



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110461215 A

(43)申请公布日 2019.11.15

(21)申请号 201880020026.9

普拉纳夫·米斯特里

(22)申请日 2018.05.04

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

(30)优先权数据

62/501,966 2017.05.05 US

15/957,627 2018.04.19 US

代理人 罗松梅

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2019.09.20

(51)Int.Cl.

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/024(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/KR2018/005202 2018.05.04

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/203712 EN 2018.11.08

(71)申请人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

(72)发明人 贾瓦哈·贾殷 詹姆斯·扬

科迪·沃瑟姆 赛义德·萨迪

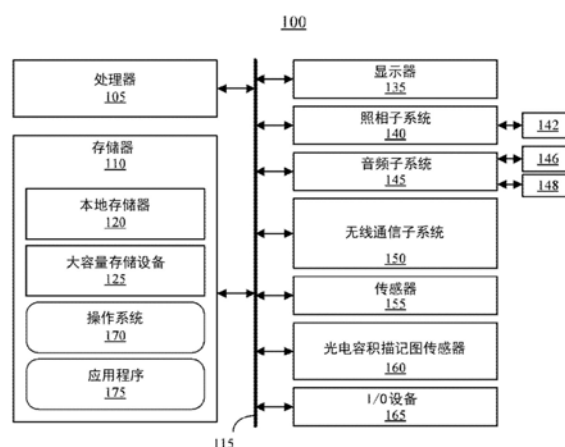
权利要求书2页 说明书17页 附图4页

(54)发明名称

使用便携式设备确定健康标志

(57)摘要

使用设备处理PPG数据可以包括：确定PPG数据段的质量估计值，并且响应于确定质量估计值超过质量阈值，基于PPG数据段的周期性的估计值滤波PPG数据段。可以确定PPG数据段的健康标志。可以基于根据PPG数据对健康标志的先前确定，验证健康标志。响应于验证，可以输出健康标志。



1. 一种方法,包括:
确定PPG数据段的质量估计值;
响应于确定所述质量估计值超过质量阈值,使用处理器基于所述PPG数据段的周期性的估计值对所述PPG数据段进行滤波;
使用所述处理器确定所述PPG数据段的健康标志;
基于根据PPG数据对所述健康标志的先前确定,验证所述健康标志;并且
响应于所述验证,输出所述健康标志。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述PPG数据是多通道PPG数据,其中所述确定所述质量估计值包括:
确定对应于所述多通道PPG数据的第一通道的PPG数据与对应于所述多通道PPG数据的第二通道的PPG数据之间的协方差。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述确定所述质量估计值包括:
确定所述PPG数据段的互信息。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述滤波包括:
基于所述PPG数据段的周期性的所述估计值,从多个滤波器中选择滤波器;并且
将所述所选择的滤波器应用于所述PPG数据。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中所述验证所述健康标志包括:
确定所述健康标志是否处于所述健康标志的预定生理范围内。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中所述验证所述健康标志包括:
确定所述健康标志与所述健康标志的先前确定相比是否已经改变超过预定量。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述验证所述健康标志包括:
执行所述PPG数据段的RR校正。
8. 根据权利要求1所述的方法,还包括:
在进行所述滤波之前对所述PPG数据段进行去噪。
9. 根据权利要求8所述的方法,还包括:
基于惯性传感器数据确定是否执行所述去噪。
10. 根据权利要求1所述的方法,还包括:
确定所述PPG数据段的脉动幅度;并且
基于所述脉动幅度确定所述PPG数据段是否有效。
11. 根据权利要求1所述的方法,其中所述健康标志是心率。
12. 根据权利要求1所述的方法,其中所述健康标志是心率变异性。
13. 根据权利要求1所述的方法,其中所述健康标志是压力。
14. 一种设备,包括:
被配置为存储指令的存储器;
耦接到所述存储器的处理器,其中响应于执行所述指令,所述处理器被配置为开始操作,所述操作包括:
确定PPG数据段的质量估计值;
响应于确定所述质量估计值超过质量阈值,基于所述PPG数据段的周期性的估计值对所述PPG数据段进行滤波;

确定所述PPG数据段的健康标志;

基于根据PPG数据对所述健康标志的先前确定,验证所述健康标志;并且
响应于所述验证,输出所述健康标志。

15. 根据权利要求14所述的设备,其中所述PPG数据是多通道PPG数据,其中所述确定所述质量估计值包括:

确定对应于所述多通道PPG数据的第一通道的PPG数据与对应于所述多通道PPG数据的第二通道的PPG数据之间的协方差。

16. 根据权利要求14所述的设备,其中所述确定所述质量估计值包括:

确定所述PPG数据段的互信息。

17. 根据权利要求14所述的设备,其中所述滤波包括:

基于所述PPG数据段的周期性的所述估计值,从多个滤波器中选择滤波器;并且
将所述所选择的滤波器应用于所述PPG数据。

18. 根据权利要求14所述的设备,其中所述验证所述健康标志包括:

确定所述健康标志是否处于所述健康标志的预定生理范围内。

19. 根据权利要求14所述的设备,其中所述验证所述健康标志包括:

确定所述健康标志与所述健康标志的先前确定相比是否已经改变超过预定量。

20. 根据权利要求14所述的设备,其中所述验证所述健康标志包括:

执行所述PPG数据段的RR校正。

21. 根据权利要求14所述的设备,其中所述处理器被配置为开始可执行操作,所述可执行操作还包括:

在进行所述滤波之前对所述PPG数据段进行去噪。

22. 根据权利要求21所述的设备,其中所述处理器配置为开始可执行操作,所述可执行操作还包括:

基于惯性传感器数据确定是否执行所述去噪。

23. 根据权利要求14所述的设备,其中所述处理器配置为开始可执行操作,所述可执行操作还包括:

确定所述PPG数据段的脉动幅度;并且

基于所述脉动幅度确定所述PPG数据段是否有效。

24. 一种计算机程序产品,包括存储有程序的一个或多个可读存储介质,所述程序在由至少一个处理器执行时执行根据权利要求1至13中任一项所述的方法。

使用便携式设备确定健康标志

技术领域

[0001] 本公开涉及确定用户的健康标志,并且更具体地涉及使用便携式设备确定这样的健康标志。

背景技术

[0002] 便携式设备的普及程度在过去几年得到了明显的提高。便携式设备的示例包括移动电话和平板电脑。另一类便携式设备被称为“可穿戴设备”。可穿戴设备的一个示例是“智能手表”。许多便携式设备具有各种不同的内置传感器。某些便携式设备还具备通信端口和/或收发器,使得设备能耦接到一个或多个外部传感器。

[0003] 通常包括在便携式设备中的或耦接到便携式设备的一种传感器是光电容积描记图 (PPG) 传感器。PPG传感器是能够生成器官的容积测量值的光学传感器。例如,PPG传感器能够响应于心脏将血液以逐次跳动的方式喷射到主动脉中来测量人体内血流的调节。

[0004] 配备有PPG传感器的便携式设备能够生成可以用于估计出用户的健康状态的信息。然而,PPG传感器生成的数据对噪声极其敏感。例如,便携式设备中相对于用户而言的轻微运动和/或移动往往都足以将大量噪声带入到由PPG传感器生成的数据中。这种噪声可以使得所得的数据变得几乎无用。

发明内容

附图说明

[0005] 附图示出了一个或多个实施例;然而,附图不应被视为将本发明仅局限于所示的实施例。通过阅读以下详细描述并参考附图,各个方面和优点将变得显而易见。

[0006] 图1示出了设备的示例性架构。

[0007] 图2示出了处理光电容积描记图 (PPG) 数据的示例性方法。

[0008] 图3示出了PPG数据的质量估计的示例性方法。

[0009] 图4示出了滤波和/或校正PPG数据的示例性方法。

[0010] 图5示出了验证健康标志的示例性方法。

具体实施方式

[0011] 在一个或多个实施例中,一种方法包括:确定PPG数据段的质量估计值,并且响应于确定质量估计值超过质量阈值,使用处理器基于PPG数据段的周期性的估计值对PPG数据段进行滤波。该方法可以包括:使用处理器确定PPG数据段的健康标志,并基于根据PPG数据对健康标志的先前确定,验证健康标志。该方法可以包括:响应于验证,输出健康标志。

[0012] 在一个或多个实施例中,一种设备包括:被配置为存储指令的存储器以及耦接到存储器的处理器。响应于执行指令,处理器被配置为开始操作。该操作可以包括:确定PPG数据段的质量估计值,并且响应于确定质量估计值超过质量阈值,基于PPG数据段的周期性的

估计值对PPG数据段进行滤波。该操作可以包括：确定PPG数据段的健康标志，并基于根据PPG数据对健康标志的先前确定，验证健康标志。该操作还可以包括：响应于验证，输出健康标志。

[0013] 在一个或多个实施例中，一种计算机程序产品可以包括具有其上存储有程序代码的计算机可读存储介质。该程序代码可由处理器执行以执行操作。该操作可以包括：确定PPG数据段的质量估计值，并且响应于确定质量估计值超过质量阈值，基于PPG数据段的周期性的估计值对PPG数据段进行滤波。该操作可以包括：确定PPG数据段的健康标志，并基于根据PPG数据对健康标志的先前确定，验证健康标志。该操作还可以包括：响应于验证，输出健康标志。

[0014] 提供本概述部分仅仅是为了介绍某些概念，不是为了明确所要求保护的主题的任

何关键或基本特征。根据附图和以下详细描述，本发明的许多其他特征和实施例将是显而易见的。

[0015] 尽管本公开是以限定出新颖特征的权利要求结尾，但是，相信通过结合附图来考虑说明书将更好地理解本文描述的各种特征。提供在本公开中描述的过程、机器、制造物及其任何变型是出于说明的目的。所描述的任何具体结构和功能细节不应被解释为限制性的，而是仅仅作为权利要求的基础，并且作为教导本领域技术人员以各种方式采用在实际上任何适当的详细结构中描述的特征的代表性基础。此外，本公开中使用的术语和短语并不旨在是限制性的，而是提供对所述特征的可理解的描述。

[0016] 本公开涉及确定用户的健康标志，并且更具体地涉及使用便携式设备确定这样的健康标志。为用户可靠地确定健康标志需要对光电容积描记图 (PPG) 数据进行准确的测量和分析。如在本公开中所定义的，术语“PPG数据”是指由PPG传感器生成的数据，该PPG传感器位于便携式设备内 (例如，作为便携式设备的一部分) 或耦接到便携式设备。可以根据PPG数据确定的健康标志的示例可以包括但不限于：心率、心率变异性 (HRV)、压力、血压、呼吸和动脉张力。根据PPG数据对健康标志的准确评估使得便携式设备能用来可靠地管理不同的医疗状况。例如，便携式设备可以用于管理糖尿病、高血压、心血管疾病、肺病、情绪障碍和药物滥用。此外，对健康标志的准确评估还使得便携式设备能更准确地评估个体的生活质量。

[0017] PPG传感器对噪声的高敏感性通常使得所生成的PPG数据存在极大的变数。例如，在配备有PPG传感器的可穿戴设备的情况下，生成的PPG数据对由便携式设备相对于佩戴可穿戴设备的个体的运动所引起的伪像高度敏感。即使是少量的运动也会造成获得的PPG数据的极大变化，从而极大地限制了便携式设备在监控用户健康方面的有效性。

[0018] 根据本公开中描述的发明性布置，配备有PPG传感器的便携式设备能够生成PPG数据。便携式设备能够基于质量评估来区分不同的PPG数据段。便携式设备能够识别出质量较差的那些PPG数据段，而这些PPG数据段更有可能导致对一个或多个健康标志的不正确预测或估计。在特定实施例中，便携式设备能够丢弃被确定为质量较差的PPG数据段，使得这些段不用于预测用户的健康标志。便携式设备还能够生成指示出PPG数据不足的通知。例如，该通知可以指示调整便携式设备对于获得更高质量PPG数据而言可能是必不可少的，这有助于实现所确定的健康标志中的更出色的准确性。

[0019] 在一个或多个实施例中，便携式设备能够将多维分析应用于PPG数据。多维分析的

每个维度能够评估PPG数据没有由多维分析的任何其他维度评估的不同方面。便携式设备可以基于所执行的多维分析的一个维度或者两个或多个维度的任何组合来确定特定PPG数据段的质量欠佳。通过丢弃低质量的PPG数据段,使得便携式设备能避免产生不准确和/或误导性的健康标志。

[0020] 在一个或多个实施例中,便携式设备能够近实时地分析PPG数据。在执行PPG数据的近实时处理时,便携式设备能够将当前或最近确定的健康标志与先前确定的(例如,历史的)健康标志进行比较,从而验证当前确定的健康标志的准确性。如本文所述,与尝试执行健康标志的实时预测的其他技术相比,近实时处理有助于提高准确性。在特定实施例中,便携式设备能够以事后方式执行健康标志的进一步验证。所执行的验证可以包括某些PPG数据段的校正。

[0021] 下面参考附图更详细地描述本发明布置的其他方面。出于简化和说明清楚性的目的,图中所示的元件不一定是按比例绘制的。例如,为了清楚起见,某些元件的尺寸可能相对于其他元件进行了增大。此外,在认为合适的情况下,在附图中重复使用附图标记,以表示对应的、类似的或相似的特征。

[0022] 图1示出了与本公开中描述的一个或多个实施例一起使用的设备的示例性架构100。架构100可以用于实现数据处理系统、通信设备或者适合于存储和/或执行程序代码的其他系统。在特定实施例中,架构100可以用于实现便携式设备。例如,架构100可以用于实现移动电话、平板电脑、便携式计算机(例如,膝上型计算机)、可穿戴设备(如智能手表)或用户佩戴的其他健身设备。

[0023] 在图1的示例中,架构100包括至少一个处理器105。处理器105通过接口电路115耦接到存储器110。架构100将计算机可读指令(也称为“程序代码”)存储在存储器110内。存储器110是计算机可读存储介质的示例。处理器105经由接口电路115执行从存储器110访问的程序代码。

[0024] 存储器110包括一个或多个物理存储器设备,比如,本地存储器120和大容量存储设备125。本地存储器120实现为在程序代码的实际执行期间所使用的一个或多个非持久性存储器设备。本地存储器120的示例包括:随机存取存储器(RAM)和/或适合于在程序代码的执行期间由处理器使用的任何各种类型的RAM(例如,静态RAM、动态RAM)。大容量存储设备125实现为一个或多个持久性数据存储设备。大容量存储设备125的示例包括:硬盘驱动器(HDD)、固态驱动器(SSD)、闪存、只读存储器(ROM)、可擦除可编程只读存储器(EPROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)或其他合适的存储器。架构100还可以包括一个或多个高速缓冲存储器(未示出),所述高速缓冲存储器提供至少一些程序代码的临时性存储,从而减少在执行期间必须从大容量存储设备检索程序代码的次数。

[0025] 接口电路115的示例包括但不限于:输入/输出(I/O)子系统、I/O接口、总线系统和存储器接口。例如,接口电路115可以实现为各种总线结构中的任何一种和/或总线结构的组合,所述总线结构包括存储器总线或存储器控制器、外围总线、加速图形端口以及处理器或本地总线。

[0026] 在一个或多个实施例中,处理器105、存储器110和/或接口电路115实现为单独的组件。在一个或多个实施例中,处理器105、存储器110和/或接口电路115集成在一个或多个集成电路中。例如,架构100中的各种组件可以通过一个或多个通信总线或信号线(例如,互

连和/或线)耦接。在特定实施例中,存储器110经由存储器接口(例如,存储器控制器(未示出))耦接到接口电路115。

[0027] 架构100可以包括显示器135。在特定实施例中,显示器135实现为能够从用户接收触摸输入的触敏或触摸屏显示器。触敏显示器和/或触敏板能够使用各种可用的触敏技术中的任何一种来检测接触、移动、手势和接触中断。示例性触敏技术包括但不限于:电容、电阻、红外和表面声波技术,以及其他接近传感器阵列或用于确定与触敏显示器和/或设备的一个或多个接触点的其他元件。

[0028] 架构100可以包括照相子系统140。照相子系统140可以直接地或通过合适的输入/输出(I/O)控制器耦接到接口电路115。照相子系统140可以耦接到光学传感器142。光学传感器142可以使用多种技术中的任何技术来实现。光学传感器142的示例可以包括但不限于:电荷耦接器件(CCD)或互补型金属氧化物半导体(CMOS)光学传感器。照相子系统140和光学传感器142能够执行摄像功能,比如,记录图像和/或录制视频。

[0029] 架构100可以包括音频子系统145。音频子系统145可以直接地或通过合适的输入/输出(I/O)控制器耦接到接口电路115。音频子系统145可以耦接到扬声器146和麦克风148,以便于实现语音启用功能,如语音识别、语音复制、数字记录和电话功能。

[0030] 架构100可以包括一个或多个无线通信子系统150。每个无线通信子系统150可以直接地或通过合适的I/O控制器(未示出)耦接到接口电路115。每个无线通信子系统150都能够促进通信功能。无线通信子系统150的示例可以包括但不限于:射频接收器和发射器,以及光学(例如,红外)接收器和发射器。无线通信子系统150的具体设计和实现方式可以取决于所实现的架构100的特定类型和/或架构100将要在其上操作的通信网络。

[0031] 作为说明性且非限制性的示例,无线通信子系统150可以被设计为在一个或多个移动网络(例如,GSM、GPRS、EDGE)、WiFi网络(其可以包括WiMax网络)、短程无线网络(例如,蓝牙®网络)、NFC和/或前述网络的任何组合上操作。无线通信子系统150可以实现主机协议,这样使得架构100可以配置成用于其他无线设备的基站。

[0032] 架构100可以包括一个或多个传感器155。传感器155中的每一个可以直接地或通过合适的I/O控制器(未示出)耦接到接口电路115。可以包括在架构100中的传感器155的示例包括但不限于运动传感器、光传感器和接近传感器,从而有助于分别实现使用架构100的设备的定向、照明和接近功能。传感器155的其他示例可以包括但不限于:能够提供地理定位传感器数据的位置传感器(例如,GPS接收器和/或处理器)、能够提供传感器数据(该传感器数据可以出于方向性导航目的而用于确定磁北方向)的电子磁强计(例如,集成电路芯片)、能够提供以三维方式指示出使用架构100的设备的速度及移动方向的变化数据的加速度计,以及能够提供指示出高度的数据的高度计(例如,集成电路)。

[0033] 架构100可以包括PPG传感器160。PPG传感器160可以直接地或通过合适的I/O控制器(未示出)耦接到接口电路115。PPG传感器160可以实现为光学传感器。PPG传感器160能够为用户生成PPG,例如,PPG数据。PPG是以光学方式获得的容积描记图。一般情况下,PPG是器官的容积测量。在一个或多个实施例中,PPG传感器160实现为脉动血氧计,其照射皮肤并测量出光吸收变化,进而确定血液中携带的氧气量。在特定实施例中,PPG传感器160是多通道PPG传感器(例如,具有能够生成不同波长的光的发光二极管)。PPG传感器160可以用于确定一个或多个健康标志和/或确定一个或多个健康标志的一个或多个替代标志。在一个或多

个实施例中,健康标志也称为“生命体征”。

[0034] 在本公开中,术语“PPG数据”用于指代如前所述由PPG传感器生成和输出的数据。在本公开中,术语“PPG数据”和“PPG信号”可以不时地互换使用。应当理解的是,PPG信号由PPG数据直接指定。

[0035] 架构100还可以包括耦接到接口电路115的一个或多个输入/输出(I/O)设备165。I/O设备165可以直接地或通过中间I/O控制器(未示出)耦接到架构100,例如,接口电路115。I/O设备165的示例包括但不限于:跟踪板、键盘、显示设备、指向设备、一个或多个通信端口(例如,通用串行总线(USB)端口)、网络适配器以及按钮或其他物理控件。网络适配器指的是使架构100能够通过中间私有或公共网络耦接到其他系统、计算机系统、远程打印机和/或远程存储设备的电路。调制解调器、电缆调制解调器、以太网接口以及不属于无线通信子系统150的一部分的无线收发器是可以与架构100一起使用的不同类型的网络适配器的示例。I/O设备165中的一个或多个可以适于控制一个或多个或所有传感器155和/或一个或多个无线通信子系统150的功能。

[0036] 存储器110存储程序代码。程序代码的示例包括但不限于:例程、程序、对象、组件、逻辑和其他数据结构。出于说明的目的,存储器110存储操作系统170和应用程序175。应用程序175可以包括例如PPG信号处理应用程序。在一个或多个实施例中,在被执行时,PPG信号处理应用程序能够使得使用架构100实现的设备和/或可以与使用架构100实现的设备通信地链接的其他设备执行本文描述的各种操作。存储器110还能够存储数据,该数据是操作系统170使用的数据、应用程序175使用的数据、从用户输入接收到的数据、由一个或多个或所有传感器155和/或PPG传感器160生成的数据、由照相子系统140接收和/或生成的数据、由音频子系统145接收和/或生成的数据和/或由I/O设备165接收的数据。

[0037] 在一方面,以可执行程序代码的形式实现的操作系统170和应用程序175由架构100执行并且更具体地由处理器105执行,从而执行本公开中描述的操作。因此,操作系统170和应用程序175可以被认为是架构100的集成部分。此外,应理解的是,架构100(例如,处理器105)使用、生成和/或操作的任何数据和/或程序代码是在用作架构100的一部分时赋予功能的功能数据结构。

[0038] 存储器110还能够存储附加程序代码。附加程序代码的示例包括但不限于:有助于与一个或多个附加设备、一个或多个计算机和/或一个或多个服务器的通信的指令;图形用户界面(GUI)和/或UI处理;与传感器相关的处理和功能;与电话相关的过程和功能;与电子消息传递相关的过程和功能;与Web浏览相关的过程和功能;与媒体处理相关的过程和功能;与GPS和导航相关的过程和功能;安全功能;以及与照相相关的过程和功能(包括网络照相和/或网络视频功能)。

[0039] 架构100还可以包括电源(未示出)。电源能够向架构100的各个元件提供电力。在一个实施例中,电源实现为一个或多个电池。电池可以使用各种已知的电池技术中的任何一种技术来实现,无论是一次性的(例如,可更换的)还是可再充电的。在另一个实施例中,电源配置为从外部源获得电力并向设备的各元件提供电力(例如,直流(DC)电力)。在可再充电电池的情况下,电源还可以包括在耦接到外部电源时能够对单个或多个电池进行充电的电路。

[0040] 提供架构100是出于说明性的目的,而非限制性的。配置为执行本文描述的操作的

设备和/或系统可以采用与图1的架构100不同的架构。这种其他架构可以是架构100的简化版本,这种简化版本包括能够存储指令的存储器和能够执行指令的处理器。就此而言,架构100可以包括比所示的组件更少的组件,或者可以包括图1中未示出的附加组件,这具体取决于所实现的设备的特定类型。另外,所包括的特定操作系统和/或应用程序可以根据设备类型而发生变化,即可以根据所包括的I/O设备165的类型而发生变化。此外,一个或多个说明性组件可以结合到另一个组件中,或者以其他方式形成另一个组件的一部分。例如,处理器可以包括至少某个存储器。

[0041] 在一个或多个实施例中,使用与图1的架构相同或相似的架构而实现的设备能够执行PPG数据的近实时处理。在特定实施例中,设备能够实现级联处理技术,其中,每个不同的处理阶段能够生成PPG数据的更精细表示。例如,每个阶段可以表示所执行的多维分析的一个或多个维度,并且能够将所生成的表示传递到级联中的下一个阶段。在先前阶段中执行的计算的一部分可以在后续单个或多个阶段中使用。在特定实施例中,级联方法在各个阶段内采用正交处理技术。这些技术的正交性是指在PPG数据的不同和/或独立方面上操作的每个阶段。

[0042] 在一个或多个实施例中,由设备执行的近实时分析有助于相对于健康标志的基线对特定健康标志进行评估,比如心率。例如,特定健康标志是可以仅相对于基线进行评估的自主神经系统(ANS)测量值。作为说明性且非限制性的示例,近实时分析允许设备将健康标志(比如,用户的心率)与过去最近某个时间的用户心率进行比较。例如,设备可以将当前心率确定与几秒前(例如,之前的10秒、20秒、30秒、40秒、50秒或60秒)的一次确定进行比较。通过这种比较,设备能够确定用户的健康标志如何发生变化和/或能够验证健康标志。

[0043] 图2示出了处理PPG数据的示例性方法200。方法200可以由便携式设备执行,该便携式设备具有与结合图1描述的架构相同或相似的架构。方法200可以实现为近实时处理技术。在一个或多个实施例中,可以针对每个段执行方法200。段指的是PPG数据的定义时间窗口。窗口可以被定义为给定时间跨度内的PPG数据。时间跨度可以是一秒或多秒(例如,5秒、10秒、20秒、30秒、40秒、50秒或60秒)。在另一个示例中,窗口可以被定义为预定数量的PPG数据样本。在特定实施例中,PPG数据段可以是在PPG数据上移动的滑动窗口。

[0044] 方法200可以在设备正从PPG传感器接收PPG数据的状态下开始。通常,方法200描述了特定PPG数据段的处理。应当理解的是,当窗口在PPG数据上及时地移动时,可以重复方法200,以便继续对其他PPG数据段进行处理。

[0045] 在方框205中,设备确定PPG数据段的质量估计值。在一个或多个实施例中,设备能够确定PPG数据的信噪比(SNR)。可以针对每个段确定SNR。SNR测量使得设备能识别出其中缺少PPG信号的PPG数据段。在此结合图3更详细地描述了方框205的其他方面。

[0046] 在方框210中,设备确定PPG数据段是否是低质量的。例如,设备能够将来自方框205的PPG数据段的质量估计值与质量阈值进行比较。质量阈值可以是预定SNR,在该预定SNR之下的PPG数据被认为具有很小的价值或没有价值。例如,对于质量估计值没有超过质量阈值的PPG数据段而言,使用这样的数据确定或估计出的任何健康标志是不可靠的。响应于确定PPG数据段是低质量的(例如,质量估计值没有超过质量阈值),方法200继续进行到方框215。响应于确定PPG数据段不是低质量的(例如,质量估计值超过质量阈值),方法200继续进行到方框220。

[0047] 在方框215中,设备拒绝PPG数据段。例如,设备能够删除质量水平没有超过质量阈值的段。在特定实施例中,在拒绝段时,设备不会尝试使用PPG数据段来确定任何健康标志。此外,设备能够提供指示出PPG数据段不适合用于确定健康标志的通知。在一个或多个实施例中,该通知可以向用户提供调整设备的指令,以便在将来获得更高质量的PPG数据。正如指出的那样(尽管未在图2中示出),方法200可以重新开始,以便处理PPG数据的其他段。

[0048] 在方框220中,设备校正和/或滤波PPG数据段。在一个或多个实施例中,设备能够对段执行校正处理,该校正处理包括对PPG数据段进行去噪。设备还能够对PPG数据段执行滤波。在特定实施例中,设备执行动态滤波过程,其中基于PPG数据段本身的一个或多个属性,从多个不同的可用滤波器中选择所应用的特定滤波器。在此结合图4更详细地描述了方框220的其他方面。在一个或多个实施例中,设备基于PPG数据段的周期性选择所应用的特定滤波器。

[0049] 在方框225中,设备可选地确定PPG数据段的脉动幅度。设备能够在PPG数据中执行方差或协方差的运行估计,从而区分从具有可检测心跳的有机物体和不具有可检测心跳的有机物体收集到的PPG数据。在PPG传感器是单波长传感器(例如,不是多通道)的情况下,PPG信号方差随着血流的动态性而增大。信号方差的这种增大导致了在最大幅度与最小幅度之间交替的脉冲压力波。在存在心跳的情况下,脉动幅度代表的是动脉血的脉动。

[0050] PPG信号的DC电平(例如,周期函数的平均值)表示血液的非脉动分量。血液的非脉动分量包括非脉动脉血、静脉血和背景组织(例如,骨、软骨和细胞外液)的吸收。在人体中,脉动分量通常是总PPG信号的至多10%。这种特性在PPG信号中没有得到遵守,其中PPG传感器感测到的PPG信号源仅是来自惰性表面的反射。在PPG信号是来自惰性表面的反射的情况下,脉动幅度可以相对于信号的DC电平呈现出规律的变化。例如,当PPG信号的AC分量与DC分量的比率大于0.1或小于0.01时,设备能够确定所获得的PPG信号不受到血液的调节。

[0051] 在PPG传感器是多通道的实施例中,设备能够确定使用PPG传感器的第一通道生成的PPG信号与使用PPG传感器的第二通道生成的PPG信号之间的PPG数据的协方差。当高于预定阈值时,设备能够确定PPG数据确实代表的是血流。

[0052] 在方框230中,设备确定PPG数据段是否有效。例如,在设备测量脉动幅度的情况下,设备能够确定脉动幅度是否处于与有效PPG信号对应的限定范围内。有效PPG信号是脉动幅度在大约0.01至0.1之间(对于单通道PPG传感器而言)的PPG信号。例如,设备确定 $0.01 \leq \text{脉动幅度} \leq 0.1$ 是否为真。在多通道PPG传感器的情况下,设备能够确定协方差是否超过阈值。响应于确定段是有效的(例如,其中对于单通道PPG传感器, $0.01 \leq \text{脉动幅度} \leq 0.1$ 为真,或者对于多通道PPG传感器,协方差超过阈值),方法200继续进行到方框240。响应于确定段不是有效的,方法200继续进行到方框235。

[0053] 在方框235中,设备能够拒绝PPG数据段和/或生成通知。因为该设备能够如前所述地那样拒绝该段。例如,在拒绝该段时,设备不会尝试使用PPG数据段来确定任何健康标志。此外,设备能够提供指示出PPG数据段不适合用于确定健康标志的通知。在一个或多个实施例中,该通知可以向用户提供调整设备的指令,以便在将来获得更高质量的PPG数据。

[0054] 在方框240中,设备能够根据PPG数据确定一个或多个健康标志。设备能够根据PPG数据确定的不同种类的健康标志的示例包括但不限于:心率、心率变异性(HRV)、压力、血

压、呼吸和动脉张力。例如,设备能够确定PPG RR间隔(其中,“RR”是连续R之间的间隔,而R代表PPG的峰值)。PPG RR间隔是用户的HRV。众所周知,HRV是心跳之间时间间隔变化的生理现象。HRV通过心跳到心跳间隔的变化而测量出。设备能够确定HRV的倒数并对结果进行缩放以获得心率的估计值。设备还能够确定用户的压力。设备能够通过HRV求导来确定压力。

[0055] 设备能够基于PPG信号的曲线下面积(AUC)来确定用户的血压。例如,设备能够基于PPG信号的AUC确定用户的收缩血压。更大的AUC对应于更高的收缩血压。作为说明性且非限制性的示例,某些研究发现,收缩血压的极低频率(VLF)波动与PPG相关,其中发现了收缩血压具有与PPG幅度(AM)的VLF波动的大约-0.81的相关系数以及10分钟时间段内与PPG基线(BL)的大约0.83的相关系数。

[0056] 在方框245中,设备能够验证在方框240中确定的健康标志。在一个或多个实施例中,设备基于用户的健康标志的先前确定来验证健康标志。在一个示例中,设备能够确定在方框240中确定的健康标志是否处于人类健康标志的预定生理范围内。可以将心率的测量值与已知的心率范围进行比较。可以将HRV与已知的HRV范围进行比较。如本文中更详细描述,可以基于惯性传感器数据来调整与健康度量进行比较的生理范围。

[0057] 在另一个示例中,设备能够通过如下方式来验证健康标志:确定在方框240中确定的健康标志是否处于紧接在这样的健康标志的时间序列之前测量的相同类型的健康标志的预定量内。例如,设备能够确定在这种健康标志的时间序列中所观察到的健康标志的变化量是否处于可接受水平内。

[0058] 在一个或多个实施例中,在方框245中执行的验证包括对PPG数据段执行事后校正。在某些情况下,设备能够将一种或多种校正技术应用于PPG数据段。结合图5更详细地描述了与验证有关的其他方面。

[0059] 在方框250中,设备能够输出在方框240中确定的健康标志。更具体地,设备能够响应于成功地验证了每个这样的健康标志而输出在方框240中确定的健康标志。

[0060] 图3示出了PPG数据的质量估计的示例性方法300。方法300可以由如本文结合图1所述的设备执行。在一个或多个实施例中,方法300可以由设备执行,以实现图2的方框205。

[0061] 在方框305中,设备可选地确定PPG数据段的协方差。在PPG传感器是多通道PPG传感器的一个或多个实施例中,设备能够确定来自PPG传感器的通道(例如,具有第一波长的第一LED,如红色)的信号到来自PPG传感器的第二通道(例如,具有第二波长的第二LED,如红外)的PPG信号的协方差。在特定实施例中,设备可选地确定方差,如结合图2的方框205所述。

[0062] 在方框310中,设备确定PPG数据段的互信息。互信息是表示给定测量 $x(t)$ 为稍后进行的另一测量 $x(t+\tau)$ 提供的平均数据量(例如,数据比特)的数量。更正式而言,互信息被定义为一个随机变量提供的关于另一个随机变量的平均信息量(例如,以比特为单位)。下面的表达式1示出了表示为等式的互信息(MI)。

$$[0063] \quad MI(\tau) = \sum_{x(i), x(i+\tau)} P(x(i), x(i+\tau)) \log_2 \frac{P(x(i), x(i+\tau))}{P(x(i))P(x(i+\tau))} \quad (1)$$

[0064] 表达式1表示与周期信号对应的延迟的高度互信息。对于给定小延迟(τ)的周期信号,互信息将会较高,这是因为进行比较的两个数据集没有太大差别。随着 τ 变大,非延迟测

量 $x(t)$ 提供的关于 $x(t+\tau)$ 的信息变少。互信息的减少持续直到延迟与信号的周期性(如果信号中存在周期性的话)相对应为止。

[0065] 在方框310中,作为确定PPG数据的互信息的一部分,设备能够确定各种不同的量。在一个或多个实施例中,设备确定SNR的测量值。例如,设备确定峰值SNR。设备还可以参考信息光谱中可见的峰值的特征宽度来确定宽度。作为示例,宽度可以是特定峰的全宽半峰(FWHM)。通常,白噪声的存在导致FWHM较低,这是因为在峰值的周围区域中存在着更多的点。由于方框310是归一化窗口方法的一部分,因此,峰值最大值相对于相邻滞后较低。设备还可以确定由PPG数据指定的PPG信号的周期的估计值。

[0066] 在方框315中,设备能够估计PPG数据段的质量(例如,信号质量)。在一个或多个实施例中,设备可以将信号质量分类为低、中等或高。例如,设备能够将质量得分与映射到不同的信号质量分类的预定质量得分范围进行比较。设备能够根据质量得分落入哪个范围来为PPG数据段分配信号质量。

[0067] 在一个或多个实施例中,质量得分可以是SNR的度量。在一个或多个其他实施例中,可以使用协方差和/或方差以及SNR的测量值来确定质量得分。作为说明性且非限制性的示例,设备能够通过将协方差和/或方差乘以加权因子并将SNR的测量值乘以另一加权因子并且对结果进行求和来计算出质量得分。在任何情况下,设备都将PPG数据段的质量估计为低、中等或高,并输出估计出的质量。如结合图2所述,方框210能够评估信号质量,从而继续对PPG数据段进行处理或者基于估计出的质量拒绝PPG数据段。

[0068] 以下讨论说明了由设备执行的并且如本文结合图3的方框310所述的用于确定PPG数据段中的互信息的示例性方法。设备能够保存PPG数据段。如所讨论的,PPG数据段(也称为数据阵列 x)用于特定窗口。PPG数据可以是去趋势和经过滤波的PPG样本。在示例中,PPG数据段可包括200个样本。样本的数量可以在如下的范围内:该范围的下端小到足以在呼吸性窦性心律不齐(RSA)周期内,从而避免渐进的周期性漂移,并且该范围的上端大到足以包括 $\Delta t=\tau$,而 $\Delta t=\tau$ 足够小,以便能检测到关注的特定频率分量(例如,心率)。可以采用其他样本大小。这里提供的示例是出于说明性的目的,而非限制性的。

[0069] 设备能够根据PPG数据生成延迟点。在一个或多个实施例中,设备能够从数据阵列 x 生成延迟了 τ 的数据阵列,其中 τ 从1变为 N ,从而产生 N 个不同(经过延迟)的数据阵列。一旦生成了数据阵列,设备就能够计算出 X 与 $X(t+\tau)$ 之间的互信息。设备能够以增加的 τ 的顺序将互信息存储在另一数据阵列中。

[0070] 为了计算出平均互信息,设备对具有长度 N 的时间序列值 X 的阵列进行处理。设备能够对 X 执行归一化并且将数据垂直地移位以从零开始。例如,设备能够先减去最小值,然后再除以最大值,如下面的表达式2和3所示。

$$[0071] \quad x_i^* = \sum x_i - x_{\min} \quad (2)$$

$$[0072] \quad \hat{x}_i = \frac{x_i^*}{x_{\max}^*} \quad (3)$$

[0073] 设备能够将 $\hat{x}$ 中的数据延迟 τ ,从而得到 $\hat{y}$ 。 $\hat{y}$ 是 $\hat{x}$ 的延迟映像。设备能够使用 $\hat{y}$ 计算出互信息。

[0074] 在一个或多个实施例中,设备能够将分布函数分成预定数量的段(bin)。由于这是

本示例中 $\mathbf{X}\mathbf{Y}$ 的二维形式展示,因此,分区可以是2-d框分区。在特定实施例中,段大小可以是恒定不变的,并且可以使用下面的表达式4来计算得到。

$$[0075] \quad n = \left\lfloor 1 + \log_2(N - \tau) + \frac{1}{2} \right\rfloor \quad (4)$$

[0076] 基于表达式4,在本阶段展示中存在 N^2 个框。在表达式4的示例中, N 是 $\mathbf{X}$ 和 $\mathbf{Y}$ 的长度。在段太大的情况下,分布对于每个段而言具有多个点,并且准确性得到了提高。由于段太大,设备的处理器可能无法追踪短距离(时间滞后)的互信息变化。在段尺寸较小的情况下,准确度下降,但总体分辨率有所增加。

[0077] 在一个或多个其他实施例中,可以在操作期间动态地调整段的数量。设备能够调整段的数量,从而使得段的数量对于相空间的区域而言是非恒定的。

[0078] 在特定实施例中,此时,设备能够检查方差。实际上,方差不会为零。但是,如果方差被计算为零,则互信息也将为零。

[0079] 设备使用框搜索变量 s_1 和 s_2 ,其中特定框对应于点 (s_{1i}, s_{2j}) 。设备能够针对 τ 的每个实例遍历框搜索变量。在特定实施例中,设备能够在实现时使用嵌套for循环来执行遍历。例如, s_2 可以是沿相空间的内水平轴的分区,而 s_1 是沿相空间的内垂直轴的分区。参考下面的表达式5至14, p 指的是联合概率分布, p_x 指的是 $\mathbf{X}$ 的概率分布,而 p_y 指的是 $\mathbf{Y}$ 的概率分布。设备能够找出满足表达式5至14所定义的条件的所有实例。

$$[0080] \quad C_1: \frac{s_{1i}-1}{n} < \hat{x}_k; \text{ 具有 } \{k = 1, 2, \dots, n - \tau\} \quad (5)$$

$$[0081] \quad C_2: \frac{s_{1i}}{n} \geq \hat{x}_k; \text{ 具有 } \{k = 1, 2, \dots, n - \tau\} \quad (6)$$

$$[0082] \quad C_3: \frac{(s_{2j}-1)}{n} < \hat{x}_k; \text{ 具有 } \{k = 1 + \tau, 2 + \tau, \dots, n\} \quad (7)$$

$$[0083] \quad C_4: \frac{s_{2j}}{n} \geq \hat{x}_k; \text{ 具有 } \{k = 1 + \tau, 2 + \tau, \dots, n\} \quad (8)$$

$$[0084] \quad C_{s_{1i}, s_{2j}} = 1 \text{ 如果所有 } C_p \text{ 为真} \quad (9)$$

$$[0085] \quad G_{s_{1i}, s_{2j}} = 1 \text{ 如果 } C_1 \text{ 和 } C_2 \text{ 两者为真} \quad (10)$$

$$[0086] \quad F_{s_{1i}, s_{2j}} = 1 \text{ 如果 } C_3 \text{ 和 } C_4 \text{ 两者为真} \quad (11)$$

$$[0087] \quad p = \frac{\sum_{s_{1i}=1}^n \sum_{s_{2j}=1}^n C_{s_{1i}, s_{2j}}}{N - \tau} \quad (12)$$

$$[0088] \quad p_x = \frac{\sum_{s_{1i}=1}^n \sum_{s_{2j}=1}^n G_{s_{1i}, s_{2j}}}{N - \tau} \quad (13)$$

$$[0089] \quad p_y = \frac{\sum_{s_{1i}=1}^n \sum_{s_{2j}=1}^n F_{s_{1i}, s_{2j}}}{N - \tau} \quad (14)$$

[0090] 在本示例中,因为该过程需要成对的值,所描述的技术丢失了数据。通过对数据进

行时间延迟,端点随着 τ 的增大而被消除。因此, $N-\tau$ 参量用于表达式12-14中的上述归一化分母。

[0091] 给定概率 p 、 p_x 和 p_y ,使用下面的表达式15,设备能够确定最终互信息,这与表达式1相同。

$$[0092] \quad MI(\tau) = p * \log_2 \frac{p}{p_x p_y} \quad (15)$$

[0093] 可以针对 τ 的每个值重复前述计算,由此获得所有延迟上的互信息分布。设备还能够对新阵列执行峰值检测。特别地,设备能够检测对应于心率的局部峰值。通常,局部峰值对应于 τ 的值,而 τ 的值对应于具有频率变换的 Δt ,该频率变换得到了根据其获得PPG数据的用户心率。

[0094] 设备能够重复所述操作三次,其中互信息段被添加到每个先前的段中。一旦采用四个单独且连续的互信息计算的输出填充了互信息输出阵列,设备就从互信息输出阵列中移除第一互信息输出阵列。更具体地,存在如表达式17中所示那样计算出的 $MI^*(\tau)$ 。

$$[0095] \quad MI^*(\tau) = MI_0(\tau) + MI_1(\tau) + MI_2(\tau) + MI_3(\tau) \quad (17)$$

[0096] 每个 $MI_i(\tau)$ 是特定时间延迟(滞后)下的完整互信息值。然后,设备可以将完整的 $MI_i(\tau)$ 点添加到来自三个不同窗口的其他三个值。此过程允许在允许禁用LED(例如,PPG传感器)之前填充所有四个互信息段。当没有填充互信息段时,互信息对手指放置位置更加敏感。

[0097] 除了互信息输出阵列成为互信息的滑动窗口(例如,先前被称为 MI^*)之外,设备能够重复该过程。例如,设备从 MI^* 中移除 MI_3 ,然后, MI_i 转移到 $MI_{(i+1)}$,此举释放了 MI_0 。设备将 MI 的最新计算添加到此空缓冲点,然后再次计算出 MI^* 。

[0098] 设备能够监测 MI 的相对变化(在与心率相对应的峰值处)。在一个或多个实施例中,如果互信息下降得太低(例如,低于阈值互信息水平),则设备确定PPG数据中不再存在周期性或PPG数据中的周期性的量不足。这意味着,知晓 X 几乎不会提供关于 $X(t+\tau)$ 的信息。

[0099] 图4示出了校正和滤波PPG数据的示例性方法400。方法400可以由如本文结合图1所述的设备执行。在一个或多个实施例中,方法400可以由设备执行,以实现图2的方框220。

[0100] 在方框405中,设备确定段的质量是否高。例如,如结合图2的方框205和图3的方框315所述,设备能够对PPG数据段进行分类。通常,设备能够基于估计出的质量将动态处理应用于PPG数据段。在图4的示例中,响应于确定质量是中等(例如,不高),设备对PPG数据段应用校正处理。回顾图2和图3的先前讨论(即在方框215中拒绝低质量的PPG数据段),设备处理在方框405中被分类为高或中等的PPG数据。

[0101] 响应于确定PPG数据段的质量高,方法400继续进行到方框415。在那种情况下,设备可以跳过对PPG数据段的校正处理。响应于确定段的质量不高(例如,中等),方法400继续进行到方框410,其中设备对PPG数据段执行校正处理。

[0102] 在方框410中,设备能够对PPG数据段执行校正处理。在一个或多个实施例中,设备对段进行去噪。在PPG数据段具有中等质量的情况下,该段可能被不同的噪声分量(例如,运动伪像)破坏,而这些噪声分量不是基本PPG形态的固有部分。

[0103] 在一个或多个实施例中,作为方框410的一部分,设备能够应用滤波器来移除与心

率分析无关的PPG数据的高频分量。例如,设备能够使用5阶IIR滤波器对PPG数据段进行滤波。就时间而言,所描述的处理还可以对滤波的PPG数据的导数分量有效,这是因为导数峰值比正常PPG数据更加明显。

[0104] 在一个或多个实施例中,设备仅响应于确定PPG数据段包括足够的噪声来执行PPG数据的变换(例如,频率变换),从而防止进行不必要的计算。作为说明性且非限制性的示例,设备能够使用方差来确定PPG数据是否包括噪声。设备能够使用加速度计数据的数据集来计算方差。加速度计数据与增加的运动伪像相关联。设备能够确定数据集(x)中的方差,其中x是在时间上与PPG数据段同步的加速度计值阵列。

[0105] 设备能够将加速度计值的阵列解析为更小的段。每个段可以包括设备用于确定方差的50个值。对于每个窗口,设备确定方差并确定计算出的方差是否大于阈值 σ ,其中 $\sigma=0.3$ 。响应于方差超过了阈值,设备确定PPG数据段包括噪声。如果方差未超过阈值,则设备确定PPG数据段不包括噪声,并且可以省略执行任何进一步校正处理并省略使用变换执行从PPG数据到频域的任何转换。应该理解的是,所提供的具体值是出于说明的目的而不旨在具有限制性。

[0106] 在使用加速度计数据检测噪声的特定实施例中,设备能够解构信号以滤除特定分量。由于所描述的处理是近实时地执行的,因此,设备能够解构PPG数据段,从而在预定时间量和/或样本数量的窗口内出现。作为说明性且非限制性的示例,样本的数量可以等于800。

[0107] 在方框410中,设备能够使用连续复小波变换函数来变换PPG数据。在特定实施例中,设备使用Morlet小波来表示PPG数据。设备能够生成N个样本的第一窗口,该窗口利用检测噪声(例如,其中 $\sigma>0.3$)以窗口为中心的点进行构建。尽管通过小波函数的零填充减轻了边缘系数效应,但是,设备能够使关注点在小波窗口中居中。Morlet小波由下面的表达式18和19给出。

$$[0108] \quad \psi_0(\eta) = \pi^{-\frac{1}{4}} e^{-i\omega\eta} e^{-\frac{\eta^2}{2}}$$

$$[0109] \quad \psi\left(\frac{(n'-n)\delta t}{s}\right) = \left(\frac{\delta t}{s}\right)^{\frac{1}{2}} \psi_0\left(\frac{(n'-n)\delta t}{s}\right) \quad (18) \quad (19)$$

[0110] 在表达式18和19的示例中,s被称为扩张并且与被分析的频率成反比关系。在图4的示例中,s是从最低频率 $s_0=2^*dt$ 到 s_0 的更高倍数的值的阵列。每个子波(例如,Morlet母本的缩放版本)的小波变换分别在离散傅立叶变换 ψ 和 p' ($\hat{\psi}$ 和 $\hat{p}'$)上计算出。

$$[0111] \quad \hat{p}'_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} p'_n e^{-2\pi jkn/N} \quad (20)$$

$$[0112] \quad W_n = \sum_{k=0}^{N-1} \hat{p}'_k \hat{\psi}(s\omega_k) e^{j\omega_k n \delta t} \quad (21)$$

[0113] 参考表达式21, W_n 表示特定时间索引(n)的小波系数阵列,其中s是卷积内的独立变量。表达式21中的s是小波的缩放,并且大致是频率项。每个 W_n 是特定时间索引下的一组小波系数(对应于缩放)。表达式20和21通过计算表达式21中所示的乘积的逆傅立叶变换来引起卷积定理。表达式20表示来自PPG数据的信号窗口的离散傅立叶变换(DFT)。

[0114] 信号 p' 窗口存在于2-d矩阵中,其中行表示特定缩放(s)的时间索引,而列表示变换的实数分量和虚数分量。设备能够通过计算复元素的复数模量将2-d矩阵转换为标量值。

[0115] 设备能够根据对应于预期信号位置的缩放带计算出小波变换的幅度。对于这种分析, $s=36$ 是捕获特定生理信号的合适大小。设备能够将该幅度与小波图像的其余部分的幅度进行比较。由于可疑噪声已经在窗口中居中, 因此, 预计在该中心点处会存在较大的幅度。

[0116] 设备还能够衰减明显大于平均缩放带幅度的变换元素。在一个或多个实施例中, 为了避免在逆变换期间对伪像进行滤波, 设备能够使用平滑混合函数来衰减元素, 该平滑混合函数被定义为在噪声窗口的每一端具有零交叉的二次函数。因此, 设备在窗口的端点(平滑地与旁带频谱混合)处应用最小衰减并在噪声部分的中心处应用最大衰减。

[0117] 表达式22说明了作为时间索引(n)的函数的小波变换系数 W_n 的滤波。因此, 表达式22表示作为小波变换系数的衰减信号, 这些衰减信号随后用于逆变换, 以恢复经过滤波的时间序列。

$$[0118] \quad W_n^* = \begin{cases} 4 \frac{(n-\frac{l}{2})^2}{l^2} W_n, & W_n > \overline{\|W_n\|} \\ W_n, & W_n \leq \overline{\|W_n\|} \end{cases} \quad (22)$$

[0119] 设备还能够重建PPG信号。在本示例中没有假定正交变换。这样, 设备能够使用 Δ 函数来确定逆变换, 并且将 W_n^* 的实数分量与适当的去缩放系数相加。

[0120] 在本公开中, 小波变换用于说明的目的。本发明的布置并不旨在受到所提供的示例的限制。在其他实施例中, 例如, 可以使用不同的变换。例如, 可以使用另一个窗口化的频域变换来代替小波。

[0121] 在方框415中, 设备基于信号的周期性来确定信号的频率是否高, 如根据结合图2的方框205和图3的方框310所述的互信息操作所确定的。设备将信号频率与频率阈值进行比较。在一个或多个实施例中, 频率阈值可以被设置为与心动过速信号对应的100次/分钟(BPM)的心率。当PPG信号可能是心动过速时(例如, 心率超过100BPM), 经过适当调谐的梳状滤波器可以用于心率估计。对于非心动过速的PPG信号, 可以使用另一种方法来分析这种信号, 比如, 通过应用带通滤波器。

[0122] 因此, 响应于确定PPG数据的频率低(例如, 不超过频率阈值), 方法400继续进行到方框420。在方框420中, 设备将带通滤波器应用于PPG数据段。响应于确定PPG数据的频率高(例如, 超过频率阈值), 方法400继续进行到方框425。在方框425中, 设备将梳状滤波器应用于PPG数据。

[0123] 图5示出了验证健康标志的示例性方法500。方法500可以由如本文结合图1所述的设备执行。在一个或多个实施例中, 方法500可以由设备执行以实现图2的方框245。在特定实施例中, 设备还执行PPG数据的事后校正。

[0124] 在方框505中, 设备能够验证在图2的方框240中确定的健康标志。在一个或多个实施例中, 设备能够将当前健康标志(例如, 方框240中确定的健康标志)与相同类型健康标志的近期历史测量值进行比较。作为说明性且非限制性的示例, 设备能够评估用户的最近 N 个心率估计值, 其中 N 是整数值。在本示例中, 健康标志的时间序列具有十个数据项, 分别是89 90 89 52 213 212 211 211 92 92(以BPM为单位)。该示例说明了一个可能的错误: 心率的波动首先出现在从心率估计值89到52的转变中。此外, 可能的错误表现在估计心率从52到213的显著增加中, 这种增加一直持续, 直到在第9个值回复到92为止。

[0125] 因此,在一个或多个实施例中,设备能够确定在估计的心率值的时间序列中的健康标志值是否超过上限或低于下限。上限和下限可以是针对与用户具有类似或相似健康状态的个体的已知生理限度。设备能够丢弃高于上阈值或低于下阈值的任何健康标志。例如,在心率的示例性时间序列中,可以丢弃52、213、212和211等值。

[0126] 在一个或多个实施例中,设备能够确定健康标志的时间序列中的两个连续健康标志之间的变化量是否超过了阈值变化量。如果是,设备能够丢弃被认为是不准确的健康标志。参考心率的示例性数据集,设备可以丢弃52和213的心率,这是因为它与紧挨前一个心率相比表现出了太大的变化。

[0127] 在一个或多个实施例中,设备能够使用惯性传感器来验证用户的健康标志。例如,设备能够基于惯性传感器数据(比如,陀螺仪传感器数据、加速计传感器数据和/或位置(地点)数据)确定随时间推移的用户的活动水平。惯性数据可以与建立在历史基础上的用户的活动水平和健康标志(如心率、HRV等)相关联。因此,内部传感器不仅仅可以用于指示出噪声存在于PPG数据内的可能性(如本文结合图4所述(例如,方框410)),而且还可以用于建立健康标志的预期范围,其中出于验证的目的,可以将方框240中确定的健康标志与该健康标志的预期范围进行比较。

[0128] 例如,设备能够基于惯性传感器数据确定用户对于给定时间点的活动水平。在给定的活动水平的情况下,设备能够确定用户的心率范围。设备能够将方框240中确定的心率与该心率范围进行比较。响应于确定估计心率处于心率范围内,设备能够确定方框240的心率是有效的。响应于确定方框240的心率高于或低于心率范围,设备能够确定估计的心率是无效的。

[0129] 在方框510中,设备确定健康标志是否如所述的那样有效。响应于确定健康标志是有效的,方法500继续进行到方框515。在方框515中,设备输出健康标志。例如,设备能够将健康标志输出到显示器和/或将健康标志存储在存储器中。响应于确定健康标志是无效的,方法500前进到方框520。

[0130] 在方框520中,设备能够对PPG数据段执行RR校正。例如,在确定健康标志无效的情况下,设备能够执行校正动作以获得有效的健康标志。作为说明性且非限制性的示例,在设备确定健康标志(例如,心率)已经从健康标志的先前测量值增加了大约两倍的情况下,设备能够移除峰值。参考估计的心率的先前示例,心率估计值从大约92增加到大约213可能是在时间序列数据中检测到外来峰值所导致的。去除峰值可以让估计的心率恢复到可接受的容差范围内。

[0131] 在方框525中,设备能够对经过RR校正的PPG数据段执行验证。设备能够基本上如结合方框505所描述的那样执行方框525。在方框530中,设备确定经过RR校正的PPG数据段是否有效。如果是,则方法500循环回到方框520,以使用经过RR校正的PPG数据段输出健康标志。如果不是,则方法500继续进行到方框535。

[0132] 在方框535中,设备能够拒绝经过RR校正的PPG数据段和/或生成通知。例如,设备能够删除经过RR校正的PPG数据段。例如,在拒绝段时,设备不会尝试使用经过RR校正的PPG数据段来确定任何健康标志。此外,设备能够提供指示PPG数据段不适合用于确定健康标志的通知。在一个或多个实施例中,通知可以向用户提供调整设备的指令,以便获得更高质量的PPG数据。

[0133] 如所讨论的,响应于拒绝PPG数据段,设备能够生成通知。在一个或多个实施例中,设备能够对基于“失败”的特定方面或情况而提供的指令进行定制化,由此引起拒绝PPG数据段。例如,通知可以指示失败的特定测试或PPG数据段的特定方面被认为是不足的。设备还可以提供用于调整可穿戴设备的指令,例如,专门针对PPG数据段被确定为质量欠佳的特定原因的指令。

[0134] 作为说明性且非限制性的示例,响应于确定结合方框225描述的相对脉动幅度指示非生物接触,设备能够向用户生成通知。该通知可以是指示出没有检测到健康标志的推送通知。此外,响应于检测到非生物接触,设备能够关闭电源。在检测到非生物接触之后的预定时间量或者响应于检测到非生物接触达预定时间量或最小时间量,可以触发电源关闭。关闭电源可以延长电池寿命,还可以防止对任何进一步的数据记录造成损坏。通知还可以告知用户关闭电源。例如,设备可以显示关闭电源的倒计时。

[0135] 作为另一说明性且非限制性的示例,响应于确定了结合方框410描述的小波处理指示PPG数据中的阶跃响应,设备能够向用户生成通知。该通知可以是推送通知。方框410中检测到的噪声类型可以是由设备与用户之间的松散接触引起的。因此,通知可以指示用户收紧将设备耦接到用户的装置。例如,在智能手表的情况下,通知可以指示用户收紧手表的腕带。

[0136] 本文中所使用的术语仅是为了描述特定实施例,而并不意图具有限制性。尽管如此,现在将介绍在整个本文献中应用的若干限定。

[0137] 如本文所定义,除非上下文另有明确指出,否则单数形式“一”、“一个”和“该”也意图包括复数形式。

[0138] 如本文所定义,术语“大约”表示几乎正确或精确,接近的数值或数量,但并不精确。例如,术语“大约”可以表示所述特性、参数或值在精确特性、参数或值的预定量内。

[0139] 如本文所定义,除非另有明确说明,否则术语“至少一个”、“一个或多个”以及“和/或”是在操作上连接和分离的开放性表达。例如,表达“A、B和C中的至少一个”、“A、B或C中的至少一个”、“A、B和C中的一个或多个”、“A、B或C中的一个或多个”以及“A、B和/或C”中的每一者是指单独的A、单独的B、单独的C、A和B一起、A和C一起、B和C一起或者A、B和C一起。

[0140] 如本文所定义,术语“自动地”是指没有用户干预。

[0141] 如本文所定义,术语“计算机可读存储介质”是指含有或存储由指令执行系统、装置或设备使用或者与它们结合使用的程序代码的存储介质。如本文所定义,“计算机可读存储介质”本身不是瞬时传播信号。计算机可读存储介质可以是,但不限于,电子存储设备、磁存储设备、光学存储设备、电磁存储设备、半导体存储设备或者上述的任何合适组合。如本文所述,各种形式的存储器是计算机可读存储介质的示例。计算机可读存储介质的更具体示例的非详尽列表可以包括:便携式计算机磁盘、硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦除可编程只读存储器(EPROM或闪存)、静态随机存取存储器(SRAM)、便携式光盘只读存储器(CD-ROM)、数字多功能盘(DVD)、记忆棒、软盘等。

[0142] 如本文所定义,术语“如果”是指“在……时”或“一旦”或“响应于”或者“对……作出响应”,具体视上下文而定。因此,短语“如果确定为”或“如果检测到[陈述的条件或事件]”可以被解释为是指“一旦确定为”或“响应于确定”或者“一旦检测到[陈述的条件或事件]”或“响应于检测到[陈述的条件或事件]”或者“对检测到[陈述的条件或事件]作出响

应”，具体视上下文而定。

[0143] 如本文所定义的，术语“对……作出响应”和如上所述的类似语言（例如，“如果”、“当……时”或“一旦”）是指容易地对动作或事件作出响应或作出反应。这种响应或反应是自动地执行。因此，如果“对第一动作作出响应”而执行了第二动作，那么，第一动作的发生与第二动作的发生之间存在有因果关系。术语“对……作出响应”表明了因果关系。

[0144] 如本文所定义，术语“一个实施例”、“实施例”、“一个或多个实施例”、“特定实施例”或类似语言是指在本公开内描述的至少一个实施例中包括有结合实施例描述的特定特征、结构或特性。因此，在本公开中出现的短语“在一个实施例中”、“在实施例中”、“在一个或多个实施例中”、“在特定实施例中”或类似语言可以（但不是一定地）全部指代同一实施例。术语“实施例”和“布置”在本公开中可互换地使用。

[0145] 如本文所定义，术语“输出”是指存储在物理存储元件（例如，设备）中、写入显示器或其他外围输出设备、发送或传输到另一系统、导出等。

[0146] 如本文所定义，术语“处理器”是指至少一个硬件电路。硬件电路可以配置为实施程序代码中含有的指令。硬件电路可以是集成电路。处理器的示例包括但不限于，中央处理单元（CPU）、阵列处理器、矢量处理器、数字信号处理器（DSP）、现场可编程门阵列（FPGA）、可编程逻辑阵列（PLA）、专用集成电路（ASIC）、可编程逻辑电路以及控制器。

[0147] 如本文所定义，术语“实时”是指用户或系统针对特定过程或要做出的确定能够足够立即地感觉到或者使处理器能够赶得上一些外部过程的处理响应水平。

[0148] 如本文所定义，术语“基本上”意指所陈述的特性、参数或值不需要精确地实现，而是包括例如公差、测量误差、测量精度限制以及本领域技术人员已知的其他因素在内的偏差或变化可以以不阻碍该特性旨在提供的效果的量发生。

[0149] 如本文所定义，术语“用户”意指人类。

[0150] 术语第一、第二等在本文中可以用来描述各种元件。除非另有说明或上下文另有明确指出，否则这些元件不应被这些术语限制，因为这些术语仅用来将一个元件与另一个元件区分开。

[0151] 计算机程序产品可以包括（多个）计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质上具有计算机可读程序指令，以用于使处理器实施本发明的各方面。在本公开中，术语“程序代码”与术语“计算机可读程序指令”互换地使用。本文所述的计算机可读程序指令可以从计算机可读存储介质下载到相应的计算/处理设备，或者经由网络（例如，互联网、局域网（LAN）、广域网（WAN）和/或无线网络）下载到外部计算机或外部存储设备。网络可以包括铜传输电缆、传输光纤、无线传输、路由器、防火墙、交换机、网关计算机和/或边缘设备（包括边缘服务器）。每个计算/处理设备中的网络适配器卡或网络接口接收来自网络的计算机可读程序指令，并且转发计算机可读程序指令，以用于存储在相应计算/处理设备内的计算机可读存储介质中。

[0152] 用于实施本文所述的本发明布置的操作的计算机可读程序指令可以是汇编程序指令、指令集架构（ISA）指令、机器指令、机器相关指令、微码、固件指令、或者以一种或多种编程语言的任何组合编写的源代码或对象代码（包括面向对象的编程语言和/或程序化编程语言）。计算机可读程序指令可以指定状态设置数据。计算机可读程序指令可以完全在用户的计算机上执行、部分在用户的计算机上执行、作为独立软件包执行、部分在用户的计算

机上且部分在远程计算机上执行、或完全在远程计算机或服务器上执行。在后一种情形下，远程计算机可以通过任何类型的网络（包括LAN或WAN）连接到用户的计算机，或者连接可以通向外部计算机（例如，使用互联网服务提供商通过互联网进行连接）。在某些情况下，包括例如可编程逻辑电路、FPGA或PLA的电子电路可以通过利用计算机可读程序指令的状态信息将电子电路个性化来执行计算机可读程序指令，从而执行本文所述的本发明布置的各方面。

[0153] 本发明布置的某些方面在本文中参考方法、装置（系统）和计算机程序产品的流程图和/或框图进行描述。应理解，流程图和/或框图中的每个方框，以及流程图和/或框图中的方框的组合均可以由计算机可读程序指令（例如，程序代码）实现。

[0154] 这些计算机可读程序指令可以提供到计算机、专用计算机或其他可编程数据处理装置的处理器，以制造一种机器，使得经由计算机或其他可编程数据处理装置的处理器执行的指令创建出用于实现流程图和/或框图的一个或多个方框中指明的功能/动作的构件。这样，通过将处理器与程序代码指令可操作地耦接，处理器的机器被变换成用于实施程序代码的指令的专用机器。这些计算机可读程序指令还可以存储在计算机可读存储介质中，所述计算机可读存储介质可以指示计算机、可编程数据处理装置和/或其他设备以特定方式运行，使得其中存储有指令的计算机可读存储介质包括如下的制品：该制品包括实现流程图和/或框图的一个或多个方框中指明的操作的各方面的指令。

[0155] 计算机可读程序指令也可以加载到计算机、其他可编程数据处理装置或其他设备上，以使在计算机、其他可编程装置或其他设备上执行一系列操作，从而形成计算机实现过程，使得在计算机、其他可编程装置或其他设备上执行的指令能够实现流程图和/或框图的一个或多个方框中指明的功能/动作。

[0156] 附图中的流程图和框图示出了根据本发明布置的各个方面的系统、方法和计算机程序产品的可能实现方式的架构、功能和操作。就这点而言，流程图或框图中的每个方框可以表示包括用于实现指定操作的一个或多个可执行指令的模块、区段或指令部分。在一些替代实施例中，方框中提及的操作可以不按附图中示出的顺序进行。例如，连续示出的两个方框可以基本上同时地执行，或者方框有时可以按相反的顺序执行，具体取决于涉及的功能。还应注意，框图和/或流程图中的每个方框，以及框图和/或流程图中的方框的组合可以由基于硬件的专用计算机系统执行，所述专用计算机系统执行指定的功能或动作，或者实施专用硬件和计算机指令的组合。

[0157] 可以在所附权利要求中发现的所有构件或步骤加功能元素的对应结构、材料、动作和等效物旨在包括用于与具体声明的其他要求保护的元素相结合地执行功能的任何结构、材料或动作。

[0158] 本文中提供的实施例的描述是出于说明的目的，而不意图穷举性的或局限于所公开的形式和示例。本文中使用的术语经过选择来说明相对于市场上发现的技术而言本发明布置、实际应用或技术改进的原理，和/或使本领域的其他普通技术人员能够理解本文中公开的实施例。在不脱离所述本发明布置的范围和精神的情况下，本领域的普通技术人员可以清楚修改和变化。因此，应当参考表明此类特征和实现方式的范围的所附权利要求，而不是上述公开内容。

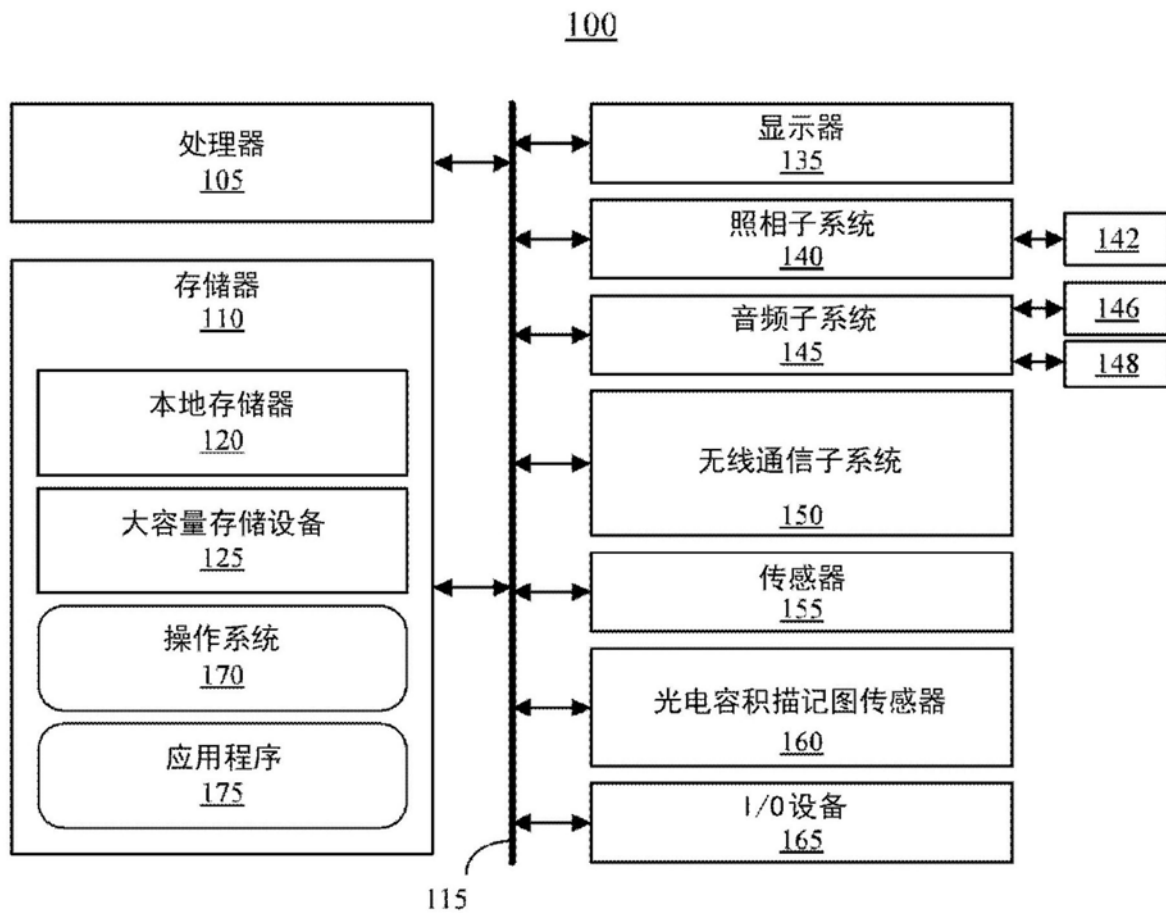


图1

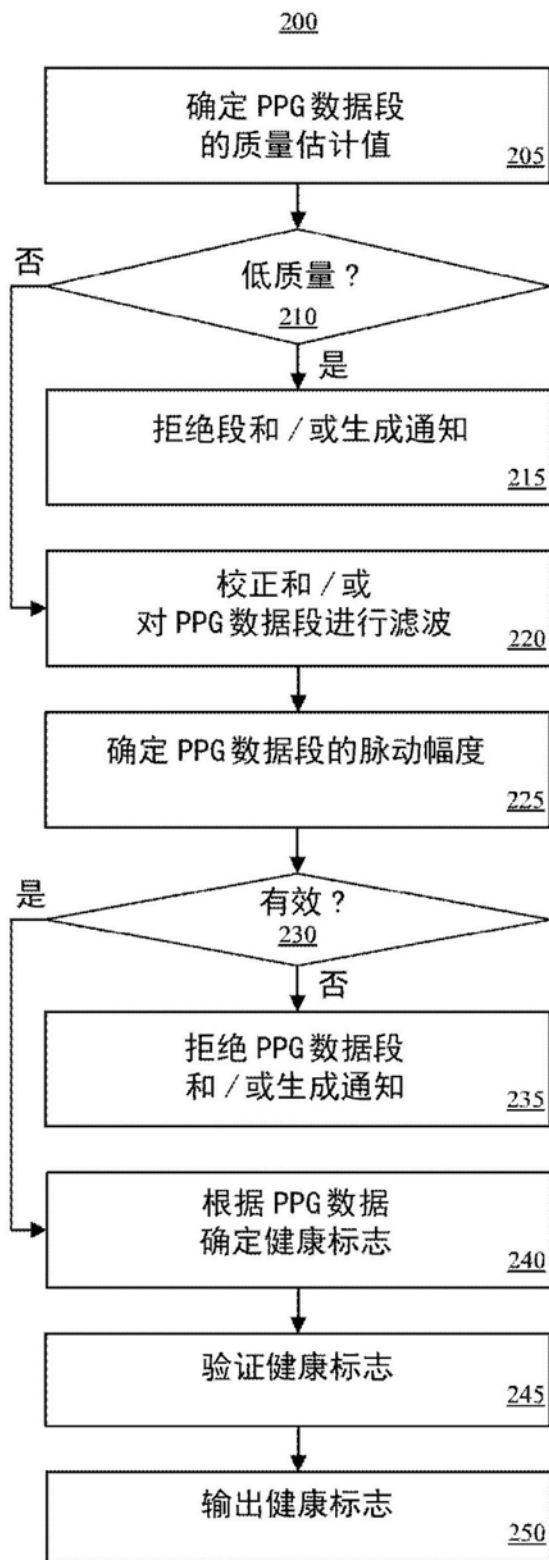


图2

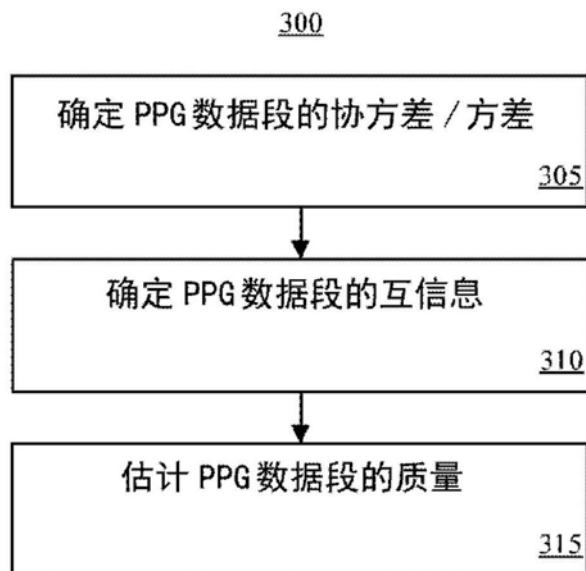


图3

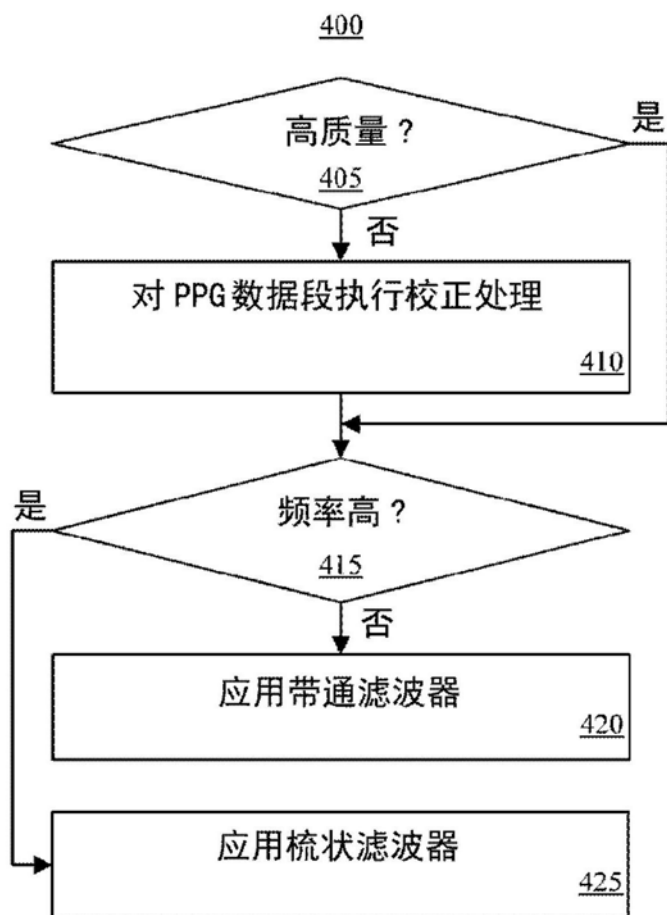


图4

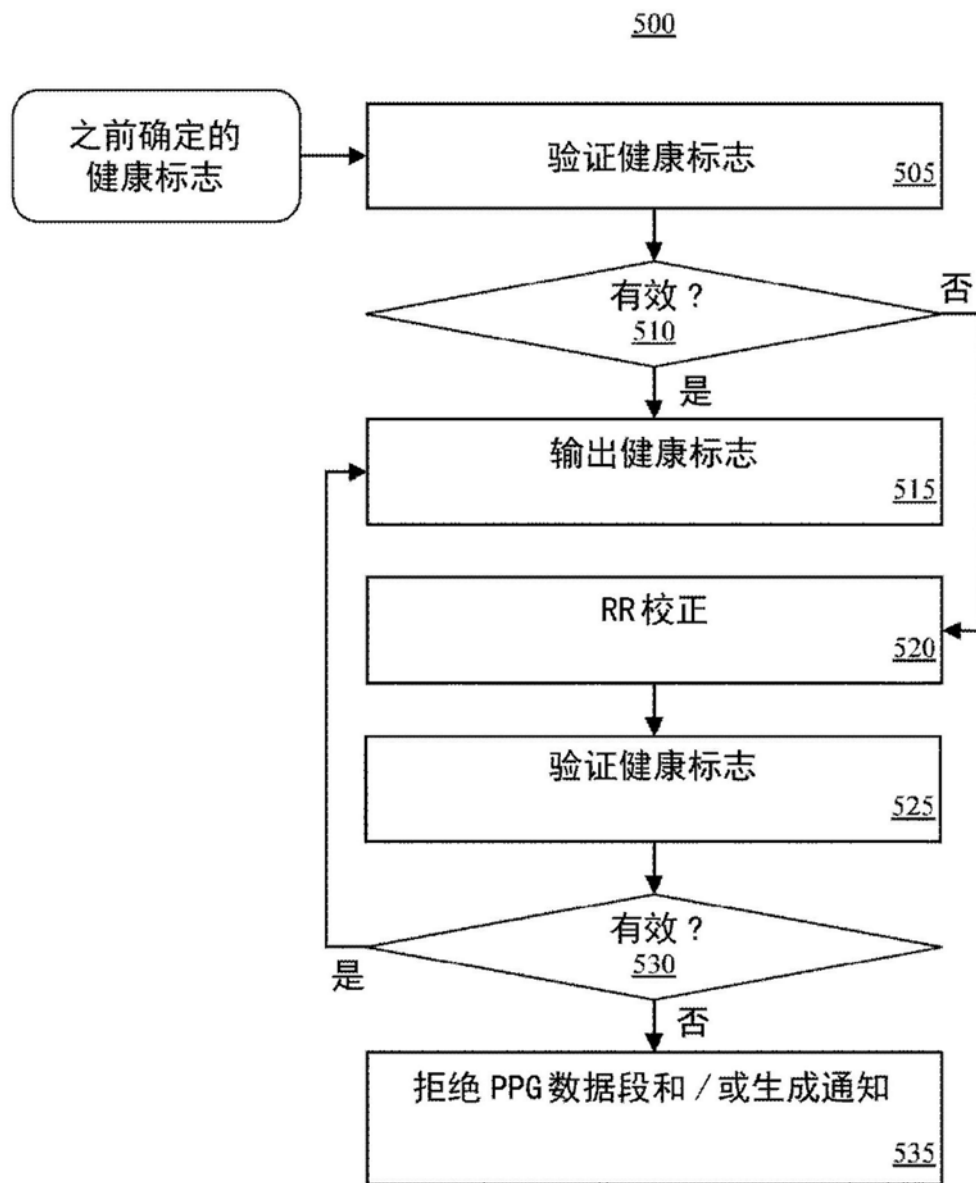


图5

专利名称(译)	使用便携式设备确定健康标志		
公开(公告)号	CN110461215A	公开(公告)日	2019-11-15
申请号	CN201880020026.9	申请日	2018-05-04
[标]申请(专利权)人(译)	三星电子株式会社		
申请(专利权)人(译)	三星电子株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	三星电子株式会社		
[标]发明人	贾瓦哈贾殷 詹姆斯扬 科迪沃瑟姆 赛义德萨迪 普拉纳夫米斯特里		
发明人	贾瓦哈·贾殷 詹姆斯·扬 科迪·沃瑟姆 赛义德·萨迪 普拉纳夫·米斯特里		
IPC分类号	A61B5/00 A61B5/024		
CPC分类号	A61B5/02405 A61B5/02416 A61B5/02438 A61B5/1118 A61B5/7203 A61B5/7221 A61B5/725 A61B5/7253 G16H50/20 A61B5/165 A61B2560/0431 G16H40/63		
优先权	62/501966 2017-05-05 US 15/957627 2018-04-19 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

使用设备处理PPG数据可以包括：确定PPG数据段的质量估计值，并且响应于确定质量估计值超过质量阈值，基于PPG数据段的周期性的估计值滤波PPG数据段。可以确定PPG数据段的健康标志。可以基于根据PPG数据对健康标志的先前确定，验证健康标志。响应于验证，可以输出健康标志。

