



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108926333 A

(43)申请公布日 2018.12.04

(21)申请号 201810094252.3

(74)专利代理机构 北京品源专利代理有限公司
11332

(22)申请日 2018.01.31

代理人 王小衡 杨生平

(30)优先权数据

201721018447 2017.05.25 IN

(51)Int.Cl.

A61B 5/0205(2006.01)

(71)申请人 塔塔咨询服务有限公司

A61B 5/11(2006.01)

地址 印度马哈拉施特拉邦

A61B 5/00(2006.01)

(72)发明人 莎莉尼·穆霍帕迪亚

纳沙鲁丁·艾哈迈德

阿维克·高斯 阿丽吉特·辛哈雷

迪拜恩舒·贾斯瓦

阿丽吉特·乔杜里

拉穆·雷迪·温帕达

塔帕斯·查克拉瓦蒂

阿尔帕恩·帕尔

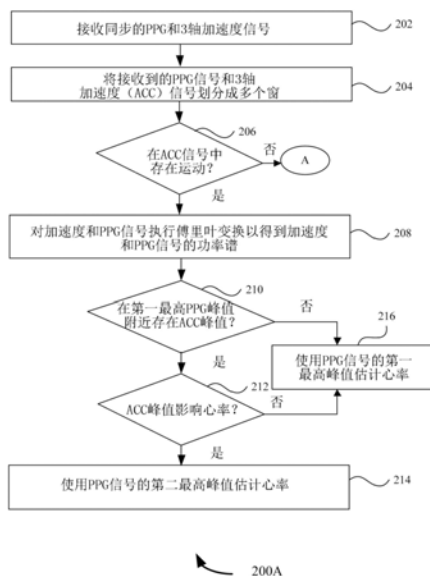
权利要求书3页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

用于心率估计的系统和方法

(57)摘要

公开了用于心率估计的技术。在一个实施例中,接收同步的光体积描记术(PPG)和3轴加速度信号。此外,PPG和加速度信号被划分成窗。此外,确定在加速度信号的窗中是否存在运动。另外,当存在运动时对信号执行傅里叶变换以得到窗中的信号的功率谱。还确定在围绕第一最高PPG峰值的范围中是否存在加速度信号的峰值。此外,当在围绕该最高PPG峰值的范围中存在加速度信号的峰值时,确定加速度信号的峰值是否影响用户的心率。随后,当加速度信号的峰值影响用户的心率时,使用第二最高PPG峰值来估计该窗中的用户的心率。



1. 一种处理器实施的方法,该方法包括:

(a) 从与可穿戴装置的用户相关联的传感器接收同步的光体积描记术 (PPG) 信号和3轴加速度信号;

(b) 将所接收到的PPG信号和3轴加速度信号划分成多个窗;

(c) 基于所述多个窗中的一个窗中的3轴加速度信号的均值和标准偏差值来确定在所述3轴加速度信号的所述多个窗中的一个窗中是否存在运动;

(d) 当在所述3轴加速度信号的所述多个窗中的一个窗中存在运动时,对所述3轴加速度信号和PPG信号执行傅里叶变换以得到所述多个窗中的一个窗中的3轴加速度信号和PPG信号的功率谱,其中所述功率谱包括所述多个窗中的一个窗中的3轴加速度信号和PPG信号的快速傅里叶变换 (FFT) 峰值;

(e) 确定在围绕所述PPG信号的第一最高峰值的范围中是否存在所述3轴加速度信号的峰值;

(f) 当在围绕所述PPG信号的第一最高峰值的范围中存在所述3轴加速度信号的峰值时,通过执行随机森林学习确定所述3轴加速度信号的峰值是否影响所述用户的心率;以及

(g) 当所述3轴加速度信号的峰值影响所述用户的心率时,使用所述PPG信号的第二最高峰值来估计所述多个窗中的一个窗中的所述用户的心率。

2. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

(h) 当在围绕所述PPG信号的第一最高峰值的范围中不存在所述3轴加速度信号的峰值以及所述3轴加速度信号的峰值不影响所述用户的心率时,使用所述PPG信号的第一最高峰值来估计所述多个窗中的一个窗中的所述用户的心率。

3. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

(i) 当在所述3轴加速度信号的所述多个窗中的一个窗中不存在运动时,执行所述多个窗中的一个窗中的PPG信号的零相位数字滤波;

(j) 对滤波后的PPG信号执行傅里叶变换以得到所述多个窗中的一个窗中的PPG信号的功率谱,其中所述功率谱包括所述多个窗中的一个窗中的PPG信号的FFT峰值;以及

(k) 使用所述PPG信号的最高峰值来估计所述多个窗中的一个窗中的所述用户的心率。

4. 根据权利要求3所述的方法,还包括:

通过重复步骤(c)至(k)中的至少一个步骤来估计在剩下的窗中的所述用户的心率;

针对所述多个窗中的所述用户的心率形成具有预定义的区域大小的直方图;

在所述直方图中选择具有最高出现数量的区域;以及

将所选的区间的中值考虑作为所述用户的心率。

5. 一种系统,包括:

与用户相关联的可穿戴装置(102),其中所述可穿戴装置包括:

多个传感器(112);

一个或多个存储器(110);以及

一个或多个硬件处理器(108),所述一个或多个存储器耦接到所述一个或多个硬件处理器,其中所述一个或多个硬件处理器被配置为执行存储在所述一个或多个存储器中的编程的指令,以便:

(a) 从所述多个传感器接收同步的光体积描记术 (PPG) 信号和3轴加速度信号;

(b) 将所接收到的PPG信号和3轴加速度信号划分成多个窗；

(c) 基于所述多个窗中的一个窗中的3轴加速度信号的均值和标准偏差值来确定在所述3轴加速度信号的所述多个窗中的一个窗中是否存在运动；

(d) 当在所述3轴加速度信号的所述多个窗中的一个窗中存在运动时,对所述3轴加速度信号和PPG信号执行傅里叶变换以得到所述多个窗中的一个窗中的3轴加速度信号和PPG信号的功率谱,其中所述功率谱包括所述多个窗中的一个窗中的3轴加速度信号和PPG信号的快速傅里叶变换(FFT)峰值；

(e) 确定在围绕所述PPG信号的第一最高峰值的范围中是否存在所述3轴加速度信号的峰值；

(f) 当在围绕所述PPG信号的第一最高峰值的范围中存在所述3轴加速度信号的峰值时,通过执行随机森林学习确定所述3轴加速度信号的峰值是否影响所述用户的心率；以及

(g) 当所述3轴加速度信号的峰值影响所述用户的心率时,使用所述PPG信号的第二最高峰值来估计所述多个窗中的一个窗中的所述用户的心率。

6. 根据权利要求5所述的系统,其中所述一个或多个硬件处理器被进一步配置为执行编程的指令以便：

(h) 当在围绕所述PPG信号的第一最高峰值的范围中不存在所述3轴加速度信号的峰值以及所述3轴加速度信号的峰值不影响所述用户的心率时,使用所述PPG信号的第一最高峰值来估计所述多个窗中的一个窗中的所述用户的心率。

7. 根据权利要求5所述的系统,其中所述一个或多个硬件处理器被进一步配置为执行编程的指令以便：

(i) 当在所述3轴加速度信号的所述多个窗中的一个窗中不存在运动时,执行所述多个窗中的一个窗中的PPG信号的零相位数字滤波；

(j) 对滤波后的PPG信号执行傅里叶变换以得到所述多个窗中的一个窗中的PPG信号的功率谱,其中所述功率谱包括所述多个窗中的一个窗中的PPG信号的FFT峰值；以及

(k) 使用所述PPG信号的最高FFT峰值来估计所述多个窗中的一个窗中的所述用户的心率。

8. 根据权利要求7所述的系统,其中所述一个或多个硬件处理器被进一步配置为执行编程的指令以便：

通过重复步骤(c)至(k)中的至少一个步骤来估计在剩下的窗中的所述用户的心率。

9. 根据权利要求8所述的系统,还包括：

服务器(106),其通信地耦接到所述可穿戴装置(102),其中所述服务器包括：

一个或多个存储器(118)；以及

一个或多个硬件处理器(116),其通信地耦接到所述一个或多个存储器(118),其中所述一个或多个硬件处理器被配置为执行所述一个或多个存储器中的编程的指令以便：

针对所述多个窗中的所述用户的心率形成具有预定义的区域大小的直方图；

在所述直方图中选择具有最高出现数量的区域；以及

将所选的区间的中值考虑作为所述用户的心率。

10. 一种或多种非暂时性机器可读信息存储介质,包括一个或多个指令,所述一个或多个指令在被一个或多个硬件处理器执行时使得：

(a) 从与可穿戴装置的用户相关联的传感器接收同步的光体积描记术 (PPG) 信号和3轴加速度信号;

(b) 将所接收到的PPG信号和3轴加速度信号划分成多个窗;

(c) 基于所述多个窗中的一个窗中的3轴加速度信号的均值和标准偏差值来确定在所述3轴加速度信号的所述多个窗中的一个窗中是否存在运动;

(d) 当在所述3轴加速度信号的所述多个窗中的一个窗中存在运动时,对所述3轴加速度信号和PPG信号执行傅里叶变换以得到所述多个窗中的一个窗中的3轴加速度信号和PPG信号的功率谱,其中所述功率谱包括所述多个窗中的一个窗中的3轴加速度信号和PPG信号的快速傅里叶变换 (FFT) 峰值;

(e) 确定在围绕所述PPG信号的第一最高峰值的范围中是否存在所述3轴加速度信号的峰值;

(f) 当在围绕所述PPG信号的第一最高峰值的范围中存在所述3轴加速度信号的峰值时,通过执行随机森林学习确定所述3轴加速度信号的峰值是否影响所述用户的心率;以及

(g) 当所述3轴加速度信号的峰值影响所述用户的心率时,使用所述PPG信号的第二最高峰值来估计所述多个窗中的一个窗中的所述用户的心率。

用于心率估计的系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用及优先权

[0002] 本申请要求2017年5月25日提交的印度专利申请的优先权,其通过引用整体并入于此。

技术领域

[0003] 本文实施例一般地涉及心率估计,并且更具体地涉及用于使用同步的光体积描记术(PPG)和3轴加速度信号的心率估计的系统和方法。

背景技术

[0004] 当今,使用可穿戴装置的心率估计方法高度重要,尤其是在环境非常危险并需要连续健康监控的起重机工人或钢铁厂的情况中。通常,由于运动对PPG信号的影响,通过可穿戴装置得到的来自光体积描记术(PPG)信号的心率的估计易于出错。另外,测量的准确度受到起重机振动和工人的手移动(引入了噪声并使PPG信号失真)的影响。现有的心率估计技术会需要更多资源,并且在低成本实时可穿戴装置上不太可行。另外,现有技术涉及高水平的计算,因此会需要大存储器空间和复杂硬件。

发明内容

[0005] 以下呈现本公开的一些实施例的简化的概述,以提供对实施例的基本理解。本概述不是实施例的广泛概况。其不旨在标识实施例的关键/至关重要的要素或者勾勒实施例的范围。其唯一目的是以简化形式呈现一些实施例以作为后文所呈现的更详细描述铺垫。

[0006] 考虑到前文,本文实施例提供了用于心率估计的方法和系统。在一个方面中,一种处理器实施的方法包括步骤:(a) 从与用户相关联的传感器接收同步的光体积描记术(PPG)信号和3轴加速度信号;(b) 将接收到的PPG信号和3轴加速度信号划分成多个窗;(c) 基于所述多个窗中的一个窗中的3轴加速度信号的均值和标准偏差值来确定在所述3轴加速度信号的所述多个窗中的一个窗中是否存在运动;(d) 当在所述3轴加速度信号的所述多个窗中的一个窗中存在运动时,对所述3轴加速度信号和PPG信号执行傅里叶变换以得到所述多个窗中的一个窗中的所述3轴加速度信号和PPG信号的功率谱,其中所述功率谱包括所述多个窗中的一个窗中的所述3轴加速度信号和PPG信号的快速傅里叶变换(FFT)峰值;(e) 确定在围绕PPG信号的第一最高峰值的范围中是否存在所述3轴加速度信号的峰值;(f) 当在围绕PPG信号的所述第一最高峰值的范围中存在所述3轴加速度信号的峰值时,通过执行随机森林学习确定所述3轴加速度信号的峰值是否影响所述用户的心率;以及(g) 当所述3轴加速度信号的峰值影响所述用户的心率时,使用PPG信号的第二最高峰值来估计所述多个窗中的一个窗中的所述用户的心率。

[0007] 在另一方面中,提供了一种用于心率估计的系统。所述系统包括:一个或多个存储器;以及一个或多个硬件处理器,所述一个或多个存储器耦接到所述一个或多个硬件处理

器,其中所述一个或多个硬件处理器能够执行存储在所述一个或多个存储器中的编程的指令以便:(a) 从与用户相关联的多个传感器接收同步的光体积描记术 (PPG) 信号和3轴加速度信号;(b) 将接收到的PPG信号和3轴加速度信号划分成多个窗;(c) 基于所述多个窗中的一个窗中的3轴加速度信号的均值和标准偏差值来确定在所述3轴加速度信号的所述多个窗中的一个窗中是否存在运动;(d) 当在所述3轴加速度信号的所述多个窗中的一个窗中存在运动时,对所述3轴加速度信号和PPG信号执行傅里叶变换以得到所述多个窗中的一个窗中的所述3轴加速度信号和PPG信号的功率谱,其中所述功率谱包括所述多个窗中的一个窗中的所述3轴加速度信号和PPG信号的快速傅里叶变换 (FFT) 峰值;(e) 确定在围绕PPG信号的第一最高峰值的范围中是否存在所述3轴加速度信号的峰值;(f) 当在围绕PPG信号的所述第一最高峰值的范围中存在所述3轴加速度信号的峰值时,通过执行随机森林学习确定所述3轴加速度信号的峰值是否影响所述用户的心率;以及(g) 当所述3轴加速度信号的峰值影响所述用户的心率时,使用PPG信号的第二最高峰值来估计所述多个窗中的一个窗中的所述用户的心率。

[0008] 在又一方面中,一种非暂时性计算机可读介质,其上实施了用于执行用于心率估计的方法的计算机程序。所述方法包括步骤:(a) 从与用户相关联的传感器接收同步的光体积描记术 (PPG) 信号和3轴加速度信号;(b) 将接收到的PPG信号和3轴加速度信号划分成多个窗;(c) 基于所述多个窗中的一个窗中的3轴加速度信号的均值和标准偏差值来确定在所述3轴加速度信号的所述多个窗中的一个窗中是否存在运动;(d) 当在所述3轴加速度信号的所述多个窗中的一个窗中存在运动时,对所述3轴加速度信号和PPG信号执行傅里叶变换以得到所述多个窗中的一个窗中的所述3轴加速度信号和PPG信号的功率谱,其中所述功率谱包括所述多个窗中的一个窗中的所述3轴加速度信号和PPG信号的快速傅里叶变换 (FFT) 峰值;(e) 确定在围绕PPG信号的第一最高峰值的范围中是否存在所述3轴加速度信号的峰值;(f) 当在围绕PPG信号的所述第一最高峰值的范围中存在所述3轴加速度信号的峰值时,通过执行随机森林学习确定所述3轴加速度信号的峰值是否影响所述用户的心率;以及(g) 当所述3轴加速度信号的峰值影响所述用户的心率时,使用PPG信号的第二最高峰值来估计所述多个窗中的一个窗中的所述用户的心率。

[0009] 本领域技术人员应当理解的是,本文的任何框图表示采用了本主题的原理的例示性系统的概念图。类似地,将会理解,任何流程图、流程框图、状态转换图、伪代码等表示实质上可在计算机可读介质中表示并因而由计算装置或处理器执行的各种过程,无论是否明确示出了这样的计算装置或处理器。

附图说明

[0010] 参照附图描述详细说明。在附图中,参考数字的最左侧的一个或多个数位标识该参考数字第一次出现的附图。在所有附图中使用相同数字来引用相似特征和模块。

[0011] 图1示出根据示例实施例的用于心率估计的系统的框图。

[0012] 图2A和图2B示出根据示例实施例的用于心率估计的方法的流程框图。

[0013] 图3示出根据示例实施例的决策树。

[0014] 本领域技术人员应当理解的是,本文的任何框图均表示实施本主题的原理的例示性系统和装置的概念图。类似地,将会理解,任何流程图、流程框图等表示实质上可在计算

机可读介质中表示并因而由计算机或处理器(无论是否明确示出了这样的计算机或处理器)执行的各种过程。

具体实施方式

[0015] 参照在附图示出并在以下描述中详细说明的非限制性实施例,更全面地说明本文的实施例及其各种特征和优点详情。本文使用的示例仅旨在促进对本文实施例可被实践的方式的理解,并且进一步使得本领域技术人员能够实践本文的实施例。因此,示例不应被解释为对本文实施例的范围的限制。

[0016] 本文的本主题提供了根据示例实施例的用于使用可穿戴装置的心率估计的系统和方法。本主题提出了一种在从光体积描记术(PPG)信号估计心率的同时估计运动伪影的技术。例如,使用通过标准偏差和决策树计算的阈值来进行移动性测试。此外,通过傅里叶变换(FFT)得到信号的功率谱。从PPG谱的最高峰值估计初始心率。随后,对加速度谱检查在假定的心脏峰值附近的任何显著峰值。使用随机森林学习中的两个峰值特征来决定加速度峰值是否显著。如果未发现这样的加速度峰值,则心率被估计和发送以用于后处理。否则,得到第二最高PPG峰值,并且从该峰值估计心率,并将其发送以用于后处理。在后处理中,在服务器中取得从窗得到的心率,并利用直方图的帮助来估计最终心率(其中,最频繁发生的区间(bin)的中值被选作最终心率)。

[0017] 所述方法和系统不限于本文所述的特定实施例。另外,所述方法和系统可以与本文所述的其他模块和方法独立地和分开地实践。每个装置元件/模块和方法可以与其他元件/模块和其他方法相结合地使用。

[0018] 参照图1至图3详细地说明了心率估计的系统和方法所采用的方式。尽管可以在任何数量的不同系统、实用环境和/或配置中实施用于心率估计的所述方法和系统的方面,但在以下(多个)示例系统的上下文中描述实施例。

[0019] 图1示出根据示例实施例的用于心率估计的系统100的框图。在一个示例实施例中,系统100包括可穿戴装置102、网关装置104和服务器106。例如,可穿戴装置102和服务器106经由网关装置104彼此通信地耦接。如图1所示,可穿戴装置102包括诸如处理器108的一个或多个硬件处理器、诸如存储器110的一个或多个存储器、传感器112(即PPG传感器和3轴加速度传感器)以及通信模块114,或者以其他方式与它们通信。在一个实施例中,处理器108、存储器110、传感器112和通信模块114(例如蓝牙等)可以通过诸如系统总线之类的系统或类似机构而耦接。可穿戴装置102经由通信模块114通信地耦接到网关装置104。此外,服务器106包括诸如处理器116的一个或多个硬件处理器、以及诸如存储器118的一个或多个存储器,或者以其他方式与它们通信。尽管图1示出系统100的示例部件,但在其他实施方式中,系统100可以包含比图1所示更少部件、附加部件、不同部件或不同地布置的部件。

[0020] 处理器108或116此外还可以包括实施与通信相关联的音频和逻辑功能的电路系统。例如,处理器108或116可以包括但不限于微控制器、一个或多个数字信号处理器(DSP)、一个或多个微处理器、一个或多个专用计算机芯片、一个或多个现场可编程门阵列(FPGA)、一个或多个专用集成电路(ASIC)、一个或多个计算机、各种模拟数字转换器、数字模拟转换器、和/或其他支持电路。因此,处理器108或116还可以包括对消息和/或数据或信息进行解码的功能性。处理器108或116此外还可以包括配置来支持处理器108的操作的时钟、算术逻

辑单元 (ALU)、和逻辑门。此外,处理器108或116可以包括执行可被分别存储在存储器110或118中或以其他方式可分别访问处理器108或116的程序的一个或多个软件。

[0021] 附图中所示的包括被标记为“处理器”的任何功能块的各种元件的功能可以通过使用专用硬件以及能够执行与适当软件相关联的软件的硬件来提供。当通过处理器提供时,可以通过单个专用处理器、通过单个共享处理器、或通过多个独立处理器(它们中的一些可以被共享)来提供所述功能。此外,术语“处理器”的明确使用不应被解释为排他地指能够执行软件的硬件,而可以隐含地包括而不限于DSP硬件、网络处理器、专用集成电路(ASIC)FPGA、用于存储软件的只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)和非易失性存储装置。还可以包括传统和/或定制的其他硬件。

[0022] 诸如存储器110或118之类的一个或多个存储器可以存储由所述系统用来实施该系统的功能的许多信息和数据。存储器110或118可以包括例如易失性存储器和/或非易失性存储器。易失性存储器的示例可以包括但不限于易失性随机存取存储器。非易失性存储器可以附加地或替代地包括电可擦除可编程只读存储器(EPROM)、闪速存储器、硬盘驱动器等。非易失性存储器的一些示例包括但不限于随机存取存储器、动态随机存取存储器、静态随机存取存储器等。非易失性存储器的一些示例包括但不限于硬盘、磁带、光盘、可编程只读存储器、可擦除可编程只读存储器、电可擦除可编程只读存储器、闪速存储器等。存储器110或118可以被配置为存储用于分别使得可穿戴装置102或106能够执行根据各种示例实施例的各种功能的信息、数据、应用、指令等。附加地或替代地,存储器110或118可以被配置为存储当由处理器108或116执行时使得可穿戴装置102或服务器106分别以各种实施例中描述的方式行动的指令。存储器110包括心率估计模块120和其他模块。模块120和其他模块包括执行特定任务或实施特定抽象数据类型的例程、程序、对象、部件、数据结构等。其他模块可以包括对可穿戴装置102的应用和功能进行补充的程序或编码指令。存储器118包括后处理模块122和其他模块。模块122和其他模块包括执行特定任务或实施特定抽象数据类型的例程、程序、对象、部件、数据结构等。其他模块可以包括对服务器106的应用和功能进行补充的程序或编码指令。

[0023] 在操作时,传感器112从穿戴装置102的用户接收输入信号(即,在相同时间点得到的PPG信号和3轴加速度信号),该输入信号在处理器108和存储器110的帮助下被处理以用于进行心率估计,并且针对每个窗的所计算的心率值通过通信模块(蓝牙)114被发送给网关装置104。由于数据流非常耗能量,因此,代替原始PPG和加速度数据的流,使用蓝牙将所计算的心率值传递给服务器106。网关104通过网络将数据发送给后处理部分发生的服务器106。

[0024] 在一个示例实施例中,传感器从穿戴装置102的用户接收输入信号。从可穿戴装置得到的原始PPG和3轴加速度信号是输入信号。PPG和3轴加速度信号必须被同步并具有固定采样率(即, F_s)。另外,心率估计模块120得到信号并将信号分成多个窗。在一个实施例中,心率估计模块120将PPG和3轴加速度的信号分成(某个固定持续时间的)更小的窗以用于进一步处理和分析。

[0025] 此外,心率估计模块120预处理信号。在预处理期间,心率估计模块120执行用于信号质量验证的PPG信号阈值检查,并且进行零相位滤波以提取实际形状。在一个示例中,该检查是为了在用于原始信号的阈值的帮助下确保可穿戴装置102(在该情况下,是手表)被

穿戴在手腕上,并因此消除噪声信号。另外,在预处理期间,心率估计模块120减去信号均值以从信号中去除直流(DC)分量。

[0026] 此外,心率估计模块120在3轴加速度信号的窗中的一个中执行移动性检查。进行该检查主要是为了发现在该窗口期间是否存在运动。心率估计模块120在使用原始时间信号幅度的标准偏差并随后应用决策树而计算的原始信号的阈值的帮助下执行移动性检查。在一个示例实施方式中,心率估计模块120执行结合了统计特征和决策树基础技术的适度然而鲁棒的算法,以确定3轴加速度信号的特定时间窗中的运动。通常,决策树是用于分类和预测的强大和普及的工具。决策树迎合了以自上而下的方式构造的不同规则以实现预测并且可被容易地实施,根据决策树的节点采用了各种if else条件。

[0027] 在一个示例中,在运动中3轴加速度计信号的合成值与静态模式相比显著增大。该变化以合成加速度计的时间窗的均值和标准偏差的形式而被捕获。该时间窗被定义为10秒。心率估计模块120通过以下方程来计算合成值: $ResVal = \sqrt{(x^2+y^2+z^2)}$;

[0028] 此外,对于每个时间窗,心率估计模块120收集许多合成值并相应地计算这些合成值的均值和标准偏差(STD)。此外,心率估计模块120实现离线训练并部署模型决策树以确定移动性。在训练模式下,通过用户干预来捕获真实数据(ground truth)观测。为了对环境(例如起重机环境)仿真,测试主体被指示以约定的时间执行某种特定移动,顺带地,用户仿效实际起重机操作者并执行实验。观测者掌管整个过程,同时提供指令并相应地将事件注释为静态或运动。针对每一个时间窗,3轴加速度计信号的合成值的均值和标准偏差被代表为特征,并且移动性标志表示类别。特定训练窗的一个典型表示为如下:

[0029] mean_window,std_window1:S

[0030] mean_window,std_window2:M

[0031] 其中S代表静态模式,M表示运动,并且mean_window、std_window分别表示均值和标准偏差。

[0032] 另外,心率估计模块120馈送许多这样的窗以用于训练,这产生用于对窗的运动的可靠估计的决策树(if else梯队)。图3中示出一个示例决策树规则300。决策树在可穿戴装置102中被实施为if-else梯队。在测试阶段中,计算均值和标准偏差并将其施加于决策树以用于移动性的决定。如果存在运动,则心率估计模块120执行运动去除算法,否则,进行峰值阈值检查(以丢弃具有模糊的PPG峰值的窗),并且直接通过快速傅里叶变换(FFT)法对该窗估计心率。因此节省了可穿戴装置102内部的功率和处理。

[0033] 此外,如果存在运动,则心率估计模块120使用零相位数字滤波器(filtfilt)执行PPG和加速度信号滤波。滤波器“filtfilt”通过在正向和反向两个方向上处理输入数据来执行零相位数字滤波。当在正向方向上对数据滤波之后,filtfilt将滤波后的序列反向,并使其返回运行通过滤波器。结果具有以下特征——零相位失真,一种滤波器传递函数,其等于原始滤波器传递函数的平方后的幅度以及作为由分子和分母系数指定的滤波器的阶数的两倍的滤波器阶数。这可应用于FFT峰值为必要并且不需要相位信息的心率估计模块中。心率估计模块120以0.75Hz的下截止频率(心率45BPM)和3Hz的上截止频率(心率180BPM)对预处理后的信号进行滤波,确保在宽范围的心率值上进行的正确测量。

[0034] 另外,心率估计模块120对预处理后的信号执行傅里叶变换(FFT),并得到PPG和加速度信号的功率谱。心率估计模块120随后分析PPG和加速度信号的功率谱以检查所假定的

心脏峰值是真实还是由于运动的影响。为此,取得PPG信号的最高FFT峰值,并且对围绕该峰值的范围(即, $\pm t$ Hz)检查该范围中的任何显著加速度FFT峰值的出现。如果存在,则取得两个峰值特征,比如第一最高PPG峰值的功率与附近加速度峰值的功率的比率以及第二最高PPG峰值的功率的倒数,并使用随机森林学习法以决定加速度峰值是否影响第一PPG峰值。

[0035] 在消除来自基于PPG的心率估计的运动伪影的过程中,如果在特定窗期间存在运动,则心率估计模块120分析用于最高峰值的PPG谱。在得到最高PPG峰值之后,心率估计模块120检查任何显著加速度峰值(满足cfar条件,即在相邻峰值的均值上方上升50%)是否与PPG峰值对准(位于相同频率范围中)。如果找到这样的加速度峰值,则选择第二最高PPG峰值。在许多情况下,虽然显著的加速度峰值呈现为与第一PPG峰值对准,但如果PPG峰值相当强并且存在非常小的加速度峰值,则真实心脏峰值是第一PPG峰值本身,但是通常,由于加速度峰值满足cfar条件第一PPG峰值被丢弃,而第二峰值被考虑作为真实心脏峰值。因此,其导致错误的心率测量。为了避免该错误,使用机器学习技术(随机森林)以用于定义基于两个PPG峰值的功率值和对准的加速度峰值来从两个PPG峰值当中选出正确峰值的方法。如果第一峰值功率相对于加速度峰值功率非常高,并且第二PPG峰值相当弱,则选择第一峰值作为真实峰值,否则选择第二峰值用于心率估计。

[0036] 通常,随机森林或随机决策森林是用于分类、回归和其他任务的集成学习法,其通过在训练时间构造大量决策树并输出作为各个树的类别(分类)或均值预测(回归)的模式类别来操作。随机决策森林校正了决策树对它们的训练集合的过拟合习惯。在给定的上下文中,随机森林学习用于预测哪个PPG峰值(第一最高峰值或第二最高峰值)对应于心率并且将被选择用于计算出现运动时的心率。本质上,随机森林算法集成了各种决策树,并预测作为通过各个树预测的类别的模式类别。为此,评估PPG的各种峰值,因此取得了2个特征,并且将正确峰值注释为类别。这两个特征如下:

[0037] 1. 最高PPG峰值功率与和最高PPG峰值对准的加速度峰值的功率的比率。

[0038] 2. 第二最高PPG峰值的功率的倒数。

[0039] 类别(真实峰值):

[0040] 类别-1: 第一PPG峰值

[0041] 类别-2: 第二PPG峰值

[0042] 另外,心率估计模块120使用上述特征对采集了总数据的80%的随机森林模型进行训练。剩下的20%用于测试。该模型产生被离线执行,所产生的模型用于测试数据的实时分类。在完成训练阶段之后,产生模型,其被用于根据特征值基于第一PPG峰值和第二PPG峰值是否将被选择用于心率估计来对测试数据集进行归类。

[0043] 如果发现心率估计不受影响,则心率估计模块120认为用于心率估计的PPG信号的第一最高峰值类似于无运动的过程。如果发现心率估计受到影响,则心率估计模块120标识来自PPG FFT谱的第二最高峰值,并使用该峰值的频率来估计心率。在一些实施例中,对第二最高PPG峰值检查任何附近显著加速度峰值的存在,如果发现任何这样的峰值,则窗被认为是模糊的并被丢弃。

[0044] 通常,使用PPG信号是用于在外周部位测量血管中流动的血液的量的鲁棒非侵入式光学方法。PPG传感器基本上包括照亮皮肤的发光二极管(LED)和测量通过组织透射的或

反射的光量的光电二极管。由光电二极管捕获的光强的变化直接与心律相关联。每个心动周期呈现为PPG信号中的峰值。因此,PPG信号包含伴随DC信号的缓慢变化的AC分量。AC表示心率信号,周期性表示心率。接着,通过得到滤波后的PPG信号的主频分量来估计心率。这通过执行傅里叶变换并从功率谱得到最高峰值的频率来进行。该频率(即 f_{max})随后通过下式被转换为每分钟心跳次数:HR (BPM) = $f_{max} * 60$ 。

[0045] 此外,在一个示例实施方式中,可穿戴装置102将在所有窗中估计的心率经由网关装置104传递给服务器106。这里,窗的心率值(即,针对2分钟的数据)被发送到服务器106用于后处理。在一个实施例中,后处理模块122形成具有固定区间大小的直方图,将权重2给予针对无运动的窗的心率值并将权重1给予针对存在运动的窗的心率值。因此,后处理模块122选择出现最多的区间,并将其中值看作最终心率。因此得到用户心率的较好估计,并可用于在服务器106中的进一步分析。

[0046] 图2A和图2B示出根据一个示例实施例的用于心率估计的方法200A和200B的流程框图。可以在计算机可执行指令的一般情境下描述以处理器实施的方法200。通常,计算机可执行指令可以包括例程、程序、对象、部件、数据结构、过程、模块、功能等,其执行特定功能或实施特定抽象数据类型。还可以在由通过通信网络链接的远程处理装置来执行功能的分布式计算环境中实践方法200。描述方法200的次序并不旨在被解释为限制,可以以任何次序结合任何数量的所述方法块以实施方法200或替代方法。另外,可以在任何适当硬件、软件、固件或其组合中实施方法200。在一个实施例中,在流程图中描绘的方法200可以由系统(例如图1的系统100)执行。

[0047] 在框202,从与可穿戴装置的用户相关联的传感器接收同步的光体积描记术(PPG)和3轴加速度信号。例如,在相同时间点得到PPG信号和3轴加速度信号。在框204,接收到的PPG信号和3轴加速度信号被划分成多个窗。在一些实施例中,基于用于PPG信号的阈值来消除来自PPG信号的多个窗中的每一个的噪声。此外,一旦消除所述噪声,就从PPG信号的多个窗中的每一个去除了直流(DC)分量。

[0048] 在框206,进行检查以基于在多个窗中的一个窗中的3轴加速度信号的均值和标准偏差值来确定在3轴加速度信号的多个窗中的一个窗中是否存在运动。例如,进行检查以基于通过在多个窗中的一个窗中的3轴加速度信号的均值和标准偏差和决策树而计算出的阈值来确定在3轴加速度信号的多个窗中的一个窗中是否存在运动。

[0049] 当在3轴加速度信号的多个窗中的一个窗中存在运动时,在框208,对3轴加速度信号和PPG信号执行傅里叶变换,以得到在多个窗中的一个窗中的3轴加速度信号和PPG信号的功率谱,所述功率谱包括在多个窗中的一个窗中的3轴加速度信号和PPG信号的快速傅里叶变换(FFT)峰值。在框210,进行检查以确定在围绕PPG信号的第一最高峰值的范围中是否存在3轴加速度信号的峰值。当3轴加速度信号的峰值在围绕PPG信号的第一最高峰值的范围中时,在框212,通过执行随机森林学习进行检查以确定3轴加速度信号的峰值是否影响用户的心率。例如,基于PPG信号的第一最高峰值、PPG信号的第二最高峰值和3轴加速度信号的峰值的功率值来执行随机森林学习。

[0050] 在框214,当3轴加速度信号的峰值影响用户的心率时,使用PPG信号的第二最高峰值来估计多个窗中的一个窗中的用户的心率。在框216,当发生了以下中的至少一个时,使用所标识的PPG信号的第一最高峰值来估计多个窗中的一个窗中的用户的心率:在围绕PPG

信号的最高峰值的范围中不存在3轴加速度信号的峰值、以及3轴加速度信号的峰值未影响用户的心率。

[0051] 当在框206处在3轴加速度信号的多个窗中的一个窗中不存在运动时,在框218,执行多个窗中的一个窗中的PPG信号的零相位数字滤波。在框220,对滤波后的PPG信号执行傅里叶变换以得到多个窗中的一个窗中的PPG信号的功率谱,功率谱包括多个窗中的一个窗中的PPG信号的FFT峰值。在222,执行峰值模糊性(ambiguity)检查,以确定该窗是否是有噪声的(noisy)。如果是,则从可穿戴装置接收其他输入信号。如果不是,则在框224,使用PPG信号的最高FFT峰值估计多个窗中的一个窗中的用户的心率。此外,通过重复上述步骤中的至少一个来在剩下的窗中估计用户的心率。

[0052] 在一些实施例中,针对多个窗中的用户的心率形成具有预定义区间大小的直方图。此外,选择直方图中出现次数最高的区间。此外,所选区间的中值被看做用户的心率。

[0053] 图1至图3中描述的各种实施例提出了用于基于由起重机振动和手移动造成的运动的影响的心率估计的技术。该技术使用实时实施可行的最低成本的轻型硬件来估计心率估计。在该技术中,在起重机操作者穿戴着所述装置的同时布署了移动性检查以确定运动的程度。根据决定,不同的算法被隐含以估计用户的心率。当处于静态模式时,采纳传统的基于频率的算法,而在运动中,在心率估计中设计更复杂的方法。这种双重方法提供了灵活性并且避免了当装置不在运动中时的计算复杂度。因此,有助于利用可穿戴装置中的低信号采样率(50Hz)和功耗而减小处理、存储空间。此外,该技术在实时可穿戴装置中实施是可行的,并且尤其有助于在难以安装复杂硬件的环境中使用低成本轻型可穿戴装置。

[0054] 该书面说明描述了本文主题以使得本领域技术人员能够做出和使用实施例。主题实施例的范围由权利要求定义,并且可以包括本领域技术人员想到的其他修改。如果这样的其他修改具有与权利要求的字面语言并无不同的相似要素或者如果它们包括与权利要求的字面语言无本质不同的等同要素,则它们旨在处于权利要求的范围之内。

[0055] 然而,要理解的是,保护范围扩展到这样的程序并且此外还扩展到其中具有消息的计算机可读手段;当所述程序在服务器或移动装置或任何适当可编程装置上运行时,这样的非暂时性机器可读信息存储介质包含用于实施所述方法的一个或多个步骤的程序代码手段。硬件装置可以是可被编程的任何类型的装置,例如包括任何类型是计算机,如服务器或个人计算机等或它们的组合。所述装置还可以包括这样的手段:其例如可以是硬件手段例如,如专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA);或硬件与软件手段的组合,例如ASIC和FPGA,或至少一个微处理器和其中安置了软件模块的至少一个存储器。因此,所述手段可以包括硬件手段和软件手段两者。本文描述的方法实施例可以以硬件和软件实施。所述装置还可以包括软件手段。替代地,实施例可以在不同的硬件装置上(例如使用多个CPU)实施。

[0056] 本文的实施例可以包括硬件和软件元件。以软件实施的实施例包括但不限于固件、常驻软件、微代码等。通过本文所述的各种模块执行的功能可以在其他模块或其他模块的组合中实施。出于本说明书的目的,计算机可用或计算机可读介质可以是任何设备,其可包括、存储、通信、传播或运送用于由指令执行系统、设备或装置使用或与指令执行系统、设备或装置有关的程序。

[0057] 特定实施方式和实施例的前述描述全面地披露了本文实施方式和实施例的一般

性质,从而其他技术人员通过应用当前知识可以容易地修改和/或改编这种特定实施例的各种应用而不脱离一般构思,因此,这样的改编和修改应当且旨在被理解为在所公开的实施例的等同物的含义和范围之内。将会理解,本文采用的措辞或术语是出于描述而非限制的目的。因此,尽管已经在优选实施例方面描述了本文的实施例,但本领域技术人员将了解,可以利用在本文所述的实施例的精神和范围之内的修改来实践本文的实施例。

[0058] 已经参照各种实施例呈现了上文的描述。本申请所属的技术领域中的普通技术人员将理解,可以在不严重脱离本原理、精神和范围的情况下实践所述结构和操作的方法的替代和改变。

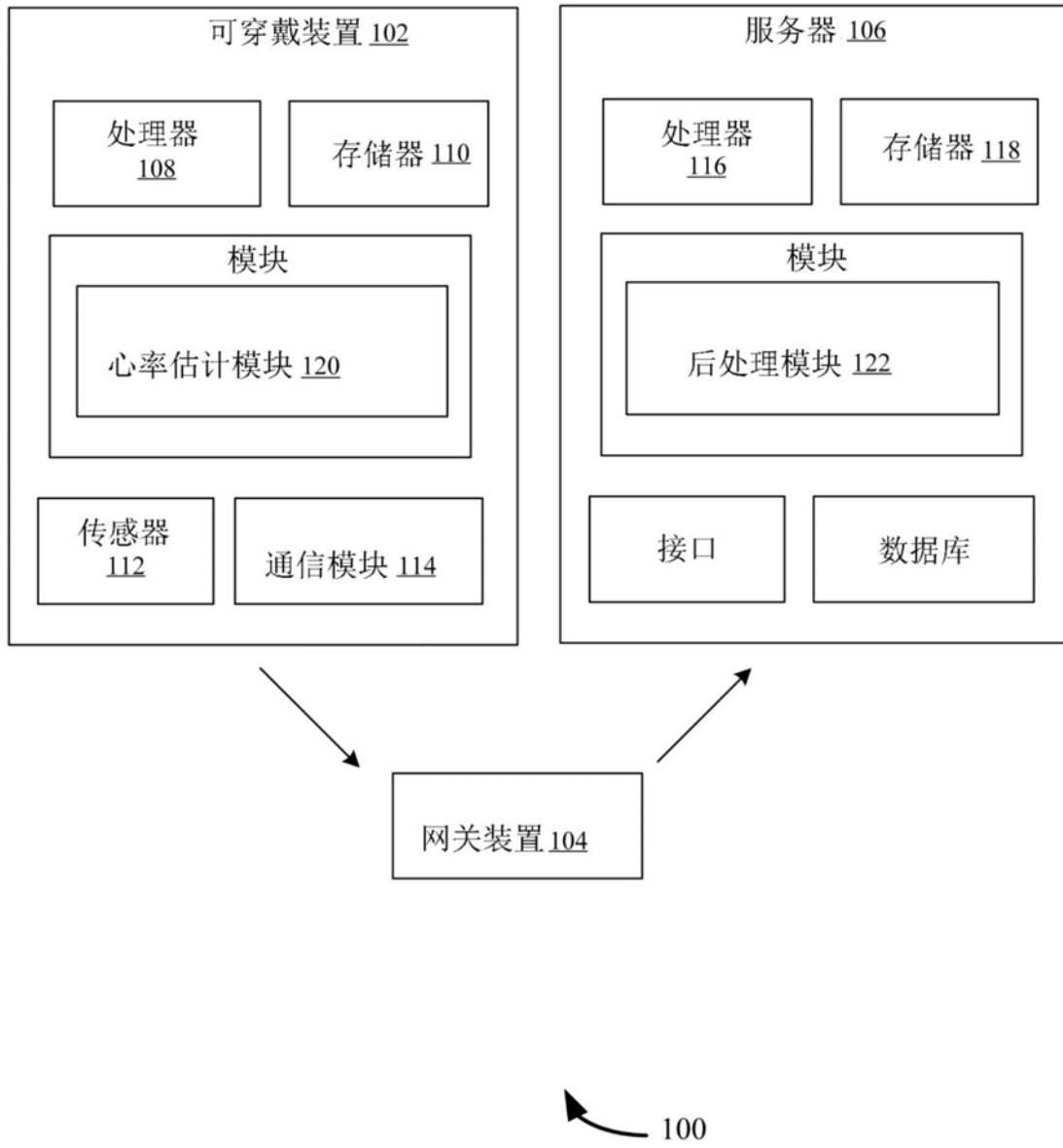


图1

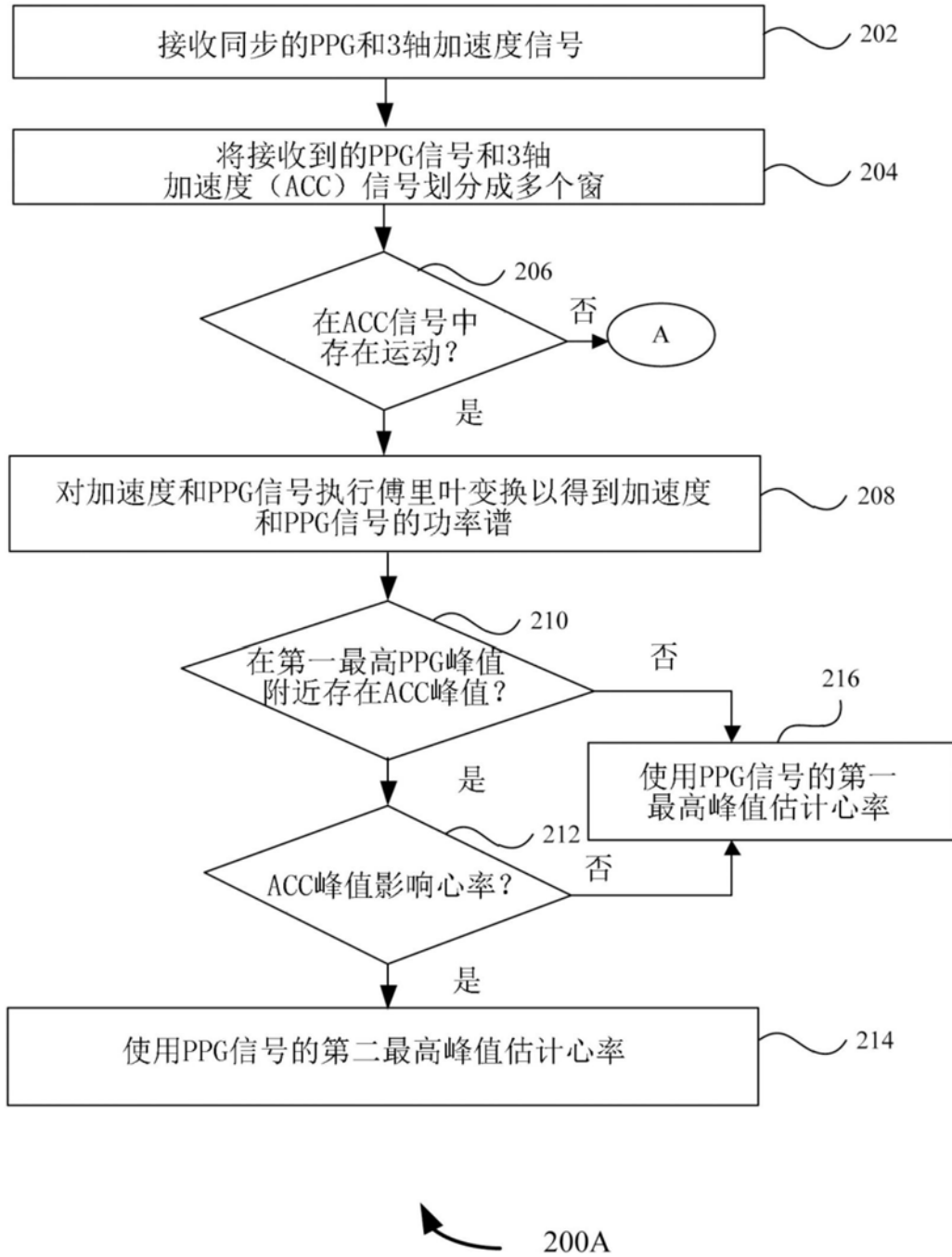
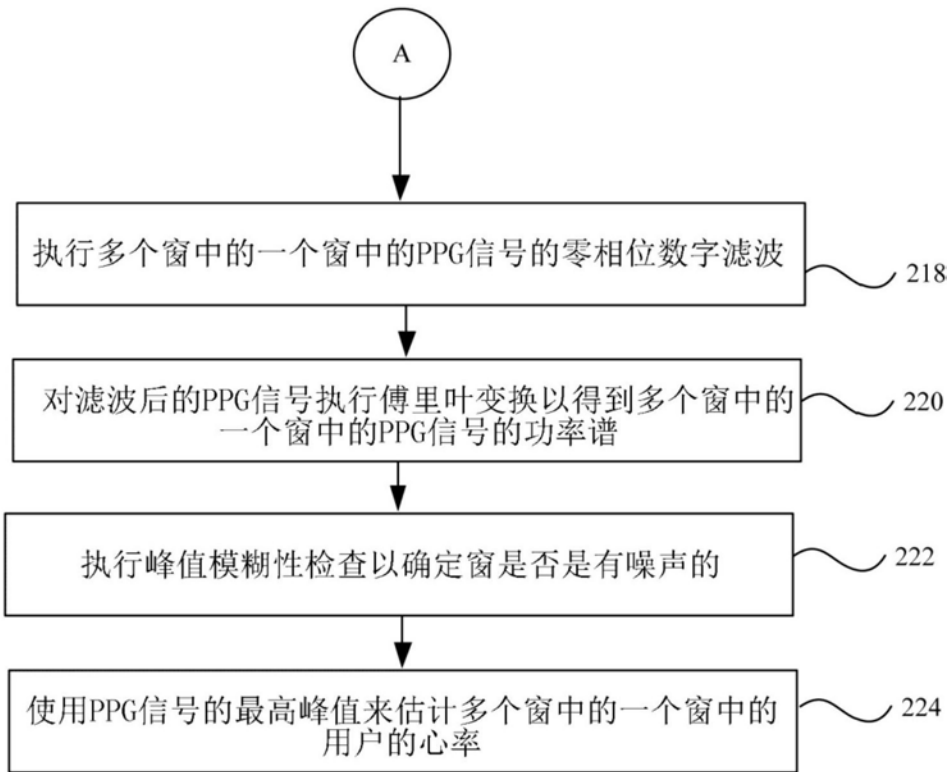


图2A



200B

图2B

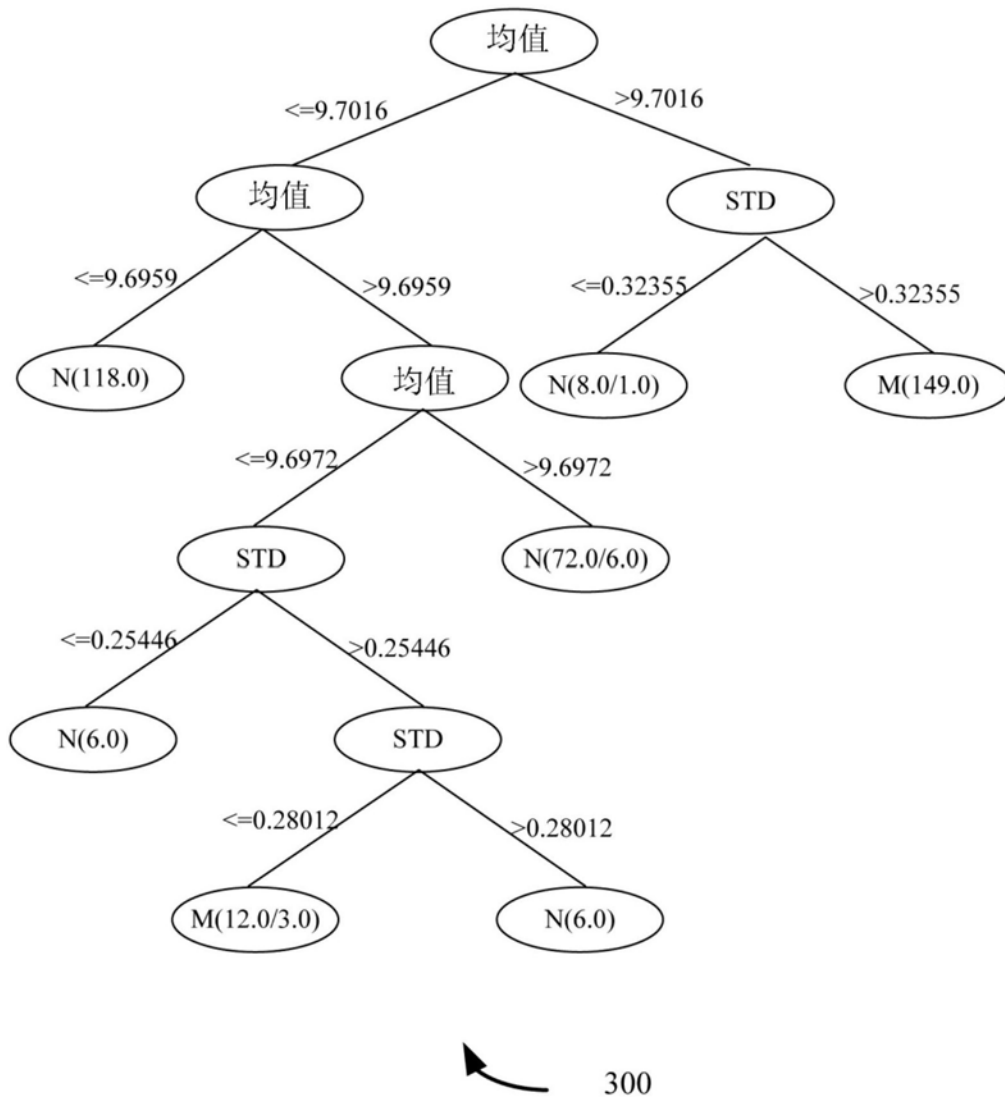


图3

专利名称(译)	用于心率估计的系统和方法		
公开(公告)号	CN108926333A	公开(公告)日	2018-12-04
申请号	CN201810094252.3	申请日	2018-01-31
申请(专利权)人(译)	塔塔咨询服务有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	塔塔咨询服务有限公司		
[标]发明人	莎莉尼穆霍帕迪亚 纳沙鲁丁艾哈迈德 阿维克高斯 阿丽吉特辛哈雷 迪拜恩舒贾斯瓦 阿丽吉特乔杜里 拉穆雷迪温帕达 塔帕斯查克拉瓦蒂 阿尔帕恩帕尔		
发明人	莎莉尼·穆霍帕迪亚 纳沙鲁丁·艾哈迈德 阿维克·高斯 阿丽吉特·辛哈雷 迪拜恩舒·贾斯瓦 阿丽吉特·乔杜里 拉穆·雷迪·温帕达 塔帕斯·查克拉瓦蒂 阿尔帕恩·帕尔		
IPC分类号	A61B5/0205 A61B5/11 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/0002 A61B5/0205 A61B5/02416 A61B5/02438 A61B5/1118 A61B5/681 A61B5/7203 A61B5/7235 A61B5/725 A61B5/7257 A61B5/721 A61B5/7239 A61B5/7267 A61B2503/22 A61B2562/0219 G16H50/70 A61B5/7246 G16H40/63		
代理人(译)	杨生平		
优先权	201721018447 2017-05-25 IN		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

公开了用于心率估计的技术。在一个实施例中，接收同步的光体积描记术(PPG)和3轴加速度信号。此外，PPG和加速度信号被划分成窗。此外，确定在加速度信号的窗中是否存在运动。另外，当存在运动时对信号执行傅里叶变换以得到窗中的信号的功率谱。还确定在围绕第一最高PPG峰值的范围中是否存在加速度信号的峰值。此外，当在围绕该最高PPG峰值的范围中存在加速度信号的峰值时，确定加速度信号的峰值是否影响用户的心率。随后，当加速度信号的峰值影响用户的心率时，使用第二最高PPG峰值来估计该窗中的用户的心率。

