

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101194288 B

(45) 授权公告日 2010.06.09

(21) 申请号 200680020194.5  
 (22) 申请日 2006.05.31  
 (30) 优先权数据  
 60/595,122 2005.06.08 US  
 (85) PCT申请进入国家阶段日  
 2007.12.07  
 (86) PCT申请的申请数据  
 PCT/IB2006/051739 2006.05.31  
 (87) PCT申请的公布数据  
 W02006/131848 EN 2006.12.14  
 (73) 专利权人 皇家飞利浦电子股份有限公司  
 地址 荷兰艾恩德霍芬  
 (72) 发明人 M·考斯 T·努特 V·佩卡  
 (74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
 72001  
 代理人 李亚非 谭祐祥  
 (51) Int. Cl.  
 G06T 7/00(2006.01)  
 A61B 5/00(2006.01)

(56) 对比文件  
 CN 1552041 A, 2004.12.01, 全文.  
 CN 1271085 A, 2000.10.25, 全文.  
 PULLI K. Multiview registration for large data sets. 3-D DIGITAL IMAGING AND MODELING, 1999. PROCEEDINGS. SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE. 1999, 3(1999), 第 160-168 页.  
 ZHENGYOU ZHANG. ITERATIVE POINT MATCHING FOR REGISTRATION OFFREE-FORM CURVES AND SURFACES. INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER VISION13 2. 1994, 13(2), 第 119-152 页.

审查员 郭建春

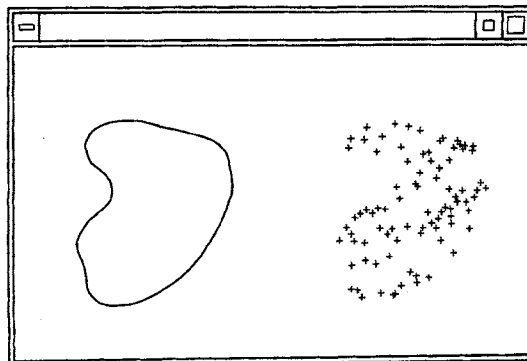
权利要求书 2 页 说明书 3 页 附图 3 页

(54) 发明名称

用于快速可变形的基于点成像的点次选取

(57) 摘要

提供一种用于选择顶点的方法,所述顶点用于执行成像对象的可变形配准。所述被选定顶点形成对应对,每对包括来自第一成像对象的一个顶点和来自第二成像对象的一个顶点。所述对应顶点对按照构成对应顶点对的顶点之间的距离顺序进行排列。具有最大距离的对应顶点对被给予最高优先权。位于所选定对应顶点对的选定距离之内的对应顶点对被丢弃。这样,用于成像对象的可变形配准的对应顶点对数量就减少了,并且因此允许临床上可接受的处理时间。



1. 一种选择用于在成像对象上执行可变形配准的顶点的方法,所述方法包括:
  - 确定 (20, 30) 第一和第二成像对象上的多个顶点的位置;
  - 确定 (35) 对应顶点对 (A-B) 集合,每个对应顶点对包括来自第一成像对象的一个顶点 (A) 和来自第二成像对象的一个顶点 (B);
  - 确定 (38) 每个对应顶点对 (A-B) 之间的距离 (R);
  - 基于每个对应顶点对 (A-B) 之间的距离 (R) 来对所述对应顶点对 (A-B) 集合进行排序 (40);
  - 选取 (45) 具有最大距离的对应顶点对 (A-B);
  - 选定一个到包含在所选取对应顶点对 (A-B) 中的所述第一成像对象的顶点 (A) 的距离;
  - 如果对应顶点对中所述第一成像对象的顶点位于所选取的对应顶点对中的所述第一成像对象的顶点 (A) 的所述选定距离之内,则丢弃 (48) 该对应顶点对;以及
  - 针对被选取的顶点对以及被丢弃的顶点对之外的对应顶点对,重复所述选取 (45) 到丢弃 (48) 步骤,直到所有的对应顶点对或者被选取或被丢弃。
2. 权利要求 1 中所述方法,其中所述选定距离为所选取的对应顶点对 (A-B) 的顶点之间的距离 (R)。
3. 权利要求 1 中所述方法,其中所述选定距离是预先确定的值。
4. 权利要求 1 中所述方法,其中所述选定距离是可变的。
5. 权利要求 1 中所述方法,进一步包括确定所选取的对应顶点对 (A-B) 的数量。
6. 权利要求 5 中所述方法,进一步包括如果所选取的对应顶点对的数量没有落入一个预先确定的阈值范围内,则修改所述选定距离。
7. 权利要求 1 中所述方法,其中所述第一成像对象中顶点的数量不等于所述第二成像对象中顶点的数量。
8. 权利要求 1 中所述方法,其中所述第一成像对象和第二成像对象中的每一个都由多个解剖对象组成。
9. 权利要求 1 中所述方法,其中在所述第一成像对象和第二成像对象上的所述多个顶点由三角形表面网孔导出。
10. 一种用于选择顶点的设备,所述顶点用于在成像对象上执行可变形配准,所述设备包括:
  - 用于确定第一和第二成像对象上的多个顶点位置的装置;
  - 用于确定对应顶点对 (A-B) 集合的装置,每个对应顶点对包括来自第一成像对象的一个顶点 (A) 和来自第二成像对象的一个顶点 (B);
  - 用于确定每个对应顶点对 (A-B) 之间的距离 (R) 的装置;
  - 用于基于所述每个对应顶点对 (A-B) 之间的距离 (R) 对所述对应顶点对 (A-B) 集合进行排序的装置;
  - 用于选取具有最大距离的对应顶点对 (A-B) 的装置;
  - 用于选定一个到包含在所选取对应顶点对 (A-B) 中的所述第一成像对象的顶点 (A) 的距离的装置;
  - 用于当对应顶点对中所述第一成像对象的顶点位于所选取的对应顶点对中的所述第

一成像对象的顶点 (A) 的所述选定距离之内时丢弃该对应顶点对的装置 ; 以及

用于针对被选取的顶点对以及被丢弃的顶点对之外的对应顶点对, 重复启动所述选取装置、所述选定装置以及所述丢弃装置的装置, 直到所有的对应顶点对或者被选取或被丢弃。

11. 权利要求 10 所述的设备, 其中所述选定距离为所选取的对应顶点对 (A-B) 的顶点之间的距离 (R)。

12. 权利要求 10 所述的设备, 其中所述选定距离是预先确定的值。

13. 权利要求 10 所述的设备, 其中所述选定距离是可变的。

14. 权利要求 10 所述的设备, 进一步包括用于确定所选取的对应顶点对 (A-B) 的数量的装置。

15. 权利要求 14 所述的设备, 进一步包括如果所选取的对应顶点对的数量没有落入一个预先确定的阈值范围内, 则修改所述选定距离的装置。

16. 权利要求 10 所述的设备, 其中所述第一成像对象中顶点的数量不等于所述第二成像对象中顶点的数量。

17. 权利要求 10 所述的设备, 其中所述第一成像对象和第二成像对象中的每一个都由多个解剖对象组成。

18. 权利要求 10 所述的设备, 其中所述第一成像对象和第二成像对象上的所述多个顶点由三角形表面网孔导出。

19. 一种在成像对象上执行可变形配准的方法, 所述方法包括 :

确定 (20, 30) 第一和第二成像对象上的多个顶点的位置 ;

确定 (35) 对应顶点对 (A-B) 集合, 每个对应顶点对包括来自第一成像对象的一个顶点 (A) 和来自第二成像对象的一个顶点 (B) ;

确定 (38) 每个对应顶点对 (A-B) 之间的距离 ;

基于所述每个对应顶点对 (A-B) 之间的距离排序 (40) 所述对应顶点对 (A-B) 集合 ;

选取 (45) 具有最大距离的对应顶点对 (A-B) ;

选定一个到包含在所选取对应顶点对 (A-B) 中的所述第一成像对象的顶点 (A) 的距离 ;

如果对应顶点对中第一成像对象的顶点位于所选取的对应顶点对中的所述第一成像对象的顶点 (A) 的所述选定距离之内, 则丢弃 (48) 该对应顶点对 ;

针对被选取的顶点对以及被丢弃的顶点对之外的对应顶点对, 重复所述选取 (45) 到丢弃 (48) 步骤, 直到所有的对应顶点对或者被选取或者被丢弃 ;

使用 (60) 所述被选取的对应顶点对在所述第一成像对象和第二成像对象上执行可变形配准。

## 用于快速可变形的基于点成像的点次选取

### [0001] 描述

[0002] 放疗是一种利用诸如 X 光射线的射线治疗例如癌症肿瘤的疾病的疗法。在对病变组织执行射线照射期间,一些健康组织也会暴露在射线下。健康组织在射线下的暴露会造成治疗的相关并发症。因此,希望正确并且精准地勾勒出病变区域的轮廓,使得射线主要施加上到病变组织而最低程度地作用于周边的健康组织。

[0003] 治疗区域的正确并且精准的轮廓(计划目标体积或 PTV)在分次治疗中包含了目标的运动。运动可以是病人的身体移动(摆位误差),或者由生理官能(例如心脏、呼吸和消化系统)造成或者治疗反应的结果造成的包括病变组织在内的内部组织的移动和变形。在传统的治疗方案中,PTV 基于患者群体的统计,造成过大或者不准确的目标区域。为了评估特定病人的运动,在一定时间内获取一系列图像以得到病变组织和周围器官的几何变化的 3D 描述。时间采样可以间隔数秒进行以便使用 4D 选通成像来监控例如呼吸运动,或者间隔数日和数周或者这些的组合(例如一周一次)使用 4D 选通成像技术来监控。将 3D 图像的时间采样结合到放疗中通常被称为图像引导放疗(IGRT)或适应性放疗。此种调整允许将射线施加上到更精确的目标区域。

[0004] 治疗期间发生的变形过程的定量测量对于 IGRT 中的许多应用是必须的。剂量体积直方图(DVH)是一种评估治疗质量的重要手段,统计性地描述了目标区域和危险器官的剂量分布。所述 DVH 传统上是基于单一 3D 图像。为了累积四维剂量直方图,所有图像中的目标区域与周围器官的体积元素之间的空间对应关系都需要计算出来。这可以由可变形配准来完成。由于运动和块体移动(例如肠道气体和大便)造成的变化,基于体元的配准方法典型地是无效的,因为很难匹配图像中的对应点。可替换地,可以使用基于几何对应关系(例如点或面之间的对应关系)的配准方法。基于模型的分割方法已经通过自动地将三角形表面网孔变形为感兴趣对象的表面而成功地用于分割感兴趣区域中的结构。如果这种方法运用于所有图像中的所有结构,那么所调整的网孔的顶点定义了参照对象表面和成像对象表面之间的对应地标。所述地标是对准的,并且图像中所有体元的变形场能够用基于点的可变形配准方法来估计,导致描述图像中每个体元的运动的体积变形场。

[0005] 可变形的模型能够适应生物结构的显著可变性,但是这种模型是复杂的。典型地,为解剖对象定义的顶点数量有数千个。根据数千顶点或者地标使用基于点的配准技术来计算体积变形场需要大量的处理时间,这在临床应用中是不可行的。因此,需要一种变形过程,这种变形过程可以在临床上可接受的时间段内提供针对解剖对象的估计的体积变形。

[0006] 本发明旨在提供一种用于在临床上可接受的时间段内产生体积图像对象的变形模型。所述变形模型系统地选择将在可变形配准中使用的数目减少的顶点。所用的所述数目减少的顶点允许可接受的处理时间。待使用的顶点的系统选择给出了在被成像对象的整个表面上所选定顶点的分布并且减少了由邻近顶点造成的地形误差。

[0007] 在一个实施例中,提供了一种方法用于基于选定距离减少对应顶点对的数目。所述方法根据顶点对的顶点之间的距离将对应的顶点对降序排列。具有最大距离的对应顶点对被给予最高优先权。位于选定距离内的顶点对被抛弃,从而减少了在可变形配准中所用

的对应顶点对的数量。在一些实施例中,所述选定距离就是所选择的对应顶点对的顶点之间的距离。在另一些实施例中,所述选定距离是预先确定的。在一些实施例中,所述距离可以变化。

[0008] 在合并到本说明书中并且组成本说明书一部分的附图中,示出了本发明的实施例,这些实施例与上面给出的本发明的一般描述以及下面给出的详细描述一起,用于说明本发明的原理。本领域技术人员应当意识到,这些说明性的实施例并不意在限制本发明,而仅仅是提供包含了本发明原理的例子。

[0009] 图 1 示出了作为具有顶点的子集的三角形表面模型的第一成像膀胱。

[0010] 图 2 示出了作为具有顶点的子集的三角形表面模型的第二成像膀胱。

[0011] 图 3 示出了基于顶点的子集的第一成像膀胱和第二成像膀胱之间的对应关系。

[0012] 图 4 示出了用于计算成像对象的体积变形的一个示范性方法流程图,所述成像对象的体积变形是基于对象的三角形网孔顶点的选定子集而计算的。

[0013] 图 5 示出了一种确定对应顶点对的被选定子集的示范性方法。

[0014] 这里公开的变形模型提供了在临床上可接受的时间段内的体积图像对象的产生。所述变形模型允许考虑了运动的成像对象的重建。所述变形模型允许得到感兴趣目标的更精确的轮廓,从而允许更精确的射线治疗处理。虽然本公开讨论的是本发明在图像引导射线疗法中的适用性,本领域技术人员应当明白,所公开的变形模型同样可应用到其他成像过程和模式中,尤其是可应用到那些考虑了感兴趣区域经过一定时间间隔的运动的成像过程和模式中。

[0015] 所公开的变形模型提供了一种减少在变形里使用的顶点数量的方法,从而允许供临床使用的合理处理时间。所述顶点的减少必须使得允许处理时间的减少而不会降低成像的精度。在这点上,这里公开的变形模型给出了顶点的减少,使得所选定顶点沿成像对象的表面分布。所述被选定顶点代表了所述表面的所有部分并且间隔足够远以充分地减少由位置靠近的地标的基于点的弹性配准而造成的拓扑侵害。

[0016] 在本发明的一个实施例中,所述变形模型开始于图 4 中的 10。对应对象的一对三角形表面网孔,如图 1 和图 2 所示的膀胱,是在 20 输入的。三角形表面网孔中的每个顶点的位置被记录在顶点索引中,在图 4 的 30 示出。需要注意的是,虽然在许多情形中,对象确实具有相同的顶点数量,但是为了使该方法有效,两个对象并不需要具有相同的顶点数量。在 35,匹配所述两个三角形表面网孔中每个对应顶点以产生对应顶点对的集合。如果所述两个网孔拥有相同的拓扑结构,那么通过顶点的索引来确定相应顶点对。否则,所述对应顶点可以通过例如在欧几里得 (Euclidean) 距离意义上最接近或者沿顶点位置的表面法线方向最接近或者某个其它方法来确定。

[0017] 在 38 计算每个相应顶点对之间的欧几里得距离,并且然后在 40 按照递减顺序排列所述距离。这样,具有最大距离的对应顶点对被赋予最高优先权。在 45 中选择具有最大距离的对应顶点对。位于所选定对应顶点对的半径之内的任一对应顶点对都会在 48 中被丢弃。参考图 5 可以得到最好的理解,其表示一些对应顶点对的覆盖图,其中来自第一对象的顶点用实线表示并且来自第二对象的顶点用虚线表示。如果点 A 和点 B 被确定为具有最大距离的对应顶点对,那么就确定了代表被选定对应顶点对之间的距离的半径 R。通过围绕点 A 以半径 R 扫描,可以看到点 C、D 位于半径 R 之内,而点 E 位于半径 R 外。步骤 48 会从

对应顶点对列表中丢弃点 C 和点 D, 以及它们的来自第二成像对象的对应顶点。被丢弃的点不在可变形配准中使用。

[0018] 一旦位于所选定顶点对半径之内的对应顶点对被丢弃, 该方法前进到 50, 其中确定是否有任何其它的对应顶点对保持在顶点对列表中。如果没有, 即如果所有顶点对都或者被选中或者被丢弃, 那么该方法前进到 60 并执行所述可变形配准。如果仍然有对应顶点对残留在所述对应顶点对列表中, 则该方法返回到步骤 45 并且确定下一个具有最大距离的对应顶点对, 其之前未被选中或被丢弃。该方法然后前进到 48, 其中丢弃在新的被选对应顶点对的半径之内的对应点。此过程重复执行直到所有对应顶点对或者被选中或者被丢弃。

[0019] 此过程的结果是, 典型地数以千计的对应顶点对的数量系统地减少了大约 10 倍到大约 100 倍, 甚至更多。例如, 一个具有几千个对应顶点对的解剖对象可以被减少到 50 或 100 个对应顶点对。被选定的顶点对的数量因许多因素而变化, 这些因素包括对象的大小和图像间的相对几何变化的数量。顶点减少的数量顾及了用于成像对象可变形配准的临床上可接受的处理时间。该方法还给出了在对象的整个表面上展开的顶点的选择。这就确保了在可变配准中表示对象的所有部分并且避免使用可能造成地形误差的近邻顶点对。

[0020] 在另一种可变形配准方法的实施例中, 所述被丢弃的对应顶点对不是由选定的对应顶点对的半径决定, 而是基于预先确定的距离来决定。在一些实施例中, 所述预先确定的距离可以由临床医生改变。在一些实施例中, 可以增加一个要求临床医生输入某个距离的步骤。然后运行该方法并且确定多个选定的对应顶点对。所述方法然后在执行可变形配准之前询问临床医生所选定对应顶点对的数量是否在期望的范围内。如果所选定对应顶点对的数量不在期望的范围内, 那么临床医生可以改变该预先确定的距离并且允许所述方法确定一个新的所选定对应顶点的数量。可替换地, 所选定对应顶点对的数量可以有一个阈值范围。如果所选定对应顶点对的数量落入该阈值范围之内, 那么就执行所述可变形配准。如果所选定对应顶点对的数量落入该阈值范围之外, 那么就改变所述预先确定的距离, 直到所选定对应顶点对的数量落入所述阈值范围内。

[0021] 本领域技术人员应当明白, 可以实现以上描述的方法以执行图像中的单一对象或者图像中的多个对象的可变形配准。如果多个对象存在于图像中, 那么所有对象的顶点都被合并到对应顶点云团中, 每个对象对应一个云团。之后针对每个对应顶点云团执行所述方法。还需要注意的是, 所述成像对象不需要具有相同数量的顶点。如果对应对象中顶点的数量不同, 则可以基于具有较少数量的顶点的对象定义所述对应关系。具有较大数量的顶点的对象会将多余顶点 (也就是那些不产生对应顶点对的顶点) 丢弃。

[0022] 已经参考一个或多个优选实施例描述了本发明。显然, 在阅读和理解本说明书基础上可以想到一些修改和改进。本发明旨在包括所有这类修改和改进, 只要它们落入由附加权利要求或其等同的范围内。

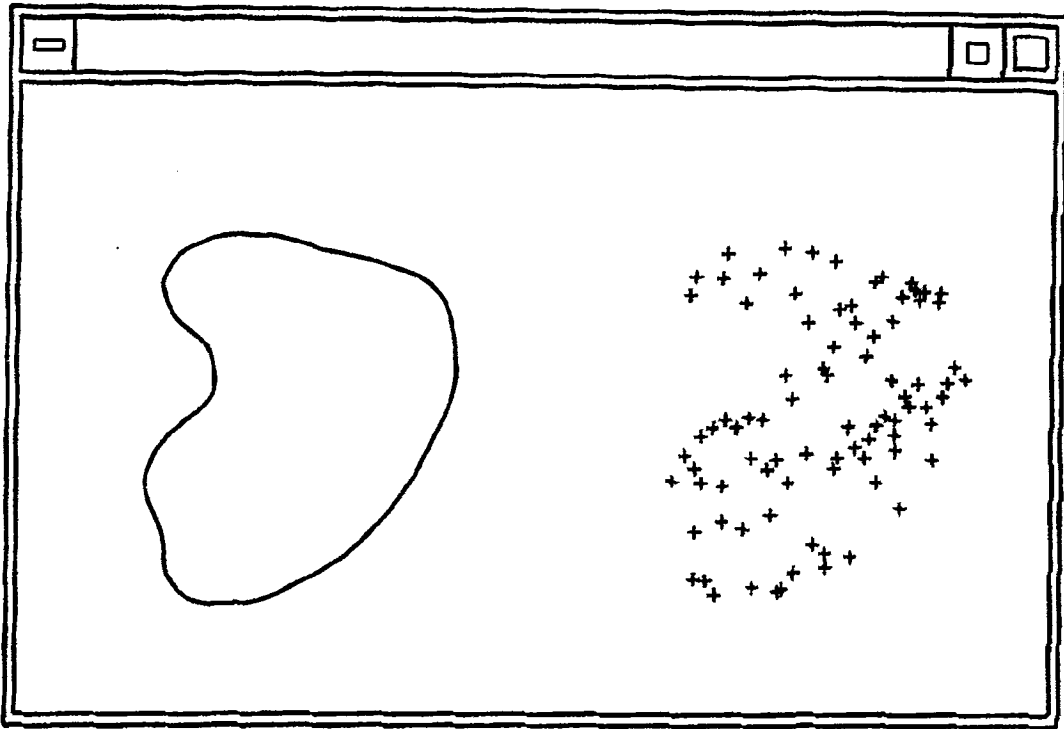


图 1

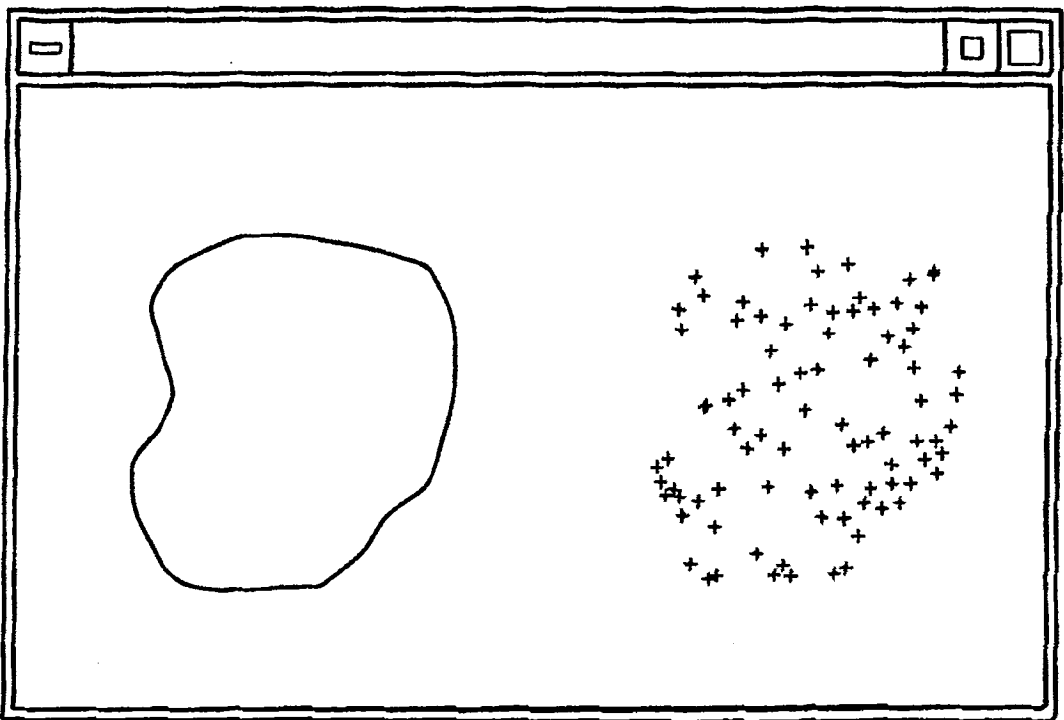


图 2

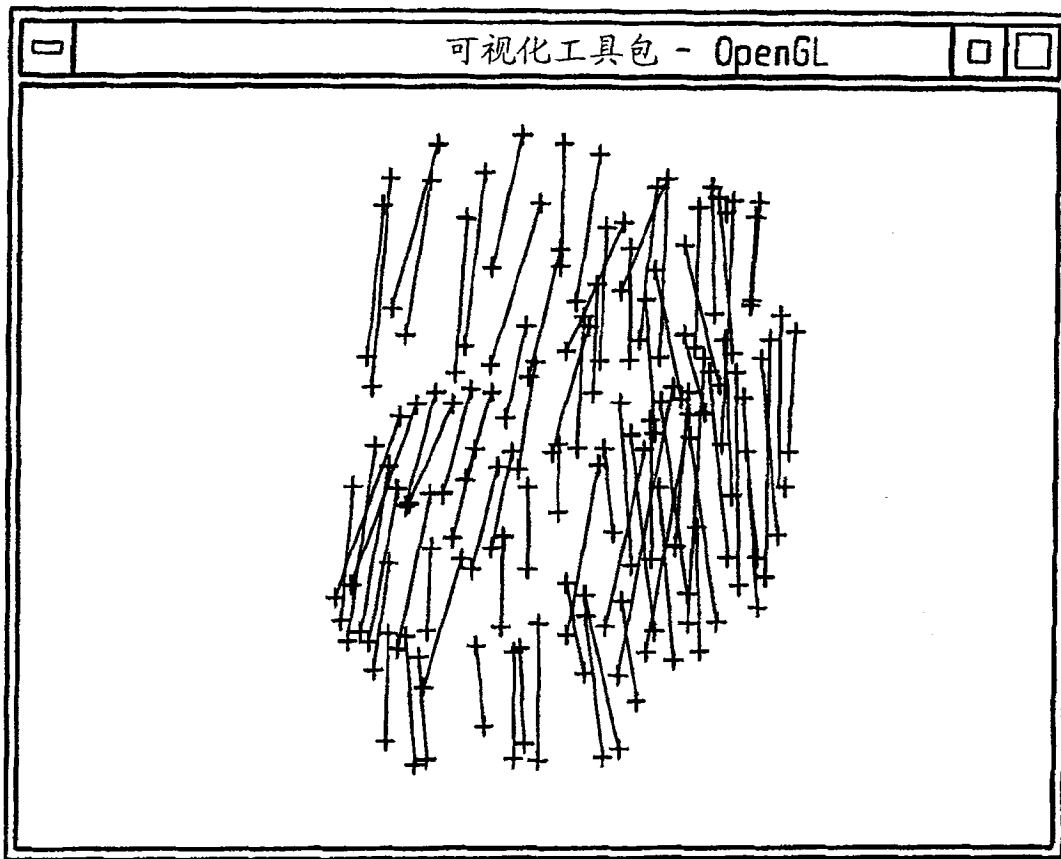


图 3

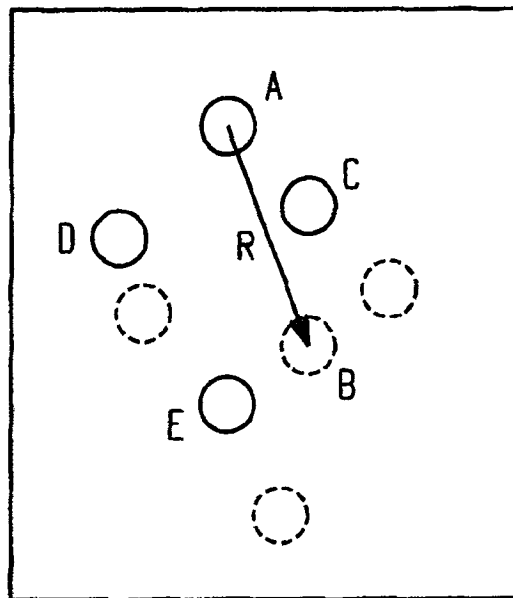


图 5



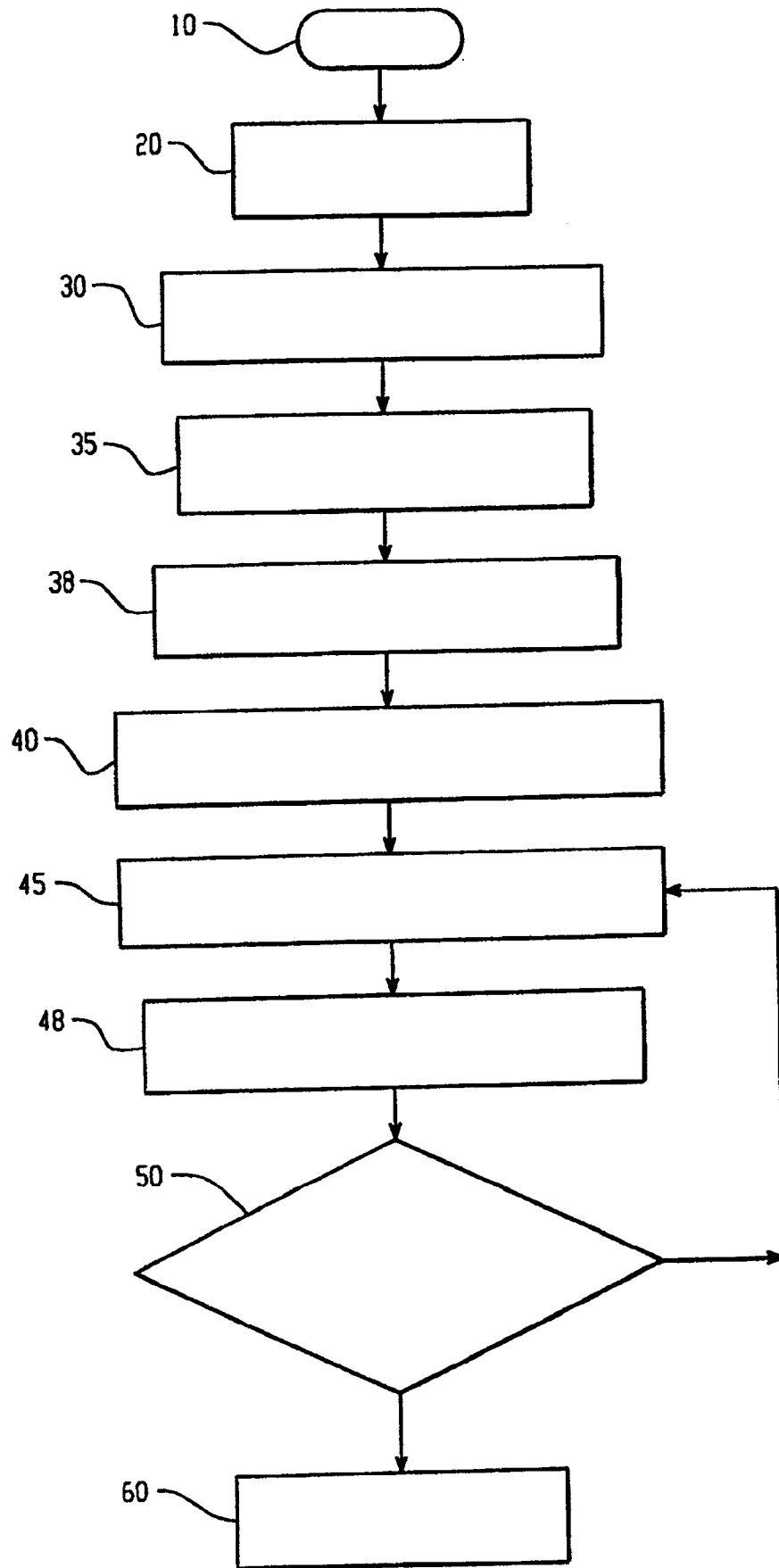


图 4