



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108135514 B

(45)授权公告日 2020.11.06

(21)申请号 201680058144.X

(22)申请日 2016.09.28

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108135514 A

(43)申请公布日 2018.06.08

(30)优先权数据
62/237,404 2015.10.05 US
15/013,886 2016.02.02 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2018.04.04

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2016/054031 2016.09.28

(87)PCT国际申请的公布数据
W02017/062232 EN 2017.04.13

(73)专利权人 微软技术许可有限责任公司
地址 美国华盛顿州

(72)发明人 H·阿尔巴大卫 H·Y·M·方
Z·刘

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100
代理人 罗婷婷 胡利鸣

(51)Int.Cl.
A61B 5/024(2006.01)
A61B 5/11(2006.01)

(56)对比文件
CN 104207756 A,2014.12.17
CN 104207756 A,2014.12.17
US 5243993 A,1993.09.14
CN 104921702 A,2015.09.23

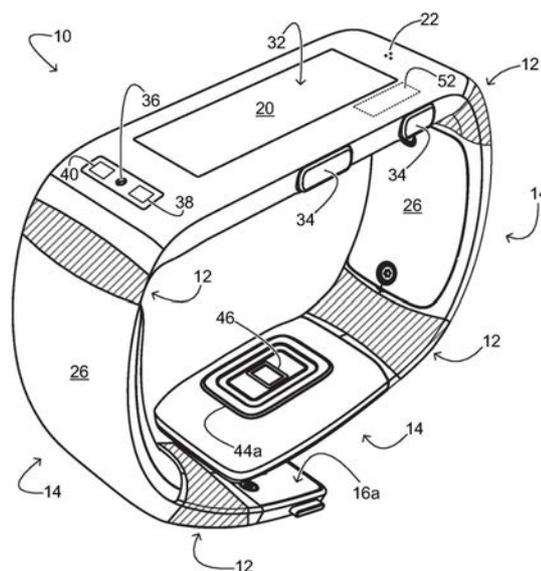
审查员 王珊珊

权利要求书3页 说明书12页 附图9页

(54)发明名称
心率校正

(57)摘要

一种可穿戴心率监视设备,包括光学传感器,该光学传感器被配置成将从可穿戴心率监视设备的穿戴者反射的测试光转换为机器可读心率信号。该可穿戴心率监视设备还包括运动传感器,该运动传感器被配置成将可穿戴心率监视设备的运动转换为机器可读运动信号。该可穿戴心率监视设备还包括心率报告机,该心率报告机被配置成至少部分地基于机器可读运动信号来确定可穿戴心率监视设备的穿戴者当前正在执行的运动类型,并至少基于机器可读心率信号和运动类型来输出估计心率。



1. 一种计算设备,包括:

硬件传感器接口,所述硬件传感器接口被配置成接收机器可读心率信号以及描述所述计算设备的穿戴者的当前活动的一个或多个方面的机器可读穿戴者活动信号,所述机器可读穿戴者活动信号能用于确定所述穿戴者当前正在执行的活动类型;以及

心率报告机,所述心率报告机被配置成:

使用第一心率估计方法来基于所述机器可读心率信号估计所述穿戴者的第一候选心率;

使用不同于第一心率估计方法的第二心率估计方法来基于所述机器可读心率信号估计所述穿戴者的第二候选心率;以及

基于确定相比于所述第二候选心率,所述第一候选心率与所述机器可读穿戴者活动信号更一致,输出所述第一候选心率;或者

基于确定相比于所述第一候选心率,所述第二候选心率与所述机器可读穿戴者活动信号更一致,输出所述第二候选心率;

其中当所述活动类型被确定为是步行,并且所述第二候选心率小于所述第一候选心率时,所述第二候选心率被确定为相比于所述第一候选心率,与所述机器可读穿戴者活动信号更一致。

2. 如权利要求1所述的计算设备,其特征在于,所述机器可读穿戴者活动信号指示穿戴者运动频率,所述穿戴者运动频率指示所述穿戴者的当前活动速率。

3. 如权利要求2所述的计算设备,其特征在于,所述穿戴者运动频率指示所述穿戴者的脚步频率。

4. 如权利要求2所述的计算设备,其特征在于,所述第一心率估计方法包括:

通过将所述穿戴者运动频率从所述机器可读心率信号中过滤掉来生成经运动校正的心率信号;以及

通过评估所述经运动校正的心率信号对零轴的各跨越之间的平均时间长度来估计所述第一候选心率。

5. 如权利要求1所述的计算设备,其特征在于,所述第二心率估计方法包括:

为多个时间区间中的每一者标识在所述机器可读心率信号的频率搜索窗口内的最高发生频率,所述频率搜索窗口的范围根据所述穿戴者当前正在执行的活动类型而变化;以及

基于确定标识出的最高发生频率中的大多数落在相似性阈值内,选择平均最高发生频率作为第二候选心率。

6. 如权利要求5所述的计算设备,其特征在于,基于确定所述活动类型为步行,所述频率搜索窗的下界被设为等于所述穿戴者的脚步频率,并且所述频率搜索窗的上界被设为等于所述穿戴者的所述脚步频率的两倍。

7. 如权利要求5所述的计算设备,其特征在于,基于确定所述活动类型为跑步,所述频率搜索窗的下界被设为等于所述穿戴者的脚步频率乘以一恒量,并且所述频率搜索窗的上界被设为等于200bpm。

8. 如权利要求2所述的计算设备,其特征在于,当所述活动类型被确定为是跑步,并且所述第二候选心率和所述运动频率的两倍之间的差大于跑步差别阈值时,所述第二候选心

率被确定为相比于所述第一候选心率,与所述机器可读穿戴者活动信号更一致。

9. 如权利要求8所述的计算设备,其特征在于,所述跑步差别阈值等于10跳每分钟。

10. 一种可穿戴心率监视设备,包括:

光学传感器,所述光学传感器被配置成将从所述可穿戴心率监视设备的穿戴者反射的测试光转换成机器可读心率信号;

运动传感器,所述运动传感器被配置成将所述可穿戴心率监视设备的运动转换为机器可读运动信号;以及

心率报告机,所述心率报告机被配置成:

基于所述机器可读运动信号将所述机器可读心率信号运动校正为经运动校正的心率信号;

使用第一心率估计方法来根据所述经运动校正的心率信号的时域表示估计所述穿戴者的第一候选心率;

使用不同于所述第一心率估计方法的第二心率估计方法来根据所述经运动校正的心率信号的频域表示估计所述穿戴者的第二候选心率;

基于所述机器可读运动信号,确定所述可穿戴心率监视设备的所述穿戴者的活动类型;以及

基于确定相比于所述第二候选心率,所述第一候选心率与所述活动类型更一致,输出所述第一候选心率;或

基于确定相比于所述第一候选心率,所述第二候选心率与所述活动类型更一致,输出所述第二候选心率;

其中当所述活动类型被确定为是步行,并且所述第二候选心率小于所述第一候选心率时,所述第二候选心率被确定为相比于所述第一候选心率,与所述机器可读运动信号更一致。

11. 如权利要求10所述的可穿戴心率监视设备,其特征在于,所述机器可读运动信号指示所述穿戴者的脚步频率。

12. 如权利要求10所述的可穿戴心率监视设备,其特征在于,所述第一心率估计方法包括:通过评估所述经运动校正的心率信号的所述时域表示对零轴的各跨越之间的平均时间长度来估计所述第一候选心率。

13. 如权利要求10所述的可穿戴心率监视设备,其特征在于,所述第二心率估计方法包括:

为多个时间区间中的每一者标识在所述经运动校正的心率信号的所述频域表示的频率搜索窗口内的最高发生频率,所述频率搜索窗口的范围根据所述穿戴者当前正在执行的活动类型而变化;以及

基于确定标识出的最高发生频率中的大多数落在相似性阈值内,选择平均最高发生频率作为第二候选心率。

14. 如权利要求10所述的可穿戴心率监视设备,其特征在于,当所述活动类型被确定为是跑步,并且所述第二候选心率和所述穿戴者的运动频率的两倍之间的差大于为10跳每分钟的跑步差别阈值时,所述第二候选心率被确定为相比于所述第一候选心率,与所述机器可读运动信号更一致。

15. 一种可穿戴心率监视设备,包括:

光学传感器,所述光学传感器被配置成将从所述可穿戴心率监视设备的穿戴者反射的测试光转换成机器可读心率信号;

运动传感器,所述运动传感器被配置成将所述可穿戴心率监视设备的运动转换为机器可读运动信号;以及

心率报告机,所述心率报告机被配置成:

至少部分地基于所述机器可读运动信号来确定所述可穿戴心率监视设备的穿戴者当前正在执行的活动类型;以及

至少基于所述机器可读心率信号以及所述活动类型来输出估计心率,包括:

使用第一心率估计方法来基于所述机器可读心率信号估计所述穿戴者的第一候选心率;

使用不同于第一心率估计方法的第二心率估计方法来基于所述机器可读心率信号估计所述穿戴者的第二候选心率;以及

其中当所述活动类型被确定为是步行,并且所述第二候选心率小于所述第一候选心率时,所述第二候选心率被确定为相比于所述第一候选心率,与所述机器可读运动信号更一致。

16. 如权利要求15所述的可穿戴心率监视设备,其特征在于,所述机器可读运动信号指示所述穿戴者的脚步频率。

17. 如权利要求15所述的可穿戴心率监视设备,其特征在于,所述活动类型进一步包括跑步。

心率校正

[0001] 背景

[0002] 许多人发现(尤其在锻炼时段期间)跟踪其自己的心率是有帮助且有益的。存在可用于跟踪心率的多种可穿戴设备。

[0003] 概述

[0004] 提供本概述以便以简化的形式介绍以下在详细描述中进一步描述的一些概念。本概述并不旨在标识所要求保护主题的关键特征或必要特征,也不旨在用于限制所要求保护主题的范围。此外,所要求保护的主体不限于解决在本公开的任一部分中所提及的任何或所有缺点的实现。

[0005] 可穿戴心率监视设备包括光学传感器,该光学传感器被配置用于将从可穿戴心率监视设备的穿戴者反射的测试光转换为机器可读心率信号。可穿戴心率监视设备还包括运动传感器,该运动传感器被配置成将可穿戴心率监视设备的运动转换为机器可读运动信号。可穿戴心率监视设备还包括心率报告机,该心率报告机被配置成至少部分地基于机器可读运动信号来确定可穿戴心率监视设备的穿戴者当前正在执行的运动类型,并至少基于机器可读心率信号和运动类型来输出估计心率。

[0006] 附图简述

[0007] 图1A和1B示出示例可穿戴心率监视设备。

[0008] 图2示意性地示出图1A-1B的可穿戴心率监视设备中可包括的示例光学传感器、运动传感器套件和计算系统。

[0009] 图3A和3B示出示例的经运动校正的心率信号。

[0010] 图4示出机器可读心率信号的示例频域表示。

[0011] 图5示出在校正之前和之后的穿戴者的测得跑步心率的图表。

[0012] 图6示出在校正之前和之后的穿戴者的测得步行心率的图表。

[0013] 图7示出用于估计穿戴者心率的示例方法。

[0014] 图8示意地示出示例计算系统。

[0015] 详细描述

[0016] 可穿戴电子设备的常见功能是测量穿戴者心率。然而,许多用于心率测量的技术易受信号污染影响,从而破坏测得的心率的准确性。例如,在锻炼期间,测得的心率信号可被心率监视设备的穿戴者的运动(例如,脚步)污染。

[0017] 存在可用于减轻心率信号中的运动污染,潜在地返回更准确的心率测量的技术。然而,这些技术在移除所有情况下的信号污染方面不是很有效。例如,当穿戴者的运动的频率或其谐频类似于穿戴者的心率时,运动校正还可移除该心率信号,从而使得难以确定穿戴者的心率。在一些情况下,甚至在运动校正之后,可穿戴心率监视设备仍可跟踪穿戴者的运动的谐频,从而导致不准确的心率测量。此外,在其中心率信号的信噪比(SNR)相对较低的情况下,可穿戴心率监视设备可能难以将穿戴者的心率与背景污染准确地区分开。

[0018] 因此,本公开涉及用于校正由可穿戴心率监视设备测得的心率的技术。该技术包括使用第一估计方法来估计穿戴者的当前心率。第一估计方法可包括对机器可读心率信号

进行运动校正,随后执行z跨越,以便确定第一候选心率,如以下将描述的。该技术还包括使用第二不同的估计方法来估计穿戴者的心率。第二估计方法可包括在机器可读心率信号的频域表示的频率搜索窗中标识最高发生频率,其中搜索窗的范围根据可穿戴心率监视设备的穿戴者当前正执行的活动的类型而变化。如果在跨多个时间区间的搜索窗中标识出的最高发生频率中的大多数落在相似性阈值内,则平均最高发生频率(例如,以每分钟心跳次数为单位)可被标识为第二候选心率。被确定为与用户正执行的的活动类型较一致的候选心率可被输出以供进一步处理和/或向穿戴者显示。

[0019] 图1A和1B以可穿戴心率监视设备10的形式示出了可用于估计穿戴者的心率的示例传感和逻辑系统的各方面。所示的设备是带状的并且可被围绕手腕佩戴。设备10包括连接欠弯曲区域14的至少四个弯曲区域12。在一些示例中,设备10的弯曲区域可以是弹性的。紧固部件16A和16B被安排在设备的两端。弯曲区域和紧固部件使该设备能够被闭合成环并且被佩戴在用户的手腕上。在其他实现中,较细长的带状的可穿戴心率监视设备可被穿戴在用户的二头肌、腰、胸、踝、腿、头或其他身体部位周围。例如,该设备可采取眼镜、头带、袖标、护踝带、胸带或要植入组织中的植入式设备的形式。

[0020] 可穿戴心率监视设备10包括集成在区域14中的各种功能组件。具体地,该心率监视设备包括计算系统18、显示器20、扬声器22、通信套件24以及各种传感器。这些组件从一个或多个能量存储单元26中汲取能量。电池(例如锂离子电池)是适合该目的的一种类型的能量存储单元。替代的能量存储电池的示例包括超级以及究极电容器。如附图所示,在佩戴于用户手腕上的设备中,该能量存储单元可被弯曲以适合手腕。

[0021] 一般而言,能量存储电池26可以是可替换的和/或可再充电的。在一些示例中,再充电能量可通过通用串行总线(USB)端口30提供,该端口包括磁性锁来可释放地固定互补的USB连接器。在其他示例中,该能量存储电池可通过无线感应或环境光充电来再充电。在又一些示例中,该可穿戴心率监视设备可包括机电部件以通过用户偶然的或有意的身体运动对能量存储单元再充电。例如,电池或电容器可通过集成在设备10中的机电发电机来充电。该发电机可被机械电枢驱动,当用户移动并且佩戴设备10时该机械电枢转动。

[0022] 在可穿戴心率监视设备10中,计算系统18位于显示器20之下并且连同扬声器22、通信套件24和各种传感器一起可操作地耦合到该显示器。该计算系统包括保持数据和指令的数据存储机27以及执行指令的逻辑机28。计算系统可包括被配置成接收和解释来自各传感器的输入的一个或多个硬件传感器接口。这样的硬件传感器接口可物理导体(例如,电子总线)上的电传输、光学运输工具(例如,光纤)上的光传输、空中传达的电磁信号(例如,无线电频率传输)等来接收输入。参考图8更详细描述了计算系统的各方面。

[0023] 显示器20可以是任何合适类型的显示器。在一些配置中,可使用轻薄、低功耗发光二极管(LED)阵列或液晶显示(LCD)阵列。在一些实现中,LCD阵列可从背后照亮。在其他实现中,反射式LCD阵列(例如,硅上的液晶,LCOS阵列)可经由环境光从正面照亮。弯曲显示器也可被使用。此外,AMOLED显示器或量子点显示器可被使用。

[0024] 通信套件24可包括任何适当的有线或无线通信部件。在图1A和1B中,通信套件包括USB端口30,其可被用于在可穿戴心率监视设备10和其它计算机系统之间交换数据并提供再充电电力。该通信套件可进一步包括双向蓝牙、Wi-Fi、蜂窝、近场通信和/或其他无线电设备。在一些实现中,该通信套件可包括额外的用于光通信、视距(例如,红外)通信的收

发机。

[0025] 在可穿戴心率监视设备10中,触摸屏传感器32与显示器20耦合并且被配置成接收来自用户的触摸输入。该触摸屏可以是电阻式、电容式或基于光学的。按钮传感器可被用于探测可包括摇臂的按钮34的状态。来自按钮传感器的输入可被用于执行主页键或开关特征,控制音频音量,打开或关闭话筒等。

[0026] 图1A和1B示出了可穿戴心率监视设备10的各种其他传感器。这样的传感器包括话筒36、可见光传感器38、紫外线传感器40,以及环境温度传感器42。该话筒向计算系统18提供可被用于测量环境声级或接收来自穿戴者的语音命令的输入。来自可见光传感器、紫外线传感器和环境温度传感器的输入可被用于评估穿戴者所处环境的各方面,即温度、整体照明水平以及该穿戴者在室内还是在室外。

[0027] 图1A和1B示出了当可穿戴心率监视设备10被穿戴时接触穿戴者的皮肤的一对接触传感器模块44A和44B。该接触传感器模块可包括独立的或协作的传感器元件以提供多个传感功能。例如,该接触传感器模块可提供测量穿戴者的皮肤的电阻和/或电容的电阻和/或电容传感功能。例如,计算系统18可使用此输入来评估该设备是否被穿戴。在一些实现中,该传感功能可被用于确定该可穿戴心率监视设备被穿戴得有多紧。在所示的配置中,所述两个接触传感器模块之间的间隔提供相对较长的电气路径长度以实现皮肤电阻的更准确的测量。在一些示例中,接触传感器模块也可提供对佩戴者的皮肤温度的测量。在所示配置中的被布置在接触传感器模块44B内部的是光学心率传感器46。该光学心率传感器模块可包括光源和匹配的光学传感器,它们被用于通过皮肤中的毛细血管来确定血流从而而提供对该穿戴者的心率、血氧水平、血糖水平和/或其他具有光学性质的生物标记的测量。参考图2提供关于该光学心率传感器、光源以及光学传感器的进一步细节。

[0028] 可穿戴心率监视设备10还可包括诸如加速计48、陀螺仪50以及磁力计51之类的运动感测部件。该加速计和陀螺仪可提供沿三个正交轴的惯性和/或旋转速率数据以及绕三个轴的旋转数据,得到结合的六个自由度。这一传感数据能被使用来提供例如步数计/卡路里计数功能。来自加速度计和陀螺仪的数据可与来自磁力计的地磁数据组合以按照地理方位进一步定义惯性和旋转数据。该可穿戴心率监视设备还可包括用于确定穿戴者的地理位置和/或速度的全球定位系统(GPS)接收器52。在一些配置中,该GPS接收器的天线可以是相对柔性的并且延伸到弯曲区域12。

[0029] 计算系统18经由本文所述的传感功能被配置成获取关于可穿戴心率监视设备10的穿戴者的各种形式的信息。必须怀着对穿戴者的隐私的最大的尊敬来获取及使用这样的信息。因此,该传感功能可在该穿戴者的选择参与的约束下被实施。在其中个人数据在设备上被收集并且为了处理而传输至远程系统的实现中,该数据可被匿名。在其他示例中,个人数据可被限于该可穿戴心率监视设备,并且只有非个人的汇总数据传输至该远程系统。

[0030] 图2示出了传感和逻辑系统100的示意描绘,该系统100耦合到穿戴者101的手腕使得光学心率传感器102邻近穿戴者101的皮肤103。光学心率传感器102包括被配置成用测试光透过穿戴者的皮肤照亮一个或多个血管的光源104,以及被配置成测量从血管反射的测试光由此包括光电血管容积图(PPG)传感器的光学传感器105。例如,光源104可包括一个或多个LED发射器,而光学传感器105可包括一个或多个匹配的光电二极管以基于该光源输出的光的频率探测各频率的光。光学心率传感器102可被耦合在外壳107内,该外壳107被配置

成促进传感器102与皮肤103之间的接触,并且进一步被配置成阻止、过滤或以其他方式限制环境光到达光学传感器。以此方式,到达光学传感器105的大部分光可能是源自光源104的被皮肤103下的血管109反射回的光。作为示例,图1A示出了可穿戴心率监视设备10,其被配置成将光学心率传感器46安置为使得当该可穿戴心率监视设备被用户穿戴时其光源可照亮位于用户前臂的皮肤之下的毛细血管。在其他配置中,光学心率传感器可被安置在可穿戴心率监视设备内,以使得当可穿戴心率监视设备被穿戴者穿戴时,光源透过穿戴者的皮肤照亮桡动脉。替换地,光学心率传感器及其相关联的计算系统可被分开地安置,并被配置成经由通信套件进行通信。例如,光学心率传感器可被包括在头戴式耳机中并且被配置成当该头戴式耳机被穿戴者穿戴时照亮位于穿戴者的耳垂中的毛细血管,同时计算系统驻留在腕带式计算设备内,该计算设备被配置为例如经由无线通信与头戴式耳机通信。光学传感器可被配置成感测从位于穿戴者的皮肤(例如,手腕)之下的血管反射的光,或者该光学传感器可被配置成感测透射过位于用户的皮肤(例如,耳垂)之下的血管的光。

[0031] 计算系统110可包括光学心率报告机111。心率报告机111可向光源104和光学传感器105提供控制信号。心率报告机111可接收来自光学传感器105的原始信号,并可进一步将这些原始信号处理成机器可读心率信号,该机器可读心率信号可用于确定心率、热量消耗等,并执行其他操作,诸如估计候选心率、将候选心率与机器可读穿戴者活动信号进行比较、以及输出候选心率以供进一步处理和/或向穿戴者显示。经处理的信号可经由计算系统110储存及输出。被发送至光源104和光学传感器105的控制信号可以基于从光学传感器105接收到的信号、一个或多个运动传感器、环境光传感器、储存在计算系统110中的信息、输入信号等。

[0032] 来自光学传感器的信号可随着增加的运动而在质量方面降级,因为穿戴者运动可改变在光学传感器之下的皮肤、组织和血管的光学性质。此外,穿戴者运动可影响血液和其他流体通过用户的组织的移动。由此,由光学传感器输出的信号可在确定穿戴者的心率之前基于穿戴者移动来过滤或以其他方式调整。传感和逻辑系统100可以包括通信耦合到计算系统110的运动传感器套件120。来自运动传感器套件120的信号可以被提供给心率报告机111。运动传感器套件120可以包括陀螺仪125和加速度计130。陀螺仪125和加速度计130可以是三轴运动传感器。因此,陀螺仪125和加速度计130可以记录并传送每个轴的信号信道。

[0033] 如上所述,穿戴者心率信号(诸如,由计算系统110处理的机器可读心率信号)可被可穿戴心率监视设备的穿戴者的运动污染和/或降级。因此,可期望对机器可读心率信号执行一个或多个运动校正操作。运动校正可利用描述可穿戴心率监视设备的穿戴者的当前活动的一个或多个方面的机器可读穿戴者活动信号。机器可读穿戴者活动信号可描述用户当前正执行的活动类型,其例如在可穿戴心率监视设备直接提示用户标识活动类型之后被获得。附加地或替换地,机器可读心率信号可包括机器可读运动信号S_A,其从一个或多个运动传感器处被获得并对应于可穿戴心率监视设备的运动。作为非限制示例,一个或多个运动传感器可包括陀螺仪和/或加速度计。陀螺仪和/或加速度计可以是三轴运动传感器。在那些示例中,由运动传感器输出的机器可读运动信号S_A可包括针对每一轴的信号信道。作为示例,机器可读运动信号S_A可接收自一个或多个运动传感器,并且穿戴者运动频率MA可以是基于机器可读运动信号S_A来估计出的。

[0034] 穿戴者运动频率MA可对应于穿戴者执行重复物理活动的频率。例如,在穿戴者正在步行、跑步、徒步等的情况中,运动频率MA可对应于穿戴者的脚步频率。此外,运动频率MA可对应于由穿戴者在健身器(诸如,固定单车、划船机等)上实现的每分钟转速。一般来说,运动频率MA可对应于穿戴者实际上执行具有一个或多个重复分量的任何物理活动的频率。

[0035] 如上所述,机器可读心率信号可由PPG信号引起,该PPG信号指示从由光源透过穿戴者的皮肤照亮的的一个或多个血管反射的照明。在这样的示例中,对机器可读心率信号执行运动校正可包括从PPG心率信号 S_P 中过滤掉运动频率MA,从而导致经运动校正的心率信号 $S_{P'}$ 。基于运动频率MA来过滤PPG信号 S_P 可包括将梳状滤波器应用于PPG信号,但是作为梳状滤波器的补充或替换,其他类型的滤波器或信号处理方法也可被用于从PPG信号中移除运动频率,诸如无限脉冲响应滤波器或陷波滤波器。

[0036] 在运动校正之后,经运动校正的心率信号 $S_{P'}$ 的时域表示可被用于经由第一估计方法来估计穿戴者的第一候选心率。经运动校正的心率信号 $S_{P'}$ 可被实时分析。在第一估计方法中,经运动校正的心率信号 $S_{P'}$ 可被去趋势(即,从经运动校正的心率信号中减去平均或最佳拟合线)。随后可基于经去趋势的经滤波光学信号的过零事件来估计第一候选心率HR。零轴可被确定并被应用于经去趋势的经滤波光学信号。每一心跳包括两个过零事件,即负到正过零事件和正到负过零事件。由此,各交替过零事件之间的平均时间长度可被用于估计第一候选心率。在一些示例中,作为过零事件的补充或替换,可基于振幅峰值来估计心率。各连续振幅峰值之间的时间长度可被用于估计用户的心率。作为所描述的方法的补充或替换,可使用根据经处理的光学信号来估计心率的其他方法,而不背离本公开的范围。

[0037] 然而,以上描述的运动补偿和心率估计方法可能不一定提供对穿戴者的心率的准确测量。例如,当可穿戴心率监视设备的穿戴者开始以每分钟150步的步速跑步时,他的心率可从约70跳每分钟(bpm)逐渐上升到约170bpm。然而,可穿戴心率监视设备将可能抑制150bpm频率附近的PPG信号以实现运动校正。因此,除了运动相关污染以外,心率信号本身也可被从机器可读心率信号中移除,从而损害了可穿戴心率监视设备提供准确的心率测量的能力。此外,在穿戴者的运动频率可能无法遍历锻炼的各持续时间显著变化的情况下,使用运动传感器提供的信号来修复该问题也许是不可能的。

[0038] 此外,在一些情况下,在其中PPG信号具有相对较低的信噪比(SNR)的各情形期间,可穿戴心率监视设备可能提供不准确的心率测量。例如,当可穿戴心率监视设备的穿戴者正在步行时,其步进速率可以为大致55步每分钟,并且其心率可以为约85bpm。然而,甚至在运动校正之后,可穿戴心率监视设备可从穿戴者的脚步中检测谐频以及其他信号污染源。由此,可穿戴心率监视设备可提供对穿戴者的心率的基本上不准确的估计,即使在运动补偿之后也如此。

[0039] 图3A和3B示出了在运动校正之前和之后机器可读心率信号的振幅随时间的时域表示的图表。图3A和3B两者中示出的图表300包括指示PPG信号在一段时间内的振幅的标绘302。附加地,图表300包括可如上所述的那样确定和应用的零轴304。标绘302越过零轴304多次。然而,并非图表300中的所有零轴跨越事件都对应于穿戴者心跳。相反,图表300中的至少一些零轴越过事件可归因于由可穿戴心率监视设备的穿戴者的运动造成的信号干扰。

[0040] 因此,图3A还包括图表310,图表310已被校正以补偿穿戴者的运动。如上所述,可穿戴心率监视设备可确定穿戴者的运动速率MA,并使用MA来将梳状滤波器应用于PPG信号

S_P,由此导致经校正的PPG信号S_{P'}。图表310包括指示经校正的PPG信号随时间的振幅的标绘312。此外,图表310包括零轴314。在一些实施例中,零轴314可匹配零轴304。替换地,在已对图表300中示出的信号执行运动校正后,可独立于零轴304计算零轴314。如上所述,可穿戴心率监视设备可检测经校正的PPG信号中的零轴跨越事件,并使用此来确定可穿戴心率监视设备的穿戴者的第一候选心率。

[0041] 然而,如上所述,对机器可读心率信号应用运动校正可能并不总是促成对穿戴者心率的准确估计。这可从图3B中示出的图表320中看出。图表320包括随时间示出经运动校正的PPG信号S_{P'}的标绘322。因此,图表320包括零轴324。然而,在该示例中,应用于图表300的运动校正移除了PPG信号302对应于穿戴者的心率的各方面。结果,很少有意义的信息可被从图表320获得,并且由可穿戴心率监视设备估计的心率将可能显著不同于穿戴者的实际心率。

[0042] 为了帮助实现该问题,可穿戴心率监视设备可基于机器可读心率信号,并使用不同于第一估计方法的第二估计方法来估计穿戴者的第二候选心率。在一些实施例中,计算的心率信号可以是经运动校正的心率信号S_{P'},而在其他实施例中,所评估的信号可以是未经修改的机器可读心率信号S_P。第二估计方法可包括生成频率搜索窗,并将该频率搜索窗应用于可适用的心率信号的频域表示中。对于多个时间区间中的每一者,可穿戴心率监视设备可标识该搜索窗内的最高出现频率。如果,对于多个时间区间,所标识的最高出现频率中的大多数落在相似性阈值内,则平均最高出现频率可被选择作为第二候选心率。例如,相似性阈值可等于一个标准差、标准差的几分之一、阈值数的每分钟心跳次数等。

[0043] 频率搜索窗的范围可基于多个因素,包括例如穿戴者的移动速率MA以及穿戴者的移动类型。具体地,该范围可取决于穿戴者的运动的频率以及穿戴者当前正在执行的活动类型(例如,步行、跑步、骑行、游泳等)具有不同的尺寸。各种合适的技术可被用于标识活动类型。例如,机器可读运动信号S_A和/或来自其他硬件传感器的其他信号可被与每一类型的可标识活动的模板信号进行比较,并且对应于最紧密地匹配这些传感器信号的模板的活动可被标识为穿戴者的活动。机器学习可被用于标识活动类型。附加地或替换地,可穿戴心率监视设备可提示穿戴者标识他或她的当前活动类型。附加地和/或替换地,可利用其他合适的用于标识穿戴者当前正执行的活动类型的技术。

[0044] 频率搜索窗的上界和下界可被设置,以便捕捉包括或毗邻对应于穿戴者的运动速率的频率或其谐频的频率范围。作为非限制示例,当活动类型为步行时,搜索窗的下界(F_{Low}(F_低))可等于可指示穿戴者的脚步频率的运动速率MA,而上界(F_{High}(F_高))等于MA乘以2,其可等于脚步频率的两倍。类似地,当活动类型为跑步时,F_{Low}可等于MA乘以一恒量(例如,1、1.5、2等),而F_{High}等于200bpm。然而,在其他示例中,可使用其他搜索范围尺寸和/或范围。一般来说,值F_{Low}和F_{High}可以是任何合适的值,并且可取决于穿戴者正在执行的运动类型而不同。

[0045] 在标识频率搜索窗内的最高发生频率后,所标识的频率可被存储在峰值振幅缓冲器(PB)中。PB中的每一条目可对应于在不同的时间区间期间标识的最高发生频率,其中时间区间持续任何合适的时段(例如,一秒、五秒、十秒)并且以任何合适的频率(例如,一秒、两秒)来更新。峰值振幅缓冲器可能有空间来存储任何合适数目的标识频率值(例如,为20、30等的缓冲器大小)。一旦PB已满,可穿戴心率监视设备将从存储在PB中的频率值彼此比

较。如果PB中的值的阈值(例如,其一半以上、其三分之二以上等)落在相似性阈值之内,则相似频率值的均值可被选择作为第二候选心率(HR')。替换地,最新近标识的最高发生频率(即最接近计算出的均值的最高发生频率)或在至少一个时间区间内在频率搜索窗内发现的其他频率值可被选择作为第二候选心率值。

[0046] 图4示出两个时间区间403和404上的机器可读心率信号的频域表示400和402。每一表示包括多个频率峰值406,其中每一频率峰值的高度指示每一所表示的频率在机器可读心率信号中的相对发生。在表示400中,频率峰值406D已被标识为表示时间区间403中的最高发生频率。类似地,频率峰值406H已被标识为表示时间区间404中的最高发生频率。频率峰值406D和406H所指示的频率值可被存储在如上所述的缓冲器PB中,并且最终与为其他时间区间标识的其他最高发生频率进行比较。

[0047] 表示400和402还包括频率搜索窗407。每一频率搜索窗由下界408和上界410定义。仅位于频率搜索窗内的频率可被看作潜在心率候选。例如,在表示402中,频率峰值406E表示在所检查的时段内具有比频率峰值406H所表示的频率更高的发生率的频率。然而,由频率峰值406H表示的频率被标识为针对时间区间404的最高发生频率,因为由频率峰值406E表示的频率未被发现在频率搜索窗内。如上所述,每一搜索窗407的范围以及下界408和上界410的位置可根据各种因素(包括穿戴者运动频率和活动类型)而变化。

[0048] 在估计第一和第二候选心率之后,每一候选心率可被评估,以便确定是否相比于其他候选心率,该候选心率与机器可读活动信号更一致。该评估可取决于穿戴者运动的性质以及运动速率MA而不同。例如,当可穿戴心率监视设备的穿戴者正在步行时,则可穿戴心率监视设备可检查第二估计心率是否小于第一估计心率。如果如此,并且如果第二估计心率的振幅在机器可读心率信号中相对较强,则第二候选心率代替第一候选心率被输出。否则,确定相比于第二候选心率,第一候选心率与机器可读活动信号更一致,并且第一候选心率被输出。

[0049] 类似地,当可穿戴心率监视设备的穿戴者正在跑步时,则可穿戴心率监视设备可将第二估计心率与穿戴者运动频率进行比较。可用任何合适的方式来比较这两个值。例如,可穿戴心率监视设备可检查以查看第二候选心率是否高于阈值。在一些实施例中,该阈值可等于10bpm,10bpm大于该运动频率乘以2。如果第二候选心率高于该阈值,并且第二候选心率的振幅在机器可读心率信号中相对较强,则第二候选心率被确定为相比于第一候选心率与机器可读活动信号更一致,并且第二候选心率可被输出。否则,确定相比于第二候选心率,第一候选心率与机器可读活动信号更一致,并且第一候选心率被输出。

[0050] 以上描述的技术允许可穿戴心率监视设备独立地评定第一候选心率的准确性,并帮助减轻由不适当的运动校正引起的问题。例如,在其中穿戴者的运动速率或其谐频紧密地匹配穿戴者的心率的情况下,它允许可穿戴心率监视设备改进估计心率的准确性。此外,通过取决于穿戴者的运动速率和类型调整搜索范围的大小,可穿戴心率监视设备将较不可能像在低SNR场景中可发生的那样错误地测量到与穿戴者的活动不一致的心率(例如,在步行时测量到非常高的心率)。

[0051] 图5示出了可穿戴心率监视设备的穿戴者的跑步心率的图表500。图表500包括频率搜索窗下界502和频率搜索窗上界503。如上所述,频率搜索窗的范围可取决于穿戴者的运动速率和类型而不同。例如,下界502可等于穿戴者的脚步频率乘以一恒量,而上界503可

等于200bpm。图表500进一步示出指示穿戴者随时间的实际心率的标绘504、指示随时间估计的第一候选心率的标绘506以及指示随时间估计的第二候选心率的标绘508。

[0052] 在时间指示符509之前,标绘506始终比标绘508更接近标绘504。在该时间期间,可穿戴心率监视设备可确定相比于第二候选心率,第一候选心率与机器可读穿戴者活动信号更一致,并输出第一候选心率。然而,在时间指示符509处,标绘506突然偏离标绘504。这可在例如穿戴者的实际心率逼近穿戴者的运动频率时发生,从而使得实际心率将在运动校正期间从机器可读心率信号中被过滤掉。在给定第一候选心率落在搜索窗的下界502之下的情况下,可穿戴心率监视设备可确定相比于第一候选心率,第二候选心率在时间指示符509和510之间的时间区间期间与机器可读穿戴者活动更一致,并输出第二候选心率。当心率监视设备取决于哪个候选心率在给定时刻与机器可读活动信号更一致来选择性地输出第一候选或第二候选心率时,心率监视设备的穿戴者可被给予更准确的心率估计。

[0053] 图6示出可穿戴心率监视设备的穿戴者的步行心率的图表600。图表600包括频率搜索窗,该频率搜索窗包括下界602和上界603。如上所述,搜索窗的范围可取决于穿戴者的运动速率和类型而不同。例如,下界602可等于穿戴者的脚步频率,而上界604可等于脚步频率的两倍。图表600进一步示出指示穿戴者随时间的实际心率的标绘604、指示随时间估计的第一候选心率的标绘606以及指示所估计的第二候选心率的标绘608。如图表600中所示出的,在时间指示器609之前,可能由于信号噪声以落在频率搜索窗内的频率发生,第一和第二候选心率最初都在某种程度上高于穿戴者的实际心率。这时,利用在搜索窗的范围内的两个候选心率,可穿戴心率监视设备可被配置成基于一个或多个辅助考虑自动输出被确定为与机器可读穿戴者活动更一致的任何一个候选心率。作为一个示例,在给定穿戴者正在步行,并且第二候选心率低于第一候选心率的情况下,可穿戴心率监视设备可自动输出第二候选心率。

[0054] 在时间指示器609之后,标绘606上升到上界603以上。因此,可穿戴心率监视设备可自动标识频率搜索窗中的新最高发生频率,并选择新最高发生频率作为新第二候选心率。在给定第一候选心率在搜索窗的范围之外的情况下,可穿戴心率监视设备可确定相比于新标识的第二候选心率,第一候选心率与机器可读活动信号更不一致。如所示出的,在时间指示器609之后,标绘608紧密地跟踪标绘604,这指示新标识的最高发生频率可对应于实际心率。这进一步论证经由第二估计方法来独立地评定第一候选心率的准确性可改善心率估计准确性。

[0055] 图7解说了用于监视可穿戴心率监视设备的穿戴者的心率的示例方法700。在702,方法700包括接收机器可读心率信号以及机器可读穿戴者活动信号。机器可读穿戴者活动信号可描述计算设备的穿戴者的当前活动的一个或多个方面。例如,它可指示机器可读运动信号,它可指示穿戴者当前正在执行的活动类型,它可指示穿戴者的运动频率,并且运动频率可指示穿戴者的脚步频率。

[0056] 在704,方法700包括使用第一心率估计方法来基于机器可读心率信号估计穿戴者的第一候选心率。第一心率估计方法可包括:通过将穿戴者运动频率从机器可读心率信号中过滤掉来生成经运动校正的心率信号,以及通过评估经运动校正的心率信号对零轴的各跨越之间的平均时间长度来估计第一候选心率。

[0057] 在706,方法700包括使用第二心率估计方法来基于机器可读心率信号估计穿戴者

的第二候选心率。如上所述,第二心率估计方法可包括:为多个时间区间中的每一者标识在机器可读心率信号的频率搜索窗口内的最高发生频率,频率搜索窗口的范围根据穿戴者当前正在执行的活动类型而变化,以及,基于确定标识出的最高发生频率中的大多数落在相似性阈值内,选择平均最高发生频率作为第二候选心率。

[0058] 在708,方法700包括确定是否相比于第二候选心率,第一候选心率与机器可读穿戴者活动信号更一致。如果为是,则方法700前进到步骤710,步骤710包括输出第一候选心率。如果为否,则确定相比于第一候选心率,第二心率与机器可读活动信号更一致,并且方法700前进到步骤712,步骤712包括输出第二候选心率。

[0059] 在一些实施例中,本文中描述的方法和过程可以与一个或多个机器的传感逻辑系统绑定。这样的方法和过程可被实现为计算机应用程序或服务、应用编程接口(API)、库、固件和/或其它计算机程序产品。图1A和1B示出了实施本文所述的方法与过程的传感和逻辑系统的一个非限制性示例。然而,如图8示意性地示出的,这些方法和过程可同样在其他配置和形状因素的传感和逻辑系统上执行。

[0060] 图8示意性地示出了包括操作地耦合到计算系统814的传感器套件812的形状不可知的传感和逻辑系统810。计算系统可包括硬件传感器接口815,该硬件传感器接口815被配置成接收来自包括在传感器套件812中的传感器的输入。该计算系统包括逻辑机816和数据存储机818。该计算系统被操作地耦合到显示子系统820、通信子系统822、输入子系统824和/或在图8中未示出的其他组件。

[0061] 逻辑机816包括被配置成执行指令的一个或多个物理设备。该逻辑机可被配置成执行作为以下各项的一部分的指令:一个或多个应用、服务、程序、例程、库、对象、组件、数据结构、或其它逻辑构造。这种指令可被实现以执行任务、实现数据类型、转换一个或多个组件的状态、实现技术效果、或以其他方式得到期望结果。

[0062] 逻辑机816可包括被配置成执行软件指令的一个或多个处理器。作为补充或替换,逻辑机可包括被配置成执行硬件或固件指令的一个或多个硬件或固件逻辑机。逻辑机的处理器可以是单核或多核,且在其上执行的指令可被配置为串行、并行和/或分布式处理。逻辑机的各个组件可任选地分布在两个或更多单独设备上,这些设备可以位于远程和/或被配置用于进行协同处理。逻辑机的各方面可由云计算配置的可远程访问的联网计算设备来虚拟化和执行。

[0063] 数据存储机818包括被配置成保持可由逻辑机816执行以实现本文描述的方法和过程的指令的一个或多个物理设备。在实现此类方法和过程时,可变换数据存储机的状态(例如,保存不同数据)。数据存储机可包括可移动的和/或内置设备;它可包括光学存储器(例如,CD、DVD、HD-DVD、蓝光碟等)、半导体存储器(例如,RAM、EPROM、EEPROM等)、和/或磁性存储器(例如,硬盘驱动器、软盘驱动器、磁带驱动器、MRAM等)、以及其他。该数据存储机可以包括易失性的、非易失性的、动态的、静态的、读/写的、只读的、随机存取的、顺序存取的、位置可定址的、文件可定址的、和/或内容可定址的设备。

[0064] 数据存储机818包括一个或多个物理设备。然而,本文描述的指令的各方面可替换地通过不由物理设备在有限时长内持有的通信介质(例如,电磁信号、光信号等)来传播。

[0065] 逻辑机816和数据存储机818的各方面可以被一起集成到一个或多个硬件逻辑组件中。这些硬件逻辑组件可包括例如现场可编程门阵列(FPGA)、程序和应用专用的集成电

路 (PASIC/ASIC)、程序和应用专用的标准产品 (PSSP/ASSP)、片上系统 (SOC) 以及复杂可编程逻辑器件 (CPLD)。

[0066] 显示子系统820可用于呈现由存储机818所保持的数据的视觉表示。此视觉表示可采用图形用户界面 (GUI) 的形式。由于本文所描述的方法和过程改变了由存储机保持的数据,并由此变换了存储机的状态,因此同样可以转变显示子系统820的状态以视觉地表示底层数据的改变。显示子系统820可以包括使用实质上任何类型的技术的一个或多个显示子系统设备。可将此类显示子系统设备与逻辑机816和/或数据存储机818组合在共享封装中,或者此类显示子系统设备可以是外围显示子系统设备。图1A和1B的显示器20是显示子系统820的一个示例。

[0067] 通信子系统822可以被配置成将计算系统814与一个或多个其它计算设备可通信地耦合。通信子系统可以包括与一个或多个不同通信协议兼容的有线和/或无线通信设备。作为非限制性示例,通信子系统可被配置成用于经由无线网络、局域或广域网和/或互连网来进行通信。图1A和1B的通信套件24是通信子系统822的一个示例。

[0068] 输入子系统824可包括诸如键盘、鼠标、触摸屏或游戏控制器之类的一个或多个用户输入设备或者与这些用户输入设备对接。在一些实施例中,输入子系统可以包括所选择的自然用户输入 (NUI) 部件或与其对接。此类部件可以是集成的或外围的,并且输入动作的转导和/或处理可以在板上或板外被处理。NUI部件的示例可包括用于语言和/或语音识别的话筒;用于机器视觉和/或姿势识别的红外、色彩、立体显示和/或深度相机;用于运动检测和/或意图识别的头部跟踪器、眼睛跟踪器、加速度计和/或陀螺仪;以及用于评估脑部活动的电场感测部件。图1A和1B的触摸屏传感器32和按钮34是输入子系统824的示例。

[0069] 传感器套件812可包括如上参考图1A和1B所描述的一个或多个不同的传感器,例如触摸屏传感器、按钮传感器、话筒、可见光传感器、紫外线传感器、环境温度传感器、接触传感器和/或GPS接收器。传感器套件812可包括运动传感器套件826。运动传感器套件826可包括一个或多个加速计、陀螺仪、磁力计或其他合适的运动检测器。传感器套件812可进一步包括光学心率传感器828。如本文所属,光学心率传感器828可包括光源830和光学传感器832。例如,光源830可包括一个或多个LED发射器,而光源832可包括一个或多个匹配的光电二极管以基于该光源输出的光的频率探测各频率的光。光源830可被配置成透过穿戴者的皮肤852照亮一个或多个血管850,并且光学传感器832可被配置成测量从血管850反射的或透射过血管850的照明。

[0070] 计算系统814可包括一个或多个硬件传感器接口815,该一个或多个硬件传感器接口815被配置成接收并处理来自传感器套件的一个或多个传感器的输入。此外,计算系统814可包括心率报告机834,该心率报告机834可通信地耦合到逻辑机816和数据存储机818,并执行如上所述的心率估计、评估和输出过程中的一者或多者。心率报告机834可经由一个或多个硬件传感器接口来接收来自光学传感器832的原始信号,并可进一步处理这些原始信号以确定心率、热量消耗等。经处理的信号可经由心率报告机834和/或计算系统814的其他组件来存储和输出。被发送给光源830和光学传感器832的控制信号可以基于从光学传感器832接收到的信号、从传感器套件812中导出的信号、储存在数据存储机818中的信息、从通信子系统822接收到的输入、从输入子系统824接收到的输入等。

[0071] 在一个示例中,计算设备包括:硬件传感器接口,所述硬件传感器接口被配置成接

收机器可读心率信号以及描述所述计算设备的穿戴者的当前活动的一个或多个方面的机器可读穿戴者活动信号;以及,心率报告机,所述心率报告机被配置成:使用第一心率估计方法来基于所述机器可读心率信号估计所述穿戴者的第一候选心率;使用不同于第一心率估计方法的第二心率估计方法来基于所述机器可读心率信号估计所述穿戴者的第二候选心率;以及,基于确定相比于所述第二候选心率,所述第一候选心率与所述机器可读活动信号更一致,输出所述第一候选心率;或者,基于确定相比于所述第一候选心率,所述第二候选心率与所述机器可读活动信号更一致,输出所述第二候选心率;在该示例或任何其他示例中,机器可读穿戴者活动信号可用于确定所述穿戴者当前正执行的活动类型。在该示例或任何其他示例中,机器可读穿戴者活动信号指示穿戴者运动频率,该穿戴者运动频率指示所述穿戴者的当前运动速率。在该示例或任何其他示例中,所述穿戴者运动频率指示所述穿戴者的脚步频率。在该示例或任何其他示例中,所述第一心率估计方法包括:通过将所述穿戴者运动频率从所述机器可读心率信号中过滤掉来生成经运动校正的心率信号;以及,通过评估经运动校正的心率信号对零轴的各跨越之间的平均时间长度来估计所述第一候选心率。在该示例或任何其他示例中,第二心率估计方法包括:为多个时间区间中的每一者标识在所述机器可读心率信号的频率搜索窗口内的最高发生频率,所述频率搜索窗口的范围根据所述穿戴者当前正在执行的活动类型而变化;以及,基于确定标识出的最高发生频率中的大多数落在相似性阈值内,选择平均最高发生频率作为第二候选心率。在该示例或任何其他示例中,基于确定所述活动类型为步行,所述频率搜索窗的下界被设为等于所述穿戴者的脚步频率,并且所述频率搜索窗的上界被设为等于所述穿戴者的脚步频率的两倍。在该示例或任何其他示例中,基于确定所述活动类型为跑步,所述频率搜索窗的下界被设为等于所述穿戴者的脚步频率乘以一恒量,并且所述频率搜索窗的上界被设为等于200bpm。在该示例或任何其他示例中,当所述活动类型被确定为是步行,并且所述第二候选心率小于所述第一候选心率时,所述第二候选心率被确定为相比于所述第一候选心率,与所述机器可读穿戴者活动信号更一致。在该示例或任何其他示例中,当所述活动类型被确定为是跑步,并且所述第二候选心率和所述运动频率的两倍之间的差大于跑步差别阈值时,所述第二候选心率被确定为相比于所述第一候选心率,与所述机器可读穿戴者活动信号更一致。在该示例或任何其他示例中,跑步差别阈值等于10跳每分钟。

[0072] 在一示例中,可穿戴心率监视设备包括:光学传感器,所述光学传感器被配置成将从所述可穿戴心率监视设备的穿戴者反射的测试光转换成机器可读心率信号;运动传感器,所述运动传感器被配置成将所述可穿戴心率监视设备的运动转换为机器可读运动信号;以及,心率报告机,该心率报告机被配置成:基于所述机器可读运动信号将所述机器可读心率信号运动校正为经运动校正的心率信号;使用第一心率估计方法来根据所述经运动校正的心率信号的时域表示估计所述穿戴者的第一候选心率;使用不同于所述第一心率估计方法的第二心率估计方法来根据所述经运动校正的心率信号的频域表示估计所述穿戴者的第二候选心率;基于所述机器可读运动信号,确定所述可穿戴心率监视设备的所述穿戴者的活动类型;以及,基于确定相比于所述第二候选心率,所述第一候选心率与所述活动类型更一致,输出所述第一候选心率;或者,基于确定相比于所述第一候选心率,所述第二候选心率与所述活动类型更一致,输出所述第二候选心率。在该示例或任何其他示例中,所述机器可读运动信号指示所述穿戴者的脚步频率。在该示例或任何其他示例中,所述第一

心率估计方法包括:通过评估所述经运动校正的心率信号的所述时域表示对零轴的各跨越之间的平均时间长度来估计所述第一候选心率。在该示例或任何其它示例中,所述第二心率估计方法包括:为多个时间区间中的每一者标识在所述经运动校正的心率信号的所述频域表示的频率搜索窗口内的最高发生频率,所述频率搜索窗口的范围根据所述穿戴者当前正在执行的活动类型而变化;以及,基于确定标识出的最高发生频率中的大多数落在相似性阈值内,选择平均最高发生频率作为第二候选心率。在该示例或任何其他示例中,当所述活动类型被确定为是步行,并且所述第二候选心率小于所述第一候选心率时,所述第二候选心率被确定为相比于所述第一候选心率,与所述机器可读活动信号更一致。在该示例或任何其他示例中,当所述活动类型被确定为是跑步,并且所述第二候选心率和所述穿戴者的运动频率的两倍之间的差大于为10跳每分钟的跑步差别阈值时,所述第二候选心率被确定为相比于所述第一候选心率,与所述机器可读活动信号更一致。

[0073] 在一示例中,可穿戴心率监视设备包括:光学传感器,所述光学传感器被配置成将从所述可穿戴心率监视设备的穿戴者反射的测试光转换成机器可读心率信号;运动传感器,所述运动传感器被配置成将所述可穿戴心率监视设备的运动转换为机器可读运动信号;以及,心率报告机,该心率报告机被配置成:至少部分地基于所述机器可读运动信号来确定所述可穿戴心率监视设备的穿戴者当前正在执行的活动类型;以及至少基于所述机器可读心率信号以及所述活动类型来输出估计心率。在该示例或任何其他示例中,所述机器可读运动信号指示所述穿戴者的脚步频率。在该示例或任何其他示例中,所述活动类型为步行或跑步。

[0074] 将会理解,本文描述的配置和/或方式本质是示例性的,这些具体实施例或本文示例不应被视为限制性的,因为许多变体是可能的。本文描述的具体例程或方法可以表示任何数量的处理策略中的一个或多个。如此,所例示和/或所描述的各种动作可以以所示和/或所述顺序、以其他顺序、并行地执行,或者被省略。同样,上述过程的次序可以改变。

[0075] 本公开的主题包括本文公开的各种过程、系统和配置以及其他特征、功能、动作和/或性质的所有新颖和非显而易见的组合和子组合,以及其任何和所有等同物。

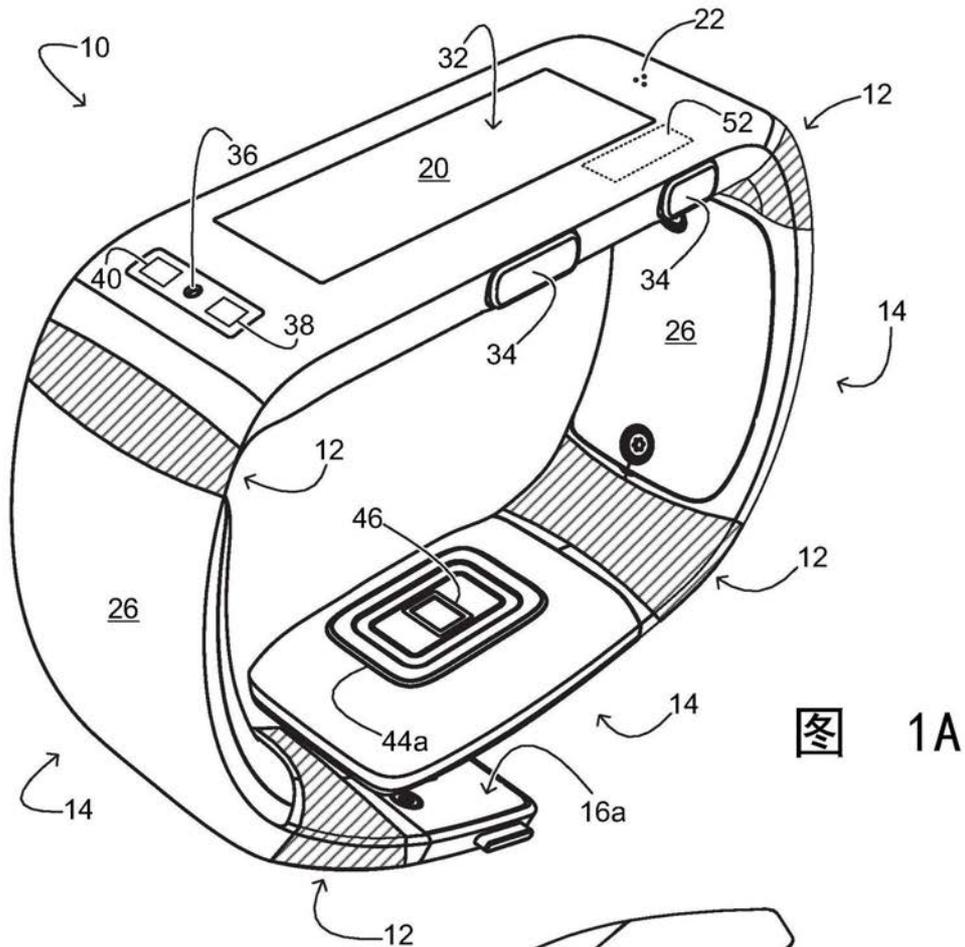


图 1A

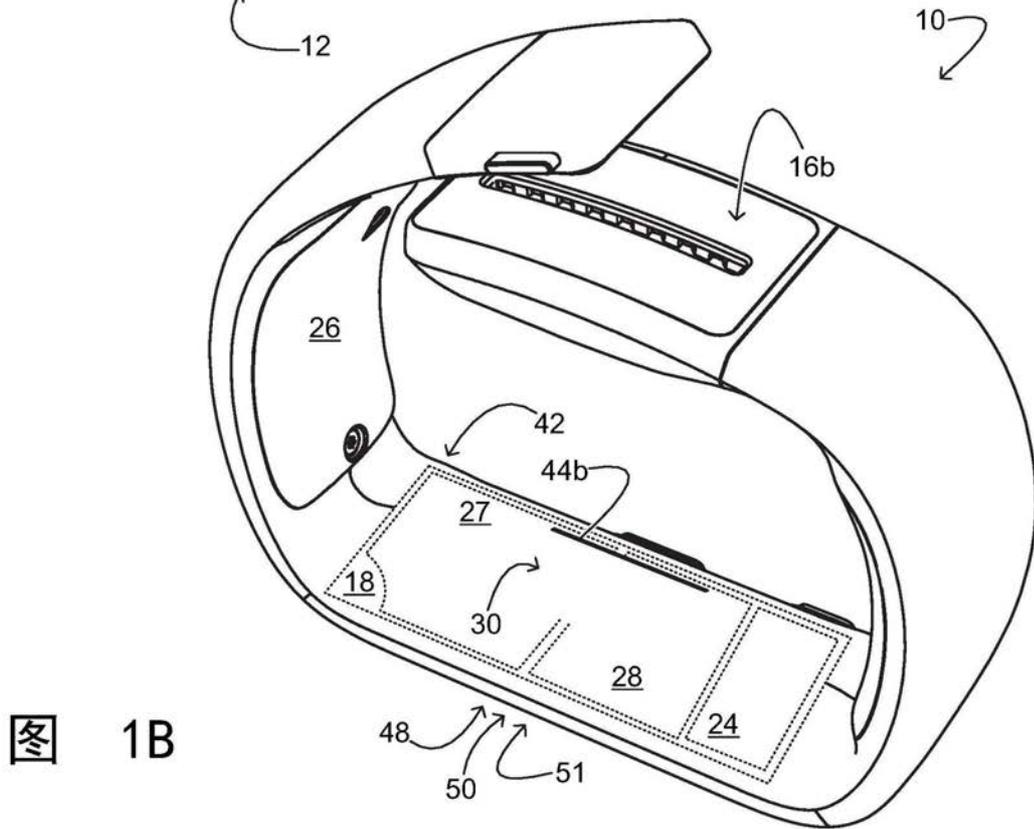


图 1B

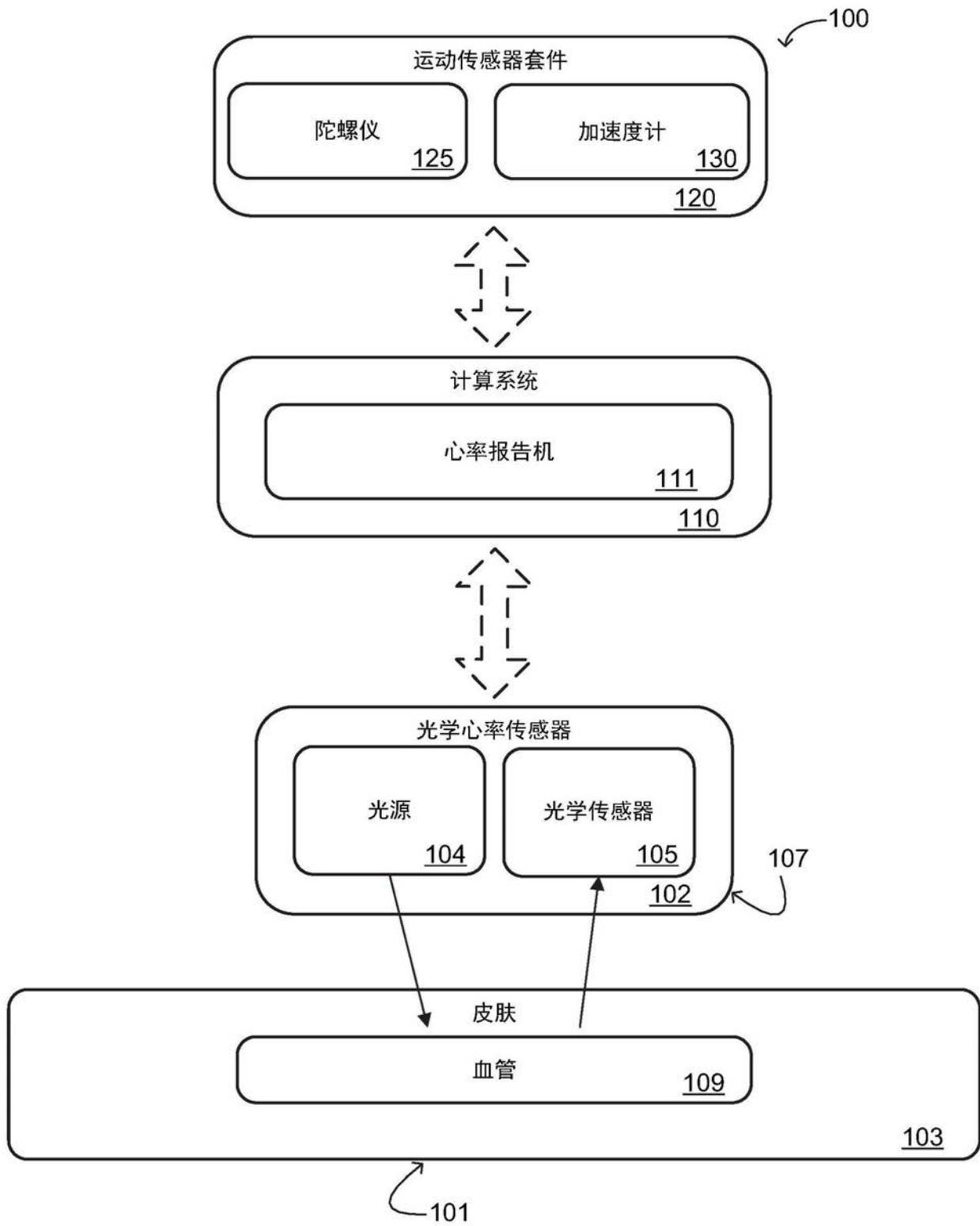


图2

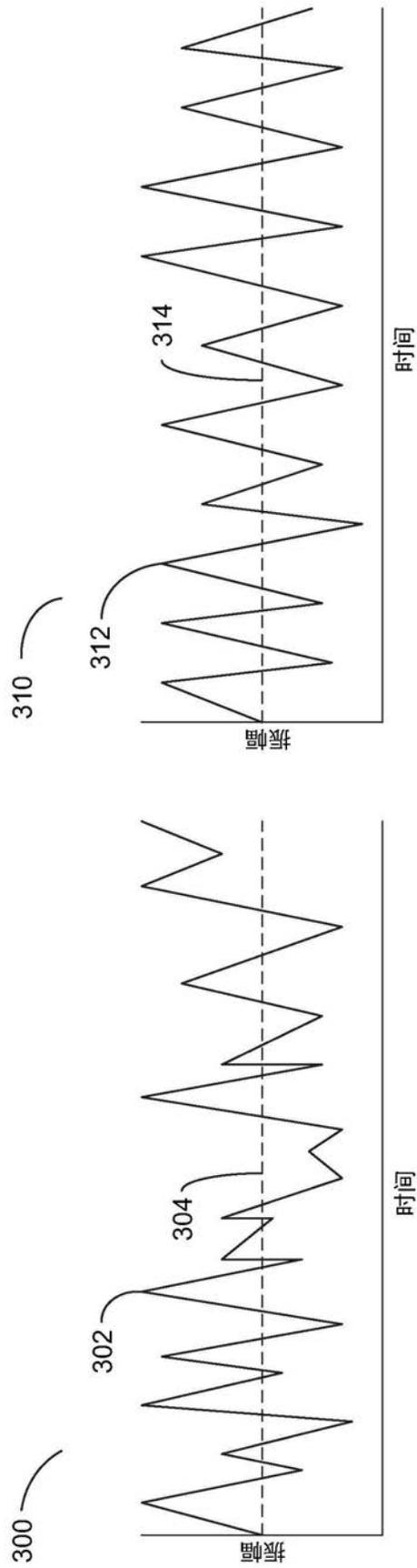


图3A

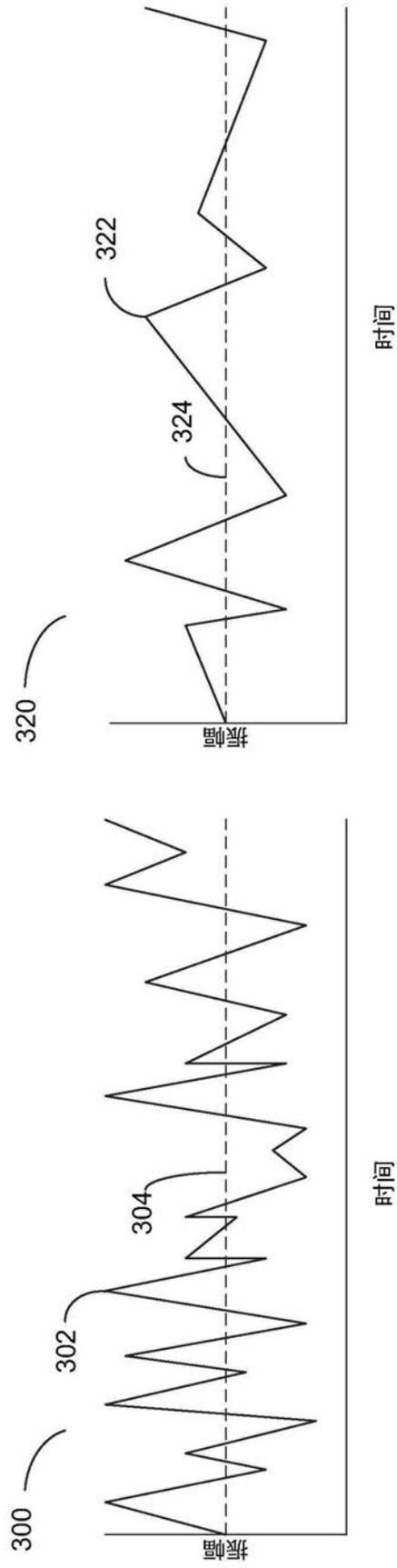


图3B

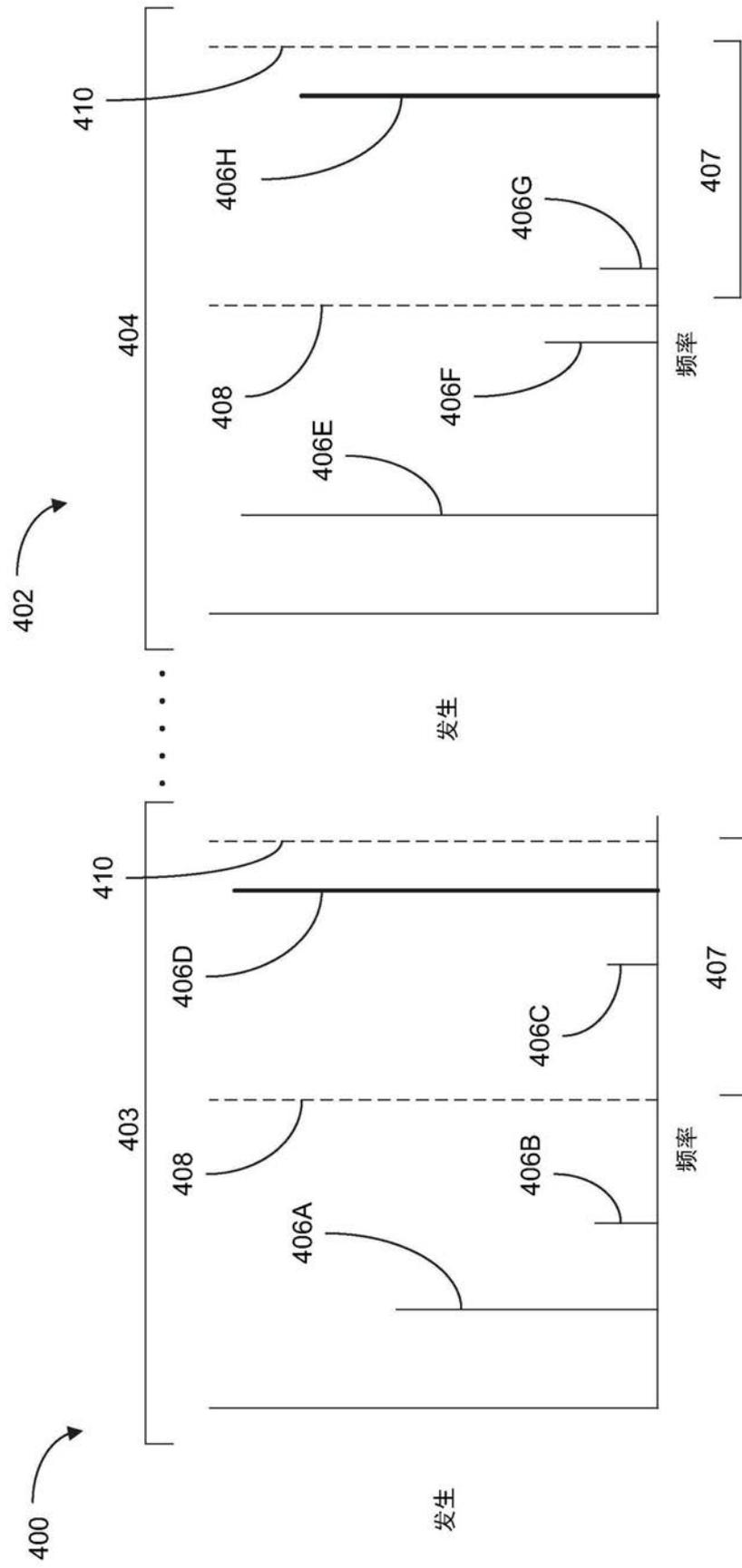
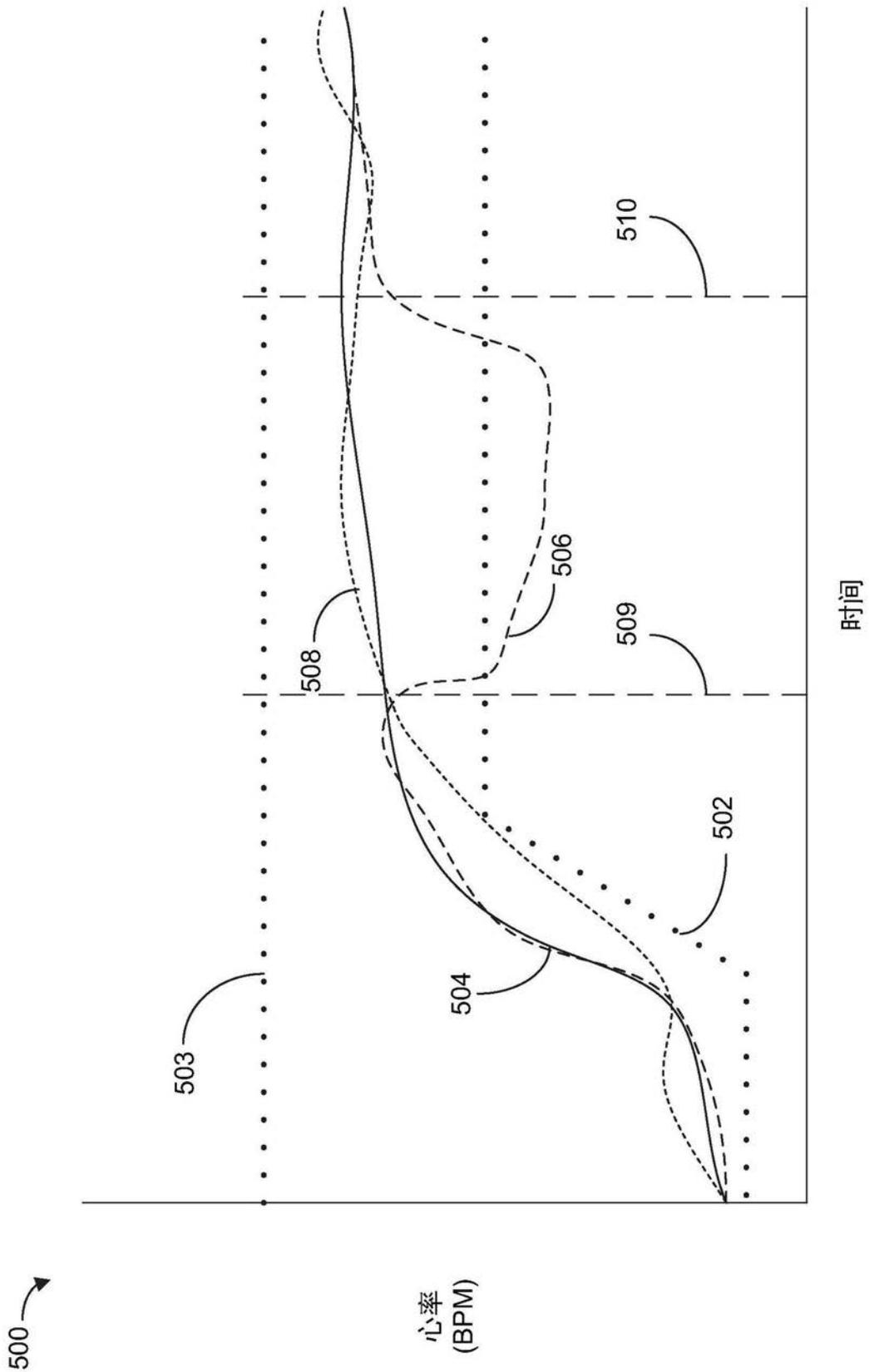


图4



心率 (BPM)

图5

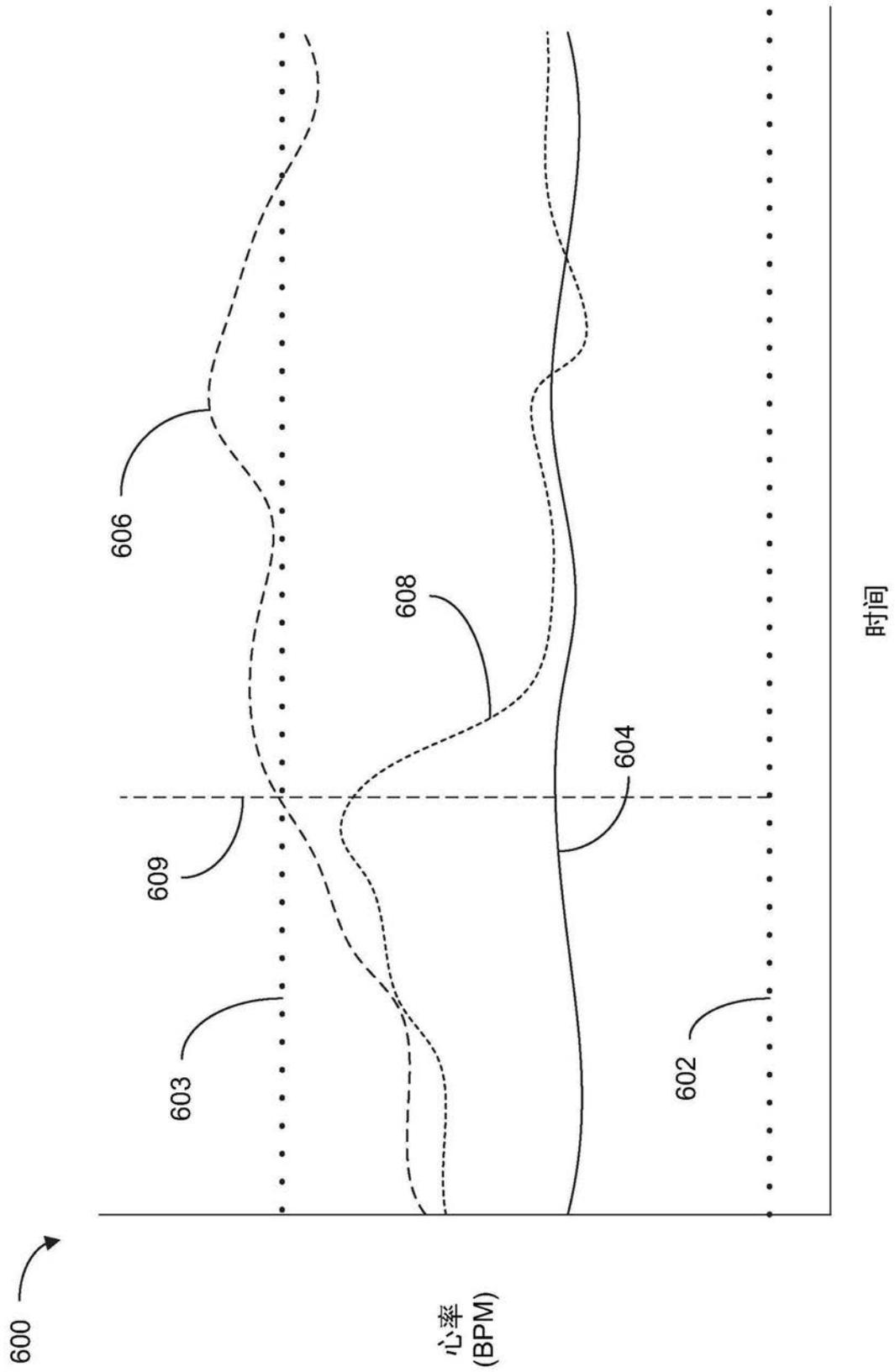


图6

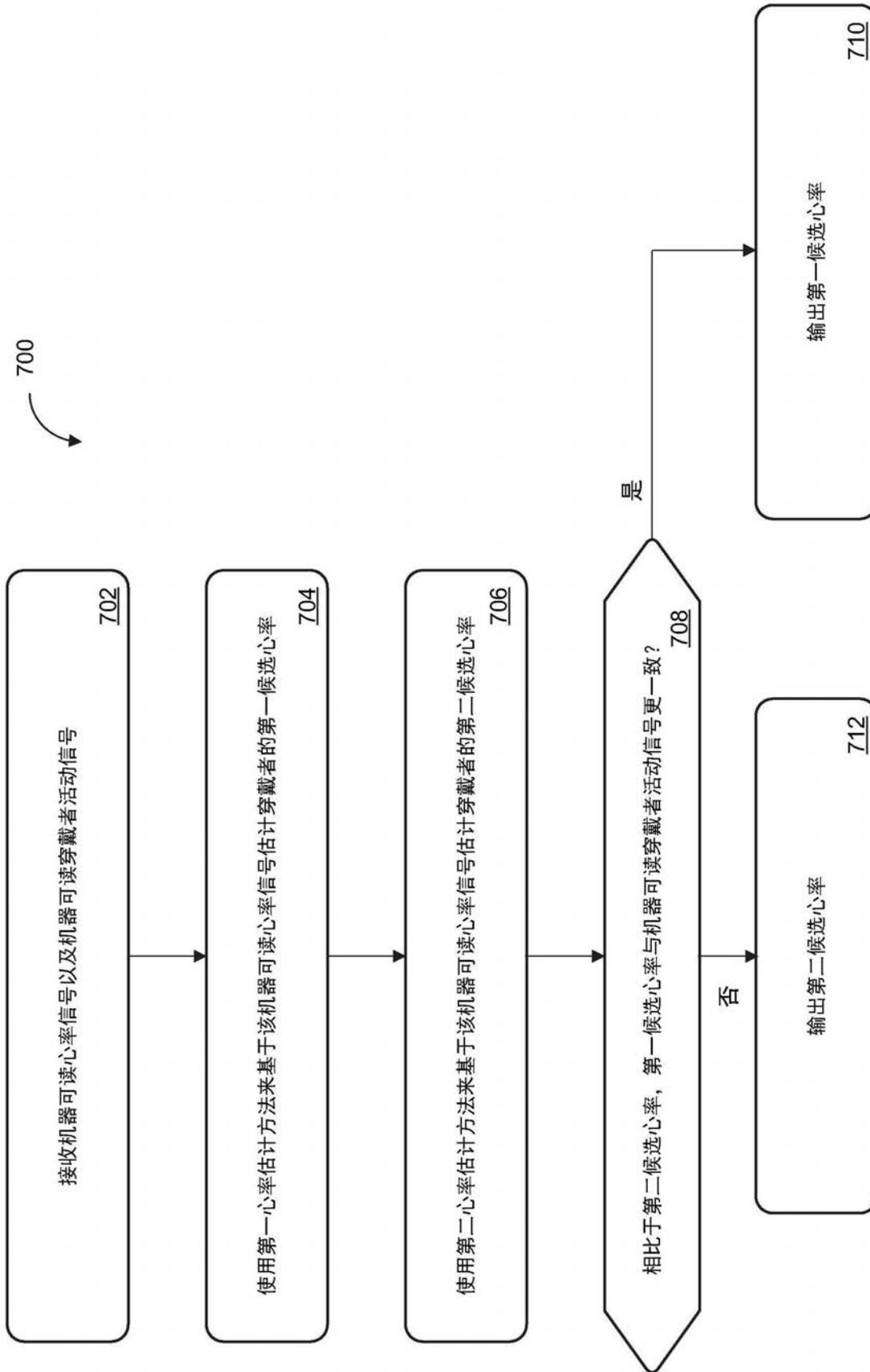


图7

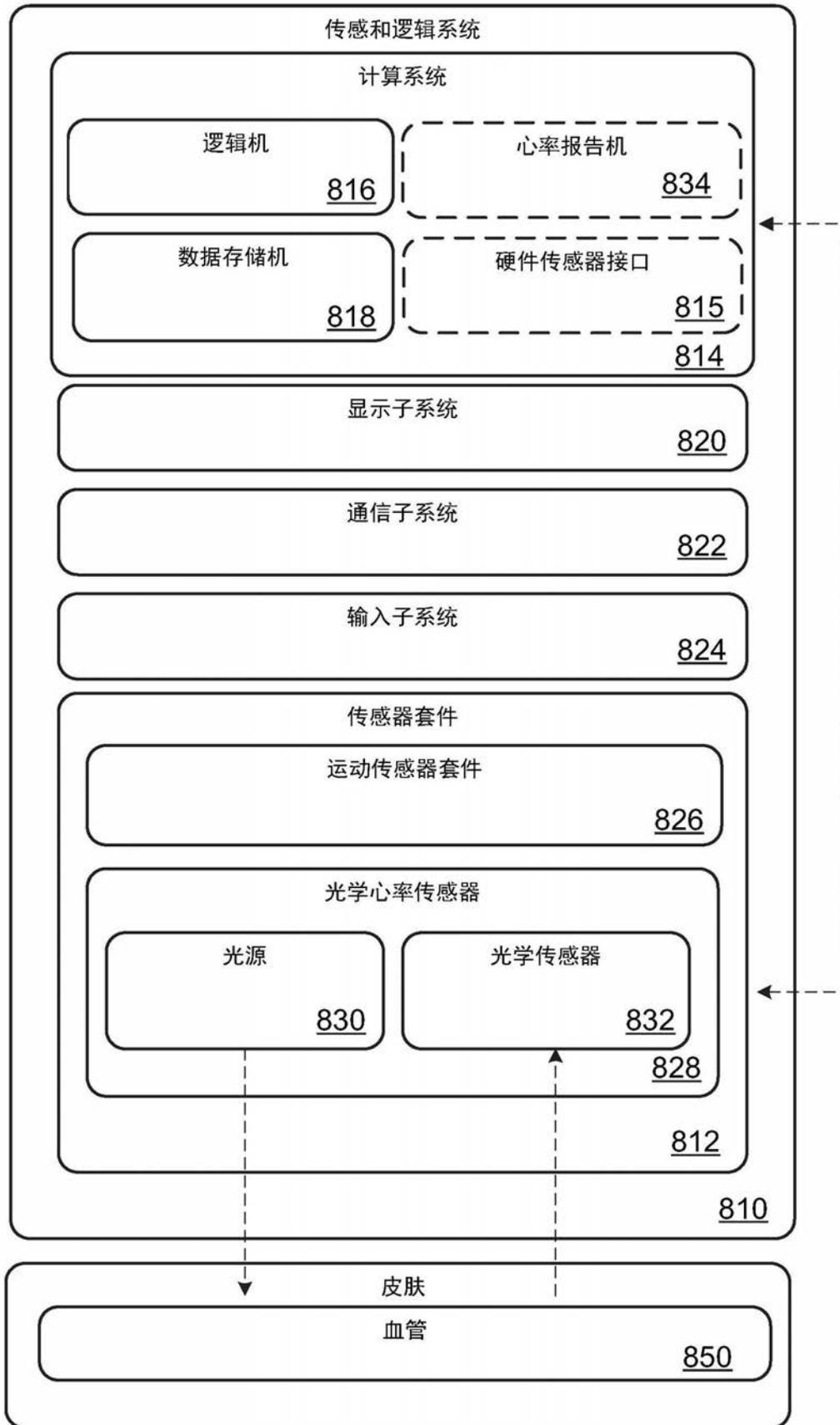


图8