



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101657153 B

(45) 授权公告日 2013. 12. 18

(21) 申请号 200780052087. 5

(22) 申请日 2007. 12. 31

(30) 优先权数据

11/715, 919 2007. 03. 09 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 09. 09

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/089198 2007. 12. 31

(87) PCT申请的公布数据

W02008/112039 EN 2008. 09. 18

(73) 专利权人 圣朱德医疗有限公司房颤分公司

地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 E·奥尔森

(74) 专利代理机构 北京泛华伟业知识产权代理

有限公司 11280

代理人 王勇 姜华

(51) Int. Cl.

A61B 5/05 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 5983126 A, 1999. 11. 09, 说明书第 2 栏第 29-36 行, 第 3 栏第 14-41 行, 第 8 栏第 35-50 行、权利要求 22, 23, 34、附图 3.

US 2006/0084867 A1, 2006. 04. 20, 全文.

US 2005/0244042 A1, 2005. 11. 03, 全文.

US 5944022 A, 1999. 08. 31, 全文.

审查员 李林霞

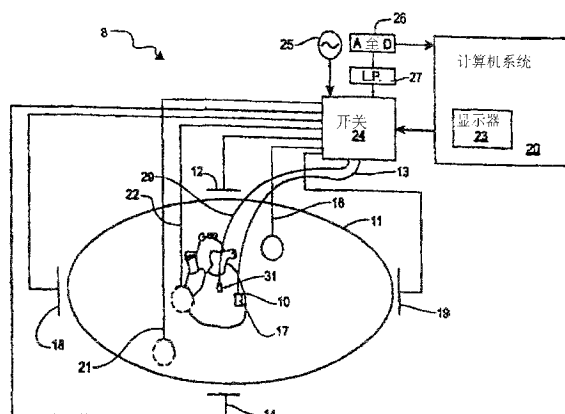
权利要求书3页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

用于非均匀场校正的系统和方法

(57) 摘要

一种用于确定由定位系统产生的三维定位场中物体位置的方法, 该方法包括以下步骤: 提供具有已知电极之间间距的导管; 提供将定位场内物体位置与通过定位系统所做的测量相关联的数据的查找表; 将导管放置入定位场中; 基于查找表, 使用定位系统来确定该电极位置; 计算电极之间的观测距离; 将观测距离和已知的电极间距进行比较; 以及调整查找表来更准确地测量电极的间距。例如高斯函数的导数的核函数可以被用来更新查找表。



1. 一种用于确定由定位系统产生的三维定位场中物体位置的方法,包括:

提供由定位系统使用的三维查找表,其中该表包括当物体处在不同位置时,将定位场内的物体位置与通过定位系统所做的测量相关联的参考数据;

基于三维查找表中的参考数据,使用定位系统来确定位于定位场中的具有多个电极的导管中的每一个电极的位置,其中每个电极以已知的电极间隔距离与相邻的电极间隔;

根据该多个电极中的每一个的被确定的位置,计算每对相邻电极之间的观测距离;

将至少一对相邻电极之间的观测距离和已知的电极间隔距离进行比较以确定误差信号;

基于误差信号调整三维查找表中的参考数据,来更准确地测量电极的间距;以及使用所述查找表中的调整的数据确定物体的位置。

2. 权利要求1所述的方法,其中基于误差信号调整三维查找表中的参考数据包括使用核函数来适应性更新三维查找表中的参考数据。

3. 权利要求2所述的方法,其中该核函数为衰减函数,其中对参考数据的更新在数量上随调整点到该多个电极的位置的距离的增加而减少。

4. 权利要求2所述的方法,其中核函数为高斯曲线的导数。

5. 权利要求4所述的方法,其中核函数具有  $K(x) = \frac{x^2}{2\sigma^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$  的一般形式。

6. 权利要求1所述的方法,其中参考数据包括将电压读数与在定位场中实际位置相关联的信息。

7. 权利要求1所述的方法,其中提供三维查找表,其包括通过预测用于完全均匀定位场的参考数据来生成三维查找表。

8. 一种用于在由定位场定义的空间内定位物体的方法,包括:

定义用于定位场的三维坐标系,该坐标系包含多个参考点,这些参考点作为用于定义位于定位场中的物体的观测位置的参考;

接收与三维坐标系相关的参考信息,该参考信息给位于定位场中的具有多个校准元件的校准物体的每个校准元件提供位置信息,其中所述多个校准元件以已知间隔距离间隔;

对至少两个校准元件计算观测间隔距离;

基于观测间隔距离和已知间隔距离的比较来生成校准信号;以及

使用该校准信号来确定在定位场中的物体的位置。

9. 权利要求8所述方法,进一步包括用核函数适应性处理三维坐标系中多个参考点中的至少一部分,以产生修订的三维坐标系,使得减少在观测间隔距离和已知的间隔距离之间的差异。

10. 权利要求9所述的方法,其中适应性处理三维坐标系中多个参考点中的至少一部分的步骤包括:

当观测间隔距离大于已知间隔距离时,减少分隔三维坐标系中至少两个参考点的距离;和

当观测间隔距离小于已知间隔距离时,增加分隔三维坐标系中至少两个参考点的距离。

11. 权利要求9所述的方法,进一步包括:

定位定位场中的物体 ; 以及

提供相对于修订的三维坐标系的参考信息, 该参考信息提供位于定位场内的物体的位置信息。

12. 一种用于非均匀定位场的具有误差校正的定位系统, 包括 :

用于产生定位场的至少一个定位场发生器, 该定位场被用来确定在定位场内的物体位置 ;

测量由该至少一个定位场发生器产生的定位场特性的至少一个检测器 ;

产生用于定位空间的三维坐标系的建模处理器, 所述坐标系包括用作为定义物体在定位空间内的观测位置的参考的多个参考点 ;

确定观测距离和实际距离之间差异的误差处理器 ; 以及

耦合到建模处理器和误差处理器的校正处理器, 其中该校正处理器调整在三维坐标系中的至少两个参考点的位置来调整由误差处理器检测的差异, 使得观测距离和实际距离之间的任何差异被减少。

13. 权利要求 12 所述的系统, 其中该校正处理器使用核函数来适应性调整至少两个参考点的位置。

14. 权利要求 12 所述的系统, 其中该校正处理器通过以下步骤来适应性调整至少两个参考点的位置 :

当观测距离大于实际距离时, 减少间隔三维坐标系的至少两个参考点的距离 ; 以及

当观测距离小于实际距离时, 增加间隔三维坐标系的至少两个参考点的距离。

15. 权利要求 12 所述的系统, 进一步包括具有以已知间隔距离间隔的多个校准元件的校准工具, 使得校准元件之间的观测距离与校准元件之间的实际距离可以相比较。

16. 权利要求 12 所述的系统, 其中该建模处理器产生包括三维查找表的三维坐标系, 在该三维查找表中参考点与由至少一个检测器测量的测定值相关联。

17. 权利要求 12 所述的系统, 其中 :

该至少一个定位场发生器包括沿三个轴间隔的三对电极, 其中该三对电极产生用于确定在定位空间内的物体位置的三个电场 ;

该至少一个检测器测量与三个电场中的每一个相关联的电压电平 ; 以及

该建模处理器产生包括三维查找表的三维坐标系, 在该查找表中坐标系的参考点与由该至少一个检测器所测量的三个电场中的每一个的测定值相关联。

18. 权利要求 17 所述的系统, 其中该校正处理器调整三个电场中的不均匀性。

19. 权利要求 12 所述的系统, 其中定位场为磁场, 并且其中至少一个检测器包括检测磁场的不同分量的三个线圈。

20. 一种用于确定在由定位系统产生的三维定位场中物体位置的方法, 包括 :

使用包括将定位场中的位置与该定位场的一个或多个特性相关联的查找表的参考数据确定位于定位场中的多个电极中的至少两个电极的观测位置, 其中每个电极以已知电极间隔距离与相邻电极间隔 ;

根据两个电极的观测位置计算该一对电极之间的观测距离 ;

比较两个电极之间的观测距离和已知电极间隔距离以确定误差信号 ;

调整参考数据来更准确地测量电极的间距 ; 以及

使用所述查找表中的调整的数据确定物体的位置。

21. 权利要求 20 所述的方法,其中调整参考数据来更准确测量电极的间隔的步骤包括使用核函数来适应性更新参考数据。

22. 权利要求 21 所述的方法,其中核函数包括具有中心最大值并且在中心最大值的任一边平滑衰减到零的正波瓣,以及具有中心最小值并且在中心最小值的任一边平滑衰减到零的负波瓣。

23. 权利要求 20 所述的方法,其中查找表将定位场中的位置与该定位场的一个或多个电特性相关联。

24. 权利要求 20 所述的方法,其中查找表将定位场中的位置与该定位场的一个或多个磁特性相关联。

25. 权利要求 20 所述的方法,其中从导管列表中导出已知电极间隔距离。

## 用于非均匀场校正的系统和方法

### 相关申请交叉引用

[0001] 本申请要求 2007 年 3 月 9 日提交的目前未决的美国非临时申请 No. 11/715,919(简称‘919 申请’)的优先权。本申请与 2007 年 3 月 9 日提交的美国申请 No. 11/715,923(简称‘923 申请’)相关。申请‘919 和‘923 两者内容都通过引用全部包括在本申请中,如同在此完全阐述。

### 技术领域

[0002] 本发明涉及利用定位场测量位置的定位系统。更具体的,本发明涉及解决定位场的非均匀性的系统和方法。

### 背景技术

[0003] 众所周知生成心腔的几何形态为心脏病诊断或治疗操作做准备。通常,标测导管被引入所关注的心腔并在心腔内或随机,伪随机或按照一个或多个预定图案来回移动。使用定位系统(有时也称为“标测系统”,“导航系统”或“位置反馈系统”),三维坐标被测量出。定位系统一般通过将标测导管经受到的定位场的特性(如电压)同场内导管的位置相关联来测量在定位场内的标测导管的坐标。类似的处理可被用来测量任何物体,如消融导管或其他医疗设备,在定位场内的位置。

[0004] 然而,已知定位场可能不是均匀的。就是说,随物体在定位场中移动,可能不会存在特性和场内的物体位置的恒定关系。这些潜在的不均匀性减少了通过定位系统所做的位置测量的精确度和准确度。

### 发明内容

[0005] 因此期望能够解决定位场中的非均匀性。

[0006] 本文公开的是一种用于确定由定位系统产生的三维定位场中物体位置的方法。该方法包括以下步骤:提供具有多个电极的导管,每个电极以已知的电极间隔距离与相邻的电极间隔;提供由定位系统使用的三维查找表,其中该表包含当物体处在不同位置时,将定位场内物体位置与由定位系统所做的测量相关联的参考数据;将导管放置入定位场中;基于三维查找表中的参考数据,使用定位系统来确定该多个电极中每一个的位置;根据该多个电极中每一个被确定的位置,计算每对相邻电极之间的观测距离;将至少一对相邻电极之间的观测距离和已知的电极间距进行比较以确定误差信号;以及基于误差信号调整三维查找表中参考数据,来更准确地测量电极的间距。可选的,物体被放入定位场中,优选的是紧靠着导管处,于是使用三维查找表中的调整数据来确定物体的位置。

[0007] 在本发明的一些实施例中,参考数据包含将电压读数和定位场内的实际位置相关联的信息,并且可通过预测用于完全均匀的定位场的参考数据来生成三维查找表。一般地,核函数将被用来适应性地更新三维查找表中的参考数据。该核函数优选为衰减函数,其中对参考数据的更新在数量上随调整点到该多个电极位置的距离的增加而减少。一个合适的

核函数是具有一般形式  $K(x) = axe^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$  的高斯曲线的导数。

[0008] 还公开了用于在限定空间内定位物体的方法,包括步骤:提供具有以已知间隔距离间隔的多个校准元件的校准物体;定义用于定位场的三维坐标系,该坐标系包含多个参考点,这些参考点作为用于定义位于定位场中物体的观测位置的参考;将校准物体放入定位场中;接收与三维坐标系相关的参考信息,该参考信息给每个校准元件提供位置信息;对至少两个校准元件计算观测的间隔距离;基于观测的间隔距离和已知间隔距离的比较生成校准信号;将物体放置到定位场中;以及使用校准信号来确定定位场中该物体的位置。

[0009] 可选的,可使用核函数适应性处理多个参考点中的至少一部分以产生修订的三维坐标系,使得观测间隔距离和已知的间隔距离之间的差异可被减少。例如,如果观察的间隔距离大于已知间隔距离,分隔至少两个参考点的距离可被减小。同样地,如果观测的间隔距离小于已知间隔距离,分隔至少两个参考点的距离可被增加。也应该考虑到该方法可以包括通过提供相对于修订的三维坐标系的参考信息来定位在定位场内的物体,该参考信息包括定位场内物体的位置信息。

[0010] 本发明也包括用于非均匀定位场的具有误差校正的定位系统。该系统包括:用于产生定位场的至少一个定位场发生器,该定位场可被用来确定在定位场内的物体位置;测量由该至少一个定位场发生器产生的定位场特性的至少一个检测器;产生用于定位空间的三维坐标系的建模处理器,该坐标系包括作为定义在定位空间内物体的观测位置的参考的多个参考点;确定观测距离和实际距离之间差异的误差处理器;以及耦合到建模处理器和误差处理器的校正处理器,其中该校正处理器调整在三维坐标系中至少两个参考点的位置来调整由误差处理器检测出的差异,使得观测距离和实际距离之间的任何差异被减少。当然,该校正处理器可使用核函数来适应性调整至少两个参考点的位置,例如通过当观测距离大于实际距离时减少至少两个参考点间的距离来实现,反之亦然。该系统可选择的进一步包括具有以已知距离间隔的多个校准元件的校准工具,使得校准元件之间的观测距离可以与校准元件间的实际距离比较。

[0011] 该建模处理器可产生包括三维查找表的三维坐标系,在查找表中参考点与由至少一个检测器测量的测定值相关联。在本发明的一些实施例中,该至少一个定位场发生器包括沿三个轴间隔的三对电极,其中三对电极产生三个可用于确定在定位空间内物体位置的电场。该至少一个检测器可因此测量与三个电场中每一个相关联的电压电平,并且该建模处理器可产生包括三维查找表的三维坐标系,在查找表中坐标系的参考点与该至少一个检测器所测量的三个电场中的每一个的测定值相关联。该校正处理器则可调整三个电场中的不均匀性。作为可替代的,该定位场可以是磁场,并且该至少一个检测器可包括检测磁场不同分量的三个线圈。

[0012] 在本发明的另一方面中,用于确定在由定位系统产生的三维定位场中物体位置的方法包括步骤:提供多个电极,每个电极以已知电极间隔距离与相邻电极间隔;将该多个电极放置入定位场中;使用参考数据确定至少两个电极的观测位置;根据两个电极的观测位置计算该一对电极之间观测距离;将两个电极之间的观测距离与已知电极间距进行比较以确定误差信号;以及调整参考数据来更准确地测量电极间距。可使用核函数适应性更新参考数据,该核函数例如包括具有中心最大值并且在中心最大值的任一边上平滑衰减到零

的正波瓣以及具有中心最小值并且在中心最小值的任一边上平滑衰减到零的负波瓣。该参考数据可以为查找表的形式,该查找表将定位场中的位置与定位场的一个或多个特性相关联,例如一个或多个电场特性或者一个或多个磁场特性。也应该考虑到已知电极间距可从导管列表中导出(就是说,列出已知导管和它们已知电极间距的列表)。

[0013] 本发明的优点是提供了校正在其内位置被测量的定位场中的不均匀性的定位系统。

[0014] 通过阅读下面的描述和权利要求书并参考附图,本发明的前述的和其他方式、特性、细节、使用和优点将显见。

## 附图说明

[0015] 图 1 是在电生理学研究中采用的定位系统的原理图。

[0016] 图 2 描述了用于电生理学研究中的示例性导管。

[0017] 图 3 示出了二维形式的代表性的查找表。

[0018] 图 4 示出了核函数。

[0019] 图 5a 示出了由假设均匀的定位系统所观测到的导管。

[0020] 图 5b 示出了对定位系统的参考点已经执行更新迭代后所观测到的图 5a 中导管。

## 具体实施方式

[0021] 本发明提供用于解决定位场中不均匀性的方法和系统。定位场常被使用于在人体内进行的操作,而且特别是在心脏病诊断和治疗操作中。因此,为了方便说明,本发明将以在心脏电生理学操作中采用的定位系统的情况下进行详细说明。然而,应该考虑到本发明可很有利地实际应用在其他情况下,包括例如制造环境中内部形变的测量。此外,虽然本发明一般以二维形式图示,然而本领域普通技术人员会理解到如何将本文所述的原理应用到任意维数中。例如,本发明可实际应用于时域中,以补偿定位场中随呼吸和心脏活动而发生的变化。

[0022] 图 1 显示定位系统 8 的原理图,该定位系统用于通过导航心导管和测量发生在患者 11 的心脏 10 中的电活动,并将该电活动和 / 或与这样测量的电活动相关或表示该电活动的信息进行三维映射,来进行心脏电生理学研究。例如,使用一个或多个电极,系统 8 可被用来产生患者的心脏 10 的解剖模型。系统 8 还可被用来在沿心脏表面的多个点测量电生理学数据,并存储与在电生理学数据被测量的每一个测量点的位置信息相关联的测量数据,例如用于产生患者心脏的诊断数据图。本领域技术人员会认识到,并且如下将进一步描述的,定位系统 8 典型地在三维空间内确定物体位置,并且将这些位置表示相对于至少一个参考确定的位置信息。

[0023] 为了说明简单起见,患者 11 被示意性描述为椭圆形。三组表面电极(例如,片电极)被显示应用于患者 11 的表面,定义三个大体相互垂直的轴,本文中被称作 X 轴、Y 轴和 Z 轴。X 轴表面电极 12、14 可沿第一轴应用于患者,例如在患者的胸部的外侧(例如,应用于患者在胳膊下的皮肤),并且可被称为左和右电极。Y 轴电极 18、19 可沿大体垂直于 X 轴的第二轴应用于患者,例如沿患者的大腿内侧和颈部,并且可被称为左腿和颈部电极。Z 轴电极 16、22 沿大体垂直于 X 轴和 Y 轴的第三轴线上应用,例如在患者的胸部区域中沿胸骨

和脊柱,并且可被称为胸部和背部电极。心脏 10 位于这些表面电极对 12/14、18/19、16/22 之间。

[0024] 附加的表面参考电极(例如,“腹片(belly patch)”)21 提供用于系统 8 的参考和/或接地电极。腹片电极 21 可为固定的心内电极 31 的替换,在下面将进一步描述。此外,还应当理解,患者 11 可以有在适当位置的大部分或全部传统心电图(ECG)系统的引线。尽管没有在图 1 中图示,该 ECG 信息对于系统 8 是可获得的。

[0025] 还示出了具有至少一个电极 17(例如,远端电极)的代表性导管 13。说明书全篇中,该代表性导管电极 17 被称为“流动电极(rovingelectrode)”,“移动电极”,或“测量电极”。一般地,使用在导管 13 上或在多个这样的导管上的多个电极。例如在一个实施例中,定位系统 8 可包含在多达 12 个导管上的 64 个电极,这些导管被布置在患者的心脏和/或脉管系统中。当然,这个实施例仅是示范性的,并且在本发明的范围内任何数目的电极和导管均可被使用。

[0026] 为了该公开文本的目的,示范性导管 13 在图 2 中示出。在图 2 中,导管 13 延伸进入患者的心脏 10 的左心室 50。导管 13 包括在其远端上的电极 17,和多个附加测量电极 52、54、56,该测量电极沿其长度间隔布置。一般地,相邻电极之间的间距是已知的,然而应该理解电极甚至可能不是沿导管 13 均匀间隔或彼此大小相等。因这些电极 17、52、54、56 中每一个都位于患者体内,通过定位系统 8 可以同时收集每个电极的位置数据。

[0027] 现返回图 1,第二导管 29 上示出了可选的固定参考电极 31(例如,附于心脏 10 的壁)。出于校准的目的,该电极 31 可以为静止(例如,附于或靠近心脏的壁)或与流动电极(例如,电极 17、52、54、56)以固定空间关系放置,并且因而可被称为“导航参考”或“本地参考”。该固定参考电极 31 可用于上述表面参考电极 21 的补充或替换。在很多情况下,在心脏 10 中的冠状窦电极或其他固定电极可被用作测量电压和位移的参考;就是说,如下所述,固定参考电极 31 可以定义坐标系原点。

[0028] 每个表面电极耦合到多路开关 24,并且通过在计算机 20 上运行的软件选择表面电极对,多路开关 24 将表面电极耦合到信号发生器 25。例如,计算机 20 可包括传统的通用计算机、专用计算机、分布式计算机或任何其他类型的计算机。计算机 20 可包含一个或多个处理器,例如单个中央处理器(CPU),或多个处理单元,通常被称为并行处理环境,这些处理器可执行指令来实现这里所述本发明的不同方面。

[0029] 一般地,通过一系列被驱动和被感应的电偶极子(例如,表面电极对 12/14, 18/19,以及 16/22)产生三个标称的正交电场,以用于实现导管在生物导体内的导航。可替换的,这些正交场可被分解并且任何表面电极对都可被作为偶极子驱动以提供有效的电极的三角测量。此外,这样的非正交方法增加系统的挠性。对于任何期望轴线,由预定一组驱动(源-沉)配置得到的跨过流动电极测量的电势可以被用代数方法组合以产生与简单驱动沿正交轴的均匀电流所获得的电势相同的有效电势。

[0030] 因此,表面电极 12、14、16、18、19、22 中任意两个可被选作为相对于诸如腹片 21 的接地参考的偶极子的源极和漏极,同时未激励的电极测量相对于接地参考的电压。放置在心脏 10 中的流动电极 17、52、54、56 被暴露于来自电流脉冲的场中并且相对于诸如腹片 21 的接地被测量。在实践中心脏中的导管可包括比示出的 4 个电极更多或更少的电极,并且每个电极电势可被测量。如上所述,至少一个电极可被固定到心脏的内表面以形成固定参



考电极 31,其也是相对于诸如腹片 21 的接地进行测量的,并且可被定义为定位系统 8 相对于其测量位置的坐标系的原点。来自表面电极,内部电极,和虚拟电极的数据集可以全都被用于确定在心脏 10 内的流动电极 17、52、54、56 的位置。

[0031] 所测量的电压可被用来确定心脏内部的诸如流动电极 17、52、54、56 的电极相对于诸如参考电极 31 的参考位置的三维空间中的位置。就是说,在参考电极 31 上测量的电压可被用于定义坐标系的原点,而在流动电极 17、52、54、56 上测量的电压可被用来表示流动电极 17、52、54、56 相对于该原点的位置。虽然使用其他坐标系,如极,球面和柱面坐标系也在本发明的范围内,但优选的,坐标系为三维 (X, Y, Z) 笛卡尔坐标系。

[0032] 如从上述讨论可以清楚得知的,当表面电极对施加电场在心脏上时,测量用于确定在心脏内的电极位置的数据。该电极数据也可被用来产生呼吸补偿值,该呼吸补偿值用于改进电极位置的原始位置数据,如在美国专利申请公开 2004/0254437 中所述,其全部内容通过引用合并入本文。该电极数据也可被用于补偿患者的身体阻抗的变化,如于 2005 年 9 月 15 日提交的共同未决美国专利申请 11/227,580 中所述,该专利申请全部通过引用合并入本文。

[0033] 总之,系统 8 首先选择一组表面电极随后用电流脉冲驱动该组电极。当电流脉冲正被输送时,测量并存储电活动,该电活动是例如在至少一个剩余的表面电极和体内电极处所测量的电压。用于如呼吸作用和 / 或阻抗偏移的人为现象的补偿也可如上所述的执行。

[0034] 在优选的实施例中,定位 / 映射系统是 St. Jude Medical, Atrial Fibrillation Division, Inc 的 EnSite NavX™ 导航和可视化系统,其产生上述电场。然而,其他定位系统可与本发明结合使用,包括例如, Biosense Webster, Inc 的 CARTO 导航和定位系统,或 NorthernDigital Inc 的 AURORA® 系统,两者都利用磁场而不是电场。下面专利中描述的定位和映射系统(所有这些以其全部内容通过引用合并入本文)也可与本发明一起使用:美国专利 6,990,370 ;6,978,168 ;6,947,785 ;6,939,309 ;6,728,562 ;6,640,119 ;5,983,126 和 5,697,377。

[0035] 由定位系统 8 产生的场,不论是电场(例如,EnSite NavX™),磁场(例如,CARTO, AURORA®),或者另外的合适的场,通常被称为“定位场”,而产生场的元件,例如表面电极 12、14、16、18、19 以及 22 通常被称为“定位场发生器”。如上所述,表面电极 12、14、16、18、19 和 22 也可起测量定位场的特性(例如,在流动电极 17、52、54、56 上测量的电压)的检测器的作用。虽然基本将在产生电场的定位系统情况下描述本发明,本领域技术人员会理解到如何将本发明在此公开的原理应用于其他类型的定位场(例如,通过用检测磁场不同分量的线圈替代电极 17、52、54、56)。

[0036] 定位系统 8 可配备有包括参考数据的三维查找表,当物体位于定位场中的不同位置时,该参考数据将在定位场中的物体位置与由定位系统所做的测量相关联。例如,如上所述,由表面电极对 12/14,18/19,以及 16/22 产生的电场内的流动电极 17、52、54、56 上测量的电压可被利用来确定该定位场内的电极 17、52、54、56 的位置,使得在查找表中的参考数据可包括将电压读数与定位场内的实际位置关联的信息。实际上,查找表定义用于定位场的三维坐标系,包括用来作为定义或识别位于定位场内的物体的观测位置的参考的多个参考点(如,查找表的单元或结点)。在本发明的一些实施例中,三维查找表以及因此形成的

三维坐标系是由可以包含在计算机 20 内的建模处理器来生成。

[0037] 起初,查找表可包括用于完全均匀定位场的预测的参考数据。这样的查找表被图示(以二维形式)于图 3 中。仅出于说明的目的,查找表假设在 X 轴(片电极 12、14)和 Y 轴(片电极 18、19)的表面电极上施加 9 伏电压,而且该表面电极分别以 9 个单位距离分隔开,使得 1 伏的变化相当于 1 单位的移动。另外,查找表假设原点 (0,0) 由例如参考电极 31 定义,在 X 轴上经受 3 伏电压并在 Y 轴上经受 5 伏电压。大于参考电极 31 上所测电压的电压被定义为正,而小于参考电极 31 上所测电压的电压被定义为负。查找表内的每个项目(如,查找表的每个单元或结点)定义坐标系的参考点,定位系统 8 相对于该参考点测量定位场内的物体位置。虽然仅整数值被表示在图 3 的查找表中,应该考虑到在实现本发明时使用的查找表可具有附加细节(就是说,查找表的轴可以以任何间隔标度)。当然,也应该考虑到可以通过插值确定中间值(就是说,没有精确对应于查找表中单元的值),优选利用在查找表的结点之间的连续的插值函数。

[0038] 如本领域技术人员所知的,与用来最初填充三维查找表中结点的假设相反,由定位系统 8 产生的定位场可能不是完全均匀的。用来最初填充查找表的预测参考数据可能因此不精确,并且可能引入误差到定位场内的流动电极 17、52、54、56 或其它物体的所测得的位置。期望对这些不均匀性进行校正以使得测量误差最小化,从而改善定位系统 8 的准确度和精确度。

[0039] 在定位场中放置入导管后,定位系统 8 可以被用来基于查找表内的数据确定多个电极 17、52、54、56 中每一个的位置。如查找表中参考数据所确定的电极 17、52、54、56 的位置可以随后被用于计算电极对之间的观测距离,而且优选是诸如电极 17 和 52 的相邻电极对之间的距离。

[0040] 例如,假定定位系统 8 在电极 17 上测得 X 轴上有 7 伏电压以及 Y 轴上有 6 伏电压,并且在电极 52 上测得 X 轴上有 7 伏电压以及 Y 轴上有 8 伏电压。如用于均匀定位场的原始填充的查找表指示电极 17 位于坐标 (4,1),而电极 52 位于坐标 (4,3)。因此电极 17 和 52 之间所观测的距离为 2 个单位,如等式  $d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$  所给出的,这里为 d 两个坐标点  $(x_1, y_1)$  和  $(x_2, y_2)$  之间的距离。

[0041] 如上所述,电极 17 和 52 之间的实际距离为已知。由于定位场内的不均匀性,电极 17 和 52 之间的观测距离可能不同于实际距离。因此,可以作为计算机 20 的一部分的误差处理器优选将观测距离和实际距离相比较以确定并输出误差信号。误差信号又可被用来调整三维查找表中的参考数据以便更准确地测量电极 17、52、54、56 的间距。可以包含到计算机 20 中的并且优选耦合到建模处理器和误差处理器的校正处理器可以调整参考数据以减少误差信号(就是说,减少观测距离和实际距离之间的差异)。

[0042] 应当理解,虽然电极 17 和 52 在本文中被用作示例,当导管 13 随着时间移动通过定位场时误差信号优选合并来自全部电极 17、52、54、56 的信息,从而提供电极对之间的可以与这些电极之间的实际距离相比较的多个观测距离。这可以实时地完成或基于前面记录的数据完成。

[0043] 在本发明的一些实施例中,核函数被用于适应性更新三维查找表中的参考数据。优选的,该核函数为衰减函数,其中对参考数据的更新在数量上随调整点到该多个电极位置的距离增加而减少。就是说,查找表中的最接近观测坐标的参考点或结点将会更新最多,

那些查找表中直接邻接观测坐标的参考点或结点将会更新其次多,依此类推;那些查找表中最远离观测坐标的参考点或结点会更新最少,或者可能完全没有。

[0044] 一个合适的核函数是高斯曲线的导数,并可由通用公式  $K(x) = axe^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$  给出。该核函数图被示于图 4 中,并具有随离波瓣中心的距离增加而平滑衰减到零的正和负波瓣。然而,应该考虑到任何具有正波瓣和负波瓣的核函数可被使用来实现本发明,其中正波瓣和负波瓣的每个随离波瓣中心的距离增加而平滑衰减到零。

[0045] 因而,例如如果电极之间的观测距离小于电极之间的已知距离,误差信号为负,于是分隔坐标系内的参考点的距离可以增加(例如,定位场可能会被拉长)。类似的,如果电极之间的观测距离大于电极之间的已知距离,则误差信号为正,于是分隔坐标系内的参考点的距离可以减小(例如,定位场可能会被收缩)。

[0046] 图 5a 和 5b 图示了后者的情形。图 5a 图示如在定位系统 8 产生的定位场中测量到的导管 13 和电极 17、52、54、56。该定位场以网格的形式被示出。电极 17 和 52 之间的观测距离是大约 4 个单位,电极 52 和 54 之间的观测距离是大约 5 个单位,而电极 54 和 56 之间的观测距离是大约 3.5 个单位。然而,假设电极之间的已知距离仅为 1 个单位,使得观测值太大(例如,导管 13 表现出拉长超过其已知尺寸)。核函数将会相应地更新三维查找表中的参考数据以有效地收缩该定位场。如图 5b 中所示,其显示了核函数的单迭代之后的图 5a 中的定位场,参考点(例如,网格)已经被收缩,并且查找表中的项目已经被更新,使得电极 17 和 52 之间的观测距离大约为 2.5 个单位,电极 52 和 54 之间的观测距离大约为 3 个单位,而电极 54 和 56 之间的观测距离大约为 2 个单位。

[0047] 如由上文的讨论可清楚得知的,核函数的单迭代可能不能解决定位场中的所有不均匀性。优选地,在核函数的每个迭代过程中,对参考数据做比较小的调整以接近具有逐渐减小的小误差信号的最优解。还应当考虑到当导管 13 在患者的心脏 10 中被移动时,这些迭代可以实时地进行,例如当收集多个几何形态点时,从该几何形态点生成心脏表面模型,并且这样收集成的几何形态点还可以与三维查找表中的参考数据一起被更新。

[0048] 在核函数已经执行了足够次数的迭代后,三维查找表将已经被更新到接近具有逐渐减小的小误差信号的最优解。然后物体可以被放入定位场内,并且使用三维查找表中调整的数据,物体的位置会被准确和精确地确定。

[0049] 更一般地,本发明可被用来对定义空间内的物体定位,即使该物体缺少具有已知间隔的元件,如典型地是对于电极 17、52、54、56 的情况那样。如上所述,定位场可以具有定义的包括多个参考点的三维坐标系,该多个参考点作为定义在定位场内物体的观测位置的参考。具有以已知距离间隔的多个校准元件(例如电极 17、52、54、56)的校准工具或物体(例如,导管 13)可以被放置入定位场中。诸如每个校准元件的位置信息的参考信息则可以相对于三维坐标系被接收,并且对于至少两个校准元件可以计算观测间隔距离。可基于观测间隔距离和已知间隔距离的比较来生成校准信号。物体可以被置于定位场中最接近校准工具处,并且校准信号可以被用来确定在定位场中物体的位置。

[0050] 如上所述,可以用核函数适应性处理多个参考点中的至少一些来产生修订的三维坐标系,该坐标系减小观测间隔距离和已知间隔距离之间的差异,并且在足够次数的迭代之后逐渐缩小趋向于零。物体被置入定位场中并且它的位置相对于修订的三维坐标系被确

定。

[0051] 虽然上面以某种程度的特殊性已经描述本发明的几个实施例,但本领域技术人员可对公开的实施例进行多种变化而不脱离本发明精神和范围。例如,本文中描述的不同处理器(例如,建模处理器,误差处理器,以及校正处理器)的功能可以被合并到一个或多个计算机系统内的一个或多个处理器中而不脱离本发明的精神和范围。

[0052] 另外,虽然已经结合了电或磁定位场描述本发明,应该考虑到本发明也可与成像系统结合实现,例如荧光成像,心脏内回波,磁共振等等用于导管导航。这些成像系统可被认为是本文中使用的术语“定位场”的含义内。

[0053] 另外,虽然本发明被描述为使用将定位系统所做的测量与定位场内的物体位置相关联的迭代更新查找表,其他方法也在落在本发明的精神和范围内。例如,代数法,包括加权函数的使用,可被用来替代查找表;定位场中的不均匀性可通过调整函数的相对权重来补偿。类似的,神经网络或其他机器学习技术都可被使用。

[0054] 所有方向性参考(例如上、下、向上、向下、左、右、向左、向右、顶、底、上面、下面、垂直、水平、顺时针和逆时针)仅被用于识别的目的以帮助读者理解本发明,并不产生限制,尤其是关于本发明的位置、方向或使用。连接参考(例如,附着、耦合、连接等等)是广义上的解释并可包括在元件连接之间的中间部件和在元件之间的相对移动。照此,连接参考没有必要是指两个元件直接连接并且相互之间以固定关系连接。

[0055] 可以想到上述说明所包含的或附图中示出的所有内容应该被认为是说明性而非限制。在不脱离如所附权利要求所限定的本发明精神的情况下,可做细节或结构的改变。

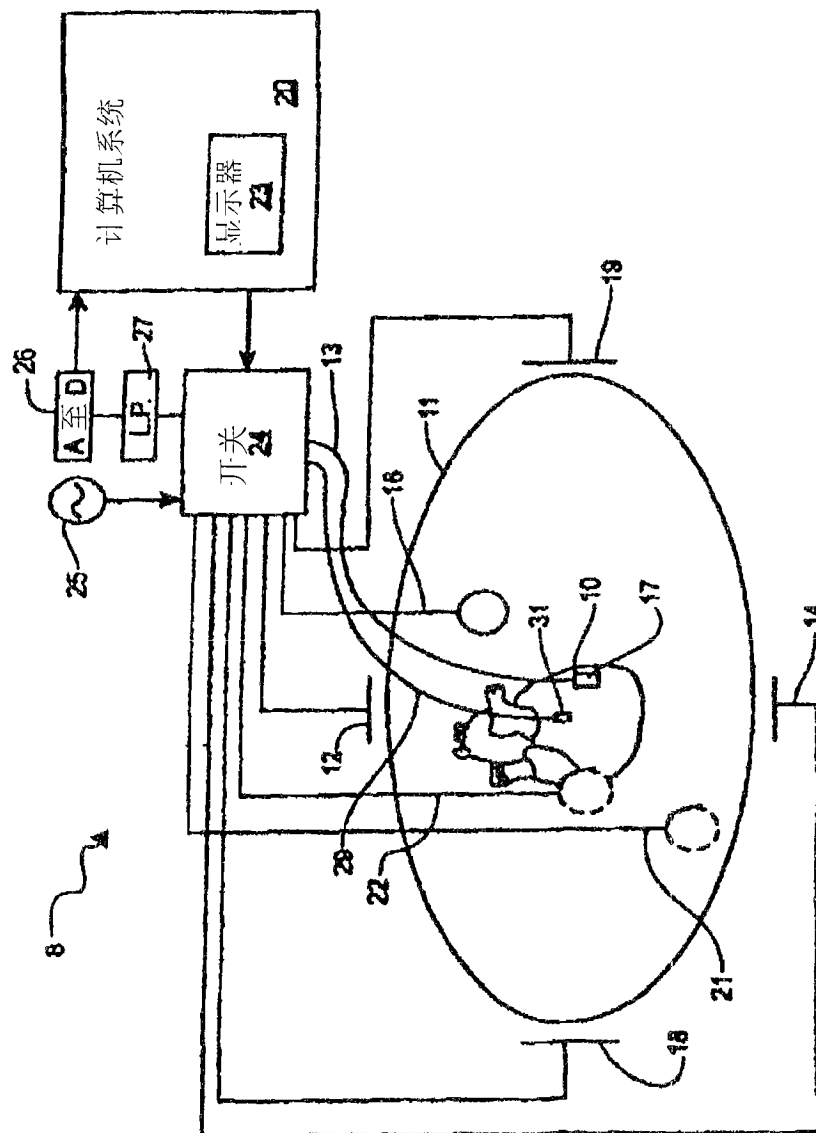


图 1

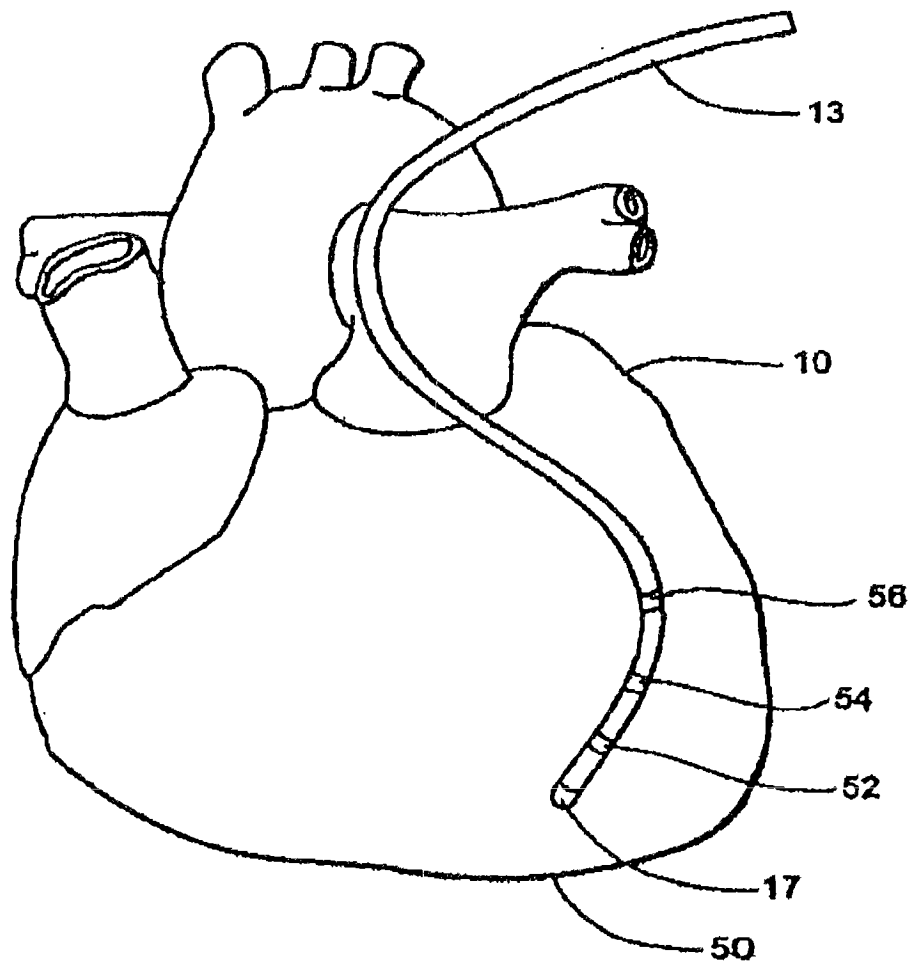


图 2

| 在 X 轴上测得的电压 |   |         |         |         |        |        |        |        |        |        |
|-------------|---|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 在 Y 轴上测得的电压 | 0 | 1       | 2       | 3       | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|             | 0 | (-3,-5) | (-2,-5) | (-1,-5) | (0,-5) | (1,-5) | (2,-5) | (3,-5) | (4,-5) | (5,-5) |
|             | 1 | (-3,-4) | (-2,-4) | (-1,-4) | (0,-4) | (1,-4) | (2,-4) | (3,-4) | (4,-4) | (5,-4) |
|             | 2 | (-3,-3) | (-2,-3) | (-1,-3) | (0,-3) | (1,-3) | (2,-3) | (3,-3) | (4,-3) | (5,-3) |
|             | 3 | (-3,-2) | (-2,-2) | (-1,-2) | (0,-2) | (1,-2) | (2,-2) | (3,-2) | (4,-2) | (5,-2) |
|             | 4 | (-3,-1) | (-2,-1) | (-1,-1) | (0,-1) | (1,-1) | (2,-1) | (3,-1) | (4,-1) | (5,-1) |
|             | 5 | (-3,0)  | (-2,0)  | (-1,0)  | (0,0)  | (1,0)  | (2,0)  | (3,0)  | (4,0)  | (5,0)  |
|             | 6 | (-3,1)  | (-2,1)  | (-1,1)  | (0,1)  | (1,1)  | (2,1)  | (3,1)  | (4,1)  | (5,1)  |
|             | 7 | (-3,2)  | (-2,2)  | (-1,2)  | (0,2)  | (1,2)  | (2,2)  | (3,2)  | (4,2)  | (5,2)  |
|             | 8 | (-3,3)  | (-2,3)  | (-1,3)  | (0,3)  | (1,3)  | (2,3)  | (3,3)  | (4,3)  | (5,3)  |
|             | 9 | (-3,4)  | (-2,4)  | (-1,4)  | (0,4)  | (1,4)  | (2,4)  | (3,4)  | (4,4)  | (5,4)  |

图 3

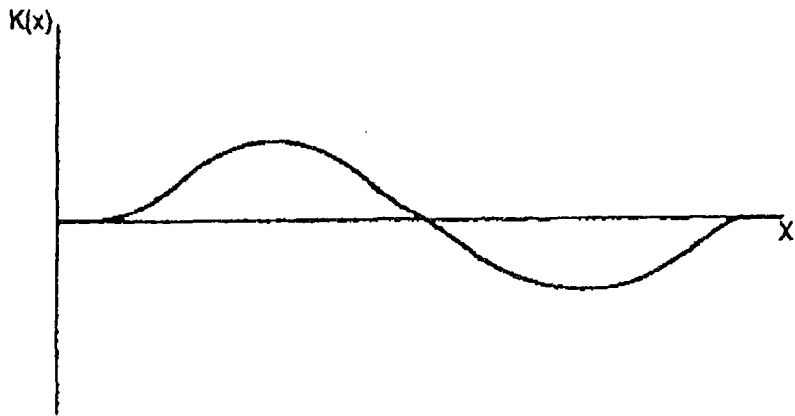


图 4

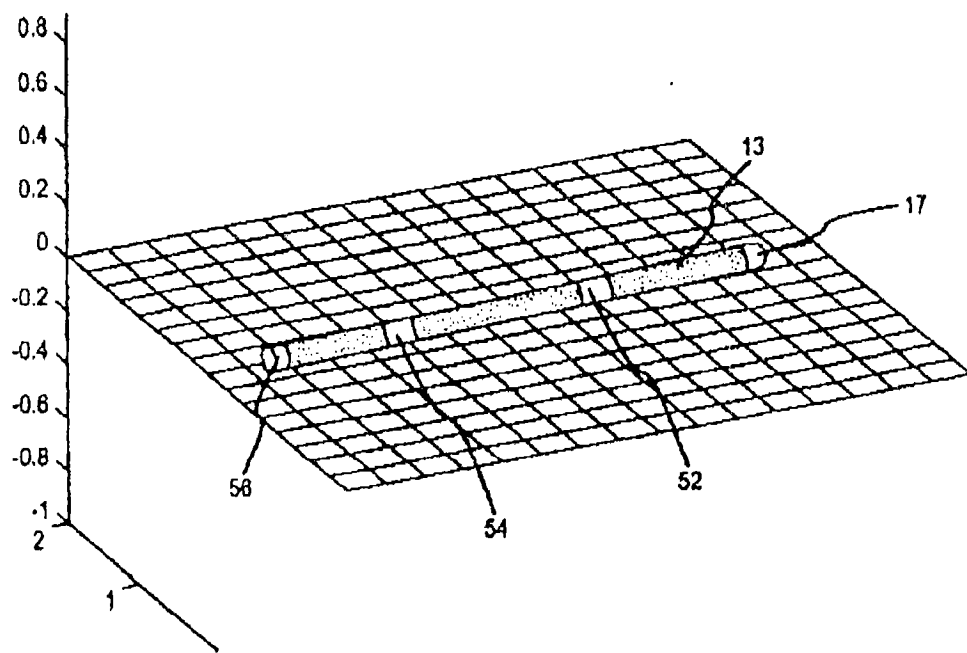


图 5a

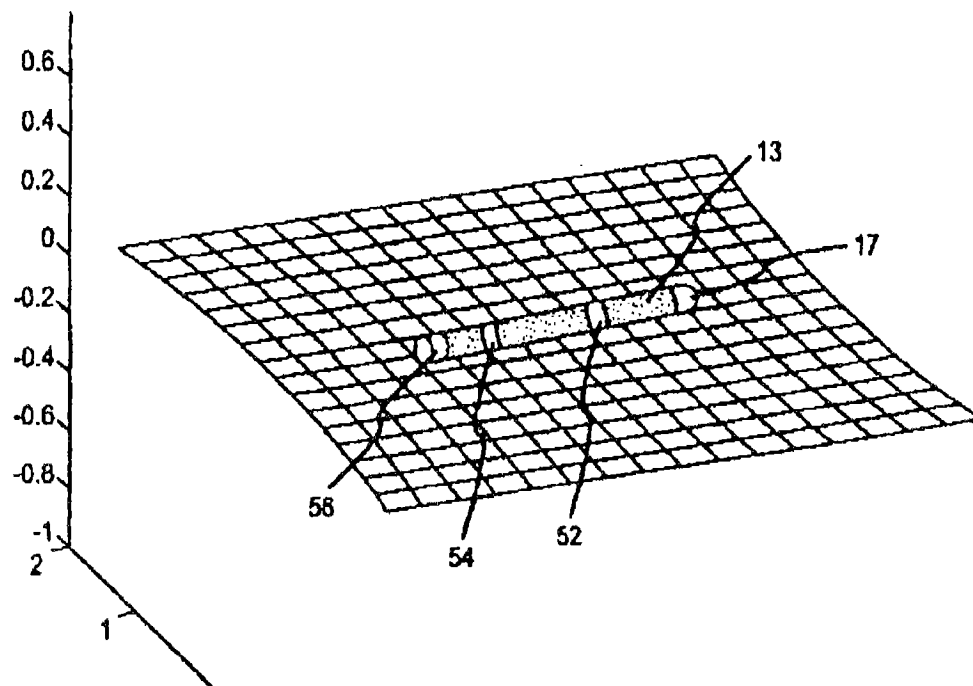


图 5b