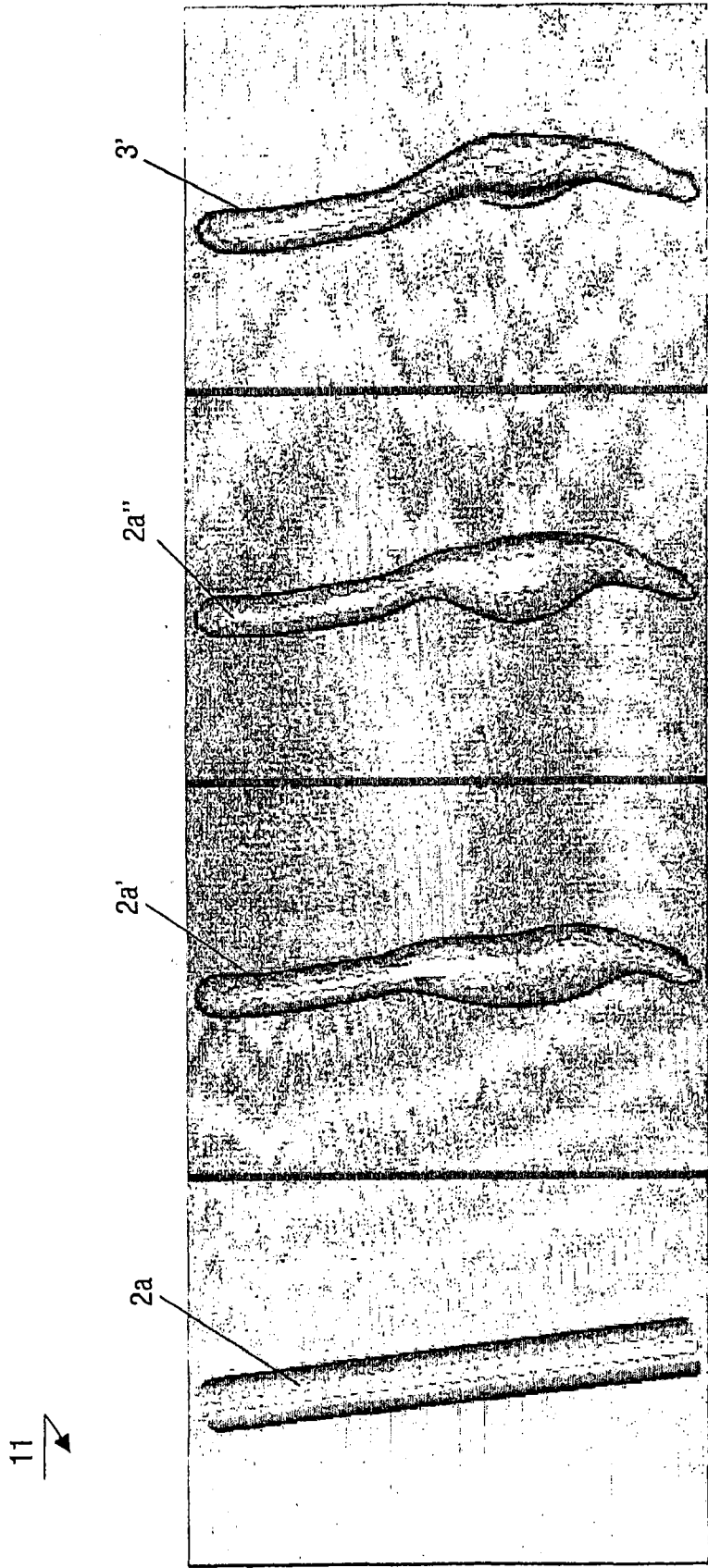


图 2
(现有技术)

20

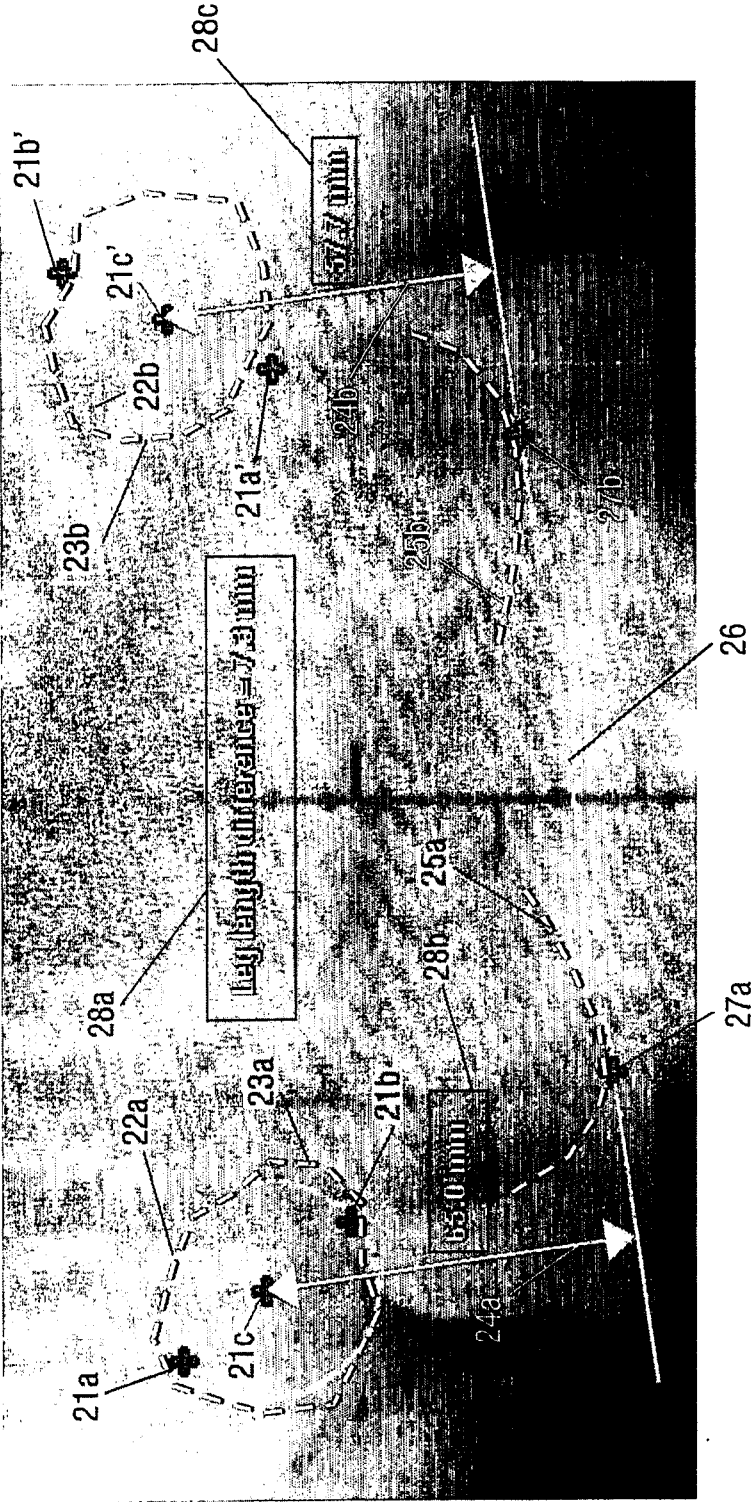


图 4

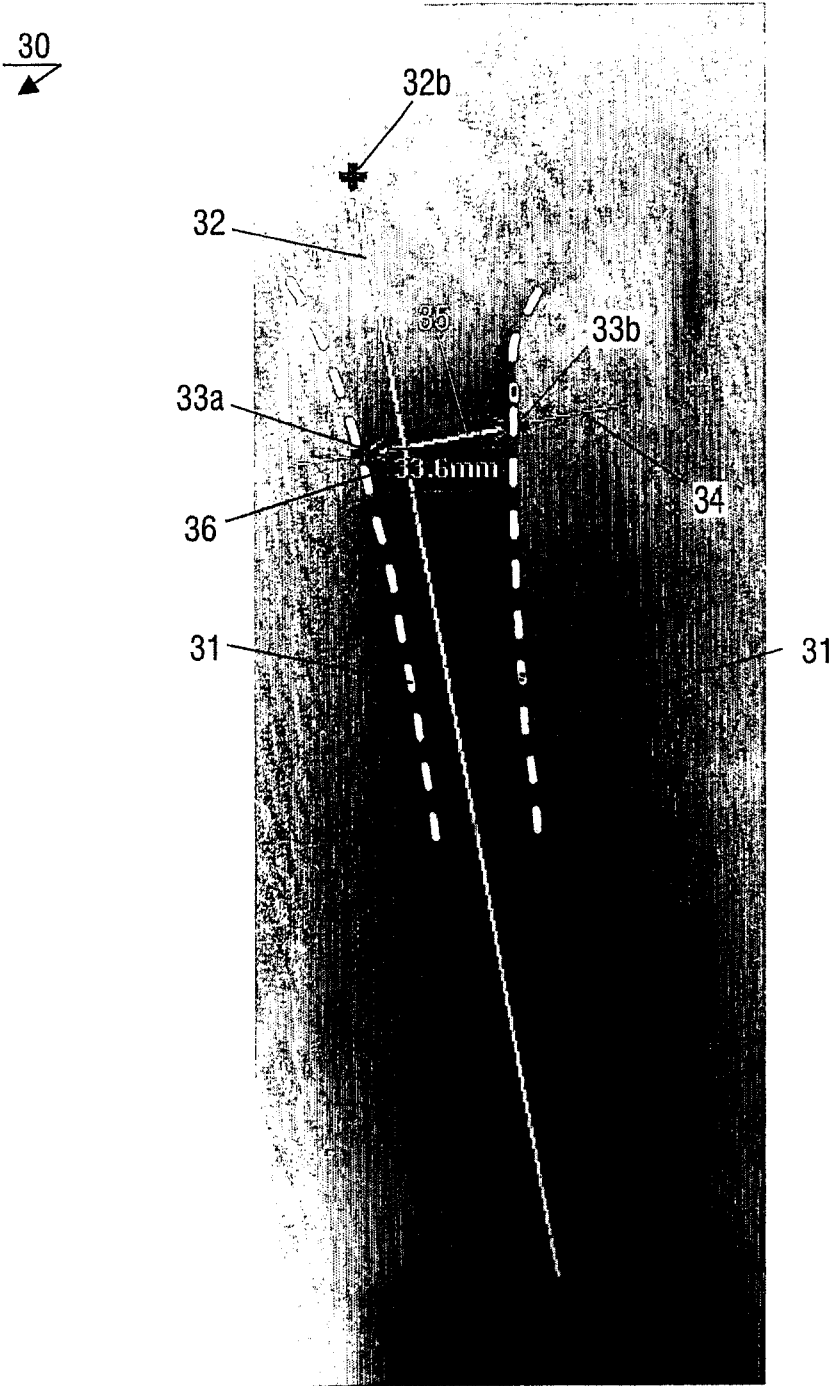


图 5

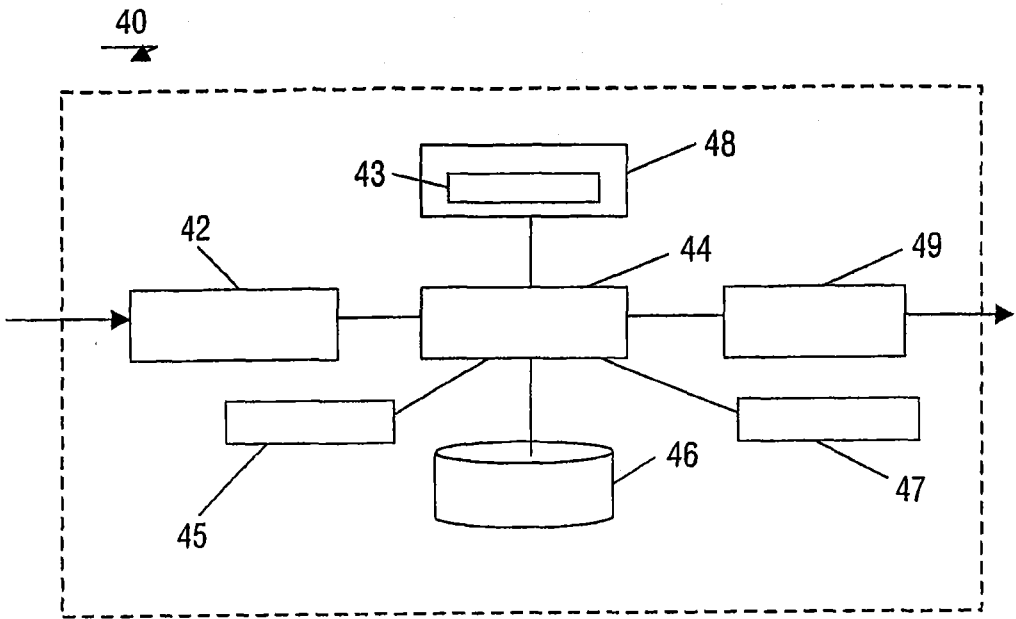


图 6

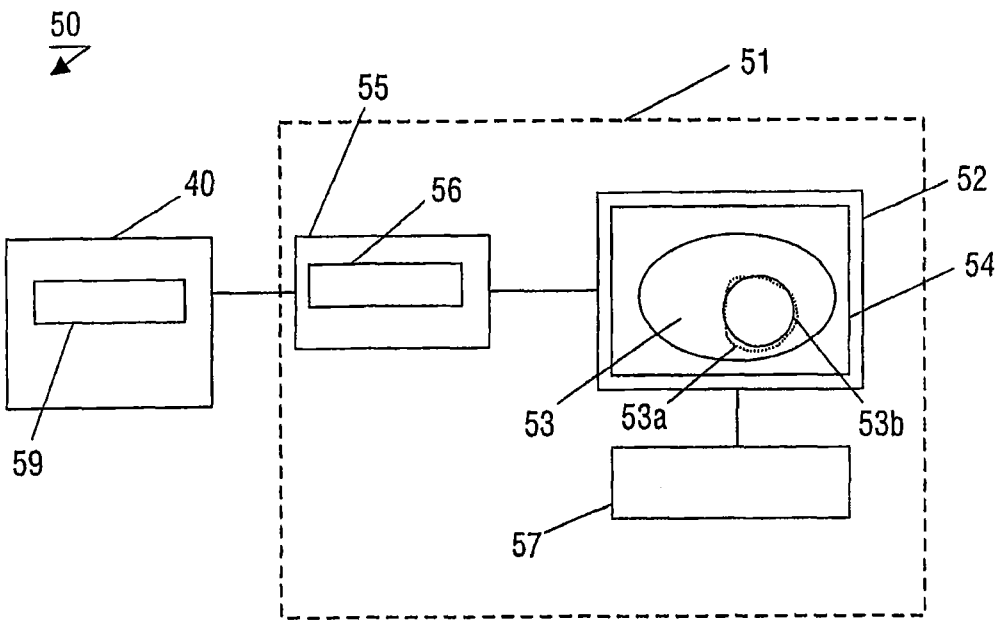


图 7

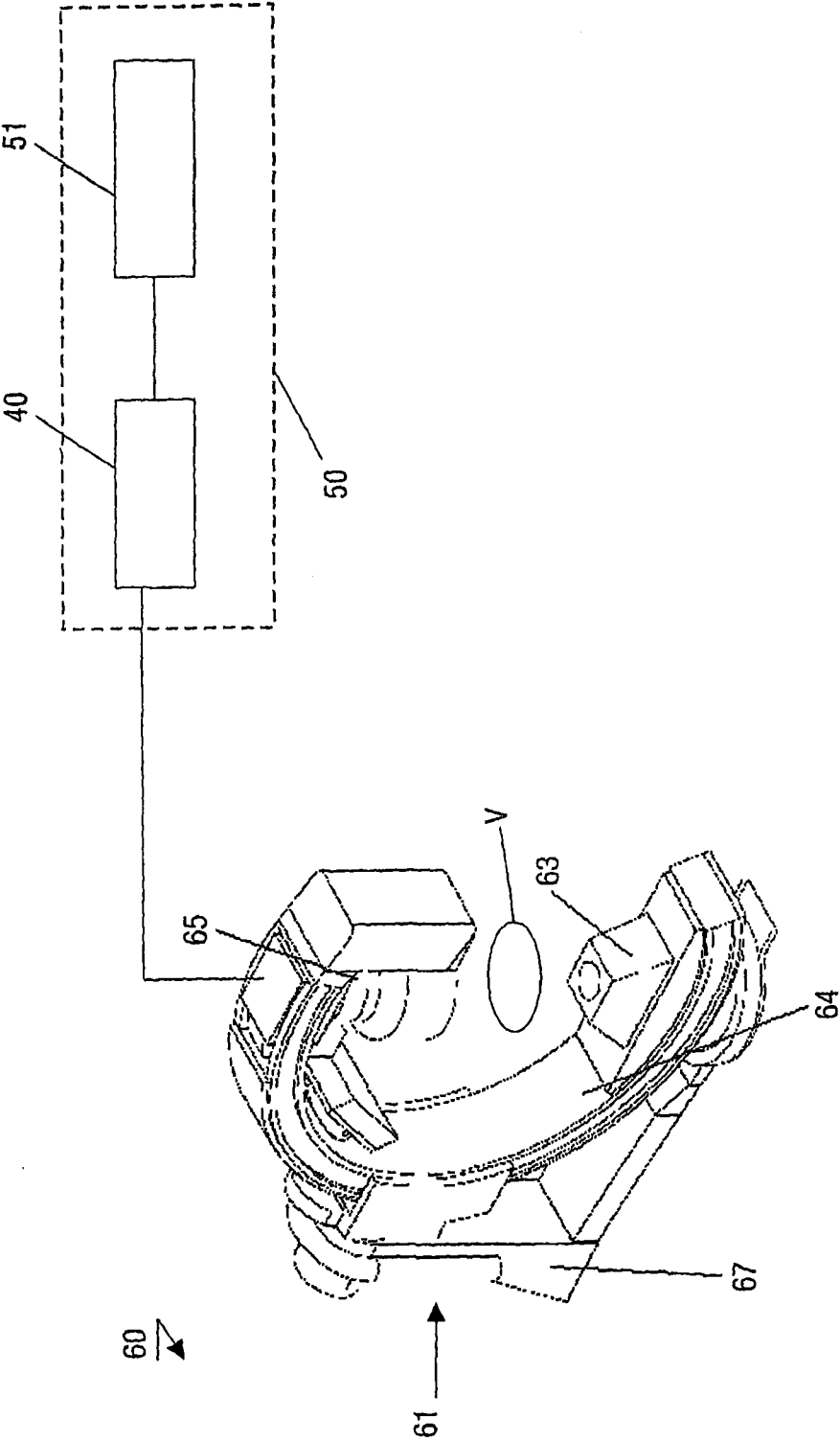


图 8