



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104665768 A

(43) 申请公布日 2015. 06. 03

(21) 申请号 201410525844. 8

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 10. 08

A61B 5/00(2006. 01)

(30) 优先权数据

3152/MUM/2013 2013. 10. 03 IN

1540/MUM/2014 2014. 05. 02 IN

(71) 申请人 塔塔咨询服务有限公司

地址 印度孟买

(72) 发明人 罗翰·班纳吉 阿尼鲁达·辛哈

艾什瓦尔雅·维斯瓦纳坦

阿尼班·杜塔·乔杜里 安鹏·派尔

安莱格·库马尔

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所(普通合伙) 11277

代理人 刘新宇

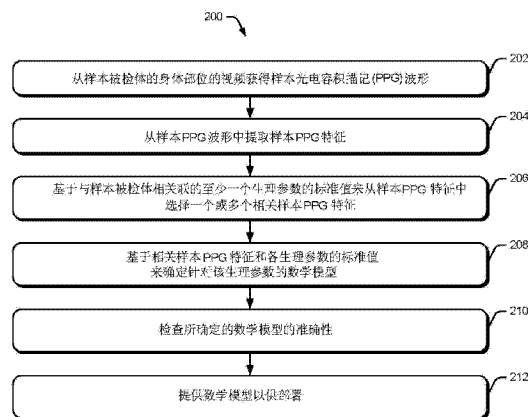
权利要求书4页 说明书16页 附图4页

(54) 发明名称

生理参数的监测

(57) 摘要

本发明涉及生理参数的监测。这里说明了用于使用手持式装置(130)来监测与被检体相关联的生理参数的方法。在实现中,该方法包括从样本被检体的身体部位(132)的视频获得与该样本被检体相关联的多个样本光电容积描记特征即样本PPG特征。基于针对被检体的生理参数的标准值来从多个样本PPG特征中选择与生理参数相关联的至少一个相关样本PPG特征。此外,基于至少一个相关样本PPG特征和生理参数的标准值来确定表示相关样本PPG特征和生理参数之间的相关关系的数学模型。该数学模型可被部署用于实时地监测生理参数。



1. 一种用于使用手持式装置 (130) 来监测与被检体相关联的生理参数的方法, 所述方法包括以下步骤:

从样本被检体的身体部位 (128) 的视频获得与所述样本被检体相关联的多个样本光电容积描记特征即多个样本 PPG 特征;

选择步骤, 用于基于针对所述样本被检体的所述生理参数的标准值来从所述多个样本 PPG 特征中选择与所述生理参数相关联的至少一个相关样本 PPG 特征; 以及

基于所述至少一个相关样本 PPG 特征和所述生理参数的标准值来确定表示所述相关样本 PPG 特征和所述生理参数之间的相关关系的数学模型, 其中所述数学模型被部署用于实时地监测所述生理参数。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 获得所述多个样本 PPG 特征的步骤包括: 在时域和频率其中之一中从所述视频提取所述多个样本 PPG 特征。

3. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述生理参数包括血压、表示心脏状况的心电图即 ECG 和呼吸率中的至少一个。

4. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述多个样本 PPG 特征包括时域特征和频域特征中的至少一个的集合。

5. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述多个样本 PPG 特征包括与所述样本被检体相关联的身体特征。

6. 根据权利要求 5 所述的方法, 其中, 所述身体特征包括所述样本被检体的身高、所述样本被检体的体重和所述样本被检体的年龄。

7. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 确定所述数学模型的步骤是基于监督学习技术进行的。

8. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 还包括以下步骤:

从测试被检体的身体部位 (134) 的视频获得与所述测试被检体相关联的测试 PPG 特征; 以及

基于所述测试 PPG 特征和所述数学模型来监测针对所述测试被检体的所述生理参数。

9. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述选择步骤包括:

针对所述多个样本 PPG 特征各自确定相关性评级, 其中所述相关性评级表示所述多个样本 PPG 特征各自与所述生理参数的关系; 以及

基于所述多个样本 PPG 特征各自的所述相关性评级和阈值相关性评级来从所述多个样本 PPG 特征中确定所述至少一个相关样本 PPG 特征。

10. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述选择步骤包括:

针对所述多个样本 PPG 特征各自确定表示样本 PPG 特征和所述生理参数的标准值之间的关系的系数; 以及

基于所述系数针对所述多个样本 PPG 特征各自确定增益因数;

其中, 所述选择步骤是基于所述增益因数进行的。

11. 根据权利要求 10 所述的方法, 其中, 所述系数是最大信息系数即 MIC。

12. 根据权利要求 10 所述的方法, 其中, 确定所述增益因数的步骤是基于 S 型增益函数进行的。

13. 根据权利要求 10 所述的方法, 其中, 确定所述增益因数的步骤包括: 基于 k 折验证

技术的准确性来对与所述增益因数相关联的斜率常数即 m 进行微调,其中所述微调是使用回归模型和分类器模型其中之一来进行的。

14. 根据权利要求 13 所述的方法,其中,所述回归模型是线性回归模型、非线性回归模型和多项式回归模型其中之一。

15. 根据权利要求 13 所述的方法,其中,所述分类器模型是基于支持向量机的模型即基于 SVM 的模型和基于自适应神经网络的模型即基于 ANN 的模型其中之一。

16. 根据权利要求 10 所述的方法,其中,所述选择步骤包括:

将所述多个样本 PPG 特征分别与各自的所述增益因数相乘;以及

基于相乘后的各样本 PPG 特征的阈值来从所述多个样本 PPG 特征中选择所述相关样本 PPG 特征。

17. 根据权利要求 10 所述的方法,其中,还包括以下步骤:利用处理器 (102) 来基于各所述增益因数确定所述相关样本 PPG 特征各自的实际相关性。

18. 一种用于使用手持式装置 (130) 来监测与被检体相关联的生理参数的方法,所述方法包括以下步骤:

从样本被检体的身体部位 (128) 的视频获得与所述样本被检体相关联的多个样本光电容积描记特征即多个样本 PPG 特征;

选择步骤,用于基于针对所述样本被检体的所述生理参数的标准值来从所述多个样本 PPG 特征中选择与所述生理参数相关联的至少一个相关样本 PPG 特征;以及

仅基于所述至少一个相关样本 PPG 特征和所述生理参数的标准值来确定表示所述至少一个相关样本 PPG 特征和所述生理参数之间的相关关系的数学模型,其中所述数学模型被部署用于实时地监测所述生理参数,所述生理参数是血压即 BP 和心电图即 ECG 特征中的至少一个。

19. 根据权利要求 18 所述的方法,其中,所述选择步骤包括:获得与要监测的生理参数的标准值具有相关关系的所述至少一个相关样本 PPG 特征,其中所述至少一个相关样本 PPG 特征是根据 PPG 特征和所述生理参数的标准值之间的相关关系、以及基于所述相关关系所确定的增益因数而从所述多个样本 PPG 特征中所选择的。

20. 一种建模系统 (100),用于监测与被检体相关联的生理参数,所述建模系统 (100) 包括:

处理器 (102);

处理模块 (110),其连接至所述处理器 (102),所述处理模块用于获得与样本被检体相关联的多个样本光电容积描记特征即多个样本 PPG 特征,其中所述多个样本 PPG 特征是从所述样本被检体的身体部位 (128) 的视频中所提取的;

特征选择模块 (112),其连接至所述处理器 (102),所述特征选择模块用于基于所述生理参数的标准值来从所述多个样本 PPG 特征中选择与所述生理参数相关联的至少一个相关样本 PPG 特征;以及

建模模块 (116),其连接至所述处理器 (102),所述建模模块用于基于所述至少一个相关样本 PPG 特征和所述生理参数的标准值来确定表示所述相关样本 PPG 特征和所述生理参数之间的相关关系的数学模型,其中所述数学模型用于实时地监测所述生理参数。

21. 根据权利要求 20 所述的建模系统 (100),其中,所述处理模块 (110) 进行以下操

作：

从采样装置 (126) 获得所述样本被检体的所述身体部位 (128) 的所述视频；以及
处理所述视频以确定样本 PPG 波形。

22. 根据权利要求 20 所述的建模系统 (100)，其中，所述处理模块 (110) 在时域和频率至少一个中从所述视频获得所述多个样本 PPG 特征。

23. 根据权利要求 20 所述的建模系统 (100)，其中，所述建模模块 (116) 基于监督学习技术来确定所述数学模型。

24. 根据权利要求 20 所述的建模系统 (100)，其中，所述特征选择模块 (112) 进行以下操作：

针对所述多个样本 PPG 特征各自确定相关性评级，其中所述相关性评级表示各样本 PPG 特征与所述生理参数的关系；以及

将所述多个样本 PPG 特征各自的所述相关性评级与阈值相关性评级进行比较，以选择所述至少一个相关样本 PPG 特征。

25. 根据权利要求 20 所述的建模系统 (100)，其中，所述特征选择模块 (112) 进行以下操作：

针对所述多个样本 PPG 特征各自确定表示 PPG 特征和所述生理参数的标准值之间的关系的相关系数；

基于所述相关系数针对所述多个样本 PPG 特征各自确定增益因数；以及

基于所述增益因数来选择所述相关样本 PPG 特征。

26. 根据权利要求 25 所述的建模系统 (100)，其中，还包括测试模块 (114)，所述测试模块 (114) 连接至所述处理器 (102)，用于基于各所述增益因数来确定所述相关样本 PPG 特征各自的实际相关性。

27. 根据权利要求 25 所述的建模系统 (100)，其中，所述特征选择模块 (112) 进行以下操作：

将所述多个样本 PPG 特征分别与各自的所述增益因数相乘；以及

基于相乘后的各样本 PPG 特征的阈值来从所述多个样本 PPG 特征中选择所述相关样本 PPG 特征。

28. 根据权利要求 25 所述的建模系统 (100)，其中，所述相关系数是最大信息系数即 MIC。

29. 根据权利要求 25 所述的建模系统 (100)，其中，所述特征选择模块 (112) 基于 S 型增益函数来确定所述增益因数。

30. 根据权利要求 25 所述的建模系统 (100)，其中，所述特征选择模块 (112) 基于 k 折验证技术的准确性来对与所述增益因数相关联的斜率常数即 m 进行微调，其中所述微调是使用回归模型和分类器模型其中之一来进行的。

31. 一种生理参数监测装置 (130)，用于监测与被检体相关联的生理参数，所述生理参数监测装置 (130) 包括：

处理器；

监测模块 (144)，其连接至所述处理器，用于进行以下操作：

获得表示相关样本光电容积描记特征即相关样本 PPG 特征和要监测的生理参数之间

的相关关系的数学模型,其中所述相关样本 PPG 特征是基于所述生理参数对多个样本 PPG 特征的影响而从所述多个样本 PPG 特征中所选择的;

根据测试被检体的身体部位 (134) 的视频来确定与所述测试被检体相关联的测试 PPG 特征,其中所述视频是使用所述生理参数监测装置 (130) 的照相机 (136) 所拍摄到的;以及

基于所述测试 PPG 特征和所述数学模型来监测针对所述测试被检体的所述生理参数。

32. 根据权利要求 31 所述的生理参数监测装置 (130),其中,所述监测模块 (144) 获得与要监测的生理参数的标准值具有相关关系的所述至少一个相关样本 PPG 特征,其中所述相关样本 PPG 特征是根据 PPG 特征和所述生理参数的标准值之间的相关关系、以及基于所述相关关系所确定的增益因数而从所述多个样本 PPG 特征中所选择的。

生理参数的监测

技术领域

[0001] 本主题通常涉及监测生理参数,并且特别地而非排他地涉及使用手持式装置来监测生理参数。

背景技术

[0002] 通常在临床设置中进行针对诸如呼吸率、脉搏率、血压和心脏状况等的人的某些生理参数和生命体征的监测。通常,已经发现,如果人意识到他或她的生理参数正被监测,则这可能导致该人变得紧张或刻意并且生理参数可能由于人的精神状态而改变,因而可能无法反映该人的真实医疗状况。因此,已经开发了用于监测生理参数的几个无创性技术。

[0003] 一个这种无创性技术是光电容积描记法 (photoplethysmography, PPG)。PPG 涉及光学方法并且基于皮肤下的脉管系统中的血液量变化的动态进行工作。传统上,以各种方式实现 PPG 以例如通过以非接触方式记录要测量生理参数的被检体的视频来测量并监测这些生理参数。

发明内容

[0004] 一种用于使用手持式装置 130 来监测与被检体相关联的生理参数的方法,所述方法包括以下步骤:从样本被检体的身体部位 128 的视频获得与所述样本被检体相关联的多个样本光电容积描记特征即多个样本 PPG 特征;选择步骤,用于基于针对所述样本被检体的所述生理参数的标准值来从所述多个样本 PPG 特征中选择与所述生理参数相关联的至少一个相关样本 PPG 特征;以及基于所述至少一个相关样本 PPG 特征和所述生理参数的标准值来确定表示所述相关样本 PPG 特征和所述生理参数之间的相关关系的数学模型,其中所述数学模型被部署用于实时地监测所述生理参数。

[0005] 一种用于使用手持式装置 130 来监测与被检体相关联的生理参数的方法,所述方法包括以下步骤:从样本被检体的身体部位 128 的视频获得与所述样本被检体相关联的多个样本光电容积描记特征即多个样本 PPG 特征;选择步骤,用于基于针对所述样本被检体的所述生理参数的标准值来从所述多个样本 PPG 特征中选择与所述生理参数相关联的至少一个相关样本 PPG 特征;以及仅基于所述至少一个相关样本 PPG 特征和所述生理参数的标准值来确定表示所述至少一个相关样本 PPG 特征和所述生理参数之间的相关关系的数学模型,其中所述数学模型被部署用于实时地监测所述生理参数,所述生理参数是血压即 BP 和心电图即 ECG 特征中的至少一个。

[0006] 一种建模系统 100,用于监测与被检体相关联的生理参数,所述建模系统 100 包括:处理器 102;处理模块 110,其连接至所述处理器 102,所述处理模块用于获得与样本被检体相关联的多个样本光电容积描记特征即多个样本 PPG 特征,其中所述多个样本 PPG 特征是从所述样本被检体的身体部位 128 的视频中所提取的;特征选择模块 112,其连接至所述处理器 102,所述特征选择模块用于基于所述生理参数的标准值来从所述多个样本 PPG 特征中选择与所述生理参数相关联的至少一个相关样本 PPG 特征;以及建模模块 116,其连

接至所述处理器 102, 所述建模模块用于基于所述至少一个相关样本 PPG 特征和所述生理参数的标准值来确定表示所述相关样本 PPG 特征和所述生理参数之间的相关关系的数学模型, 其中所述数学模型用于实时地监测所述生理参数。

[0007] 一种生理参数监测装置 130, 用于监测与被检体相关联的生理参数, 所述生理参数监测装置 130 包括: 处理器; 监测模块 144, 其连接至所述处理器, 用于进行以下操作: 获得表示相关样本光电容积描记特征即相关样本 PPG 特征和要监测的生理参数之间的相关关系的数学模型, 其中所述相关样本 PPG 特征是基于所述生理参数对多个样本 PPG 特征的影响而从所述多个样本 PPG 特征中所选择的; 根据测试被检体的身体部位 134 的视频来确定与所述测试被检体相关联的测试 PPG 特征, 其中所述视频是使用所述生理参数监测装置 130 的照相机 136 所拍摄到的; 以及基于所述测试 PPG 特征和所述数学模型来监测针对所述测试被检体的所述生理参数。

附图说明

[0008] 参考附图来进行详细说明。在附图中, 附图标记最左边的数字标识了该附图标记首先出现的附图。在整个附图中使用相同的数字以参考相同的特征和组件。

[0009] 图 1 示出根据本主题的实现的、与建模系统相连接的用于监测与被检体相关联的生理参数的生理参数监测装置。

[0010] 图 2 示出根据本主题的实现的、用于确定用以监测与被检体相关联的生理参数的数学模型的方法。

[0011] 图 3 示出根据本主题的实现的、用于从确定数学模型时所用的样本 PPG 特征中选择相关样本 PPG 特征的方法。

[0012] 图 4 示出根据本主题的实现的、用于使用手持式装置来监测与被检体相关联的生理参数的方法。

具体实施方式

[0013] 本主题涉及使用手持式装置来监测与被检体相关联的生理参数。

[0014] 传统上, 以各种方式实现光电容积描记法 (PPG), 以测量并监测生理参数。在少数几个传统技术中, 从一定距离拍摄要测量生理参数的被检体的视频, 然后分析该视频以确定生理参数。因而, 某些其它传统技术可以涉及确定被检体的身体与摄像机相接触的部位的位置、然后使用该视频来测量生理特性。

[0015] 为了测量生理参数, 通常通过将视频分割成帧来从视频中提取 PPG 波形, 然后在帧的预定集合中分析一个或多个量化颜色值的峰频率。传统技术通常涉及用于记录视频以获得 PPG 波形的视频记录装置。通常将例如用于测量心率的诸如脉搏血氧仪或基于声音的传感器等的感测装置与用于监测生理参数的视频记录装置相结合地使用。通常将感测装置所测量到的特征与 PPG 波形相组合地使用以提高生理参数的测量准确性。然而, 尽管通过除 PPG 波形以外使用感测装置使得生理参数的测量相当精确, 但与用于以这种方式监测生理参数的设备相关联的成本高。此外, 该设备不是便携式的并且可能无法用于移动实现。在其它传统技术中, 从视频中提取两个以上的 PPG 波形, 并将这些 PPG 波形用于进行生理参数的测量以提高测量生理参数时的准确性。然而, PPG 波形的处理和分析使用大量计算资源

和时间,这样导致该技术麻烦且耗时。

[0016] 本主题说明用以使用生理参数监测装置(这里称为装置)来监测与被检体相关联的生理参数的方法和装置。根据一方面,本主题涉及实现与以下相组合的光电容积描记(PPG)技术的实现:对 PPG 波形和生理参数的已知值之间的相关关系进行建模,然后将该模型部署在装置上以监测生理参数。生理参数例如可以包括心脏或脉搏率、呼吸率、血压或者基于心电图(ECG)特征的的心脏状况。在示例中,装置可以是诸如智能电话或平板个人计算机(PC)等的手持式装置。

[0017] 根据实现,使用采样装置、例如使用采样装置的照相机来拍摄样本被检体的身体部位的视频。例如,采样装置可以是诸如智能电话或平板个人计算机(PC)等的手持式装置。在所述示例中,在使身体部位抵靠照相机的镜头的情况下拍摄身体部位的视频。例如,可以拍摄被检体的指尖或耳垂的视频以测量生理参数。此外,处理该视频以获得样本 PPG 波形。在一个示例中,可以通过针对视频中的各帧的量化颜色值对视频进行处理、然后确定帧的预定集合中的各帧的量化颜色值的频率,来获得样本 PPG 波形。然后,基于该集合中的帧的频率来确定样本 PPG 波形。

[0018] 一旦判断为 PPG 波形是连贯的,则从样本 PPG 波形中提取多个样本 PPG 特征。在示例中,可以在时域中提取样本 PPG 特征;然而,在另一示例中,可以在频域中提取样本 PPG 特征。在又一示例中,可以在时域和频域中提取样本 PPG 特征。在一个情况下,在时域中所提取的样本 PPG 特征(还称为时域特征)可以包括针对样本 PPG 波形中的峰化频率的峰间时间间隔、脉冲间隔、表示样本 PPG 波形达到峰化频率所需的时间的峰值时间、增量时间、波谷到陷波时间、下降时间、陷波到波谷时间、上升斜率、下降斜率和周期下方的面积。此外,在示例中,在频域中所提取的样本 PPG 特征(还称为频域特征)可以包括峰频率的位置、主导峰频率和紧挨峰频率之间的距离、频谱质心和主导峰频率区域的宽度。根据示例,作为一些样本 PPG 特征,还可以考虑到与被检者相关联的诸如被检体的体重、被检者的身高和被检者的年龄等的身体特征。

[0019] 根据本主题的方面,基于要实现建模的生理参数的实际已知值来从多个样本 PPG 特征中选择一个或多个相关样本 PPG 特征。将生理参数的这些实际已知值称为标准值(ground truth value)。在实现中,可以基于生理参数对 PPG 特征的影响来选择相关样本 PPG 特征。因此,为了确定相关的样本 PPG 特征,针对各样本 PPG 特征确定相关性评级,并且可以基于相关性评级与阈值相关性评级的比较来选择相关样本 PPG 特征。在示例中,针对样本 PPG 特征的相关性评级可以利用生理参数的变化来指示样本 PPG 特征的变化。根据所述方面,相关样本 PPG 特征可以是与要监测的生理参数共用可辨别关系并且以能够区别的方式表示生理参数的特征。

[0020] 根据本主题的方面,PPG 特征的选择可以涉及两步骤的方法。在第一步骤中,确定 PPG 特征和标准值之间的相关关系。在第二步骤中,可以基于 PPG 特征和生理参数的标准值之间的相关关系的强度来选择相关 PPG 特征。作为相关 PPG 特征的选择的一部分,可以将所提取的特征的整个集合分割成测试集和一个或多个训练集。在示例中,可以从训练集中提取相关 PPG 特征,而可以使用测试集来确定所选择的 PPG 特征的相关性和该选择的准确性。在训练阶段,PPG 特征和生理参数的标准值是已知的,并且基于 PPG 特征和标准值来确定各 PPG 特征的相关系数的值。然后使用 PPG 特征的相关系数的值来确定该 PPG 特征的增

益因数。在示例中,可以使用增益函数曲线来确定增益因数的值。在所述示例中,可以对增益函数曲线的斜率进行微调以确定各 PPG 特征的增益因数的最优值。在测试阶段使用如此获得的最优增益因数。在训练阶段,将 PPG 特征乘以它们的最优增益因数,然后用于训练用于估计生理参数的分类器模型。另一方面,在测试期间,可以将最优增益因数乘以各 PPG 特征以估计生理参数。

[0021] 因此,在实现中,基于 PPG 特征和标准值来确定训练集中的多个 PPG 特征各自的相关系数。该相关系数可以捕获 PPG 特征和生理参数的标准值之间的关系。在示例中,相关系数可以是最大信息系数 (MIC) 值并且可以基于 MIC 技术来确定。一旦确定了 PPG 特征的 MIC 值,则可以确定各 PPG 特征和标准值之间的相关关系的强度。因此,可以基于相关系数和增益函数来确定多个 PPG 特征各自的增益因数。在示例中,增益函数可以是 S 型 (sigmoid) 增益函数。

[0022] 如将会理解的那样,增益函数、因而增益因数可以基于例如 PPG 特征的 MIC 值的阈值来增强或突出显示相关关系的强度高的 PPG 特征。因此,在实现中,将各 PPG 特征乘以相应的增益因数以选择相关 PPG 特征。在示例中,可以基于增益因数的阈值来选择 PPG 特征。在另一情况下,可以基于 PPG 特征的阈值来选择 PPG 特征。在以上这两个情况下,在将 PPG 特征乘以值低 (例如,增益因数的阈值以下) 的增益因数的情况下,PPG 特征的值受到抑制、即降至 PPG 特征的阈值以下,并且可以丢弃这些 PPG 特征。因此,可以选择值大于阈值或者增益因数的值大于阈值的 PPG 特征作为相关 PPG 特征。

[0023] 随后,使用 (例如,先前从所提取的 PPG 特征中选择的) 测试集来执行所选择的相关特征的测试。在实现中,将针对各 PPG 特征所选择的增益因数用于测试集中的 PPG 特征,以测试是否准确地选择了基于增益因数而选择为相关的 PPG 特征。在示例中,可以将测试集中的 PPG 特征分别与针对训练集所确定的增益因数相乘。基于该相乘,可以判断是否如从训练集中所进行的选择那样、从测试集中选择相同的 PPG 特征作为相关 PPG 特征。

[0024] 此外,根据实现,部署以上所选择的相关 PPG 特征以实时地估计并监测生理参数。在实施例中,基于相关样本 PPG 特征和生理参数的标准值,可以确定数学模型。该数学模型可以捕获相关样本 PPG 特征和生理参数的标准值之间的关系。根据一方面,可以使用监督学习技术基于相关样本 PPG 特征和生理参数的标准值来确定数学模型。可以使用如此确定的数学模型来基于 PPG 波形和 PPG 特征估计生理参数的标准值,反之亦然。

[0025] 在实现中,在进一步部署数学模型之前,可以检查数学模型的准确性。在示例中,可以在试验环境中使用数学模型以估计表示生理参数的测量值存在于的值范围的生理参数分段 (bin)。可以将所估计出的生理参数分段与生理参数的实际已知值进行比较,以判断数学模型是否准确。在数学模型不准确的情况下,实现数学模型的训练以提高准确性。例如,可以获得针对各种样本被检体的更多 PPG 波形并且以与以上所述相同的方式进行处理,以改善数学模型。

[0026] 在实施例中,可以在用于监测与测试被检体相关联的生理参数的生理参数监测装置上设置数学模型。在实现中,为了使用部署有数学模型的装置来监测生理参数,可以使用该装置的照相机来拍摄测试被检体的视频。在实现中,随后可以利用该装置处理视频以获得提取测试 PPG 特征所依据的测试 PPG 波形。在一个示例中,以与针对获得样本 PPG 波形所述相同的方式从视频获得测试 PPG 波形。另外,测试 PPG 特征可以与样本 PPG 特征相同。

在另一情况下,该装置可以提取与相关样本 PPG 特征相对应的 PPG 特征。此外,基于测试特征和数学模型,该装置可以估计生理参数并监测该生理参数。在示例中,该装置及其内所部署的数学模型可以指示针对生理参数所估计的生理参数分段。因此,在所述示例中,代替定量测量,基于数学模型所进行的估计的性质可以是指示性的。在这种情况下,根据本主题的估计提供如下方法,其中利用该方法,例如可以监测被检体的生理参数和状况,以保持追踪被检者的医疗状况,使得可以适时地向被检体提供适当的医疗救助。

[0027] 通过在从视频所提取的 PPG 特征的整个集合中选择几个相关样本 PPG 特征,生理参数的估计及其监测的准确性相当高。另外,由于在估计生理参数期间要分析并处理的特征数量更少,因此监测生理参数时所涉及的计算资源和时间大幅减少。因此,甚至可以将这种模型部署在处理性能低的装置上。结果,根据本主题的生理参数的监测容易扩展并且可以具有高度可用性。另外,包括样本被检体的身体特征还提高了估计生理参数时的准确性,因为在估计生理参数时考虑到影响生理参数的这些因素。此外,由于不使用来自其它感测装置的输入,因此将这些身体特征与从 PPG 波形所提取的特征相组合使用提供了诸如血压和 ECG 特征等的生理参数的准确估计。因此,在本主题的方面中,可以仅基于 PPG 特征来估计并监测生理参数。例如,可以仅基于样本 PPG 特征和要监测的生理参数的标准值来确定数学模型。结果,本主题提供了生理参数的准确监测,同时可以将这种监测所使用的设备设置为便携式且容易操纵、例如采用诸如移动电话等的手持式装置的形式。

[0028] 将结合附图来更详细地说明本发明的这些和其它优点。尽管可以以任意数量的不同计算系统、环境和 / 或结构来实现用于监测生理参数的所述系统和方法的各方面,但在以下装置的上下文中对这些实施例进行说明。

[0029] 图 1 示出根据本主题的实施例的、为了便于监测与被检体相关联的生理参数所连接的建模系统 100。在实现中,建模系统 100 可以基于光电容积描记 (PPG) 技术和生理参数的已知值来确定 PPG 波形和生理参数之间的相关关系。然后可以使用该相关关系来实时地监测生理参数。在示例中,可以将建模系统 100 实现为工作站、例如台式计算机或笔记本电脑等的个人计算机、多处理器系统、网络计算机、小型计算机或者服务器。

[0030] 在一个实现中,建模系统 100 包括处理器 102 和存储器 104。可以将处理器 102 实现为一个或多个微处理器、微计算机、微控制器、数字信号处理器、中央处理单元、状态机、逻辑电路和 / 或基于操作指令来处理信号的任何装置。除其它性能以外,处理器 102 还可被配置为提取并执行存储器 104 中所存储的计算机可读指令。存储器 104 可以连接至处理器 102,并且可以包括本领域内已知的任何计算机可读介质,其中该计算机可读介质例如包括诸如静态随机存取存储器 (SRAM) 和动态随机存取存储器 (DRAM) 等的易失性存储器、以及 / 或者诸如只读存储器 (ROM)、可擦除可编程 ROM、闪速存储器、硬盘、光盘和磁带等的非易失性存储器。

[0031] 此外,建模系统 100 可以包括模块 106 和数据 108。模块 106 和数据 108 可以连接至处理器 102。除其它事项外,模块 106 还包括进行特殊任务或实现特殊抽象数据类型的例程、程序、对象、组件、数据结构等。另外,可以将模块 106 实现为信号处理器、状态机、逻辑电路和 / 或基于操作指令来处理信号的任何其它装置或组件。

[0032] 在实现中,模块 106 包括处理模块 110、特征选择模块 112、测试模块 114、建模模块 116 和其它模块 118。其它模块 118 可以包括补充建模系统 100 所进行的应用程序或功

能的程序或编码指令。另外,在所述实现中,数据 108 包括处理数据 120、特征数据 122、建模数据 124 和其它数据 126。除其它事项外,其它数据 124 还可以用作用于存储作为执行模块 106 中的一个或多个模块的结果而可以处理、接收或生成的数据的储存库。尽管示出数据 108 在建模系统 100 的内部,但可以理解,数据 108 可以驻留在可连接至建模系统 100 的外部储存库(图中未示出)中。因此,建模系统 100 可以设置有用以与外部储存库进行通信以从数据 108 获得信息的接口(未示出)。

[0033] 另外,为了工作,建模系统 100 可以连接至采样装置 128 以获得与样本被检体相关联的 PPG 波形。在工作中,采样装置 128 拍摄要对相关关系进行建模的生理参数的标准值已知的样本被检体的视频。如应当理解,标准值是生理参数的实际已知值。在生理参数是血压的示例中,标准值可以是收缩压和舒张压的值。在生理参数是用于监测心脏状况的 ECG 特征的另一示例中,标准值可以是例如 QRS 复合波、PR 间隔、RR 间隔和 QT 间隔的 ECG 特征的值。因此,建模系统 100 可以基于视频和标准值来对相关关系进行建模。可以将样本被检体的标准值存储在建模数据 124 中。

[0034] 另外,建模系统 100 与生理参数监测装置 130 连接,其中该生理参数监测装置 130 使用相关关系并监测诸如患者等的测试被检体的生理参数。在示例中,生理参数监测装置 130 可以是具有用于提供处理性能的处理器的手持式装置。例如,生理参数监测装置 130 可以是移动电话、个人数字助理(PDA)、智能电话或平板个人计算机。

[0035] 在工作期间,将样本被检体的身体部位 132 放置在采样装置 128 的诸如照相机等的视频拍摄装置 134 上。在一个示例中,采样装置 128 可以是手持式装置,并且可以包括例如移动电话、个人数字助理(PDA)、智能电话或平板个人计算机等的任何装置。例如,采样装置 128 可以是诸如具有视频记录能力的智能电话或便携式视频记录照相机等的便携式视频拍摄装置、即便携式摄像机。在示例中,在视频拍摄装置 134 的闪光灯接通的情况下,被检体可以将身体部位放置成与视频拍摄装置 134 的镜头相接触、或者反之。例如,被检体可以将他的手的指尖放置在视频拍摄装置 134 上以拍摄视频。在另一示例中,可以从被检者的耳垂拍摄视频。随后,采样装置 128 可以通过将视频分割成帧并且例如基于各帧的量化颜色值获得样本 PPG 波形,来处理该视频。

[0036] 在实现中,作为视频的处理的一部分,采样装置 128 可以确定多个窗中的各帧的一个或多个量化颜色值。在示例中,采样装置 128 可以针对特定颜色模型确定量化颜色值。例如,在颜色模型是红绿蓝(RGB)颜色模型的情况下,采样装置 128 可以针对各帧确定红色成分、绿色成分和蓝色成分中的任一成分的平均值,并且该值可以是量化颜色值。在颜色模型是色相饱和度亮度(HSV)模型的另一情况下,采样装置 128 可以针对各帧确定颜色模型的色相成分、饱和度成分和亮度成分中的任一成分的平均值,并且该平均值可以是量化颜色值。另外,采样装置 128 可以检查所拍摄视频的有效性、例如检查视频是否具有用于进行建模的足够的清晰度和照度。

[0037] 随后,在实现中,采样装置 128 可以选择具有预定数量的帧的帧集合以获得样本 PPG 波形。在示例中,采样装置 128 可以对帧的量化颜色值应用短时傅立叶变换(STFT)技术以确定各帧中的量化颜色值的频率。基于各帧中的频率,采样装置 128 可以针对帧集合获得样本 PPG 波形。

[0038] 在另一实现中,采样装置 128 可以在获得样本 PPG 波形并将该样本 PPG 波形提供

至建模系统 100 之前,检查视频的连贯性。因此,采样装置 128 可以从视频中获得几个帧集合(各集合被称为窗),并且基于所选择的窗进行连贯性分析。在所述实现中,采样装置 128 可以基于所选择的窗中的量化颜色值的峰频率的位置和针对其它窗的量化颜色值的峰频率的位置来确定连贯性。例如,采样装置 128 可以确定峰频率在视频的各窗间的漂移以确定视频的连贯性。在所述示例中,如果峰频率的漂移在预定范围内,则判断为视频是连贯性的。随后,如上所述,采样装置 128 从视频中选择具有预定数量的帧的帧集合,并且基于各帧中的量化颜色值的频率从该集合确定 PPG 波形。

[0039] 在实现中,采样装置 128 将 PPG 波形提供至建模系统 100。在另一实现中,采样装置 128 提供样本被检体的所拍摄视频,并且建模系统 100 的处理模块 110 以与以上参考采样装置 128 所述相同的方式处理视频,以获得 PPG 波形。在所述实现中,在示例中,采样装置 128 可以简单地是诸如照相机等的视频记录装置 134。

[0040] 此外,处理模块 110 可以分析样本 PPG 波形并且从该样本 PPG 波形获得多个样本 PPG 特征。在示例中,从样本 PPG 波形所提取的样本 PPG 特征可以包括时域特征的集合或频域特征的集合或这两者。例如,时域特征的集合可以包括针对样本 PPG 波形中的峰化频率的峰间时间间隔、脉冲间隔、表示样本 PPG 波形达到峰化频率所需的时间的峰值时间、舒张期时间、脉冲高度和样本 PPG 波形下方的面积。

[0041] 可以在以下例示的帮助下理解处理模块 110 所进行的根据 PPG 波形来确定样本 PPG 特征。考虑获得样本 PPG 特征以确定用于估计被检体的血压的模型的情况。在这种情况下,为了从样本 PPG 波形获得 PPG 特征,例如在时域中确定收缩期峰 (T_{sn}, A_{sn})、谷点 (T_{vn}, A_{vn}) 和重搏切迹 (T_{dn}, A_{dn})。在所述示例中, T 表示时刻并且 A 表示样本 PPG 波形的上述特征的振幅。例如,处理模块 110 可以基于来自 PPG 波形的局部极大值和极小值点、例如代表 PPG 波形的函数来确定收缩期峰和谷点。此外,在所述示例中,处理模块 110 可以通过首先确定表示 PPG 波形的函数的导数、然后识别一个 PPG 波形的收缩期峰和相邻的 PPG 波形峰的谷点之间的第一个局部极大值,来确定重搏切迹。

[0042] 基于上述与 PPG 波形相关联的参数,确定各种样本 PPG 特征。这些样本 PPG 特征例如可以包括在谷点处所测量到的谷振幅 (A_{vn})、在各收缩期峰处所测量到的收缩期峰振幅 (A_{sn})、在重搏切迹处所测量到的重搏切迹振幅 (A_{dn})、以及表示收缩期峰与重搏切迹之间的 PPG 波形下方的面积的收缩期面积和作为一个 PPG 波形峰的重搏切迹与下一 PPG 波形峰的谷点之间的 PPG 波形下方的面积的重搏切迹面积。在示例中,可以使用以下各等式来表示收缩期面积和重搏面积。

[0043]

$$\text{收缩期面积} = \sum_{T_{sn}}^{T_{dn}} P,$$

[0044] 重搏面积 = $\sum_{T_{dn}}^{T_{sn}+1} P$, 其中 P 表示用于 PPG 波形的式子。

[0045] 另外,在所述示例中,基于上述参数所获得的样本 PPG 特征可以包括例如作为收缩期面积和重搏面积的总和所测量到的 PPG 波形下方的总面积、以及例如作为重搏面积相对于收缩期面积的比率所测量到的面积比。此外,样本 PPG 特征例如可以包括作为两个相邻 PPG 波形峰的收缩期峰之间的时间间隔所确定的峰间隔、作为根据 PPG 波形的谷所测量到的收缩期峰的振幅所确定的脉冲高度、以及作为相邻 PPG 峰的谷点之间的时间所确定的

脉冲间隔。在一个示例中,基于以下各等式来确定总面积、面积比、峰间隔、脉冲高度和脉冲间隔。

[0046] 总面积=收缩期面积+重搏面积

[0047] 面积比=重搏面积/收缩期面积

[0048] 峰间隔= $T_{sn+1} - T_{sn}$

[0049] 脉冲高度= $A_{sn} - A_{vn}$

[0050] 脉冲间隔= $T_{vn+1} - T_{vn}$

[0051] 此外,在示例中,样本 PPG 特征可以包括作为同一 PPG 波形峰的收缩期峰和谷点之间的时间差所确定的峰值时间、表示同一 PPG 波形的重搏切迹和收缩期峰之间的时间差的增量时间。另外,样本 PPG 特征可以包括增强指数和反射指数。可以使用以下等式作为示例来确定峰值时间、增量时间、增强指数和反射指数。

[0052] 峰值时间= $T_{sn} - T_{vn}$

[0053] 增量时间= $T_{dn} - T_{sn}$

[0054] 增强指数= $(A_{dn} - A_{vn}) / (A_{sn} - A_{vn})$

[0055] 反射指数= $1 - \text{增强指数}$

[0056] 考虑获得样本 PPG 特征以确定用于估计被检体的 ECG 特征的模型的另一情况。在示例中,同样在这种情况下,为了从样本 PPG 波形获得 PPG 特征,根据样本 PPG 波形来确定收缩期峰 (T_{sn} , A_{sn})、谷点 (T_{vn} , A_{vn}) 和重搏切迹 (T_{dn} , A_{dn}),其中 T 表示时刻并且 A 表示针对样本 PPG 波形的上述特征的振幅。基于收缩期峰、谷点和重搏切迹的坐标,获得与 PPG 波形相关联的各种样本 PPG 特征。

[0057] 在示例中,在 ECG 特征估计的这种情况下,样本 PPG 特征可以包括以下:作为两个相邻 PPG 波形峰的收缩期峰之间的时间间隔所确定的峰间间隔;作为相邻 PPG 波形峰的谷点之间的时间所测量到的脉冲间隔;作为根据 PPG 波形的谷测量到的收缩期峰的振幅所确定的脉冲高度;表示同一 PPG 波形峰的收缩期峰和谷点之间的时间差的峰值时间;作为同一 PPG 波形峰的重搏切迹和收缩期峰之间的时间差所测量到的增量时间。在一个示例中,使用与以上所述相同的各等式来确定这些样本 PPG 特征。

[0058] 另外,在 ECG 特征估计的情况下,样本 PPG 特征可以包括以下:作为同一 PPG 波形峰的谷点和重搏切迹之间的时间间隔所确定的重搏时间;表示一个 PPG 波形峰的收缩期峰和相邻 PPG 波形峰的谷点之间的时间间隔的下降时间;表示一个 PPG 波形峰的重搏切迹和相邻 PPG 波形峰的谷点之间的时间间隔的重搏到最小时间;针对从谷点到收缩期峰的 PPG 波形的上升部分所测量到的 PPG 波形的上升斜率;以及针对相邻 PPG 波形峰的收缩期峰到谷点的 PPG 波形的下降部分所测量到的 PPG 波形的下降斜率。在示例中,基于以下等式来分别确定重搏时间、下降时间、重搏到最小时间、上升斜率和下降斜率。

[0059] 重搏时间= $T_{dn} - T_{vn}$

[0060] 下降时间= $T_{vn+1} - T_{sn}$

[0061] 重搏到最小时间= $T_{vn+1} - T_{dn}$

[0062] 上升斜率= $(A_{sn} - A_{vn}) / (T_{sn} - T_{vn})$

[0063] 下降斜率= $(A_{vn+1} - A_{sn}) / (T_{vn+1} - T_{sn})$

[0064] 此外,处理模块 110 可以例如从振幅-频率曲线中提取频域内的 PPG 特征。在示

例中,处理模块 110 可以提取主导峰频率的位置、主导峰频率和紧挨峰频率之间的距离、频谱质心以及主导峰频率区域的宽度作为频域特征。在示例中,为了获得频域特征,处理模块 110 可以将样本视频中的帧分割成 1024 或 256 个样本的非重叠矩形窗,以采用如上所述的方式来获得样本 PPG 波形。

[0065] 此外,根据一方面,还可以考虑到与样本被检体相关联的身体特征作为样本 PPG 特征。例如,身体特征可以包括被检体的体重、被检体的高度和样本被检体的年龄。在所述示例中,如通过以上说明将理解,处理模块 110 可以在时域中或在频域中或在这两者中获得样本 PPG 特征。处理模块 110 可以将时域中和 / 或在频域中所获得的 PPG 特征存储在处理数据 120 中,并且这些特征可以形成从样本视频所获得或提取的 PPG 特征的整个集合。

[0066] 此外,根据本主题的方面,特征选择模块 112 可以基于要对相关性进行建模的生理参数的标准值,来从多个样本 PPG 特征中选择一个或多个相关样本 PPG 特征。在实现中,特征选择模块 112 可以基于生理参数对 PPG 特征的影响来选择相关样本 PPG 特征,反之亦然。

[0067] 另外,在实现中,在从 PPG 特征的集合中选择相关 PPG 特征之前,处理模块 110 可以将中间伪峰或波谷点从 PPG 特征去除以从 PPG 特征去除噪声。否则,实际峰或波谷点可能由于含噪声的环境而完全丢失,并且可能导致在提取 PPG 特征期间发生 PPG 特征的不正确计算。在示例中,处理模块 110 可以创建两个集群的 PPG 特征。此外,基于直方图分析,处理模块 110 可以初始化质心以进行聚类分析。随后,处理模块 110 可以在集群密度估计之后应用 2 均值聚类以去除不正确的 PPG 特征。在另一情况中,处理模块 110 可以应用 k 均值算法以获得集群质心。此外,处理模块 110 可以采用 Xie-Beni 指标以去除不正确的 PPG 特征并获得可用于进行相关 PPG 特征的选择的 PPG 特征的集合。

[0068] 此外,在实现中,特征选择模块 112 可以从多个样本 PPG 特征中选择一个或多个相关样本 PPG 特征。根据本主题的方面,特征选择模块 112 可以跟随用于从所提取的 PPG 特征的整个集合中选择相关 PPG 特征的两步骤方法。在第一步骤中,特征选择模块 112 可以确定 PPG 特征和生理参数的标准值之间的相关关系。此外,在第二步骤中,特征选择模块 112 可以基于 PPG 特征和生理参数的标准值之间的相关关系的强度来选择相关 PPG 特征。

[0069] 根据实现,作为相关 PPG 特征的选择的一部分,特征选择模块 112 可以将所提取的 PPG 特征的整个集合分割成测试集和一个或多个训练集并将这些训练集和测试集存储在处理数据 120 中。在示例中,特征选择模块 112 可以从训练集提取相关 PPG 特征,并且使用测试集来确定相关 PPG 特征的选择的准确性。

[0070] 因此,特征选择模块 112 可以基于 PPG 特征和标准值来针对训练集中的多个 PPG 特征各自确定相关系数。该相关系数可以捕获 PPG 特征和生理参数的标准值之间的关系。在示例中,特征选择模块 112 可以基于最大信息系数 (MIC) 技术来确定作为相关系数的 MIC 值。在示例中,特征选择模块 112 可以构建具有各种大小的网格以找到数据对之间、即 PPG 特征和标准值之间的最大互信息。对于各对数据 (x, y) , 如果 I 是网格 G 的互信息,则对于具有样本大小 n 和网格大小 (xy) 的成对数据的集合 D 的 MIC,特征选择模块 112 可以基于以下关系式作为示例来确定相关系数、即 MIC 值。

[0071]
$$\text{MIC}(D) = \max_{xy \in B(n)} \{M(D)_{x,y}\} \dots\dots\dots (1)$$

[0072] 在上述关系式 (1) 中,表达式 $\{M(D)_{x,y}\}$ 测量数据对 (x, y) 之间的归一化互信息。

另外,在关系式 (1) 中,网格大小 (xy) 小于 B(n), 其中 B(n) 是样本大小的函数并且例如可以通过以下关系式来提供。

$$[0073] \quad B(n) = n^{0.6}$$

[0074] 此外,对于网格 G 的不同分布,可以通过以下表达式作为示例来提供 M(D)。

$$[0075] \quad M(D)_{xy} = \frac{\max\{I(D|G)\}}{\log \min(x, y)}$$

[0076] 一旦确定了 PPG 特征的 MIC 值,则特征选择模块 112 可以确定各 PPG 特征和标准值之间的相关关系的强度。因此,根据一方面,特征选择模块 112 可以基于相关系数和增益函数针对多个 PPG 特征各自确定增益因数。

[0077] 在示例中,增益函数可以是 S 型增益函数,并且可以使 PPG 特征的值从 $-\infty \sim \infty$ 转变为 $0 \sim 1$ 。在所述示例中,特征选择模块 112 可以基于以下 S 型函数作为示例来确定增益因数 (G_n)。

$$[0078] \quad G_n = \frac{1}{1 + e^{-m(w_n - 0.5)}}$$

[0079] 在以上表达式中, w_n 可以是与 ECG 相关联的 PPG 特征的相关系数、例如 MIC 值,并且 0.5 可以是该相关系数的阈值。尽管在以上情况中将阈值选择为最大 MIC 值 (即, 1) 的中间,但在其它示例中,可以将阈值选择为非 0.5。在所述示例中,增益因数可以基于所获得的 MIC 值来相对于标准值向各 PPG 特征分配权重。例如,如果所获得的 MIC 值高、即大于约 0.5,则根据针对 G_n 的等式,增益因数变为接近 1,并且如果所获得的 MIC 值低、即小于约 0.5,则针对该 PPG 特征的增益因数接近零。此外,常数 m 控制增益函数的曲线即在相对于相关系数标绘增益因数的情况下的斜率或陡度。实际上,如通过以上等式显而易见,m 的值可以确定增益因数的值。例如,该函数在 $m = 0$ 处形成水平线,从而得到针对相关系数的所有值,增益因数均为 0.5。这可被理解为等同于不存在特征选择标准。

[0080] 因此,在实现中,特征选择模块 112 可以将各 PPG 特征分别与增益因数相乘以选择相关 PPG 特征。考虑到该关系式的以上示例,通过选择增益函数曲线的斜率常数 m 来指定增益因数。在所述实现中,特征选择模块 112 可以以预定增量使值增加,从而确定 m 的最优值、并由此确定针对各 PPG 特征的增益函数的最优值。将斜率常数 m 按预定步幅的这种递增称为斜率常数 m 的微调。

[0081] 根据实现,为了确定增益函数的最优值,特征选择模块 112 可以采用 k 折验证技术。根据所述技术,在示例中,特征选择模块 112 可以使用分类器模型,通过对斜率常数 m 的值进行微调、即基于斜率常数 m 的不同值来使用训练数据集以确定 PPG 特征。在示例中,分类器模型可以是基于支持向量机 (SVM) 的模型和基于自适应神经网络 (ANN) 的模型其中之一。在所述示例中,基于所确定的 PPG 特征的准确性,可以确定增益函数的值。在所述示例中,可以将所确定的 PPG 特征与已知标准值进行比较以确定 PPG 特征的确定准确性。此外,可以选择针对准确确定的 PPG 特征的增益因数作为最优增益因数。

[0082] 在另一示例中,基于准确确定的 PPG 特征,可以确定斜率常数 m 的最优值。在这种情况下,基于斜率常数 m 的最优值,可以根据针对增益因数 G_n 的等式来确定增益因数的值。此外,在另一实现中,代替分类器模型,特征选择模块 112 可以使用回归模型作为用于预测生理参数的值的预测器模型,从而通过对斜率常数 m 的值进行微调来以确定 PPG 特征的值。

在一个情况下,回归模型可以是线性回归模型、非线性回归模型和多项式回归模型其中之一。

[0083] 此外,一旦确定了增益因数,特征选择模块 112 可以基于增益因数的阈值来选择 PPG 特征。在另一情况中,特征选择模块 112 可以基于 PPG 特征的阈值来选择 PPG 特征。例如,在特征选择模块 112 将 PPG 特征乘以值低(例如增益因数的阈值以下)的增益因数的情况下,PPG 特征的值受到抑制、即降至 PPG 特征的阈值以下,并且可以丢弃这些 PPG 特征。因此,特征选择模块 112 可以选择值大于阈值或者增益因数的值大于阈值的 PPG 特征作为相关 PPG 特征。在示例中,在通过相关系数给出 PPG 特征和标准值之间的相关关系的强度的情况下,增益因数放大强度值、并且提供基于相关关系的强度来选择相关 PPG 特征的便利且准确的方式。

[0084] 在其它示例中,特征选择模块 112 可以基于皮尔逊(Pearson)积矩相关系数(PPMCC)概念来选择相关 PPG 特征。特征选择模块 112 可以确定 PPG 特征和标准值之间的任何线性或非线性关系,并且相应地选择相关 PPG 特征。另外,在示例中,特征选择模块 112 可以采用统计分析工具来进行相关 PPG 特征选择。例如,统计分析工具可以使用最大不对称得分(MAS)技术、最大边缘值(MEV)技术和最小单元值(MCV)技术。

[0085] 随后,测试模型 114 可以实现使用(例如,先前从所提取的 PPG 特征中选择的)测试集来测试所选择的相关特征。在实现中,测试模块 114 可以将由特征选择模块 112 针对各 PPG 特征所选择的增益因数用于测试集中的 PPG 特征,以测试是否准确地选择了被选择为相关的 PPG 特征。在示例中,测试模型 114 可以将测试集中的 PPG 特征分别乘以针对测试集中的 PPG 特征所确定的增益因数。基于该相乘,测试模型 114 可以判断是否如从训练集所进行的选择那样、从测试集中选择相同的 PPG 特征作为相关 PPG 特征。

[0086] 在选择了相关样本 PPG 特征之后,在实施例中,建模模块 116 可以基于相关样本 PPG 特征和生理参数的标准值来确定数学模型。如应当理解,如此确定的数学模型捕获相关样本 PPG 特征和生理参数之间的关系。根据一方面,可以使用监督学习技术基于相关样本 PPG 特征和生理参数的标准值来确定数学模型。在本情况中,由于在标准值和 PPG 特征之间不存在直接关系,因此采用监督学习技术来对这两者之间的关系进行建模。在一个示例中,建模模块 116 可以使用基于回归的学习技术、基于支持向量机(SVM)的学习技术、基于人工神经网络(ANN)的学习技术或用于确定数学模型的任何其它这种学习技术。

[0087] 此外,如前面所述,在生理参数是血压的情况下,标准值可以是收缩压和舒张压的值。在生理参数包括用于监测心脏状况的 ECG 特征的另一示例中,标准值可以是诸如 QRS 复合波、PR 间隔、RR 间隔和 QT 间隔等的 ECG 特征的值。建模模块 116 可以将数学模型存储在建模数据 122 中。根据另一实现,代替使用准确的标准值来进行特征选择,建模模块 116 可以将标准值的整个集合拆分成范围或分段并基于这些分段来确定数学模型。

[0088] 此外,可以使用数学模型来基于 PPG 波形和 PPG 特征估计生理参数的标准值。

[0089] 尽管以上说明提供了针对一个样本被检体获得样本 PPG 波形,但在其它实现中,建模系统 100 可以针对多个样本被检体获得样本 PPG 波形,并且以与以上所述相同的方式使用不同的样本 PPG 波形以确定数学模型。在这种情况下,由于基于与不同样本被检体相关联的标准值和 PPG 波形来确定数学模型,因此数学模型的适应性高,并且可用于准确地估计并监测生理参数。

[0090] 在实现中,在进一步部署数学模型以估计并监测生理参数之前,建模模块 116 可以确定数学模型的准确性。在示例中,可以在例如开发环境中所部署的建模系统 100 的试验环境中进行数学模型的准确性的检查。在一种情况下,建模模块 116 可以将针对生理参数的标准值已知的被检体的 PPG 波形所获得的 PPG 特征的集合提供至数学模型。相应地,该数学模型可以估计生理参数分段、即生理参数的测量值所存在的值范围。建模模块 116 可以进一步将所估计出的生理参数分段与生理参数的实际已知值进行比较以判断数学模型是否准确。在数学模型不准确的情况下,建模系统 100 获得针对各种样本被检体的更多 PPG 波形以训练数学模型,从而提高数学模型的准确性。

[0091] 此外,关于部署,在生理参数监测装置 130(以下称为装置 130)处提供数学模型,以监测与测试被检体相关联的生理参数。在其它示例中,可以将数学模型作为可以安装在诸如装置 130 等的手持式装置上的、例如可下载应用程序等的应用程序来提供。在一个示例中,生理参数可以包括与测试被检体相关联的血压和 ECG 特征。在该示例中,在监测血压的情况下,可以监测与测试被检体相关联的舒张压和收缩压。在监测 ECG 特征的另一情况中,可以监测与测试被检体相关联的诸如 QRS 复合波、PR 间隔、RR 间隔和 QT 间隔等的 ECG 特征。

[0092] 此外,在示例中,装置 130 可以将数学模型存储在装置 130 的建模数据 140 中。在实现中,为了使用部署有数学模型的装置 130 来监测生理参数,可以使用装置 130 的照相机 138 来拍摄测试被检体的诸如手指或耳垂等的身体部位 136 的视频。在实现中,装置 130 的监测模块 144 可以以与上文参考采样装置 128 所述相同的方式(例如,基于量化颜色值及其峰频率)处理视频,以获得测试 PPG 波形。

[0093] 此外,监测模块 144 可以从测试 PPG 波形中提取测试 PPG 特征。在示例中,监测模块 144 可以提取与利用处理模块 110 先前所确定的并且存储在特征选择数据 122 中的相关样本 PPG 特征相对应的 PPG 特征。因此,装置 130 可以从建模系统 100 中的特征选择数据 122 获得相关样本 PPG 特征并将这些特征存储在装置 130 上的特征选择数据 142 中。此外,基于测试特征和数学模型,监测模块 144 可以估计生理参数并监测该生理参数。

[0094] 在示例中,为了监测生理参数,监测模块 144 可以估计表示生理参数可能存在于的值范围的生理参数分段。因此,在所述示例中,代替定量测量,利用监测模块 144 所进行的生理参数的估计和监测的性质可以是指示性的。在这种情况下,监测模块 114 可以提供基于生理参数存在于的值范围来监测例如规定时间段内的被检体的医疗状况的模式。因此,在一个示例中,可以追踪被检体的医疗状况,以使得可以适时向被检体提供适当的医疗救助。

[0095] 在监测模块 144 监测测试被检体的 BP 值的一个示例中,生理参数分段可以为“非常低”、“低”、“正常”、“高”和“非常高”。在所述示例中,在舒张压小于约 50 毫米汞柱(mmHg)或收缩压小于约 70mmHg 的情况下,监测模块 144 监测到测试被检体的 BP 水平落在“非常低”分段内。此外,在舒张压大致在约 50 ~ 65mmHg 的范围内或者收缩压大致在约 70 ~ 100mmHg 的范围内,测试被检体的 BP 落在“低”分段中,并且在舒张压大致在约 65 ~ 90mmHg 的范围内或者收缩压大致在约 100 ~ 135mmHg 的范围内,测试被检体的 BP 落在“正常”分段中。另外,在舒张压大致在约 90 ~ 100mmHg 的范围内或者收缩压大致在约 135 ~ 160mmHg 的范围内,测试被检体的 BP 水平可被视为落在“高”分

段内,并且在舒张压大于约 100mmHg 或者收缩压为约 160mmHg 以上的情况下,测试被检体的 BP 水平可被视为落在“非常高”分段内。

[0096] 考虑监测模块 144 估计 ECG 特征作为监测生理参数的一部分的另一情况。在这种情况下,生理参数分段可以再次被称为“非常低”、“低”、“正常”、“高”和“非常高”。在一个示例中,在 RR 间隔小于约 0.6 毫秒(ms) 的情况下,监测模块 144 可以判断出与测试被检体相关联的 ECG 特征为“非常低”,并且在 PR 间隔小于约 120ms、QRS 间隔小于约 60ms、QT 间隔小于约 350ms、或者 RR 间隔大致在约 0.6 ~ 0.8m 的范围内的情况下,ECG 特征可以为“低”。此外,在所述示例中,在 PR 间隔大致在约 120 ~ 200ms 的范围内、QRS 间隔大致在约 60 ~ 100ms 的范围内、QT 间隔大致在约 350 ~ 470ms 的范围内、或者 RR 间隔大致在约 0.8 ~ 1 秒(s) 的范围内的情况下,针对测试被检体的 ECG 特征可以落在“正常”分段内。另外,在 PR 间隔大于约 200ms、QRS 间隔大于约 100ms、QT 间隔大于约 470ms、或者 RR 间隔大致在约 1 ~ 1.2s 的范围内的情况下,判断为针对测试被检体的 ECG 特征落在“高”分段内,并且在 RR 间隔大于约 1.2s 的情况下,判断为这些 ECG 特征落在“非常高”分段内。

[0097] 此外,尽管参考生理参数监测装置 132 说明了生理参数的估计,但还可以在建模系统 100 中实时地实现生理参数的监测。在这种情况下,存储有数学模型的建模系统 100 接收从测试视频所提取出的 PPG 特征,并且可以实时地估计生理参数。

[0098] 图 2 示出用于确定用以监测与被检体相关联的生理参数的数学模型的方法 200,图 3 示出用于从样本 PPG 特征中选择相关样本 PPG 特征的方法 300,并且图 4 示出根据本主题的实施例的、用于使用例如手持式装置的生理参数监测装置 130 来监测与被检体相关联的生理参数的方法。描述这些方法的顺序并不意图被解释成限制性的,并且可以按任意顺序组合任何数量的所述方法块来实现这些方法或任何替代方法。另外,可以在没有背离这里所述的主题的精神和范围的情况下从这些方法中删除个别块。此外,可以以任何适当的硬件、软件、固件或它们的组合来实现这些方法。

[0099] 可以在计算机可执行指令的一般上下文中描述这些方法。通常,计算机可执行指令可以包括进行特殊功能或实现特殊抽象数据类型的例程、程序、对象、组件、数据结构、过程、模块、功能等。这些方法还可以在分布式计算环境中实践,其中在该分布式计算环境中,利用经由通信网络连接的远程处理装置来进行功能。在分布式计算环境中,计算机可执行指令可以位于包括内存存储装置的本地和远程计算机存储介质这两者中。

[0100] 在实现中,可以将这里所述的方法中的一个或多个至少部分实现为嵌入到非瞬态计算机可读介质并且由一个或多个计算装置可执行的指令。通常,例如微处理器的处理器从例如存储器的非瞬态计算机可读介质接收指令,并且执行这些指令,由此进行包括这里所述的方法中的一个或多个的一个或多个方法。可以使用各种已知的计算机可读介质中的任意介质来存储和 / 或发送这些指令。

[0101] 参考图 2、图 3 和图 4 的说明,为了简明,这里没有论述建模系统 100、采样装置 128 和生理参数监测装置 132 的各组件的详情。这些详情可以如在参考图 1 所述的说明中所提供的进行理解。

[0102] 参考图 2,在块 202 中,获得与样本被检体相关联的样本光电容积描记 (PPG) 波形。在实现中,经由采样装置 218 的照相机 134 来拍摄至少一个样本被检体的身体部位 132 的视频。例如,可以拍摄被检体的指尖 132 的视频。此外,可以通过针对视频中的各帧的量化

颜色值处理该视频、然后确定帧的预定集合中的各帧的量化颜色值的频率,来获得样本 PPG 波形。在示例中,然后基于该集合中的帧的频率来确定样本 PPG 波形。在实现中,可以利用采样装置 128 来进行用以获得 PPG 波形的针对视频的处理。在另一实现中,建模系统 100 可以从采样装置 128 获得视频并且处理该视频以获得 PPG 波形。

[0103] 在块 204 中,从样本 PPG 波形中提取与样本被检体相关联的样本 PPG 特征。在示例中,样本 PPG 特征可以包括时域特征的集合或频域特征的集合或这两者。例如,时域特征的集合可以包括针对样本 PPG 波形中的峰化频率的峰间时间间隔、脉冲间隔、表示样本 PPG 波形达到峰化频率所需的时间的峰值时间、舒张期时间、脉冲高度和样本 PPG 波形下方的面积。在所述示例中,可以在时域中提取样本 PPG 特征。在另一示例中,可以在频域中提取样本 PPG 特征。此外,在示例中,在频域中所提取的样本 PPG 特征可以包括主导峰频率的位置、主导峰频率和紧挨峰频率之间的距离、频谱质心以及主导峰频率区域的宽度。作为替代、或者另外,可以考虑到与样本被检体相关联的身体特征作为样本 PPG 特征。例如,这些身体特征包括被检体的体重、被检体的身高、被检体的年龄和与样本被检体相关联的其它这类身体特征。

[0104] 在块 206 中,从样本 PPG 特征中选择一个或多个相关样本 PPG 特征。可以基于与样本被检体相关联的至少一个生理参数的标准值、例如基于生理参数对 PPG 特征的影响(反之亦然)来选择相关 PPG 特征。可以将标准值理解为要监测的生理参数的实际已知值。在生理参数是血压的示例下,标准值可以是收缩压和舒张压的值。在监测中的生理参数包括用于监测心脏状况的 ECG 特征的另一示例中,标准值可以是诸如 QRS 复合波、PR 间隔、RR 间隔和 QT 间隔等的 ECG 特征的值。参考图 3 来详细说明相关样本 PPG 特征的选择。

[0105] 在块 208 中,基于相关样本 PPG 特征和各生理参数的标准值来确定该生理参数的数学模型。数学模型表示相关样本 PPG 特征和标准值之间的相关关系。此外,在示例中,可以使用监督学习技术来确定数学模型。例如,监督学习技术可以包括基于回归的学习技术、基于支持向量机(SVM)的学习技术和基于人工神经网络(ANN)的学习技术。

[0106] 在块 210 中,检查数学模型例如在估计并监测生理参数方面的准确性。在示例中,可以在试验环境中使用数学模型以估计生理参数分段。生理参数分段表示生理参数的测量值存在于的值范围。可以将所估计出的生理参数与生理参数的实际已知值进行比较,以判断数学模型是否准确。在数学模型不准确的情况下,可以实现数学模型的训练以提高准确性。

[0107] 在块 212 中,在通过了准确性检查之后,提供数学模型以例如部署在生理参数监测装置 132 处。

[0108] 图 3 示出用于从样本 PPG 特征中选择相关样本 PPG 特征的方法 300。

[0109] 在块 302 中,可以从所提取的 PPG 特征中去除含噪声且不正确的 PPG 特征。

[0110] 在块 304 中,可以将所提取的特征的整个集合分割成测试集和一个或多个训练集。在示例中,可以从训练集中提取相关 PPG 特征,而可以使用测试集来确定所选择的 PPG 特征的相关性和该选择的准确性。

[0111] 在块 306 中,基于 PPG 特征和标准值来针对训练集中的多个 PPG 特征各自确定相关系数。该相关系数可以捕获 PPG 特征和生理参数的标准值之间的关系。在示例中,该相关系数可以是最大信息系数(MIC)值并且可以基于 MIC 技术来确定。

[0112] 在块 308 中,可以基于相关系数和增益函数来确定针对多个 PPG 特征各自的增益因数。在示例中,增益函数可以是 S 型增益函数。此外,可以基于增益函数的斜率常数的选择来选择增益因数。在所述实现中,可以基于增益函数的斜率的最优值来确定增益函数的最优值。

[0113] 在块 310 中,通过对与以上所确定的增益因数相关联的参数进行微调来针对各 PPG 特征确定最优增益因数。在示例中,可以采用 k 折交叉验证技术来确定最优增益函数。根据所述技术,在示例中,可以使用训练数据集以通过对斜率常数 m 的值进行微调(即,基于斜率常数 m 的不同值)使用分类器模型来确定 PPG 特征。在示例中,分类器模型可以是基于支持向量机(SVM)的模型和基于自适应神经网络(ANN)的模型其中之一。在另一示例中,分类器模型可以是回归模型。

[0114] 在所述实现中,基于所确定的 PPG 特征的准确性,可以确定增益函数的值。在所述示例中,可以将所确定的 PPG 特征与已知标准值进行比较以确定 PPG 特征的确定准确性。此外,可以选择针对准确确定的 PPG 特征的增益因数作为最优增益因数。在另一示例中,基于准确确定的 PPG 特征,可以确定斜率常数 m 的最优值。在这种情况下,基于斜率常数 m 的最优值,可以根据针对增益因数 G_n 的等式来确定增益因数的值。

[0115] 在块 312 中,将各 PPG 特征分别乘以最优增益因数以执行相关 PPG 特征的选择。

[0116] 在块 314 中,可以基于最优增益因数与各 PPG 特征的乘积来从所提取的特征中选择相关 PPG 特征。在示例中,可以基于增益因数的阈值来选择 PPG 特征。在另一情况下,可以基于 PPG 特征的阈值来选择 PPG 特征。在以上这两个情况下,在将 PPG 特征与值低(例如,增益因数的阈值以下)的增益因数相乘的情况下,PPG 特征的值受到抑制、即降至 PPG 特征的阈值以下,并且可以丢弃这些 PPG 特征。因此,可以选择值大于阈值、或者增益因数的值大于阈值的 PPG 特征作为相关 PPG 特征。在一个示例中,PPG 特征与增益因数的乘积的阈值可以约为 0.001。

[0117] 在块 316 中,使用(例如,先前从所提取的 PPG 特征中选择的)测试集来执行所选择的相关特征的测试。在实现中,将针对各 PPG 特征所选择的增益因数用于测试集中的 PPG 特征,以测试是否准确地选择了基于增益因数而被选择为相关的 PPG 特征。在示例中,可以将测试集中的 PPG 特征分别乘以针对测试集所确定的增益因数。基于该相乘,可以判断是否如从训练集所选择的那样、从测试集中选择相同的 PPG 特征作为相关 PPG 特征。

[0118] 此外,图 4 示出用于使用生理参数监测装置 130 来监测与被检体相关联的生理参数的方法 400。

[0119] 参考图 4,在块 402 中,经由生理参数监测装置 130 的照相机 138 来拍摄至少一个测试被检体的身体部位 136 的视频。在示例中,可以通过将指尖的位置确定成抵靠照相机 138 的镜头并将照相机 138 的闪光灯切换为接通来拍摄指尖的视频。

[0120] 在块 404 中,处理视频以从该视频获得测试光电容积描记(PPG)波形。在示例中,以与参考图 1 在图 2 的块 202 中为了获得样本 PPG 波形所述相同的方式,从视频获得测试 PPG 波形。

[0121] 在块 406 中,从测试 PPG 波形中提取测试 PPG 特征。在示例中,测试 PPG 特征可以与样本 PPG 特征相同。在另一示例中,可以提取与相关样本 PPG 特征相对应的 PPG 特征作为测试 PPG 特征。

[0122] 在块 408 中,基于所提取的 PPG 特征和与至少一个生理参数相对应的数学模型来估计并监测至少一个生理参数。在示例中,可以针对生理参数估计表示生理参数的测量值所存在的值范围的生理参数分段。因此,在所述示例中,代替定量测量,基于数学模型所进行的估计的性质可以是指示性的。

[0123] 尽管说明了针对用于使用手持式装置来监测被检体的生理参数的方法和系统的实现,但应当理解,本主题并非必须局限于所述的特定特征或方法。相反,这些特定特征和方法是作为用于使用手持式装置来监测被检体的生理参数的实现方式而公开的。

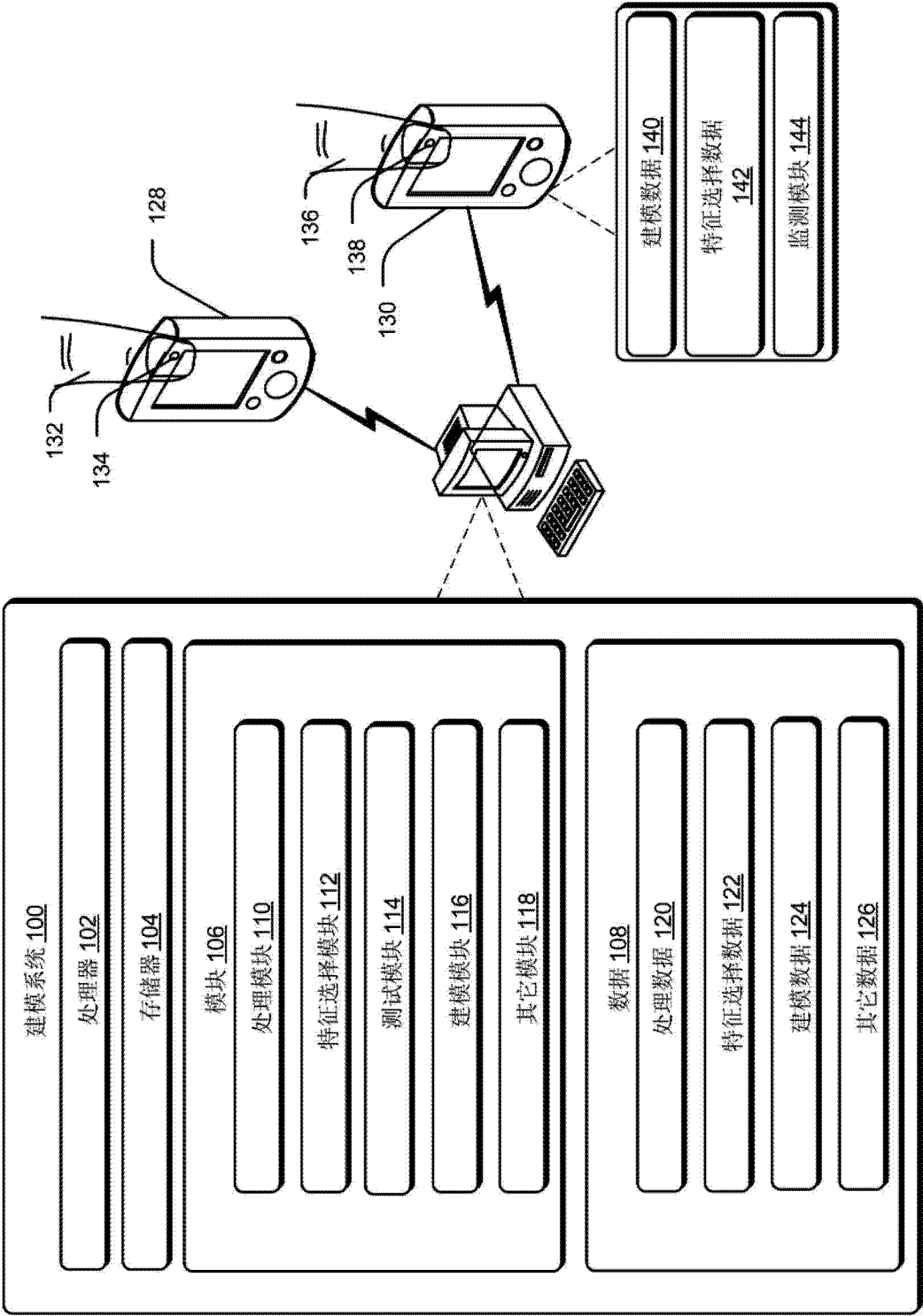


图 1

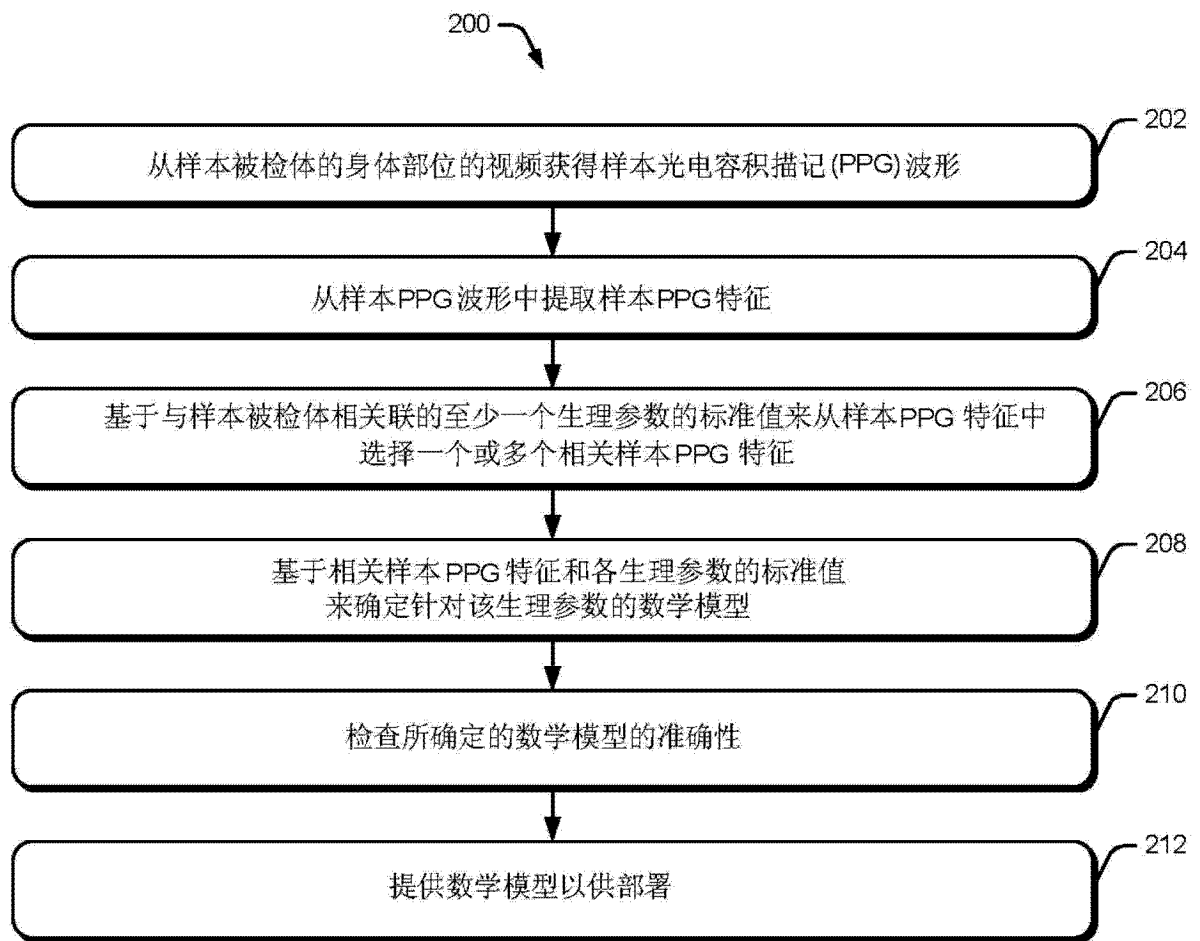


图 2

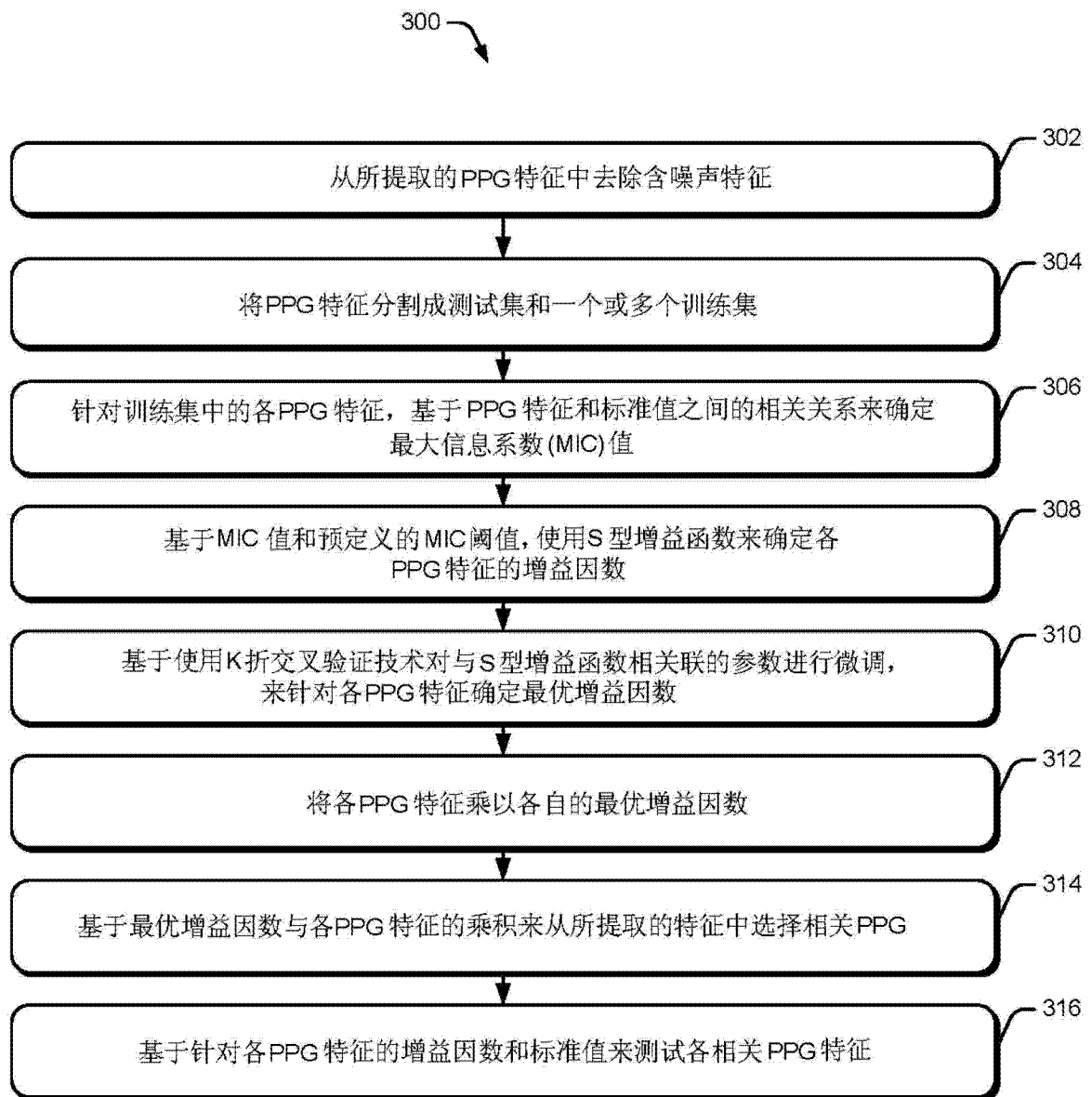


图 3

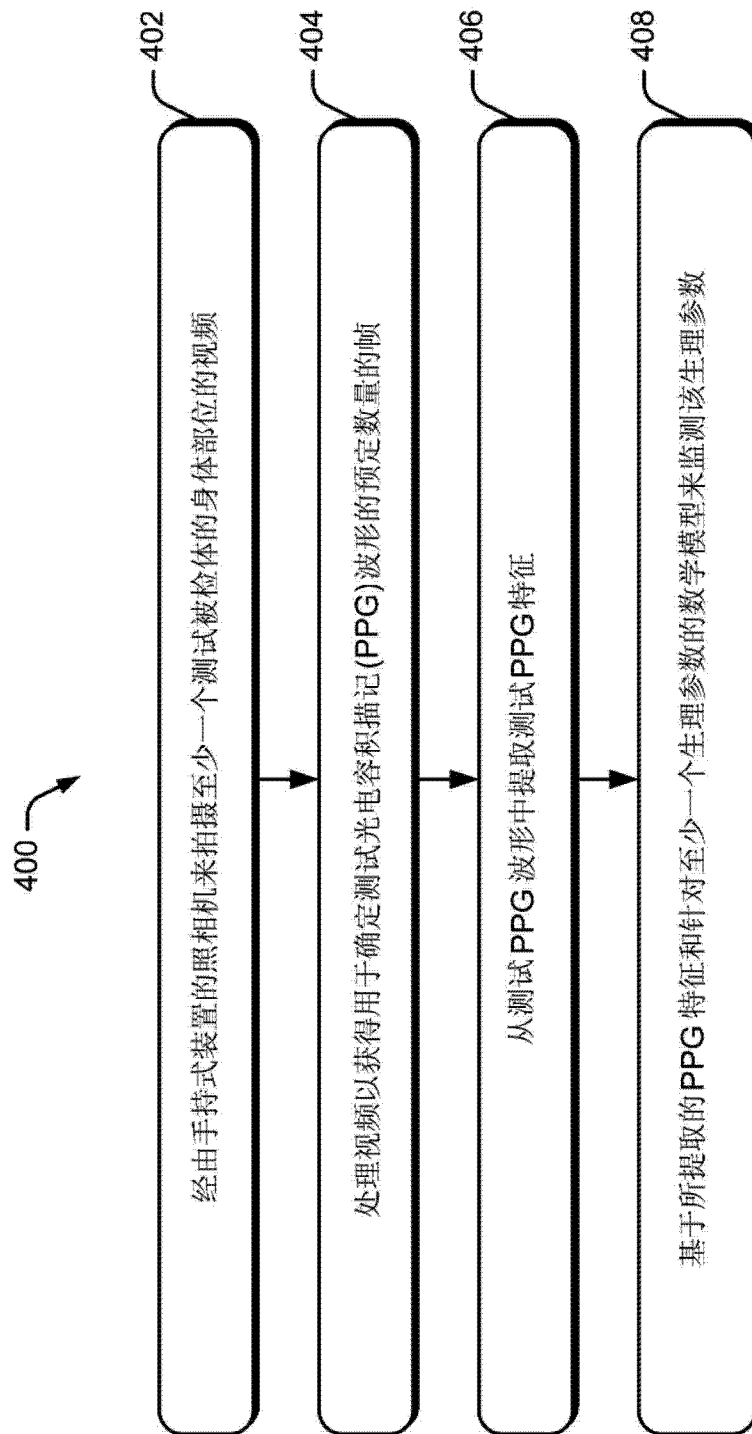


图 4

专利名称(译)	生理参数的监测		
公开(公告)号	CN104665768A	公开(公告)日	2015-06-03
申请号	CN201410525844.8	申请日	2014-10-08
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	罗翰班纳吉 阿尼鲁达辛哈 艾什瓦尔雅维斯瓦纳坦 阿尼班杜塔乔杜里 安鹏派尔 安莱格库马尔		
发明人	罗翰·班纳吉 阿尼鲁达·辛哈 艾什瓦尔雅·维斯瓦纳坦 阿尼班·杜塔·乔杜里 安鹏·派尔 安莱格·库马尔		
IPC分类号	A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/00		
代理人(译)	刘新宇		
优先权	3152MUM2013 2013-10-03 IN 1540MUM2014 2014-05-02 IN		
其他公开文献	CN104665768B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及生理参数的监测。这里说明了用于使用手持式装置(130)来监测与被检体相关联的生理参数的方法。在实现中，该方法包括从样本被检体的身体部位(132)的视频获得与该样本被检体相关联的多个样本光电容积描记特征即样本PPG特征。基于针对被检体的生理参数的标准值来从多个样本PPG特征中选择与生理参数相关联的至少一个相关样本PPG特征。此外，基于至少一个相关样本PPG特征和生理参数的标准值来确定表示相关样本PPG特征和生理参数之间的相关关系的数学模型。该数学模型可被部署用于实时地监测生理参数。

