



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107995857 B

(45) 授权公告日 2021.09.07

(21) 申请号 201680048428.0

(22) 申请日 2016.08.03

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107995857 A

(43) 申请公布日 2018.05.04

(30) 优先权数据
62/207,074 2015.08.19 US
62/244,371 2015.10.21 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2018.02.14

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2016/054662 2016.08.03

(87) PCT国际申请的公布数据
W02017/029570 EN 2017.02.23

(73) 专利权人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬市

(72) 发明人 S·J·G·塔敏加 S·沃尔德贝格
D·M·努内斯

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256

代理人 郑立柱

(51) Int.Cl.
A61C 17/22 (2006.01)

审查员 周曦

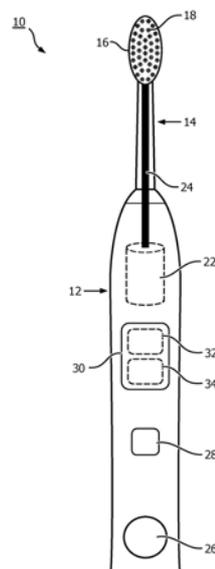
权利要求书2页 说明书11页 附图7页

(54) 发明名称

用于口腔清洁设备定位的方法和系统

(57) 摘要

一种用于在用户的口内定位口腔清洁设备的方法 (300)。该方法包括以下步骤：(i) 提供 (310) 具有运动标识器 (28) 的口腔清洁设备 (10)；(ii) 基于从运动标识器接收的传感器信息，估计 (335) 口腔清洁设备在用户的口内的第一位置的概率；(iii) 从运动标识器接收 (340) 与在用户的口内到第二状态的完成转变有关的信息；(iv) 将完成转变与用户的口内多个可能状态中的每个可能状态之间的限定的可能转变集进行比较 (350)，以确定转变概率；以及 (v) 使用包括第一位置概率和转变概率的概率图模型，确定 (350) 第二状态的位置的概率。



1. 一种用于在用户的口内定位口腔清洁设备的方法 (300), 所述方法包括以下步骤:
提供口腔清洁设备 (10), 所述口腔清洁设备 (10) 包括运动标识器 (28);
将所述口腔清洁设备放置在所述用户的口内;
基于从所述运动标识器接收的传感器信息, 估计所述口腔清洁设备在所述用户的口内的第一位置的概率;
从所述运动标识器接收与在所述用户的口内到第二状态的完成转变有关的信息;
将所述完成转变与所述用户的口内多个可能状态中的每个可能状态之间的限定的可能转变集进行比较, 以确定转变概率; 以及
使用包括第一位置概率和所述转变概率的概率图模型, 确定所述第二状态的位置的概率。
2. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 确定所述第二状态的位置的概率的步骤包括概率图模型, 所述概率图模型包括所述第一位置概率、所述转变概率和当前状态概率。
3. 根据权利要求1所述的方法, 还包括以下步骤: 提供 (320) 针对所述口腔清洁设备的校准数据, 其中所述估计的步骤基于从所述运动标识器接收的传感器信息并且基于所述校准数据。
4. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述概率图模型是隐马尔可夫模型。
5. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述第二状态的位置的概率通过以下被确定: 将所述限定的可能转变集内的每个转变的概率乘以所述口腔清洁设备的源自所述用户的口内所述多个可能状态中的每个可能状态的概率。
6. 根据权利要求1所述的方法, 还包括以下步骤: 基于后续的转变概率来校正 (355) 先前状态确定。
7. 根据权利要求1所述的方法, 还包括以下步骤: 基于在刷洗环节期间的两个或更多个状态的模式来确定 (375) 用户的身份。
8. 根据权利要求1所述的方法, 还包括以下步骤: 使用所述状态确定来评估 (380) 刷洗环节。
9. 一种口腔清洁设备 (10), 包括:
运动标识器 (28); 以及
控制器 (30), 所述控制器 (30) 与所述运动标识器通信, 其中, 所述控制器被配置成: (i) 基于从所述运动标识器接收的传感器信息来估计所述口腔清洁设备在用户的口内的第一位置的概率; (ii) 从所述运动标识器接收与在所述用户的口内到第二状态的完成转变有关的信息; (iii) 将所述完成转变与所述用户的口内多个可能状态中的每个可能状态之间的限定的可能转变集进行比较, 以确定转变概率; 以及 (iv) 使用包括第一位置概率和所述转变概率的概率图模型来确定所述第二状态的位置的概率。
10. 根据权利要求9所述的口腔清洁设备, 其中, 所述控制器还被配置成: 使用状态确定来评估刷洗环节。
11. 根据权利要求9所述的口腔清洁设备, 还包括针对所述口腔清洁设备的校准数据, 其中, 所述控制器被配置成: 至少部分基于所述校准数据来估计所述第一位置的概率。
12. 根据权利要求9所述的口腔清洁设备, 还包括:
通信模块 (38), 其中, 所述口腔清洁设备被配置成: 经由所述通信模块从所述运动标识

器传送关于所述口腔清洁设备在用户的口内的一个或多个完成转变的传感器数据;以及设备(40),所述设备(40)与所述口腔清洁设备通信,并且包括处理器(44),其中,所述处理器被配置成:(i)基于接收的传感器信息,估计所述口腔清洁设备在所述用户的口内的第一位置的概率;(ii)从所述运动标识器接收与在所述用户的口内到第二状态的完成转变有关的信息;(iii)将所述完成转变与所述用户的口内多个可能状态中的每个可能状态之间的限定的可能转变集进行比较,以确定转变概率;以及(iv)使用包括第一位置概率和所述转变概率的概率图模型来确定所述第二状态的位置的概率。

13.根据权利要求12所述的口腔清洁设备,其中,所述处理器还被配置成:使用状态确定来评估刷洗环节。

14.根据权利要求12所述的口腔清洁设备,其中,所述第二状态的位置的概率通过以下被确定:将所述限定的可能转变集内的每个转变的概率乘以所述口腔清洁设备的源自所述用户的口内所述多个可能状态中的每个可能状态的概率。

用于口腔清洁设备定位的方法和系统

技术领域

[0001] 本公开总体上涉及用于使用空间传感器输入来定位口腔清洁设备的位置并且跟踪口腔清洁设备运动的方法和系统。

背景技术

[0002] 正确的刷牙技术(包括刷洗的长度和覆盖率)有助于确保长期的牙齿健康。不定期刷他们的牙齿或刷洗不充分的个体经历许多牙齿问题。在定期刷牙的个体中,不正确的刷洗习惯可能导致刷洗的覆盖率差,并且因此没有充分清洁表面。

[0003] 为促进正确的刷洗技术,设计了牙刷以提供定时器功能,使得用户知道刷洗最少的推荐时间量。定时器功能可以包括可听见的声音、触觉反馈或其他通知机制,以使用户知道已经经过了预定的时间量。这向用户提供他们已经刷洗他们牙齿足够的时间量的指示。

[0004] 促进正确刷洗技术的另一机制是确保对所有牙齿表面进行充分的清洁,包括难以到达的口中区域或在平均刷洗环节期间往往被不正确清洁的区域。确保充分覆盖的一种方式是在刷洗环节期间跟踪牙刷在口中的位置,并且将该位置与牙齿表面的图进行比较。例如,具有传感器的系统可以跟踪牙刷在用户的牙齿上的运动,该传感器被放置(positioned)成与用户的牙齿成固定关系。

[0005] 备选地,牙刷可以包括一个或多个内部传感器,其尝试跟踪设备在口内的运动。在这样的系统中,用户开始于牙刷在口内已知的固定位置处,并且从一个或多个内部传感器确定刷子的后续运动。然而,这种方法有若干限制。用户在刷洗期间不能移动他们的头部,由于这会干扰原始固定参考点的正确定位。系统在数据类似的口的某些区域(诸如口的左上内侧和口的右上外侧)之间混淆。该系统的分辨率较低,意味着仅口的宽泛的部分可以被跟踪,而不是诸如牙齿的更准确的定位。

[0006] 因此,本领域中仍然需要一种使用空间传感器输入来跟踪牙刷在口内的运动而不要求准确的起始定位信息的方法。

发明内容

[0007] 本公开涉及用于跟踪口腔清洁设备在口内的运动的发明性方法和系统。应用于被配置成在口内定位口腔清洁设备的系统,本发明性方法和系统使能更高的跟踪精度,并且因此提供对用户刷洗技术的评估。该方法利用概率图模型来跟踪口腔清洁设备在口内的运动。该概率图模型使用概率输入来创建针对当前状态的最佳估计,其中当前状态概率分布是根据先前的状态概率分布和由运动传感器检测到的从一个状态到任何其他状态的转变的概率来计算的。该系统跟踪刷洗环节过程中的状态和转变,并且利用该信息提供刷洗技术评估。

[0008] 总体上,在一个方面中,提供了一种用于在用户的口内定位口腔清洁设备的方法。该方法包括以下步骤:(i) 提供具有运动标识器的口腔清洁设备;(ii) 基于从运动标识器接收的传感器信息来估计口腔清洁设备在用户的口内的第一位置的概率;(iii) 从运动标识

器接收与在用户的口内到第二状态的完成转变有关的信息；(iv) 将完成转变与用户的口内多个可能状态中的每个可能状态之间的限定的可能转变集进行比较，以确定转变概率；以及(v) 使用包括第一位置概率和转变概率的概率图模型来确定第二状态的位置的概率。

[0009] 根据一个实施例，确定第二状态的位置的概率的步骤包括使用第一位置概率、转变概率和当前状态概率的概率图模型。

[0010] 根据一个实施例，该方法还包括以下步骤：提供针对口腔清洁设备的校准数据，其中，估计步骤基于从运动标识器接收的传感器信息并且基于校准数据。

[0011] 根据一个实施例，概率图模型是隐马尔可夫模型。

[0012] 根据一个实施例，第二状态的位置的概率通过以下被确定：将限定的可能转变集内的每个转变的概率乘以口腔清洁设备的源自用户的口内多个可能状态中的每个可能状态的概率。

[0013] 根据一个实施例，该方法还包括以下步骤：基于后续的转变概率来校正先前状态确定。

[0014] 根据一个实施例，该方法还包括以下步骤：基于在刷洗环节期间的两个或更多个状态和/或转变的模式来确定用户的身份。

[0015] 根据一个实施例，该方法还包括以下步骤：使用状态确定来评估刷洗环节。

[0016] 根据一个方面是一种口腔清洁设备。该口腔清洁设备包括运动标识器以及与运动标识器通信的控制器，其中该控制器被配置成：(i) 基于从运动标识器接收的传感器信息来估计口腔清洁设备在用户的口内的第一位置的概率；(ii) 从运动标识器接收与在用户的口内到第二状态的完成转变有关的信息；(iii) 将完成转变与用户的口内多个可能状态中的每个可能状态之间的限定的可能转变集进行比较，以确定转变概率；以及(iv) 使用包括第一位置概率和转变概率的概率图模型来确定第二状态的位置的概率。

[0017] 根据一个实施例，控制器还被配置成传达确定的状态位置。

[0018] 根据一个方面是一种口腔清洁系统。该系统包括具有运动标识器和通信模块的口腔清洁设备，其中该口腔清洁设备被配置成经由通信模块从运动标识器传送关于口腔清洁设备在用户的口内的一个或多个完成转变的传感器数据。该系统还包括与口腔清洁设备通信并且包括处理器的设备，其中，该处理器被配置成：(i) 基于接收的传感器信息来估计口腔清洁设备在用户的口内的第一位置的概率；(ii) 从运动标识器接收与在用户的口内到第二状态的完成转变有关的信息；(iii) 将完成转变与用户的口内多个可能状态中的每个可能状态之间的限定的可能转变集进行比较，以确定转变概率；以及(iv) 使用包括第一位置概率和转变概率的概率图模型来确定第二状态的位置的概率。

[0019] 根据一个方面，提供了一种用于在用户的口内定位口腔清洁设备的方法。该方法包括以下步骤：(i) 提供具有运动标识器的口腔清洁设备；(ii) 确定口腔清洁设备被放置在用户的口内的第一位置处；(iii) 从运动标识器接收与在用户的口内到第二状态的完成转变有关的信息；(iv) 将完成转变与用户的口内多个可能状态中的每个可能状态之间的限定的可能转变集进行比较，以确定转变概率；以及(v) 使用包括第一位置和转变概率的概率图模型来确定第二状态的位置的概率。

[0020] 应理解的是，下文更详细讨论的前述概念和附加概念的所有组合（假如这样的概念没有相互不一致）被认为是本文公开的发明性主题的一部分。特别地，出现在本公开结尾

处的要求保护的主题的所有组合被认为是本文公开的发明性主题的一部分。

[0021] 参考下文描述的一个或多个实施例,本发明的这些和其他方面将变得显而易见并且得以阐明。

附图说明

[0022] 在附图中,相同的附图标记在不同的视图中一般指代相同的部分。此外,附图不一定按比例绘制,而是一般将重点放在说明本发明的原理上。

[0023] 图1是根据一个实施例的口腔清洁设备的表示。

[0024] 图2A是根据一个实施例的口腔清洁设备控制系统的示意性表示。

[0025] 图2B是根据一个实施例的口腔清洁设备控制系统的示意性表示。

[0026] 图3是根据一个实施例的描绘用于使用空间传感器输入来跟踪设备在固定空间内的运动的方法的流程图。

[0027] 图4是根据一个实施例的口腔内的各种状态的示意性表示。

[0028] 图5是根据一个实施例的口腔内各种状态之间的转变的示意性表示。

[0029] 图6是根据一个实施例的转变概率的表格。

[0030] 图7是根据一个实施例的口腔内各种状态之间的转变的表格。

具体实施方式

[0031] 本公开描述了用于跟踪口腔清洁设备在口内的运动的方法和控制器各种实施例。更一般地,申请人已经意识并且理解到,提供用于跟踪口腔清洁设备在口内的运动以便提供对用户的刷洗技术的评估的系统将是有益的。因此,本文描述的或以其他方式设想的方法提供了一种口腔清洁设备,该口腔清洁设备被配置成确定口腔清洁设备在用户的口内的位置,并且除其他变量外确定用户刷洗口内的离散位置多长时间。根据一个实施例,方法利用概率图模型来跟踪口腔清洁设备在口内的运动。该概率图模型使用概率输入来创建针对当前状态的最佳估计,其中当前状态概率分布是根据先前的状态概率分布和由运动传感器检测到的从一个状态到任何其他状态的转变的概率来计算。

[0032] 利用本文的实施例和实现方式的特别目标是使用诸如电动牙刷的口腔清洁设备来提供刷洗信息。

[0033] 参考图1,在一个实施例中,提供了口腔清洁设备10,该口腔清洁设备10包括主体部分12和安装在主体部分上的刷头构件14。刷头构件14在它远离主体部分的端部处包括刷头16。刷头16包括刷毛面18,其提供多个刷毛。根据一个实施例,刷毛沿着与头部的伸长轴线基本上垂直的轴线延伸,但是刷头和刷毛的许多其他实施例也是可能的。

[0034] 根据一个实施例,刷头构件14被安装,以便能够相对于主体部分12运动。运动可以是各种不同的运动中的任何运动,包括振动或旋转等。

[0035] 根据一个实施例,主体部分12包括用于生成运动的传动系22和用于将生成的运动传送给刷头构件14的传动部件24。例如,传动系22可以包括生成传动部件24的运动的电机或(一个或多个)电磁体,传动部件24的运动随后被传送给刷头构件14。传动系22可以包括诸如电源、振荡器和一个或多个电磁体等部件。

[0036] 尽管在本实施例中,口腔清洁设备10是电动牙刷,但是应当理解的是,在备选实施

例中,口腔清洁设备是手动牙刷(未示出)。在这样的布置中,手动牙刷具有电气部件,但是刷头不是由电气部件机械致动的。

[0037] 主体部分12还设置有用户输入26,以激活和去激活运动发生器 22。用户输入26允许用户操作口腔清洁设备10,例如接通和关断口腔清洁设备10。用户输入26可以例如是按钮、触摸屏或开关。

[0038] 口腔清洁设备10包括一个或多个运动标识器28。运动标识器28 在图1中被示出为在主体部分12内,但是运动标识器28可以位于设备内的任何位置,包括例如在刷头构件14或刷头16内。运动标识器 28包括例如6轴或9轴的空间传感器系统。例如,运动标识器28被配置成使用例如3轴陀螺仪和3轴加速度计来提供六轴相对运动(三轴平移并且三轴旋转)的读数。作为另一示例,运动标识器28被配置成使用例如3轴陀螺仪、3轴加速度计和3轴磁力计来提供九轴相对运动的读数。其他传感器可以单独利用或与这些传感器结合使用,包括但不限于压力传感器和其他类型的传感器。如本文所描述或以其他方式所设想的,可以利用许多不同类型的传感器来确定设备的状态和/或转变。

[0039] 运动标识器28在口腔清洁设备10中被设置在预限定位置和取向中。因此,可以基于运动标识器28的已知取向和位置容易地确定刷头构件14的取向和位置。因此,刷头构件14与运动标识器28处于固定的空间相对布置。

[0040] 运动标识器28被配置成生成指示口腔清洁设备10的加速度和角度取向的信息。传感器系统可以包括两个或更多个运动标识器28,其共同用作6轴或9轴空间传感器系统。根据另一实施例,集成的9轴空间传感器可以在口腔清洁设备10中提供空间节省。

[0041] 由第一运动标识器28生成的信息被提供给设备控制器30。控制器30可以包括处理器32和存储器34。处理器32可以采取任何适当的形式。例如,处理器32可以是或包括微控制器、多个微控制器、电路、单个处理器或多个处理器。控制器30可以由一个或多个模块形成,并且可操作于响应于输入(例如用户输入26)来操作口腔清洁设备10。例如,控制器30可以被配置成致动电机控制单元。根据一个实施例,运动标识器28与控制器30是一体的。

[0042] 存储器34可以采取任何适当的形式,包括非易失性存储器和/或 RAM。非易失性存储器可以包括只读存储器(ROM)、硬盘驱动器(HDD)或固态驱动器(SSD)。存储器可以存储操作系统等。RAM 由处理器使用以用于数据的临时存储。操作系统可以包含代码,该代码在由控制器30执行时控制口腔清洁设备10的硬件部件中的每一个的操作。

[0043] 参考图2A,提供了口腔清洁系统200的一个实施例。根据一个实施例,口腔清洁系统200包括一个或多个运动标识器28以及控制器30,控制器30包括处理器32和存储器34。当与电动清洁设备一起使用时,口腔清洁系统200包括传动系22,传动系22的操作由控制器30控制。

[0044] 根据一个实施例,控制器30使用来自运动标识器28的信息来确定并且跟踪口腔清洁设备10在用户将设备在整个口内移动时的位置。控制器被编程或被配置成应用诸如隐马尔可夫模型(“HMM”)或者任何其他概率图模型或混合方法之类的概率图模型来根据空间传感器信息估计口腔清洁设备10的位置,该空间传感器信息是从运动标识器28接收的。口内的位置具有具体的名称,并且这些名称中的每一个可以被视为口腔清洁设备10的刷头构件在口内的不同位置。例如,刷头在口中的大致位置被称为状态。尽管根据一些实施例,状态可以是刷头在牙齿上的精确位置,或者更特别地在牙齿的特定部分上的精确位置,但是状

态可以更广泛地是口的一段,诸如左上外侧、左上内侧等(见表1)。当用户在口内的不同状态之间移动时,运动信息由运动标识器28生成并且被发送给控制器30。概率图模型创建针对当前状态的最佳估计,其中当前状态概率分布是根据先前的状态概率分布和由运动标识器28检测到的从一个状态转变到任何其他状态的概率来计算的。因此,基于与转变概率分布组合的先前状态概率分布来确定设备在给定空间内的最可能的位置,其中分布是一个或多个矩阵,其包含关于状态之间的转变的似然性(likelihood)的信息。可以涉及多个转变矩阵,诸如包含基于用户校准的行为信息(诸如转变的可能性有多大)的统计矩阵、以及包含基于传感器读数已经发生的转变的似然性的矩阵、和/或者包含基于系统的先验知识已经发生的转变的似然性的矩阵。

[0045] 参考图2B是口腔清洁系统200的另一实施例,该口腔清洁系统 200包括口腔清洁设备10和与口腔清洁设备分开的设备40。口腔清洁设备10可以是本文公开的或以其他方式设想的口腔清洁设备实施例中的任一个。根据一个实施例,口腔清洁设备10包括用于空间传感器信息的一个或多个运动标识器28、以及包括处理器32的控制器 30。口腔清洁设备10可以包括传动系22,传动系22的操作由控制器 30控制。

[0046] 根据一个实施例,口腔清洁设备10还包括通信模块38,其传送所收集的空间传感器信息。通信模块可以是能够传送有线或无线信号的任何模块、设备或装置,包括但不限于 Wi-Fi、蓝牙、近场通信和/或蜂窝模块。

[0047] 根据一个实施例,设备40可以是被配置成或能够接收和处理从口腔清洁设备10传送的空间传感器信息的任何设备。例如,设备40 可以是清洁设备保持器或站、智能电话、计算机、服务器或任何其他计算机化设备。根据一个实施例,设备40包括通信模块42,其可以是能够接收有线或无线信号的任何模块、设备或装置,包括但不限于 Wi-Fi、蓝牙、近场通信和/或蜂窝模块。设备40还包括处理器44,处理器44如本文所描述的那样使用从运动标识器28接收的空间传感器信息来确定和跟踪口腔清洁设备10在用户将设备在整个口移动时的位置。根据一个实施例,设备40可以包括存储器34,以存储校准数据、所接收的空间传感器信息或任何其他信息。

[0048] 仅作为一个示例,口腔清洁设备10可以使用运动标识器28收集传感器信息,并且经由蓝牙连接将该信息本地传送给智能电话设备 40,在智能电话设备40中传感器信息被处理和/或存储。作为另一示例,口腔清洁设备10可以使用运动标识器28收集传感器信息,并且经由WiFi连接将该信息传送给互联网,在互联网该信息被传达给远程服务器设备40。远程服务器设备40处理和/或存储传感器信息。用户可以直接访问该信息,或者可以从远程服务器设备40或相关联的设备接收报告、更新或其他信息。

[0049] 参考图3,在一个实施例中,图3是用于跟踪设备在给定空间内的运动的方法300的流程图。在方法的步骤310处,提供口腔清洁设备10。口腔清洁设备可以是本文描述的或以其他方式设想的任何实施例。

[0050] 在方法的可选步骤320处,口腔清洁设备10可以被校准。校准可以包括例如限定系统内的位置和/或转变,这可以在工厂或由用户完成。状态校准数据由注释的传感器数据集组成。例如,在校准环节期间,指定区部被刷洗,并且即时的传感器数据被注释和存储。

[0051] 根据一个实施例,校准可以由个体用户执行。这可以通过几种方式而被执行。例如,用户可以简单地使用该设备,并且系统可以通过记录形状和边界条件(诸如在后臼齿处

的转折点)来重建颌的图。根据另一种用户校准方法,用户通过刷洗环节被引导,其中指示他应该刷洗的位置,使得系统可以将位置映射到它的传感器数据以及将系统训练到用户的运动模式(例如,快或慢转变)。

[0052] 根据一个实施例,校准步骤被省略。代之,口腔清洁设备在一个或多个刷洗环节上通过比较这些环节之间的数据来开发校准数据集。还可以利用自学习方法来补充、修改或以其他方式调整工厂校准或用户校准。

[0053] 在方法的步骤330处,口腔清洁设备在口内被放置在第一位置处,并且用户开始刷洗其牙齿。根据一个实施例,用户被指引到开始刷洗其牙齿处,并且因此该方法跳过步骤335并且进行到步骤340。

[0054] 在方法的步骤335处,系统使用概率图模型确定第一状态的概率。根据一个实施例,模型将利用先前状态概率、基于校准数据的当前状态概率、以及从先前状态转变到当前状态的概率根据以下公式来确定当前状态概率:

$$[0055] \quad P(s) = P(S_{cal}) \cdot (P(s_{-1})P(T)) \quad (\text{方程1})$$

[0056] 其中, $P(s)$ 是当前状态概率矩阵, $P(s_{-1})$ 是先前状态概率矩阵, $P(T)$ 是从每个状态 $s-1$ 转变到状态 s 的概率矩阵,以及 $P(S_{cal})$ 是基于来自步骤320的校准数据的当前状态概率矩阵。所得到的分布然后被归一化。

[0057] 然而,在估计用户口内的第一位置期间,将不存在先前位置概率。因此,为了估计第一位置,可以仅利用校准数据来确定位置。存在几种用于当前状态估计的方法,并且下文将更详细地提供这些方法。例如,根据一个实施例,基于校准数据来确定第一(未知)状态的概率,同时使用方程 $P(s) = P(s_{-1}) * P(T)$ 或者方程1来确定后续的未知状态。

[0058] 根据一个实施例,转变矩阵 T 提供从每个可能状态转变到每一个其他可能状态的概率。

[0059] 矩阵然后乘以当前状态矩阵 S 。在该示例中,当前状态是100%准确已知的,但这不一定是这种情况。当前位置通常也是不确定的,导致具有概率分布的矩阵 S 。转变概率和状态概率相乘的结果给出新的状态概率分布矩阵 P 。根据这个矩阵 P ,最可能的当前状态可以被确定,并且用于向用户提供反馈。

$$[0060] \quad \begin{bmatrix} T_{1,1} & T_{2,1} & T_{3,1} \\ T_{1,2} & T_{2,2} & T_{3,2} \\ T_{1,3} & T_{2,3} & T_{3,3} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix} \quad (\text{方程2})$$

[0061] 转变矩阵 T 本身可以是概率相乘的结果,并且还可以包括行为模式的概率信息。例如,用户在刷洗时不太可能跳过单个牙齿。例如,从牙齿#1转变到牙齿#3而完全跳过它们之间的牙齿#2是不太可能的。在每两个牙齿之间存在转变概率,这可以被并入到转变矩阵 T 中。这些行为概率可以通过例如引导的校准环节或者从消费者研究中挖掘的数据来获得。

[0062] 根据一个实施例,转变矩阵 T 包括边界条件信息。由于颌的形状是已知的,可以对计算施加边界条件。例如,如果系统正在跟踪颌上的绝对位置,并且来自运动指示器的信息表明新的位置位于颌外侧五厘米处,那么其被分配可忽略的概率,因为所估计的位置不落入系统边界内。在这样的时刻,跟踪可能被认为是丢失的,直到估计的新位置落回到系统的边界条件内,或者位于系统边界内的第二位置也具有成为真实位置的高概率。每当跟踪丢

失并且再次找到时,可以使用在跟踪丢失时出现的转变概率,从新找到的位置回溯中间路径。

[0063] 根据一个实施例,在考虑转变概率之前,即时的传感器值可以已经给出位置的指示。传感器数据的每个组合已经约束了可能的位置。例如,当刷子向内指向时,刷子位于颚的外侧,这排除了某些状态。这些观察也可以帮助恢复丢失的位置跟踪。将状态链接到即时传感器数据的模型可以是来自最终用户或在开发期间的校准步骤挖掘的数据。

[0064] 在方法的步骤340处,转变出现并且通过来自运动标识器28的信息被检测。例如,运动标识器可以检测从口的一侧到另一侧的平移、从口的内侧到口的外侧的旋转、或平移和旋转两者。运动标识器28的陀螺仪、加速度计、磁力计、压力传感器和/或其他传感器连续或周期性地向控制器30发送信息,并且该信息的改变可以由系统解释为转变,包括但不限于平移、旋转和/或其他运动或转变。根据一个实施例,控制器基于与校准数据的比较、与预定的或预编程的数据的比较和/或其他数据的比较,将来自运动标识器28的信息解释为转变。

[0065] 在转变完成后,控制器30将在该方法的步骤350处利用该信息确定口腔清洁设备10在口中的新位置或状态。因此,与先前的方法不同,仅在设备从先前状态转变到当前状态完成之后才确定状态。为了确定新的状态,控制器将来自运动标识器28的转变信息与校准数据进行比较。例如,控制器可以确定新数据与校准点比较得如何,并且获得相似性的测量。如下文详细描述,存在多种通过将来自运动标识器28的转变信息与校准数据进行比较来完成步骤350的方式,包括:(i) 直方图相关性;(ii) 概率密度分布分析;和/或(iii) 最近邻分析。

[0066] 对于直方图相关性方法,针对校准数据和来自运动标识器28的当前观察的传感器数据两者中的一个或多个轴来构建归一化的直方图。相关性由直方图的内积计算(按元素相乘并且然后求和)。具有最匹配的数据点的数据集将产生最高的总和。当使用多个轴时,总估计是通过将个体轴的结果相乘来计算的。

[0067] 对于概率密度分布分析,使用以下方程将正态分布函数拟合到校准数据集:

$$[0068] \quad f(x|\mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (\text{方程 3})$$

[0069] 然后通过找到概率密度分布中观察到的传感器数据的每个个体点的概率来估计当前位置。根据一个实施例,该方法对于例如校准数据中可能的间隙较不敏感。

[0070] 一些状态观察导致定位的模糊结果。为了区分这些状态,有必要考虑导致状态的一个或多个转变。口中转变的最显著特性可以是例如第一状态与第二状态之间的角位移。然而,每个转变仅对应于一组位移(x、y和z)。因此,可能没有足够的数据来构建正态概率分布来与校准集进行比较。归因于数据点数目较少,可以利用最近邻分析。根据一个实施例,当观察到转变时,系统查找转变校准集五个最近邻(dx, dy, dz),然而在其他实施例中可以利用少于五个或多于五个的最近邻。优选地,系统查找将避免相等几率的多个近邻。每个转变的相对概率由每个簇贡献的最近邻的数目来确定。

[0071] 因此,根据一个实施例,对于最近邻分析,来自运动标识器28的观察到的传感器数据通过查看多维空间中的x数目的最近邻来比较校准数据集。通过获取在三维空间中表示为两个矢量的点之间的差的范数,来计算测量点(由来自运动标识器28的观察到的传感

器数据确定)与每个校准点之间的距离:

$$[0072] \quad (d = \|\vec{a} - \vec{b}\|) \quad (\text{方程 4})$$

[0073] 然后可以通过被分配给该位置的最近邻的相对数目来计算针对每个位置的概率,例如使用以下的等式,其中,n(total)是所考虑的近邻的总数目:

$$[0074] \quad P(s) = n(s) / n(\text{total}) \quad (\text{方程5})$$

[0075] 根据一个实施例,可以清楚地限定牙腔中的状态和转变,包括但不限于通过校准数据。参考图4,根据一个实施例,限定了针对口的状态。口400包括上牙齿410和下牙齿420,其中状态如表1中所阐述。转变是从状态中的任何一个状态到状态中的任何其他状态的运动。一些转变是清楚的,而其他的一些转变是模糊的,如下文更详细阐述的。另外,一些转变更可能出现,而另一些转变不太可能出现,并且该信息可以可选地作为分析的组成部分。

[0076] 表1. 状态缩写

状态缩写	状态全称
LLI	左下内侧
LLO	左下外侧
ULO	左上外侧
ULI	左上内侧
URI	右上内侧
URO	右上外侧
LRO	右下外侧
LRI	右下内侧
LCI	中下内侧
LCO	中下外侧
UCO	中上外侧
UCI	中上内侧
LCI	中下内侧

[0078] 参照图5,根据一个实施例,限定了口中的状态之间的转变。口 400包括上牙齿410和下牙齿420,其中转变被限定为正或负平移(“T”)和/或正或负旋转(“R”)。一些转变仅涉及一种类型的运动(T或R),而其他转变涉及两种类型的运动(T和R)。

[0079] 根据一个实施例,转变概率可以被视觉化为表格,其中诸如累积角度改变集之类的观察信号提供每个可能转变为真的概率。这可以完全概率性地和/或基于规则集来完成。

[0080] 概率方法

[0081] 根据一个实施例,完全概率方法需要完全校准的传感器数据集,其根据一个实施例该传感器数据是角度旋转。在检测到转变之后,通过用于状态估计的上文方法之一,针对每个可能转变将转变之前和转变之后之间的传感器旋转与校准的角度旋转进行比较,得到如图6中所示的表格。对于由到/从指示的每个状态转变,诸如例如从LLO(左下外侧)到LLI(左下内侧),存在可能转变为真的概率P2。

[0082] 基于规则的方法

[0083] 根据一个实施例,基于规则的方法基于系统的先验知识,其中每个段之间的运动

类型是已知的。利用可以被限定的运动类型制成表格,如图7中所示,在这种情况下是左右平移(T+/-)、左右旋转(R+/-)和/或180°旋转。根据一个实施例,校准集可以仅包含针对每个运动类型的校准数据(例如角旋转)。

[0084] 当检测到转变时,将角旋转签名与现有签名进行比较(在该示例中使用最近邻方法)以分配观察到的每个运动的概率。这些归一化的概率被分配给表格中期望出现运动的对应位置。所有不期望的运动位置被分配概率的倒数。根据一个实施例,这导致针对每个可能运动的一个完整表格。

[0085] 例如,当正旋转R+被观察到具有0.6确定性时,R+表格中出现R+的每个元素被分配0.6。所有其他的元素被分配(1至0.6),因为当没有观察到R+时,这是其他运动中的任何运动为真的机会。

[0086] 根据一个实施例,然后将所有表格按元素相乘,以得到最终转变概率分布。当没有观察到运动时,每个元素被分配相同的值(1/N),所以表格不会影响最后的相对几率。根据一个实施例,该表示不需要是单个表格。这也可以使用库、查找表或其他方法来执行。

[0087] 回到上文的方程1,处于某一状态的概率P(s)等于由任何其他状态 $P(s_{-1})$ 下开始以及转变到具有概率P(T)的特定位置的所有组合所给出的几率的总和。为了解决模糊度并且得出更好的估计,基于校准数据 $P(s_{cal})$,估计再次乘以当前状态概率。

[0088] 根据一个实施例,模糊度的分辨率要求起始信息 $P(s_{-1})$ 、转变信息P(T)和终点信息 $P(s_{cal})$ 。这是因为例如对于一些位置在口腔中检测到的状态可以是两种不同状态中的最小的。例如,ULO和URI可能是不可区分,直到转变出现,并且即使如此,一些转变也是不可区分的。例如,ULO到ULI或ULI到ULO转变包括旋转,但是对于系统来说可能难以确定准确的定位,至少直到不对称性被引入。只要存在由不对称性引起的可区分转变,那么该系统就不存在模糊度。通常,系统将不仅没有模糊,而且将能够确定先前模糊的先前状态。

[0089] 在图3中的方法的可选步骤355处,根据一个实施例,校正一个或多个先前的状态确定。例如,状态确定可以是在该方法的步骤350处确定的,但是后续转变可能指示先前的状态转变是不正确的。例如,后续转变可能是不可能或根据错误地确定的状态是太可能的,这可以触发检查和/或可能的校正。系统可以与最近的转变一起利用一个或多个先前转变,以确定和校正错误地确定的状态。

[0090] 类似地,如果系统暂时失去对状态或转变的跟踪,或者不能识别状态或转变,则系统可以确定当前状态和/或校正先前状态。例如,系统可以使用先前的传感器信息确定其处于假设的状态S1,随后是到新的不可确定状态S2的不可确定转变T?。后续已知的转变T2导致确定的状态S3,这意味着先前的到状态S2的不可确定转变T?必须是到状态S2的转变T1。所获得的信息可以用于自学习和/或细化或以其他方式限定校准数据集。

[0091] 因此,在图3中的方法的步骤360处,系统检测到口腔清洁设备从一个状态到另一状态的第二转变。例如,运动标识器可以检测到从口的一侧到另一侧的平移、从口的内侧到口的外侧的旋转、或平移和旋转两者。运动标识器28的陀螺仪、加速度计、磁力计和/或其他传感器连续或周期性地向控制器30发送信息,并且该信息的改变可以由控制器解释为转变,包括但不限于平移、旋转和/或其他运动或转变。根据一个实施例,控制器基于与校准数据的比较、与预定或预编程数据的比较和/或其他数据的比较,将来自运动标识器28的信息解释为转变。步骤340、350和360可以在刷洗环节的整个过程中被重复。

[0092] 根据另一实施例,方法仅利用转变数据来跟踪运动和确定口腔清洁设备的状态。例如,当检测到必然限定口腔清洁设备被移动或现在正位于的状态的转变时,那么仅转变数据是必需的。在其中转变限定两个或更多个可能状态的场景中,可能有必要依赖于其他传感器数据或者利用先前和/或后续的转变来确定先前状态。

[0093] 在方法的步骤370处,系统利用在刷洗环节期间获得的状态确定或者仅如上文所描述的转变数据来评估刷洗环节。根据一个实施例,系统存储关于在刷洗环节期间获得的状态确定的信息,以便现在或者在未来的某个时刻点创建或以其他方式执行评估。根据另一实施例,系统存储关于多个刷洗环节的信息以随时间积累数据,包括刷洗次数、技术或其他度量的改进以及改进的缺乏。

[0094] 例如,评估刷洗环节的一个目标可以是跟踪用户刷洗每个位置花费的时间量。如果总的推荐刷洗时间例如是两分钟,则在图4中标识的十二个区域中的每一个应被刷大约10秒。系统可以将跟踪的状态与定时器、时钟或表格进行比较,以确定哪些区域被充分刷洗以及哪些区域没有被充分刷洗。

[0095] 根据一个实施例,系统可以利用针对刷洗环节的其他评估度量。例如,另一度量可以是在每个区域内行进的距离。这可能需要知道颌的尺寸,其可以例如从校准环节或正常刷洗中被提取。另一度量标准可以是信号在单个区域内的扩展。例如,如果用户仅将刷子保持在一个位置,扩展将是非常小。当用户在一个区域中移动时,如此覆盖更完全,扩展将更大并且更符合校准曲线(其也更宽)。根据一个实施例,系统可以利用多个度量来以多维方式评估刷洗环节。

[0096] 在方法的可选步骤375处,系统确定在刷洗环节期间是谁在使用刷子。系统然后可以可选地将信息与用户和/或用户账户相关联。例如,根据一个实施例,系统使用所观察到的确定状态的顺序来确定在刷洗环节期间谁在使用刷子。可以合理地假定,大多数用户在刷洗环节期间将以相同或类似的模式刷洗他们的牙齿。因此,在确定的顺序或模式与特定的用户和/或用户账户相关联后,后续的刷洗环节足够接近所存储的或相关联的顺序或模式。环节是否足够接近先前环节的确定可以例如由阈值或概率确定来确定。

[0097] 在方法的步骤380处,可以传达对刷洗环节的评估。例如,系统可以向用户传达关于哪些区域被充分刷洗以及哪些区域没有被充分刷洗的信息。这可以利用显示器来执行,诸如如下的显示器,其具有八个或十二个目标区域以及哪些区域被充分刷洗、哪些区域没有被充分刷洗和/或两者的视觉指示符。根据一个实施例,系统可以向用户或向远程系统提供实时跟踪和定位数据。例如,系统可以经由有线或无线网络连接将实时跟踪和定位数据传送给计算机。作为另一示例,系统可以经由有线或无线网络连接将所存储的跟踪和定位数据传送给计算机。因此,系统可以将关于单个刷洗环节和/或多个刷洗环节的信息直接传送给健康专业人员,诸如牙医或牙科卫生专家。

[0098] 本文中限定并使用的所有定义应被理解为控制在词典定义、通过引用并入的文档中的定义和/或所定义的术语的普通意义的范围。

[0099] 本文在说明书和权利要求书中使用的不定冠词“一”和“一个”,除非清楚地另行指示,否则应被理解为意指“至少一个”。

[0100] 本文在说明书和权利要求中使用的词语“和/或”应被理解为意指如此连接的元件中的“任一个或两者”,即在一些情况下结合地存在并且在其他情况下分离地存在的元件。

应以相同的方式解释用“和/ 或”列出的多个元件,即,如此结合的元件中的“一个或多个”。除由“和/或”子句具体标识的元件以外的其他元件可以可选地存在,无论与具体标识的那些元件相关或不相关。

[0101] 如本文在说明书和权利要求中所使用的,“或”应被理解为具有与上文限定的“和/或”相同的意义。例如,当分隔列举中的项时,“或”或“和/或”应被解释为包含性的,即,包含若干或列举的元件中至少一个,但也包含多于一个,并且可选地包含附加的未列出的项。只有相反地清楚地指示的术语,诸如“…中的仅一个”或“…中的确切的一个”,或者当在权利要求中使用“由……组成”时,将指代包含若干或列举的元件中确切的一个。一般地,本文中使用的术语“或”仅当在前有排除性术语(诸如“任一个”、“…中的一个”、“…中的仅一个”或“…中的确切的一个”)时,应被解释为指示排除性的备选方案(即“一个或另一个而非两者”)。

[0102] 如本文在说明书和权利要求中使用的,短语“至少一个”,在一个或多个元件的列举的引用中,应被理解为意指选自所列举的元件中的元件中的任何一个或多个,但不一定包含在元件的列举中具体列出的每一个元件中的至少一个,并且不排除列举的元件中元件的任意组合。该限定也允许可以可选地存在除短语“至少一个”所指的所列举的元件内具体标识的元件以外的其他元件,无论与具体标识的那些元件相关或不相关。

[0103] 还应理解的是,除非清楚地相反指示,否则在本文要求保护的包括多于一个步骤或动作的任何方法中,方法的步骤或动作的顺序不一定被限制为所记载的方法的步骤或动作的顺序。

[0104] 在权利要求中以及在上文的说明书中,所有的连接短语,例如“包括”、“包含”、“承载”、“具有”、“含有”、“涉及”、“拥有”、“由……构成”等应被理解为开放式的,即意指包括但不限于。尽管本文已经描述和说明了若干创造性实施例,但是本领域普通技术人员将容易想到用于执行该功能和/或获得该结果和/或本文描述的一个或多个优点的各种其他装置和/或结构,并且这样的变型和/或修改中的每一个都视为本文所描述的创造性实施例的范围内。更一般地,本领域技术人员将容易理解本文所描述的所有参数、尺寸、材料和配置均意为是示例性的,并且实际参数、尺寸、材料和/或配置将取决于使用本创造性教导的一个或多个特定应用。本领域技术人员将认识到或者仅仅使用常规实验便能够确定本文所描述的具体创造性实施例的很多等同物。因此应理解的是,前述实施例仅以示例的方式呈现,并且在所附权利要求及其等同物的范围内,可以以不同于具体描述和要求保护的其他方式实践创造性实施例。本公开的创造性实施例设计本文所描述的每个个体特征、系统、物品、材料、工具和/或方法。此外,如果这样的特征、系统、物品、材料、工具和/或方法不相互矛盾,则两个或更多个这样的特征、系统、物品、材料、工具和/或方法的任何组合被包含在本公开的创造性范围内。

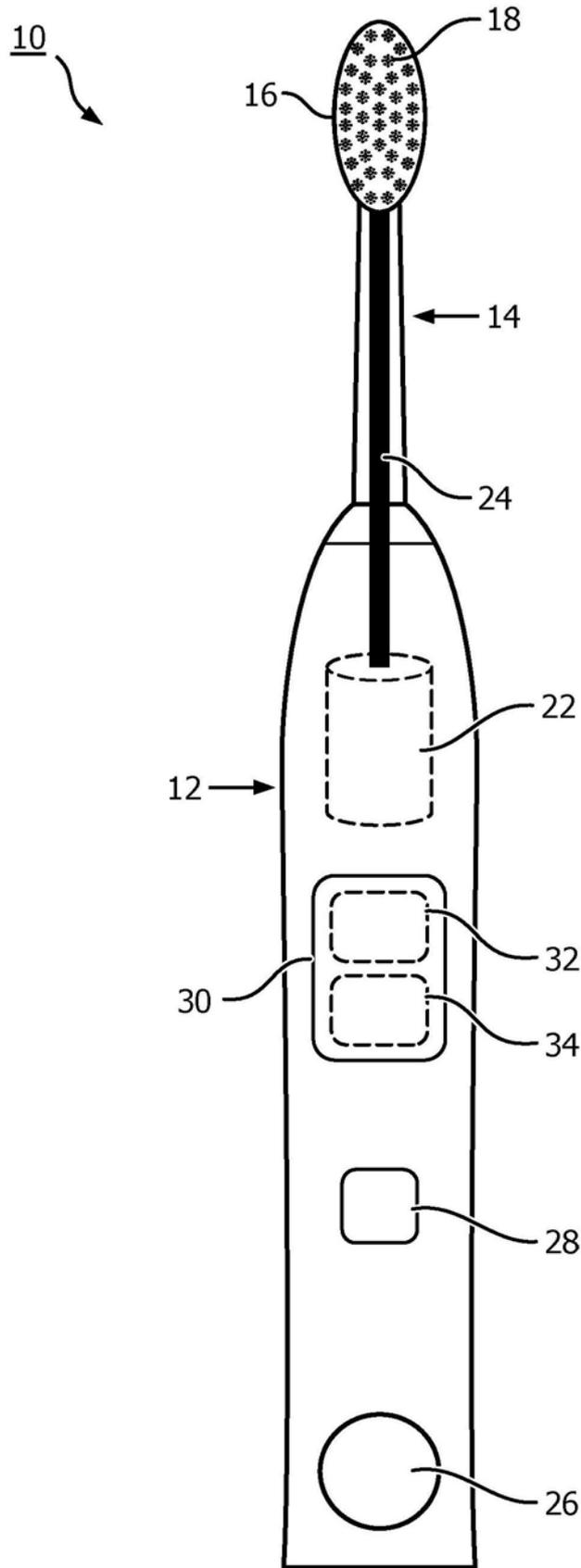


图1

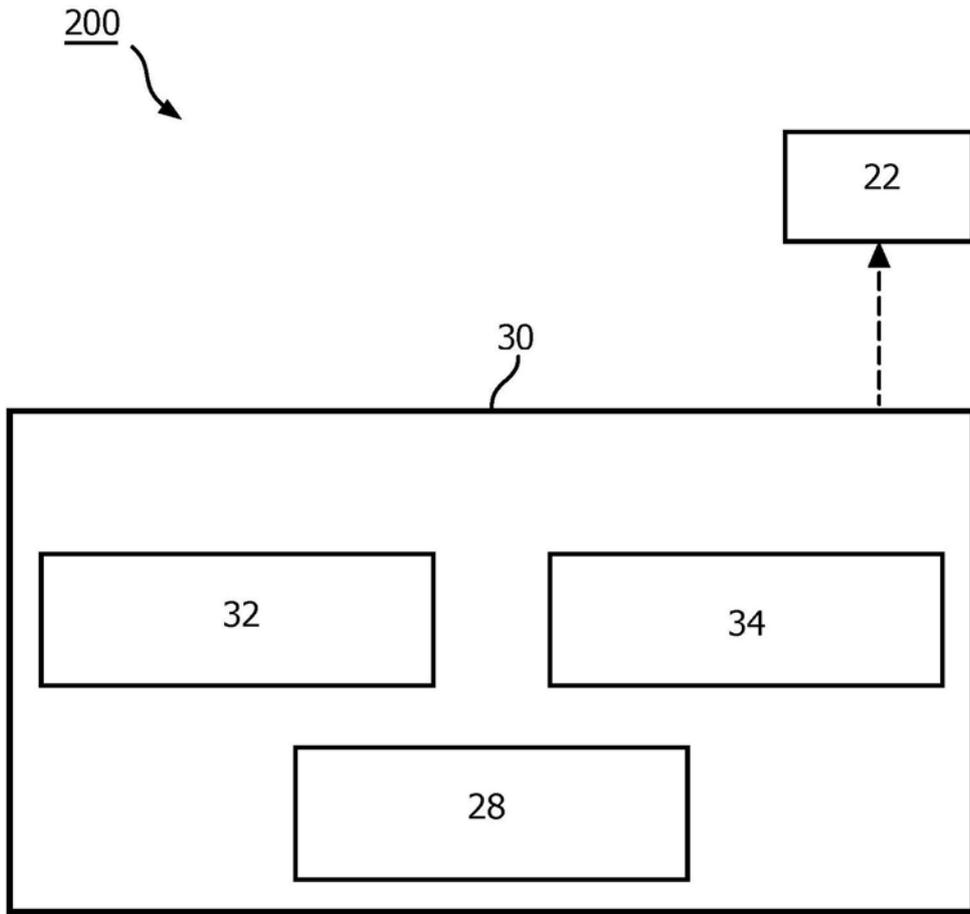


图2A

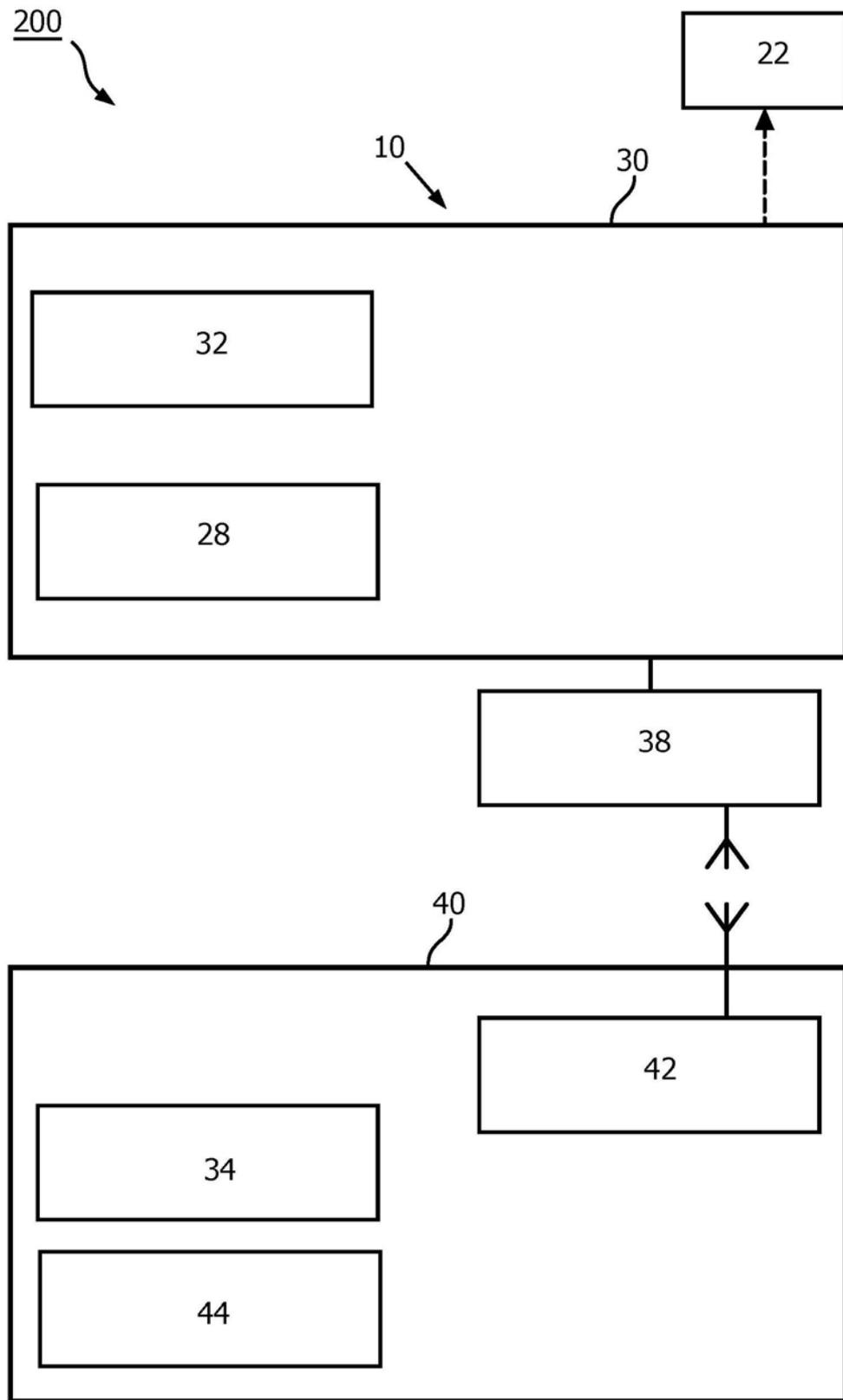


图2B

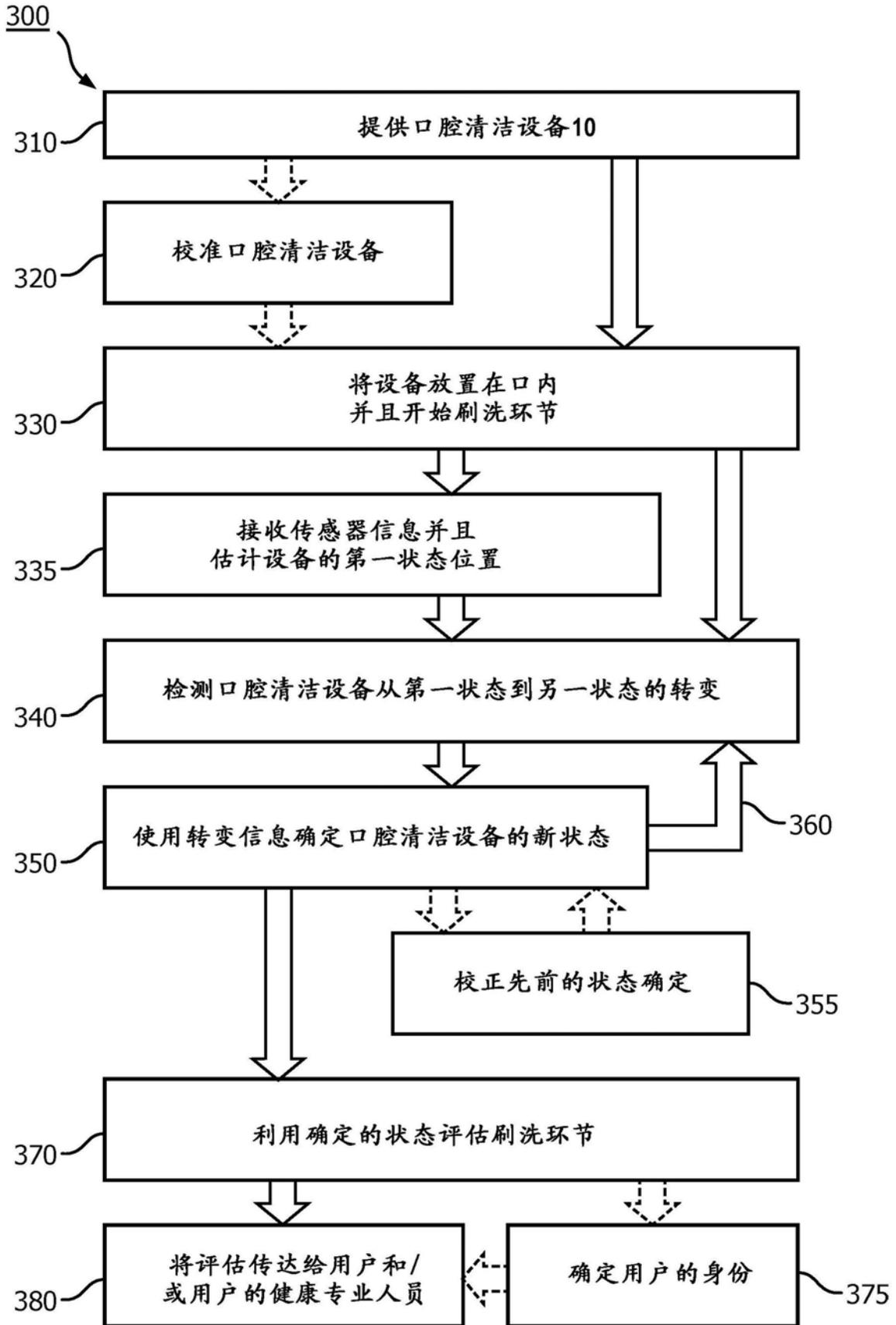


图3

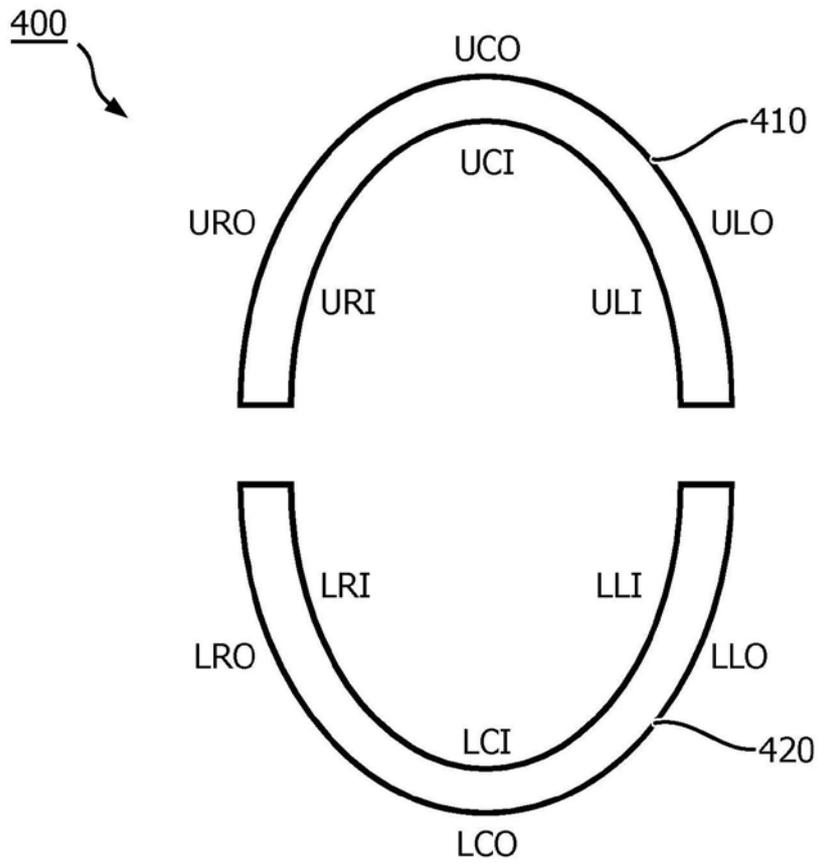


图4

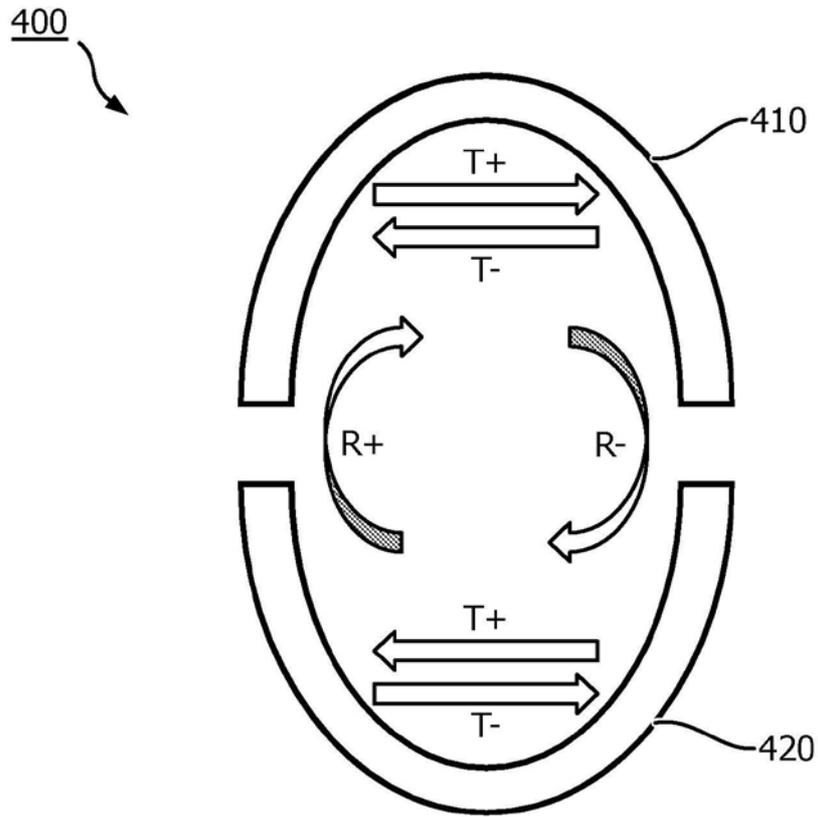


图5

V 到/从	LLI	LLO	[...]	LRO	LRI
LLI	P1	P2
LLO
[...]
LRO
LRI

图6

		从							
		ULO	ULI	URI	URO	LRO	LRI	LLI	LLO
到	ULO	n/a	R+	T+	$\frac{R+}{T+}$	$\frac{R\pm}{T-}$	$\frac{R-}{T-}$	R±	R-
	ULI	R-	n/a	$\frac{R-}{T+}$	T+	$\frac{R+}{T-}$	$\frac{R\pm}{T-}$	R+	R±
	URI	T-	$\frac{R+}{T-}$	n/a	R+	R±	R-	$\frac{R\pm}{T+}$	$\frac{R-}{T+}$
	URO	$\frac{R-}{T-}$	T-	R-	n/a	R+	R±	$\frac{R+}{T+}$	$\frac{R\pm}{T+}$
	LRO	$\frac{R\pm}{T-}$	$\frac{R-}{T-}$	R±	R-	n/a	R+	T+	$\frac{R+}{T+}$
	LRI	$\frac{R+}{T-}$	$\frac{R\pm}{T-}$	R+	R±	R-	n/a	$\frac{R-}{T+}$	T+
	LLI	R±	R-	$\frac{R\pm}{T+}$	$\frac{R-}{T+}$	T-	$\frac{R+}{T-}$	n/a	R+
	LLO	R+	R±	$\frac{R+}{T+}$	$\frac{R\pm}{T+}$	$\frac{R-}{T-}$	T-	R-	n/a

图7