



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110167447 A

(43)申请公布日 2019.08.23

(21)申请号 201780079739.8

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22)申请日 2017.12.18

代理人 刘兆君

(30)优先权数据

62/437,284 2016.12.21 US

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.06.21

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2017/058037 2017.12.18

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/116114 EN 2018.06.28

(71)申请人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 S·巴拉特 A·博尼拉斯瓦卡

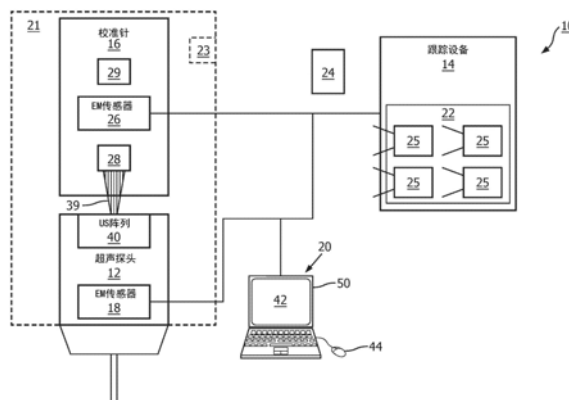
权利要求书4页 说明书7页 附图9页

(54)发明名称

用于快速和自动超声探头校准的系统和方法

(57)摘要

一种用于校准相关联超声探头(12)的电磁(EM)跟踪的装置(10)包括EM跟踪设备,所述EM跟踪设备包括:被配置为在EM编码空间中生成EM场的场生成器(14)以及参考EM传感器(24)、设置在超声探头上的和设置在所述校准针上的EM传感器(18、26)、校准针(16);至少一个处理器(50);以及存储有指令的非瞬态存储介质,所述指令可由所述至少一个处理器读取和运行以执行EM跟踪校准方法,所述EM跟踪校准方法包括:使用所述超声探头确定在测量时间所述校准针在超声成像空间中的位置;根据由所述EM跟踪设备对设置在所述校准针上的所述EM传感器的跟踪,确定在所述测量时间所述校准针的EM跟踪位置;并且生成将在所述测量时间所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置与在所述测量时间所述校准针的EM跟踪位置进行相关的配准。



1. 一种用于校准对相关联的超声探头 (12) 的电磁 (EM) 跟踪的装置 (10), 所述装置包括:

EM跟踪设备, 其包括: 场发生器 (14), 其被配置为在EM编码的空间中生成EM场;

EM传感器 (18), 其被设置在所述超声探头上;

校准针 (16);

EM传感器 (26), 其被设置在所述校准针上;

至少一个处理器 (50); 以及

存储有指令的非瞬态存储介质, 所述指令可由所述至少一个处理器读取和运行以执行EM跟踪校准方法, 所述EM跟踪校准方法包括:

使用所述超声探头确定在测量时间所述校准针在超声成像空间中的位置;

根据由所述EM跟踪设备对设置在所述校准针上的所述EM传感器的EM跟踪, 确定在所述测量时间所述校准针的EM跟踪位置; 以及

生成将在所述测量时间所述校准针在所述超声成像空间中的位置与在所述测量时间所述校准针的所述EM跟踪位置进行相关的配准。

2. 根据权利要求1所述的装置 (10), 其中, 所述EM跟踪校准方法还包括:

利用所生成的配准来确定至少一幅超声图像在所述超声成像空间内的公共坐标系中的位置。

3. 根据权利要求1和2中的任一项所述的装置 (10), 还包括:

至少一个超声换能器 (28), 其被设置在所述校准针 (16) 上;

其中, 使用所述超声探头确定在所述测量时间所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置包括:

使用所述超声探头来执行超声扫掠;

响应于由所述超声探头发射的超声波束进行声处理, 检测由所述超声换能器发射的信号, 其中, 所述测量时间是检测到的信号的时间戳; 以及

根据所述超声波束的方向以及所述测量时间与所述超声波束的触发时间的比较来确定所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置。

4. 根据权利要求1或2中的任一项所述的装置 (10), 其中, 使用所述超声探头确定在所述测量时间所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置包括:

使用所述超声探头来执行超声扫掠;

响应于所述超声扫掠而检测来自所述校准针的超声发射, 其中, 所述测量时间是检测到的超声反射的时间戳; 以及

根据产生所述超声发射的所述超声扫掠的所述超声波束的方向以及所述测量时间与产生所述超声发射的所述超声扫掠的所述超声波束的触发时间的比较来确定所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置。

5. 根据权利要求1或2中的任一项所述的装置 (10), 其中, 使用所述超声探头确定在所述测量时间所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置包括:

在所述超声成像空间中采集超声图像; 以及

通过检测所述超声图像中的所述校准针的图像来确定所述校准针在所述超声成像空间中的位置, 其中, 所述测量时间是所述超声图像中的所述校准针的所述图像的采集时间

戳。

6. 根据权利要求1-5中的任一项所述的装置(10), 其中, 使用所述超声探头确定在所述测量时间所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置包括:

使用所述超声探头以所述超声探头和所述校准针的多个不同相对位置来确定所述校准针的候选位置, 并且针对每个候选位置, 确定与所述候选位置的确定相关联的对应的由超声引起的信号强度;

将所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置确定为具有最高对应信号强度的候选位置; 以及

将所述测量时间确定为具有最高对应信号强度的所述候选位置的时间戳。

7. 根据权利要求6所述的装置(10), 还包括:

机器人装置(21), 其被配置为使所述校准针(16)和所述超声探头(12)中的至少一个相对于所述校准针和所述超声探头中的另一个移动;

其中, 确定所述候选位置包括操作所述机器人装置以相对于所述超声探头移动所述校准针以遍历所述超声探头和所述校准针的多个不同相对位置。

8. 一种用于校准对相关联的超声探头(12)的跟踪的装置(10), 所述装置包括:

跟踪设备(14), 其被配置为在跟踪空间中定位跟踪传感器;

超声探头跟踪传感器(18), 其被设置在所述超声探头(12)上;

校准针(16);

校准针跟踪传感器(26), 其被设置在校准针上;

至少一个处理器(50); 以及

存储有指令的非瞬态存储介质, 所述指令可由所述至少一个处理器读取和运行以执行跟踪校准方法, 所述跟踪校准方法包括:

使用所述超声探头确定在测量时间所述校准针在超声成像空间中的位置;

根据由所述跟踪设备对设置在所述校准针上的所述校准针跟踪传感器的跟踪, 确定在所述测量时间所述校准针的跟踪位置; 以及

生成将在所述测量时间所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置与在所述测量时间所述校准针的所述跟踪位置进行相关的配准。

9. 根据权利要求8所述的装置(10), 其中, 所述跟踪校准方法还包括:

利用所生成的配准来确定至少一幅超声图像在所述超声成像空间内的公共坐标系中的位置。

10. 根据权利要求8和9中的任一项所述的装置(10), 还包括:

至少一个超声换能器(28), 其被设置在所述校准针(16)上;

其中, 使用所述超声探头确定在所述测量时间所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置包括:

使用所述超声探头来执行超声扫描;

响应于由所述超声探头发射的超声波束进行声处理, 检测由所述超声换能器发射的信号, 其中, 所述测量时间是检测到的信号的时间戳; 以及

根据所述超声波束的方向以及所述测量时间与所述超声波束的触发时间的比较来确定所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置。

11. 根据权利要求8或9中的任一项所述的装置(10), 其中, 使用所述超声探头确定在所述测量时间所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置包括:

使用所述超声探头来执行超声扫掠;

响应于所述超声扫掠而检测来自所述校准针的超声发射, 其中, 所述测量时间是检测到的超声反射的时间戳; 以及

根据产生所述超声发射的所述超声扫掠的所述超声波束的方向和所述测量时间与产生所述超声发射的所述超声扫掠的所述超声波束的触发时间的比较来确定所述校准针在所述超声成像空间中的位置。

12. 根据权利要求8或9中的任一项所述的装置(10), 其中, 使用所述超声探头确定在所述测量时间所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置包括:

在所述超声成像空间中采集超声图像; 以及

通过检测所述超声图像中的所述校准针的图像来确定所述校准针在所述超声成像空间中的位置, 其中, 所述测量时间是所述超声图像中的所述校准针的所述图像的采集时间戳。

13. 根据权利要求8-12中的任一项所述的装置(10), 其中, 使用所述超声探头确定在所述测量时间所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置包括:

使用所述超声探头以所述超声探头和所述校准针的多个不同相对位置来确定所述校准针的候选位置, 并且针对每个候选位置, 确定与所述候选位置的确定相关联的对应的由超声引起的信号强度;

将所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置确定为具有最高对应信号强度的候选位置; 以及

将所述测量时间确定为具有最高对应信号强度的所述候选位置的时间戳。

14. 根据权利要求13所述的装置(10), 还包括:

机器人装置(21), 其被配置为使所述校准针(16)和所述超声探头(12)中的至少一个相对于所述校准针和所述超声探头中的另一个移动;

其中, 确定所述候选位置包括操作所述机器人装置以相对于所述超声探头移动所述校准针以遍历所述超声探头和所述校准针的多个不同相对位置。

15. 一种用于校准对相关联的超声探头(12)的跟踪的装置(10), 所述装置包括:

跟踪设备(14), 其被配置为在跟踪空间中定位跟踪传感器;

超声探头跟踪传感器(18), 其被设置在所述超声探头上;

校准针(16);

校准针跟踪传感器(26), 其被设置在校准针上;

超声换能器(28), 其被设置在所述校准针上;

至少一个处理器(50); 以及

存储有指令的非瞬态存储介质, 所述指令可由所述至少一个处理器读取和运行以执行跟踪校准方法, 所述跟踪校准方法包括:

执行超声扫掠, 包括由所述超声探头发射的不同方向的多个超声波束;

在所述超声扫掠期间, 响应于对所述超声换能器的声处理, 检测由所述超声换能器生成的换能器信号;

将测量时间确定为检测到的换能器信号的时间戳；

根据对所述超声换能器进行声处理的所述超声波束的方向和对所述测量时间与对所述超声换能器进行声处理的所述超声波束的触发时间的比较及沿着所述超声波束的飞行时间来确定所述校准针在超声成像空间中的位置；

根据由所述跟踪设备对设置在所述校准针上的所述校准针跟踪传感器的跟踪，确定在所述测量时间所述校准针的跟踪位置；以及

生成将在所述测量时间所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置与在所述测量时间所述校准针的所述跟踪位置进行相关的配准。

16. 根据权利要求15所述的装置(10)，其中，所述跟踪校准方法还包括：

利用所生成的配准来确定至少一幅超声图像在所述超声成像空间内的公共坐标系中的位置。

17. 根据权利要求15和16中的任一项所述的装置(10)，还包括：

至少一个超声换能器(28)，其被设置在所述校准针(16)上；

其中，使用所述超声探头确定在所述测量时间所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置包括：

使用所述超声探头来执行超声扫描；

响应于由所述超声探头发射的超声波束进行声处理，检测由所述超声换能器发射的信号，其中，所述测量时间是检测到的信号的时间戳；以及

根据所述超声波束的方向以及所述测量时间与所述超声波束的触发时间的比较来确定所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置。

18. 根据权利要求15和16中的任一项所述的装置(10)，其中，使用所述超声探头确定在所述测量时间所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置包括：

在所述超声成像空间中采集超声图像；以及

通过检测所述超声图像中的所述校准针的图像来确定所述校准针在所述超声成像空间中的位置，其中，所述测量时间是所述超声图像中的所述校准针的所述图像的采集时间戳。

19. 根据权利要求15-18中的任一项所述的装置(10)，其中，使用所述超声探头确定在所述测量时间所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置包括：

使用所述超声探头以所述超声探头和所述校准针的多个不同相对位置来确定所述校准针的候选位置，并且针对每个候选位置，确定与所述候选位置的确定相关联的对应的由超声引起的信号强度；

将所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置确定为具有最高对应信号强度的候选位置；以及

将所述测量时间确定为具有最高对应信号强度的所述候选位置的时间戳。

20. 根据权利要求19所述的装置(10)，还包括：

机器人装置(21)，其被配置为使所述校准针(16)和所述超声探头(12)中的至少一个相对于所述校准针和所述超声探头中的另一个移动；

其中，确定所述候选位置包括操作所述机器人装置以相对于所述超声探头移动所述校准针以遍历所述超声探头和所述校准针的多个不同相对位置。

用于快速和自动超声探头校准的系统和方法

技术领域

[0001] 以下总体涉及超声技术、校准技术、探头跟踪技术、电磁跟踪技术、图像引导的医学流程技术和相关技术。

背景技术

[0002] 在涉及跟踪超声 (US) 探头 (例如电磁 (EM) 跟踪的US探头) 的医学流程中, 探头上的EM跟踪器必须配准到US成像阵列, 该过程称为“校准”。该校准必须高度准确, 以确保在流程期间正确解读US图像。

[0003] 在典型的US探头校准方法中, 用户手动识别 (在US图像上) 插入组织模仿体或水体模中的EM跟踪的针的尖端 (例如, 使用鼠标点击), 同时EM跟踪系统记录EM传感器的相应位置。还记录静态参考EM传感器的位置和取向。然后, 使用下面的公式, 获得US成像阵列与US探测器上的EM传感器之间的配准 ($T_{US \rightarrow \text{ProbeEM}}$)。

[0004] $T_{\text{ProbeEM} \rightarrow \text{RefEM}} \times T_{US \rightarrow \text{ProbeEM}} \times p_{US}(x, y, 0) = T_{\text{NeedleEM} \rightarrow \text{RefEM}} \times p_{EM}(x, y, z)$ (1)

[0005] 其中, $p_{US}(x, y, 0)$ 是用户在2D US图像上点击的针尖, $p_{EM}(x, y, z)$ 是在用户点击的时间由EM跟踪系统存储的针EM传感器 (针对针尖进行校准) 的3D位置, $T_{\text{NeedleEM} \rightarrow \text{RefEM}}$ 是从针EM传感器到静态参考传感器已知变换, 并且 $T_{\text{ProbeEM} \rightarrow \text{RefEM}}$ 是从US探头上的EM传感器到静态参考传感器的已知变换。EM场发生器 (FG) 还可以用作参考坐标系, 所有其他跟踪量被变换到所述参考坐标系 (而不是特定的参考传感器)。

[0006] 当前的US跟踪技术通过分析在成像探头的波束扫过FOV时超声传感器接收的信号来估计在传统诊断US B模式图像的视场 (FOV) 中安装在被跟踪的外科手术工具上的被动超声传感器 (例如, PZT、PVDF、共聚物或其他压电材料) 的位置。飞行时间测量结果提供无源超声传感器与成像阵列的轴向/径向距离, 而幅值测量和光束发射序列的知识提供传感器的横向/角度位置。当与3D换能器 (即, 2D矩阵阵列) 一起使用时, 传感器的高度位置也可以以类似的方式获得。因此, 只要传感器存在于成像换能器的FOV内, 就可以实时估计传感器的3D位置。

[0007] 目前执行US探头校准的方法通常是手动的、主观的、因此容易出错, 除了耗时和执行繁琐之外。关于上面的公式 (1), 对针尖的用户识别中的任何误差 (即, 在 $p_{US}(x, y, 0)$ 中) 将传播到对探头校准 $T_{US \rightarrow \text{ProbeEM}}$ 的估计中误差。

[0008] 以下提出了一种快速且自动化的方法来校准跟踪的US探测器, 从而消除了与当前方法相关的主观性, 同时确保了高的准确度。

[0009] 介入手术通常涉及用于诊断和/或导航指导的多模态成像协议。例如, 磁共振成像 (MRI) 可以用作主要用于诊断、分割等的程序前成像模态和用于程序内指导的超声 (US)。在这种情况下, 程序内US (通常是二维 (2D)) 必配准记到程序前MRI。为了在这种介入过程中正确地解释超声图像, 采用跟踪系统, 通常是电磁 (EM) 跟踪系统。在EM跟踪中, 场发生器产生低强度电磁场, 其在空间上变化以便产生EM编码的空间。固定参考EM传感器放置在该场中, 并且探头EM传感器被附接到超声探头。通过空间编码的EM场在每个传感器中感应出小的电

流,并且用于参考EM参考传感器的位置或EM场发生器(FG)来确定EM场中的位置。这种EM跟踪系统是可商购的,例如来自加拿大安大略省Northern Digital Inc.(NDI)的Aurora EM跟踪系统。

[0010] 为了对超声图像进行正确的空间解读,还需要将超声图像空间配准到超声探头上的EM传感器的位置。这被定义为变换 $T_{US \rightarrow ProbeEM}$,其中,ProbeEM表示EM传感器在US探头上的位置。目前,这是作为手动流程来完成的。校准针包括位于针尖处或附近的EM传感器(并针对针尖进行校准,以便报告的EM位置是针尖的位置)通过超声成像,同时通过EM跟踪进行跟踪。在超声图像中,用户手动标记针尖的位置。在手动用户点击时记录针EM传感器的EM位置,并且针对US图像位置-探头EM传感器位置变换 $T_{US \rightarrow ProbeEM}$ 来求解关系:

$$[0011] \quad T_{ProbeEM \rightarrow RefEM} \times T_{US \rightarrow ProbeEM} \times p_{US}(x, y, 0) = T_{NeedleEM \rightarrow RefEM} \times p_{EM}(x, y, z) \quad (1)$$

[0012] 然后变换 $T_{US \rightarrow RefEM} = T_{ProbeEM \rightarrow RefEM} \times T_{US \rightarrow ProbeEM}$ 对参考EM传感器进行参考来定位超声图像(其中, $T_{ProbeEM \rightarrow RefEM}$ 是从US探头上的EM传感器到静态参考EM传感器的已知转换)。

[0013] 这种方法有一些缺点。其是劳动密集的,特别是因为刚刚描述的过程优选地针对十几个或更多个不同的位置重复以绘制出空间。另外,如果针尖未被操作者/用户在超声图像扫描的二维(2D)平面中精确定位,则可以引入误差。

[0014] 本文公开的改进解决了现有跟踪系统、方法等的前述和其他缺点。

发明内容

[0015] 根据一个说明性示例,一种用于校准相关联的超声探头的电磁(EM)跟踪的装置包括:EM跟踪设备,其包括被配置为在EM编码空间中生成EM场的场发生器和参考EM传感器、设置在超声探头上的EM传感器、校准针;设置在所述校准针上的EM传感器;至少一个处理器;以及存储有指令的非瞬态存储介质,所述指令可由所述至少一个处理器读取和运行以执行EM跟踪校准方法,包括:使用超声探头确定在测量时间所述校准针在超声成像空间中的位置;根据由EM跟踪设备对设置在所述校准针上的所述EM传感器的跟踪,确定在所述测量时间校准针的EM跟踪位置;并且生成将在所述测量时间所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置与在所述测量时间所述校准针的EM跟踪位置进行相关的配准。

[0016] 根据另一个说明性示例,一种用于校准相关联超声探头的跟踪的装置包括:跟踪设备,其被配置为在跟踪空间中定位跟踪传感器;超声探头跟踪传感器,其被设置在所述超声探头上;校准针;校准针跟踪传感器,其被设置在校准针上;至少一个处理器;以及存储有指令的非瞬态存储介质,所述指令可由所述至少一个处理器读取和运行以执行跟踪校准方法,所述跟踪校准方法包括:使用所述超声探头确定在测量时间所述校准针在超声成像空间中的位置;根据由所述跟踪设备对设置在所述校准针上的所述校准针跟踪传感器的跟踪,确定在所述测量时间所述校准针的跟踪位置;并且生成将在所述测量时间所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置与在所述测量时间所述校准针的跟踪位置进行相关的配准。

[0017] 根据另一个说明性示例,一种用于校准相关联超声探头的跟踪的装置包括:跟踪设备,其被配置为在跟踪空间中定位跟踪传感器;超声探头跟踪传感器,其被设置在所述超声探头上;校准针;校准针跟踪传感器,其被设置在校准针上;超声换能器,其被设置在所述校准针上;至少一个处理器;以及存储有指令的非瞬态存储介质,所述指令可由所述至少一

个处理器读取和运行以执行EM跟踪校准方法,包括:执行超声扫掠,包括由所述超声探头发射的不同方向的多个超声波束;在所述超声扫掠期间,响应于所述超声换能器的声处理,检测由所述超声换能器生成的换能器信号;将测量时间确定为检测到的换能器信号的时间戳;根据对所述超声换能器进行声处理的所述超声波束的方向以及对所述测量时间与对所述超声换能器进行声处理的所述超声波束的触发时间的比较和沿着所述超声波束的飞行时间来确定所述校准针在超声成像空间中的位置;根据由所述跟踪设备对设置在所述校准针上的所述校准针跟踪传感器的跟踪,确定在所述测量时间所述校准针的跟踪位置;并且生成将在所述测量时间所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置与在所述测量时间所述校准针的跟踪位置进行相关的配准。

[0018] 一个优点在于提供更快和自动的超声探头校准。

[0019] 另一个优点在于减少超声探头校准中的误差。

[0020] 本领域普通技术人员在阅读和理解以下详细描述的基础上将认识到本公开的其他优点。应当理解,给定实施例可以不提供这些优点,提供这些优点中的一个、两个或更多个。

附图说明

[0021] 本公开可以采取各种部件和部件的布置以及各个步骤和步骤的安排的形式。附图仅出于图示优选实施例的目的,且不应被解释为限制本发明。

[0022] 图1示意性地示出了根据一个方面的用于校准超声探头的跟踪过程的装置。

[0023] 图2图解地图示了图1的装置的校准针。

[0024] 图3是图1中的装置的校准过程的示例性流程图。

[0025] 图4-7是图3中的校准过程的替代操作的示例性流程图。

[0026] 图8示意性地图示了图1的设备的校准过程,其中针相对于探头移动。

[0027] 图9示意性地图示了图1的设备的校准过程,其中探头相对于针移动。

[0028] 图10和11示出了用于执行图3的同步操作的内插方法。

[0029] 图12图示了图1的装置的探头或针的位置的图像帧对针的传感器信号的幅值的关系图。

具体实施方式

[0030] 本文公开的一些实施例用自动过程代替超声图像中针尖的手动标记。在一个实施例中,通过添加另外的超声换能器来修改校准针尖,该超声换能器响应于在超声扫描期间被声处理而发射信号。该换能器信号被加时间戳、记录并且与带时间戳的EM数据同步。超声扫掠包括输出标记每个超声波束发射的开始触发信号,因此基于哪个波束对换能器进行声处理以及波束到换能器(实际上是US成像回波时间的一半,因为不使用返回回波)的“飞行时间”来确定换能器在2D超声扫描平面中的位置。在US图像空间中的该自动确定的位置代替超声图像中的手动标记的位置。

[0031] 在替代实施例中,可以使用其他选项来代替针放置的超声换能器。在一种方法中,换能器由无源超声反射器代替,并且在接收模式下使用超声探头检测回波。例如,设置在校准针上的超声传感器“监听”来自超声探头的发射的超声波束并重新发射可由超声探头检

测的声脉冲。在另一种方法中,针尖被设计成在超声图像中可见,并且图像处理用于检测超声图像中的针位置。

[0032] 为了解决针尖可能不是精确地在2D超声扫描平面中的问题,针尖可以大致横向于2D平面线性移动,或者超声探头可以线性地摇动或移动以跨过固定针尖扫掠2D平面。来自针尖的信号(主要实施例中的换能器信号,或替代实施例中的超声回波强度或图像对比度)最大的超声扫掠然后用于校准。针尖或超声探头的必要运动可以由机器人装置提供,或者可以手动完成,因为存储了带时间戳的数据,然后可以回顾性地识别提供最强信号的扫掠。

[0033] 现在参考图1,示出了用于校准相关超声探头12的电磁(EM)跟踪的装置10的示意图。装置10包括EM跟踪设备14、校准针16、设置在超声探头12上的EM传感器18;以及至少一个计算机20(以及任选地,机器人设备21被配置为相对于超声探头12移动校准针16),将在下面更详细地描述这些部件中的每个。

[0034] EM跟踪设备14被配置为在跟踪空间中定位一个或多个跟踪传感器。在一个示例中,EM跟踪设备14包括场发生器22,场发生器22被配置为在包含超声探头12和校准针16的EM编码的跟踪空间中生成EM场。EM跟踪设备14还任选地包括位于EM编码空间中的参考EM传感器24。EM跟踪设备14被配置为在EM编码的跟踪空间中相对于参考EM传感器24或相对于场发生器22来定位跟踪EM传感器(例如,位于校准针16上的校准针EM传感器26和/或位于超声探头12上的探头EM传感器18)。EM跟踪设备14可以是任何商业上可获得的EM跟踪设备,例如Aurora电磁跟踪系统(可从加拿大安大略省滑铁卢的Northern Digital, Inc获得),或者可以是定制设备。

[0035] 校准针EM传感器26被配置为通过EM跟踪设备14检测所生成的EM场。至少一个超声换能器28也被设置在校准针16上并且被配置为通过超声探头12来检测对针尖的声处理。虽然本文描述了EM跟踪,但是可以采用能够跟踪校准针的位置的任何其他跟踪系统。例如,校准针16可替代地包括反射回声跟踪传感器29,其由光学跟踪装置(未示出)跟踪。

[0036] 现在参照图2所示的一个实施例,校准针16可包括针体30,针体30具有设置在针体的第一端的针尖32和布置在针体的第二相对端的接线集线器34。EM传感器18(图2中未示出)可在针尖32或在从针尖32的已知距离被布置在针体30的内部中或集成到针体的壁。EM传感器18被配置为通过EM跟踪设备14检测所生成的EM场。超声换能器28也定位于距针尖32处或距离针尖32已知距离处。假设EM传感器18和超声换能器28的相对位置是先验已知的,例如使用对针的正交X射线或荧光透视或CT成像进行空间配准(或者,EM和US传感器位置都被配准到针尖)。接线38,优选在探头主体30的内部,连接到EM传感器18和超声传感器28,例如使用集线器34作为接线导孔(wiring feedthrough)。

[0037] 返回参考图1,至少一个计算机20包括典型的部件,例如至少一个显示部件42,至少一个用户输入部件44,被编程为执行如本文所公开的校准功能至少一个电子处理器50(例如微处理器,多核微处理器等等)。在一些示例中,显示器42可以是触敏显示器。用户输入部件44可以是鼠标、键盘、触控笔、前述触敏显示器、麦克风等。

[0038] 现在参考图3,至少一个处理器50被编程为在EM编码空间中执行超声探头12的EM跟踪校准方法100。在步骤102,使用超声探头12和超声换能器28确定在测量时间校准针16在超声成像空间中的位置。这是公式(1)中的值 $p_{US}(x, y, 0)$ 。在步骤104,根据通过由设置在校准针16上的EM传感器26的跟踪设备14进行的跟踪(例如,EM跟踪)来确定在测量时间校准

针16的跟踪位置(例如,EM跟踪位置)。这是公式(1)中的位置 $p_{EM}(x,y,z)$ 。同时,EM跟踪系统正在监测参考EM传感器24的位置。根据此,确定变换 $T_{NeedleEM \rightarrow RefEM}$ 。在步骤106,根据通过由设置在超声探头12上的EM传感器18的跟踪设备14跟踪(例如,EM跟踪)来在测量时间确定超声探头12的跟踪位置(例如,EM跟踪位置)。根据此以及参考EM探头24的跟踪位置,确定变换 $T_{ProbeEM \rightarrow RefEM}$ 。因此,在步骤108,将测量时的超声成像空间中的校准针16的位置 $p_{US}(x,y,0)$ 与测量时的校准针的跟踪位置 $p_{EM}(x,y,z)$ 相关联的配准($T_{US \rightarrow ProbeEM}$)是通过针对 $T_{US \rightarrow ProbeEM}$ 求解公式(1)来生成的。

[0039] 如图4-9所示,使用超声探头12确定在测量时间超声成像空间中的校准针16的位置 $p_{US}(x,y,0)$ 的步骤102能够以在各种各样的方法执行。在一个实施例中,如图4中所示,步骤102包括:响应于由超声探头12(参见图1)的超声换能器阵列40发射的超声波束39进行声处理而探测由超声换能器28发出的信号,其中,测量时间是检测到的信号的时间戳(112);并且根据超声波束39的方向来确定校准针16在超声成像空间中的位置,并将测量时间与超声波束的触发时间进行比较(114)。该比较产生超声波束从阵列40到换能器28的“飞行时间”。

[0040] 在另一个实施例中,如图5中所示,步骤102包括:使用超声探头12来执行超声扫掠(116);响应于超声扫掠而利用超声探头12检测来自校准针16的超声发射,其中,测量时间是检测到的超声反射的时间戳(118);并且根据产生来自传感器的超声发射的超声扫掠的超声波束的方向以及测量时间与产生来自传感器的超声发射的超声扫掠的超声波束的触发时间的比较来产生来确定校准针16在超声成像空间中的位置(120)。该比较产生超声波束从阵列40到校准针16并返回到超声换能器阵列40的“回波时间”,因此是前一实施例的“飞行时间”的两倍。

[0041] 在另一实施例中,如图6所示,步骤102包括:利用成像设备(例如,利用未示出的超声成像设备)在超声成像空间中采集超声图像(122);并且通过检测超声图像中校准针的图像来确定校准针16在超声成像空间中的位置,其中,测量时间是超声图像中校准针的图像的采集时间戳(124)。在一个示例中,在假设整幅图像的采集时间很短的情况下,图像的采集时间戳可以是图像采集的时间。在另一示例中,图像的采集时间戳可以是校准针的声处理的准确时间(类似于在112处确定的时间戳),因此提供更精确的时间值。确定校准针16在超声图像中的位置可以使用任何合适的图像分割或特征识别技术,例如使用表示图像中的校准针的已知滤波器内核的匹配滤波。在该示例中,反射传感器29包括在校准针16的尖端处的回波基因条带或信标。

[0042] 在上文中,假设EM跟踪测量和超声数据都被加时间戳以实现两组测量之间的同步。如果EM和超声的采样时间间隔不同步,则该同步可能很复杂。这可以通过合适的插值技术来解决。

[0043] 前述公开的校准技术假设校准针16位于由超声探头12的超声换能器阵列40生成的超声波束中。如果超声换能器阵列40是三维(3D)阵列,则该假设可能是正确的,但如果它是二维(2D)阵列,则该可能性较小。在后一种情况下,用于相对移动超声探头12和校准针16的自动方法可用于确定校准针16何时最佳地定位在2D超声平面中。

[0044] 如图7中所示,校准针16的位置的优化包括使用超声探头12确定校准针16的候选位置的步骤102,其具有超声探头和校准针的多个不同的相对位置(126);针对每个候选位

置,确定与候选位置的确定相关联的对应的由超声引起的信号强度(128);将校准针16在超声成像空间中的位置确定为具有最高对应信号强度的候选位置(130);并且将测量时间确定为具有最高对应信号强度的候选位置的时间戳(132)。在一些示例中,126包括操作机器人设备21以相对于超声探头12移动校准针16(或反之亦然)以遍历超声探头和校准针的多个不同相对位置。在其他示例中,机器人设备21可包括保持器或夹具23,其配置为保持校准针16(或者替代地,超声探头12)。在合适的方法中,校准针16可以在角度范围 θ 上移动或者线性地与超声探头12正交地移动“x”mm,足以将尖端32扫过2D超声平面。

[0045] 在该实施例中,校准工作流程可以在水箱中或在模仿组织的体模中执行。校准针16和超声探头12应被定位为使得校准针16上的超声传感器40在高度方向上位于US图像平面之外(例如,在US图像平面的高度扩展之外)。校准针16和超声探头12可以使用保持器23保持就位,或者可以由用户手动保持。

[0046] 接下来,移动校准针16或超声探头12(另一个静止),使得校准针16上的超声传感器40首先进入US图像平面的高度覆盖并且然后最终离开图像平面。在一个示例中,校准针16(图8中示出)或超声探头12(图9中示出)的运动可以使用适当定位的简单1D运动台来完成。在另一个示例中,该动作可以手动执行,其中用户握住要移动的设备。校准针16可以在一定角度范围 $[\theta]$ 上旋转,而不是一维运动。

[0047] 如图10所示,例如,106处描述的时间同步可以通过合适的同步操作来执行,例如通过内插。在一种合适的同步方法中,采集数据流(超声和EM)并将其存储在计算机22中。因此,计算机22的时钟可用于调节/解释数据。保持或插值用于从较低采集速率采集的数据流中“填充”丢失数据,然后在时间上与以较高帧速率捕获的数据流匹配。

[0048] 简要参考图10,描述了用于执行同步操作的说明性插值方法。图10示出了时间戳(标记为“时间”的列)、2D传感器位置(标记为“US跟踪数据”的列)和EM传感器位置(标记为“EM跟踪数据”的列)。为了说明插值,考虑在时刻 T_4 ,在针跟踪和探头跟踪数据中都缺少条目。可以使用紧接在当前时间点 T_4 之前和之后的数据的加权平均来对丢失的数据进行插值。对于针跟踪数据,这相当于对 (X_1, Y_1) 和 (X_2, Y_2) 进行插值,例如: $(a_4X_1+b_4X_2, a_4Y_1+b_4Y_2)$,其中,权重 a_4 和 b_4 的可能值为: $a_4 = (T_6 - T_4) / (T_6 - T_3)$ 并且 $b_4 = (T_4 - T_3) / (T_6 - T_3)$ 。类似地, $c_4 = (T_5 - T_4) / (T_5 - T_3)$ 并且 $d_4 = (T_4 - T_3) / (T_5 - T_3)$ 。请注意,此方法必须以一定的时间延迟实现,因为它利用插入的缺失条目之前和之后的数据。

[0049] 简要参考图11,在用于执行同步操作134的替换实施例中,可以保持最新数据直到该流的下一个数据点到达。该技术可以在没有任何时间滞后的情况下实时执行,但是与图7的内插方法相比可能会遭受略微降低精度。

[0050] 当校准针16/超声探头12运动发生时,连续捕获(或间歇地、重复地或以其他方式捕获)以下数据流:校准针EM传感器26的位置和取向;超声探头EM传感器36的位置和取向;以及超声探头超声传感器40信息(即,信号/SNR,US图像内的坐标,帧和线触发信息等)。

[0051] 现在参考图12,选择对应于最大信号/SNR的US图像帧,并记录该图像帧中的US传感器坐标。如图12中所示,针对来自被平移/旋转的校准针16/超声探头12的EM传感器26/36的EM读数分析超声换能器28上的接收信号的幅度。识别超声换能器28的峰值信号强度(或相对信号强度,或任何其他合适的信号),并记录相应图像帧以及校准针16的EM读数和超声探头12。

[0052] 然后将超声数据流与EM数据流进行时间同步来选择对应的超声探头的EM传感器18和校准针EM传感器26坐标。

[0053] EM传感器26在校准针16上的空间位置与使用X射线/荧光透视的校准针16上的超声换能器28的空间位置配准,这可以是一次性过程。此变换作为公式1中的 $T_{NeedleEM \rightarrow RefEM}$ 矩阵的一部分而被并入。US-EM变换(即,所需的探头校准, $T_{US \rightarrow ProbeEM}$)可以使用上述估计量从线性方程(公式1)获得。

[0054] 应当理解,上述测量时间大约为毫秒或更短。在一个示例中,测量时间可以是校准针16的声处理的精确时间。在另一个示例中,测量时间可以是某些接近的时间,例如超声图像的开始。

[0055] 在介入流程中使用校准探头的示例

[0056] 在一个示例中,所述介入流程是跟踪的活组织检查流程,其中解剖目标在流程前MR图像数据集上定义,而实际介入(活组织检查)在2D US下完成。以下公式描述了EM、US和MR数据流如何全部配准到一起:

[0057] $T_{NeedleEM \rightarrow RefEM} \times p_{NeedleEM}(x, y, z)$ [针对实况针流]... (公式2)

[0058] $T_{ProbeEM \rightarrow RefEM} \times T_{US \rightarrow ProbeEM} \times p_{US}(x, y, 0)$ [针对实况2D US流]... (公式3)

[0059] 在每个过程开始时,超声探头12在一系列角度 $[\theta]$ 上“扫掠”或“旋转”以采集多个2D图像并形成感兴趣的解剖区域的3D US数据集。由于该3D数据集中的每个2D US图像被索引到跟踪设备14的参考EM传感器24(公式3),因此3D US数据集直接在'RefEM'参考系中获得:

[0060] 因此, $p_{3DUS} = p_{RefEM}$ (即3D US数据集中的点已经在'RefEM'空间中) $T_{MR \rightarrow 3DUS} \times p_{MR}(x, y, z)$ [针对3D MR数据集]... (公式4)

[0061] $T_{MR \rightarrow 3DUS}$ 是使用基于图像的配准方法获得,例如使用在MR和US中可识别的特征。以这种方式,US探头校准($T_{US \rightarrow ProbeEM}$)用于将US和MR图像数据流转换到EM坐标空间中。

[0062] 应当理解,装置10的说明性计算、数据处理或数据接口部件可以实现为存储有可由电子处理器(例如,电子处理器50)执行以执行所公开的操作的指令的非瞬态存储介质。非瞬态存储介质可以例如包括硬盘驱动器、RAID或其他磁存储介质;固态驱动器、闪存驱动器、电子可擦除只读存储器(EEROM)或其他电子存储器;光盘或其他光学存储介质;它们的各种组合;等等。

[0063] 已经参考优选实施例描述了本公开。本领域技术人员通过阅读和理解前述的详细描述,可以进行各种修改和变型。旨在将本公开理解为包括所有这样的修改和变更,只要它们落在所附权利要求或其等价方案的范围之内。

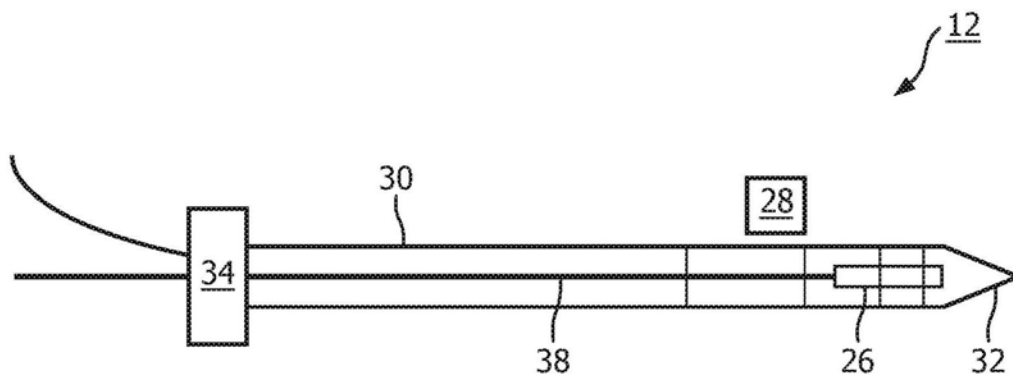


图2

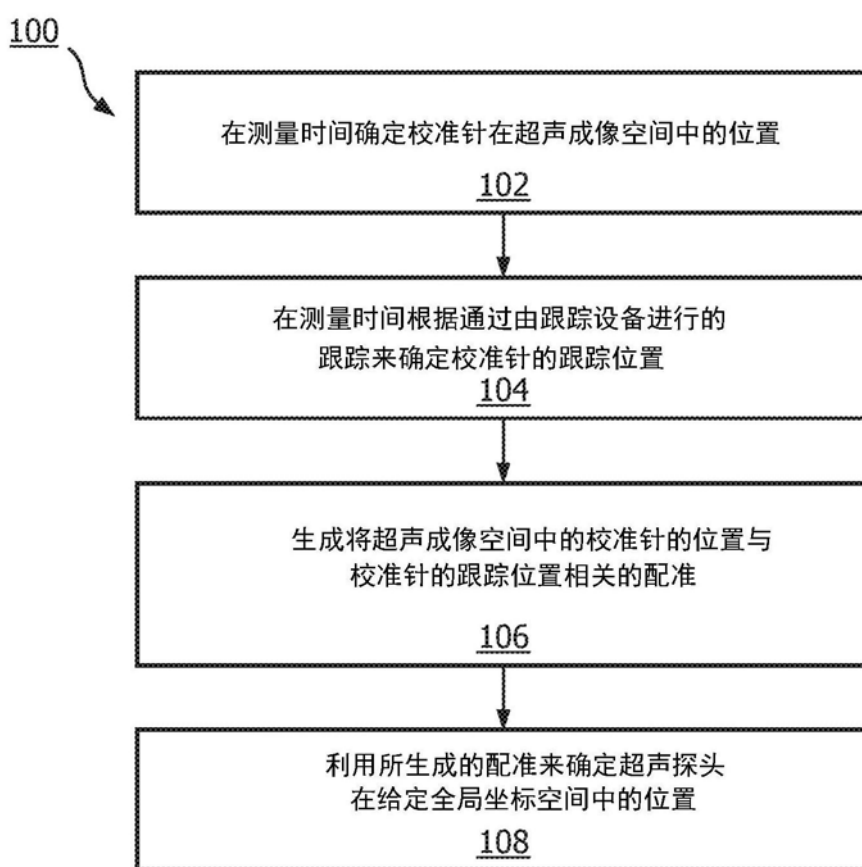


图3

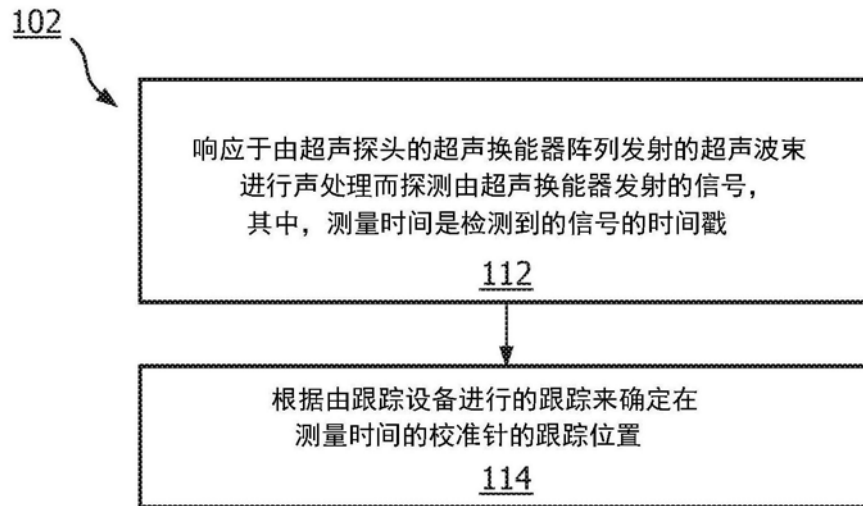


图4

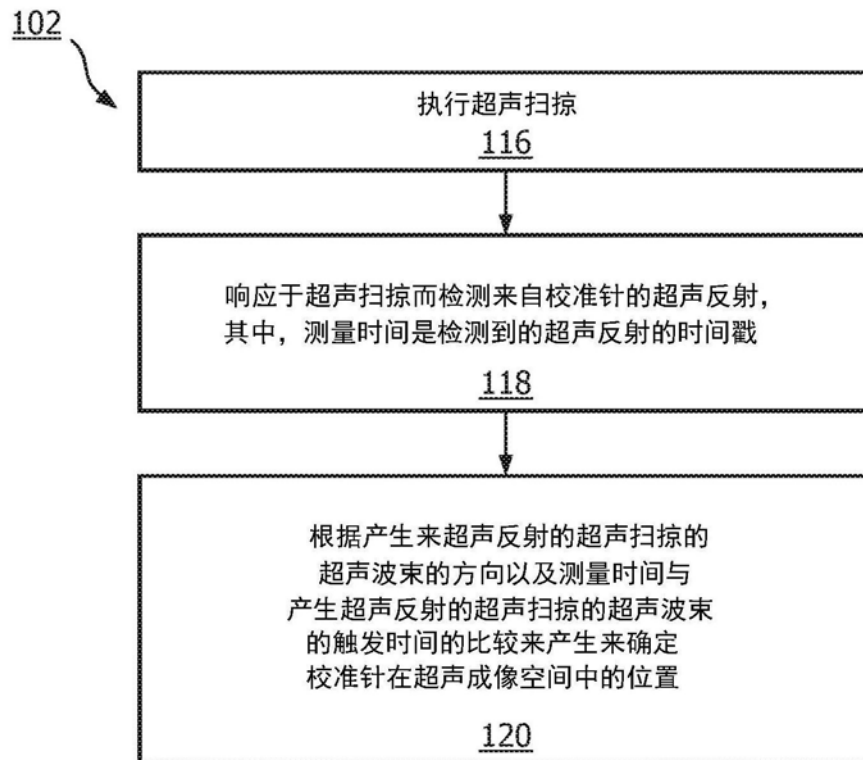


图5

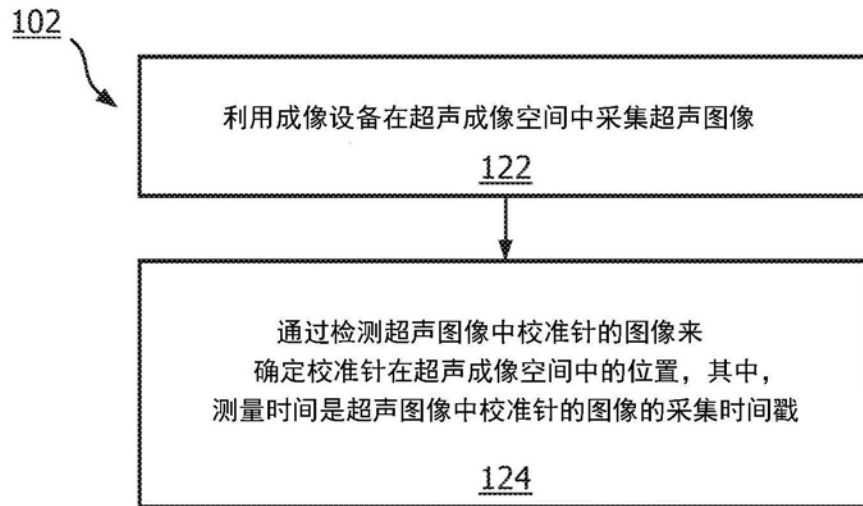


图6

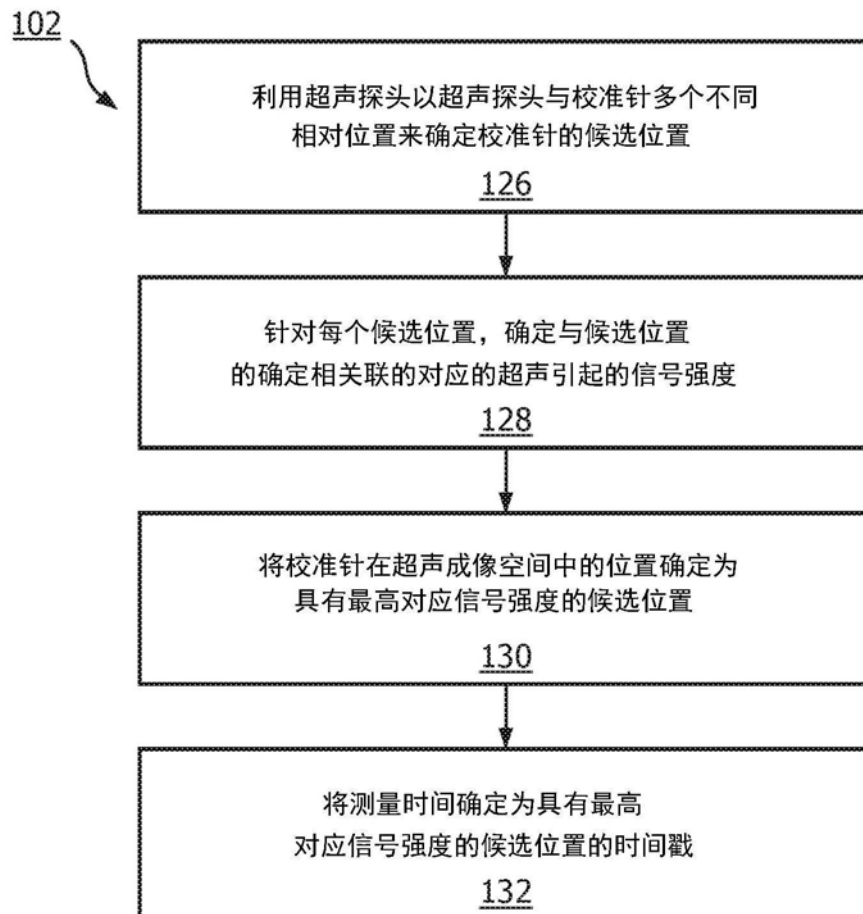


图7

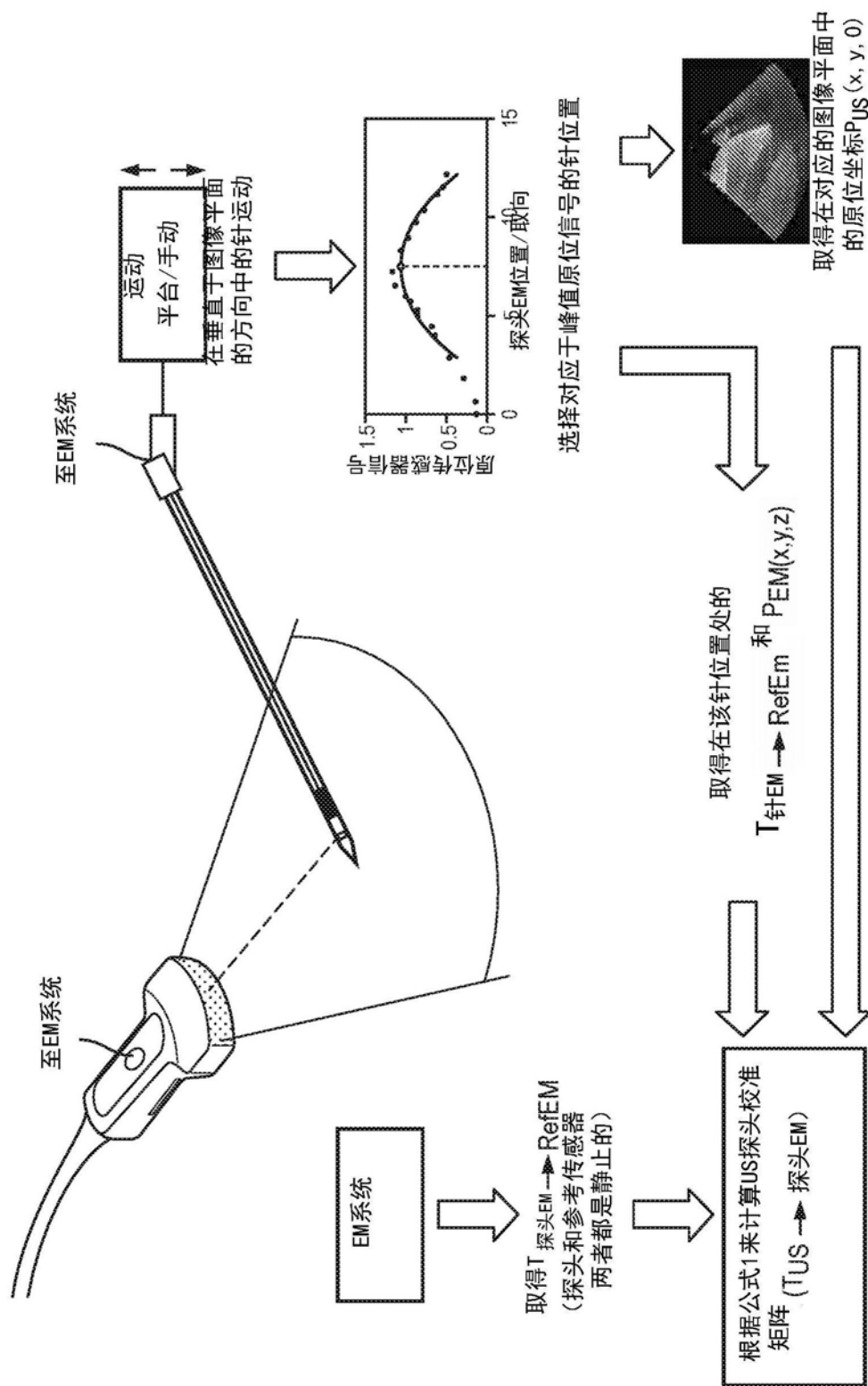


图8

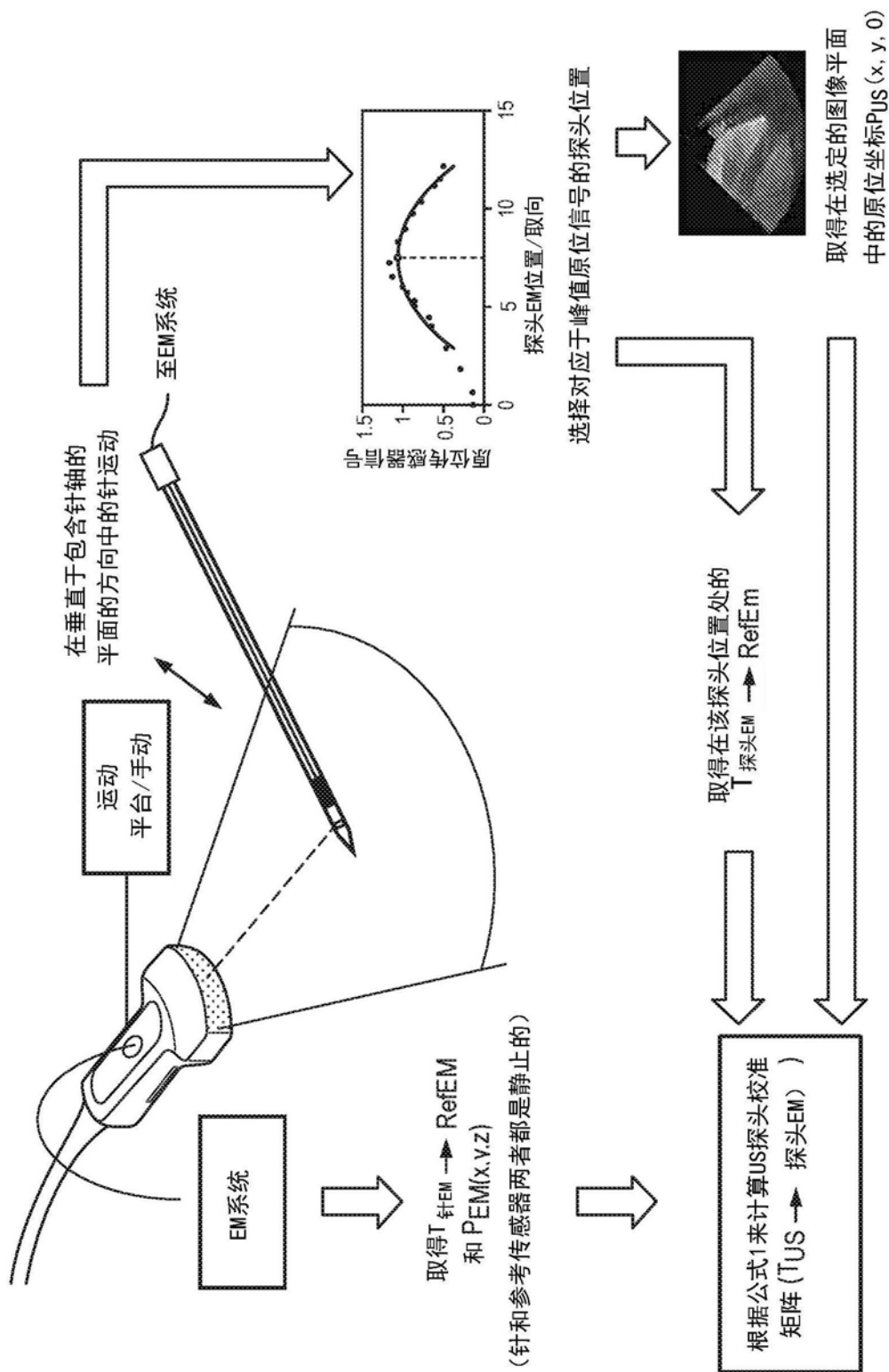


图9

T ₁		X ₁	EM跟踪数据
T ₂		X ₂	
T ₃	(X ₁ , Y ₁)	X ₃	
T ₄	(a ₁ X ₁ + b ₄ X ₂ , a ₄ Y ₁ + b ₄ Y ₂)	C ₄ X ₃ + d ₄ X ₄	
T ₅	(a ₅ X ₁ + b ₅ X ₂ , a ₅ Y ₁ + b ₅ Y ₂)	X ₄	
T ₆	(X ₂ , Y ₂)	X ₅	
T ₇	(a ₇ X ₂ + b ₇ X ₃ , a ₇ Y ₂ + b ₇ Y ₃)	X ₆	
T ₈	(X ₃ , Y ₃)	C ₈ X ₆ + d ₈ X ₄	
T ₉	(a ₉ X ₃ + b ₉ X ₄ , a ₉ Y ₃ + b ₉ Y ₄)	X ₇	
T ₁₀	(a ₁₀ X ₃ + b ₁₀ X ₄ , a ₁₀ Y ₃ + b ₁₀ Y ₄)	X ₈	
T ₁₁	(X ₄ , Y ₄)	X ₉	
T ₁₂	(a ₁₂ X ₄ + b ₁₂ X ₅ , a ₁₂ Y ₄ + b ₁₂ Y ₅)	X ₁₀	
T ₁₃	(a ₁₃ X ₄ + b ₁₃ X ₅ , a ₁₃ Y ₄ + b ₁₃ Y ₅)	X ₁₁	
T ₁₄	(X ₅ , Y ₅)	X ₁₂	
时间			US跟踪数据

图10

T ₁		X ₁	EM跟踪数据
T ₂		X ₂	
T ₃	(X ₁ , Y ₁)	X ₃	
T ₄	(X ₁ , Y ₁)	X ₃	
T ₅	(X ₁ , Y ₁)	X ₄	
T ₆	(X ₂ , Y ₂)	X ₅	
T ₇	(X ₂ , Y ₂)	X ₆	
T ₈	(X ₃ , Y ₃)	X ₆	
T ₉	(X ₃ , Y ₃)	X ₇	
T ₁₀	(X ₃ , Y ₃)	X ₈	
T ₁₁	(X ₄ , Y ₄)	X ₉	
T ₁₂	(X ₄ , Y ₄)	X ₁₀	
T ₁₃	(X ₄ , Y ₄)	X ₁₁	
T ₁₄	(X ₅ , Y ₅)	X ₁₂	
T ₁₅	(X ₅ , Y ₅)	X ₁₃	
时间			US跟踪数据

图11

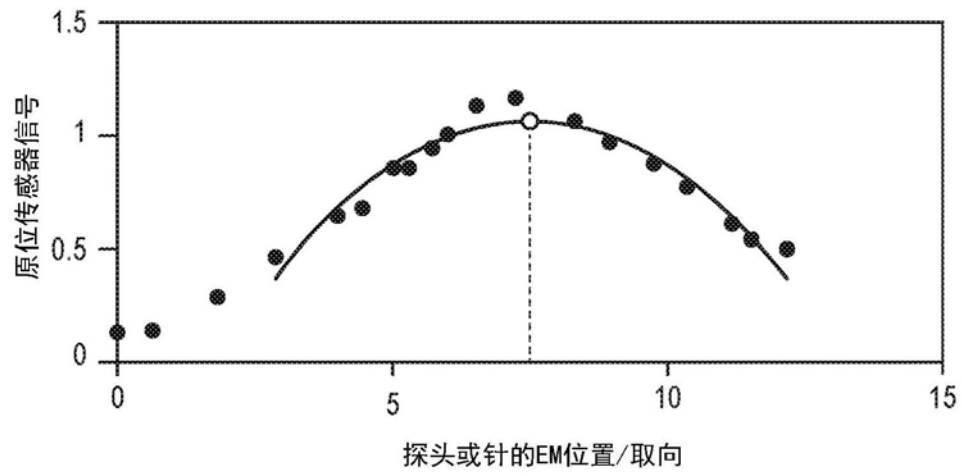


图12

专利名称(译)	用于快速和自动超声探头校准的系统和方法		
公开(公告)号	CN110167447A	公开(公告)日	2019-08-23
申请号	CN201780079739.8	申请日	2017-12-18
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦有限公司		
[标]发明人	S巴拉特 A博尼拉斯瓦卡		
发明人	S·巴拉特 A·博尼拉斯瓦卡		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/0841 A61B8/4254 A61B8/5261 A61B8/58 A61B8/4218 A61B8/587		
代理人(译)	刘兆君		
优先权	62/437284 2016-12-21 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种用于校准相关联超声探头(12)的电磁(EM)跟踪的装置(10)包括EM跟踪设备, 所述EM跟踪设备包括: 被配置为在EM编码空间中生成EM场的场生成器(14)以及参考EM传感器(24)、设置在超声探头上的和设置在所述校准针上的EM传感器(18、26)、校准针(16); 至少一个处理器(50); 以及存储有指令的非瞬态存储介质, 所述指令可由所述至少一个处理器读取和运行以执行EM跟踪校准方法, 所述EM跟踪校准方法包括: 使用所述超声探头确定在测量时间所述校准针在超声成像空间中的位置; 根据由所述EM跟踪设备对设置在所述校准针上的所述EM传感器的跟踪, 确定在所述测量时间所述校准针的EM跟踪位置; 并且生成将在所述测量时间所述校准针在所述超声成像空间中的所述位置与在所述测量时间所述校准针的EM跟踪位置进行相关的配准。

