



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108697331 A

(43)申请公布日 2018.10.23

(21)申请号 201780011501.1

(22)申请日 2017.02.14

(30)优先权数据

16155698.0 2016.02.15 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.08.15

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2017/053262 2017.02.14

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/140663 EN 2017.08.24

(71)申请人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 C·H·B·A·范丁特尔

C·H·塔尔

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

代理人 李光颖 王英

(51)Int.Cl.

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/024(2006.01)

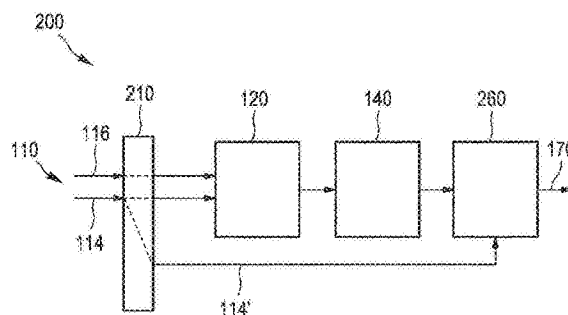
权利要求书3页 说明书12页 附图6页

(54)发明名称

用于提取心率信息的设备和方法

(57)摘要

一种数据处理设备(100、200)根据时间相关传感器数据(110)来确定关于感兴趣对象(605)的心率信息,所述时间相关传感器数据包括生理传感器数据(114),所述生理传感器数据包括心搏分量和至少一个运动伪影分量,并且所述时间相关传感器数据还包括运动传感器数据(116)。重建单元接收去除伪影的生理传感器数据(130)并将所述去除伪影的生理传感器数据分解为具有相关联的分量幅度的多个去除伪影的生理传感器数据分量(145),并将重建的心搏分量数据(150)提供为所述去除伪影的生理传感器数据分量(145)中的具有最高分量幅度的至少两个的分量子集的组合。心搏分析单元接收所述重建的心搏分量数据(150)并根据所述心搏分量数据(150)来确定心搏间隔作为所述心率信息,并基于所确定的心率信息来提供心率信息信号(170)。



1. 一种用于根据时间相关传感器数据 (110) 来确定关于感兴趣对象 (605) 的心率信息的数据处理设备 (100、200), 所述时间相关传感器数据包括生理传感器数据 (114), 所述生理传感器数据包括心搏分量和至少一个运动伪影分量, 并且所述时间相关传感器数据还包括运动传感器数据 (116), 所述运动传感器数据指示所述感兴趣对象 (605) 的感测区域 (626) 的速度或加速度, 所述数据处理设备包括:

- 运动伪影去除单元 (120), 其被配置为接收所述传感器数据 (110), 使用所述运动传感器数据 (116) 将运动伪影去除算法应用到所述生理传感器数据 (114), 并提供去除伪影的生理传感器数据 (130);

- 重建单元 (140), 其被配置为接收所述去除伪影的生理传感器数据 (130) 并将所述去除伪影的生理传感器数据 (130) 分解为具有相关联的分量幅度的多个去除伪影的生理传感器数据分量 (145), 并将重建的心搏分量数据 (150) 提供为所述去除伪影的生理传感器数据分量 (145) 中的具有最高分量幅度的至少两个的分量子集的组合; 以及

- 心搏分析单元 (160), 其被配置为接收所述重建的心搏分量数据 (150), 以根据所述心搏分量数据 (150) 来确定心搏间隔作为所述心率信息, 并基于所确定的心率信息来提供心率信息信号 (170)。

2. 根据权利要求1所述的数据处理设备 (200), 其中, 所述数据处理设备 (100) 还被配置为根据所述运动传感器数据 (116) 确定或者接收指示根据所述感兴趣对象 (605) 的所述感测区域 (626) 的速度或加速度的当前量导出的运动水平是否超过预定运动水平阈值的运动水平指示符; 并且其中, 所述心搏分析单元 (160) 还被布置和配置为仅仅在根据所述运动水平指示符所述运动水平不超过预定运动水平阈值时才接收所述生理传感器数据 (114') 并且仅仅根据所述生理传感器数据 (114') 来确定所述心搏间隔。

3. 根据权利要求1或2所述的数据处理设备 (100、200), 其被配置为接收以PPG数据的形式所述生理传感器数据 (114), 所述PPG数据指示处在对所述感测区域中的血液体积变化敏感的至少一个第一谱通道中的根据时间的从所述感兴趣对象 (605) 的所述感测区域 (626) 反射或透射通过所述感兴趣对象的所述感测区域的电磁辐射 (624) 的量。

4. 根据权利要求3所述的数据处理设备 (100、200), 其被配置为接收至少部分地以光学运动传感器数据的形式所述时间相关运动传感器数据 (116), 所述光学运动传感器数据指示处在对所述感测区域 (626) 中的血液体积变化不敏感的至少一个另外的谱通道中的根据时间的从所述感兴趣对象 (605) 的所述感测区域 (626) 反射或透射通过所述感兴趣对象的所述感测区域的电磁辐射 (624) 的量。

5. 根据权利要求1所述的数据处理设备 (100、200), 其被配置为接收至少部分地以由加速度计 (630) 提供的加速度数据的形式所述时间相关运动传感器数据 (116)。

6. 根据权利要求1所述的数据处理设备 (100、200), 其被配置为将所述时间相关传感器数据 (110) 构造为包含与预定时间跨度有关的传感器数据的帧, 其中,

- 所述运动伪影去除单元 (120) 被配置为在逐帧的基础上将所述运动伪影去除算法应用到所述生理传感器数据 (114), 并且其中,

- 所述重建单元 (140) 被配置为分解所述去除伪影的生理传感器数据 (130) 并且在逐帧的基础上将所述去除伪影的生理传感器数据分量 (145) 中的所述至少两个的所述分量子集进行组合。

7. 根据权利要求1所述的数据处理设备(100、200), 其中, 所述重建单元(140)被配置为根据至少一个预定调整控制标准来调整形成建模分量量子集的所述去除伪影的生理传感器数据分量(145)的总数。

8. 根据权利要求1所述的数据处理设备(100、200), 其中, 所述运动伪影去除单元(120)被配置为将所述运动传感器数据(116)分解为分解的运动传感器数据(124)的至少两个分量, 基于分解的运动传感器数据(124)的所述至少两个分量来确定至少两个不同的运动参考数据集(126), 并且将所述生理传感器数据(114)和所述运动参考数据集(116)进行组合以便提供所述去除伪影的生理传感器数据(130)。

9. 根据权利要求8所述的数据处理设备(100、200), 其中, 所述运动伪影去除单元(120)被配置为使用奇异谱分析算法将所述运动传感器数据(116)分解为分解的运动传感器数据(124)的所述至少两个分量。

10. 根据权利要求1所述的数据处理设备(100、200), 其中, 所述重建单元(140)被配置为使用奇异谱分析算法将所述去除伪影的生理传感器数据(130)分解为所述多个去除伪影的生理传感器数据分量(145)。

11. 根据权利要求10所述的数据处理设备(100、200), 其中, 所述重建单元(140)被配置为确定与轨迹矩阵有关的协方差矩阵的特征值和特征向量并将所述轨迹矩阵投射到所述特征向量上以便确定所述去除伪影的生理传感器数据分量(145)以及它们的相关联的分量幅度, 所述轨迹矩阵具有预定长度的时间帧的去除伪影的生理传感器数据样本的列向量。

12. 一种用于确定关于感兴趣对象(605)的心率信息的装置(600), 所述装置(600)包括:

- 发射器单元(610), 其包括至少一个发射器(612), 所述至少一个发射器被配置为在所述感兴趣对象(605)的感测区域(626)处发射处在允许确定包括心搏分量的生理传感器数据(114)的至少一个谱通道中的电磁辐射(614),

- 传感器单元(620), 其被配置为确定生理传感器数据(114)并将所述生理传感器数据提供在所述传感器单元的输出部(622)处, 并确定指示根据时间的所述感测区域(626)的速度或加速度的运动传感器数据(116), 所述生理传感器数据指示处在至少一个谱通道中的根据时间的从所述感兴趣对象(605)的感测区域(626)反射或透射通过所述感兴趣对象的感测区域的电磁辐射(624)的量, 并且所述生理传感器数据包括所述心搏分量和至少一个运动伪影分量; 以及

- 根据权利要求1所述的数据处理设备(100、200)。

13. 根据权利要求12所述的装置(600), 其中, 所述传感器单元包括加速度计(630), 所述加速度计被布置和配置为提供以加速度计数据的形式所述运动传感器数据(116)。

14. 一种用于根据时间相关传感器数据来确定关于感兴趣对象的心率信息的数据处理方法(700), 所述数据处理方法包括:

- 接收时间相关传感器数据, 所述时间相关传感器数据包括生理传感器数据, 所述生理传感器数据包括心搏分量和至少一个运动伪影分量, 并且所述时间相关传感器数据还包括运动传感器数据, 所述运动传感器数据指示所述感兴趣对象的感测区域的速度或加速度;

- 使用所述运动传感器数据将运动伪影去除算法应用到所述生理传感器数据并提供去除伪影的生理传感器数据;

-接收所述去除伪影的生理传感器数据,将所述去除伪影的生理传感器数据分解为具有相关联的分量幅度的多个去除伪影的生理传感器数据分量,将包括所述去除伪影的生理传感器数据分量中的具有最高分量幅度的至少两个的分量子集进行组合,并将所述组合分量子集提供为重建心搏分量数据;并且

-接收所述重建的心搏分量数据,根据所述心搏分量数据来确定心搏间隔作为所述心率信息,并基于所确定的心率信息来提供心率信息信号。

15.一种包括程序代码单元的计算机程序,当在计算机上运行所述计算机程序时,所述程序代码单元用于使所述计算机执行根据权利要求14所述的方法(700)。

用于提取心率信息的设备和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于根据时间相关传感器数据来确定关于感兴趣对象的心率信息的数据处理设备,所述时间相关传感器数据包括生理传感器数据,所述生理传感器数据包括心搏分量和至少一个运动伪影分量,并且所述时间相关传感器数据还包括运动传感器数据,所述运动传感器数据指示感兴趣对象的感测区域的速度或加速度。本发明还涉及一种用于确定关于感兴趣对象的心率信息的装置、数据处理方法和计算机程序。

背景技术

[0002] 关于感兴趣对象的心血管状态(例如心率)的信息能够使用诸如接触式传感器的传感器或诸如相机的远程传感器通过光电体积描记法(PPG)来无干扰式地获取。使用远程传感器的PPG技术也被称为远程PPG。

[0003] 无论使用接触式传感器还是远程传感器,PPG技术都容易受到运动引起的信号失真的影响,这些运动引起的信号失真会叠加到期望的生命信号上。运动引起的信号失真例如由感兴趣对象的运动引起。表示检测到的PPG信号的PPG数据中的运动伪影减少是一项具有挑战性的任务,因为运动分量的贡献经常超过期望的生命信号的贡献一个数量级。伪影导致错误的解度并降低心血管参数的估计的准确性和可靠性。

[0004] 在许多研究中,相关联的PPG设置通常在需要对象不动的条件下操作。该缺点限制了该技术在实际应用环境(例如,医院、家庭护理和体育运动)中的能力。

[0005] US2014/0213858A1公开了一种用于确定人的心率的便携式设备,其包括心率测量单元、用于测量身体部分的运动的运动测量单元、以及处理单元。处理单元适于测量心率信号的信号质量,并因此在两种计算模式之间切换:如果信号质量高于预定义阈值,则基于心率信号来计算心率。如果信号质量太差以至于基于心率信号在技术上不再可能来进行心率的可靠计算,则处理单元切换到其第二计算模式,其中基于运动信号通过估计心率常数并定义心率的指数发展来估计心率,从最后可靠测量的心率开始并以估计的心率常数结束,心率常数取决于运动信号的频率。

[0006] US2012/0229201A1描述了一种滤波器设备,其包括:滤波器,其分离包括在输入信号中的稳定分量和非稳定分量;合成单元,其根据给定比率合成分离的稳定分量和分离的非稳定分量;以及评估单元,其评估输入信号中的非稳定分量的量的大小,其中,在评估单元确定非稳定分量的量等于或小于预定参考值的情况下,合成单元将给定比率设置为第一比率,并且在评估单元确定非稳定分量的量大于预定参考值的情况下,将给定比率设置为第二比率,其中非稳定分量的比例小于第一比率的情况。

发明内容

[0007] 将期望的是根据生理传感器数据来提供可靠且更准确的心率信息,甚至在存在强烈运动引起的信号失真的情况下。

[0008] 根据本发明的第一方面,提供了一种用于根据时间相关传感器数据来确定关于感

兴趣对象的心率信息的数据处理设备。所述时间相关传感器数据包括生理传感器数据,所述生理传感器数据包括心搏分量和至少一个运动伪影分量,并且所述时间相关传感器数据还包括运动传感器数据,所述运动传感器数据指示所述感兴趣对象的感测区域的速度或加速度。所述数据处理设备包括:

[0009] -运动伪影去除单元,其被配置为接收所述传感器数据,使用所述运动传感器数据将运动伪影去除算法应用到所述生理传感器数据,并提供去除伪影的生理传感器数据;

[0010] -重建单元,其被配置为接收所述去除伪影的生理传感器数据并将所述去除伪影的生理传感器数据分解为具有相关联的分量幅度的多个去除伪影的生理传感器数据分量,并将重建的心搏分量数据提供为所述去除伪影的生理传感器数据分量中的具有最高分量幅度的至少两个的分量子集的组合;以及

[0011] -心搏分析单元,其被配置为接收所述重建的心搏分量数据,根据所述心搏分量数据来确定心搏间隔作为所述心率信息,并基于所确定的心率信息来提供心率信息信号。

[0012] 本发明的第一方面的数据处理设备基于以下认识:单单用于运动伪影去除的数据处理阶段可能不总是允许根据生理传感器数据来可靠地确定心率信息,特别是在存在由于运动伪影导致的强烈失真的情况下。发明者已经发现,去除伪影的生理传感器数据可以具有不会存在于从静止的感兴趣对象获得的传感器数据中的剩余不规则性。因此,用于导出严格依靠根据时间的脉冲形状的心率信息的技术可能无法可靠地从生理传感器数据中提取心搏分量。在这个意义上,变得清楚的是,在本说明书的上下文中,术语“运动伪影去除”不应被理解为意味着从生理传感器数据中完全且可靠地去除运动伪影。这里使用的术语表示用于减少生理传感器数据中的运动引起的失真的数据处理的技术方法。本发明的第一方面的数据处理设备用于通过进一步减少现有的伪影去除方法的限制来推进该技术,这些限制在某些情况下在名义上去除伪影的生理传感器数据中留下不规则性。

[0013] 为了应对这样的不规则性,本发明建议提供第二处理阶段,其用于根据去除伪影的生理传感器数据来重建心搏分量。在此上下文中,本发明还基于以下认识:甚至在由运动伪影引起的强烈原始失真下,也能够通过以下步骤来有效地实现对心搏分量的可靠重建:将去除伪影的生理传感器数据分解为具有相关联的相应分量幅度的分量集,随后仅仅使用由具有最高分量幅度的那些去除伪影的生理传感器数据分量形成的分量子集来重建心搏分量。由于重建的心搏分量没有相位失真,所以确保了准确的心搏检测。这样,能够可靠且准确地确定周期性的的心搏间隔,以便提供心率信息信号。

[0014] 因此,根据第一方面的数据处理设备能够有利地最小化所确定的心搏间隔值的误差,并且因此甚至在生理传感器数据中存在强烈运动引起的失真时的高运动水平也提供精确的心率信息。

[0015] 所述数据处理设备的另一优点是其不需要使用先前记录的传感器数据来进行运动伪影去除和对心搏分量的重建,例如应用递归方法的其他技术。

[0016] 这允许实施例利用对心率信息的基于逐帧的确定,特别是使得能够实时处理以向用户提供期望的心率信息的即时输出。

[0017] 所述数据处理设备特别适合于与用于在医院或体育运动中使用的PPG装置组合操作。这样,本发明的第一方面的数据处理设备形成了对医学环境以及日常生活中的PPG装置的增加的使用的关键。

[0018] 在下文中,将描述根据本发明的第一方面的数据处理设备的实施例。

[0019] 在优选实施例中,所述数据处理设备还被配置为从外部运动传感器接收指示感兴趣对象的感测区域的速度或加速度的当前量的运动水平。感测区域通常是感兴趣对象的小的身体区域,并且包括一部分皮肤和下面的组织,包括适当的身体部分中的脉动血管,所述身体部分例如是感兴趣对象的手指、手臂或腿。

[0020] 在该实施例中,所述心搏分析单元还被布置和配置为根据运动传感器数据来确定或接收指示根据感兴趣对象的感测区域的速度或加速度的当前量导出的运动水平是否超过预定运动水平阈值的运动水平指示符;并且,心搏分析单元还被布置和配置为仅仅在根据运动水平指示符运动水平不超过预定运动水平阈值时才接收生理传感器数据并且仅仅根据生理传感器数据来确定心搏间隔。

[0021] 在该实施例中,所述心搏分析单元具有在适当的条件下直接从去除伪影的传感器数据中提取心率信息的额外功能,使得能够避免运动伪影去除单元和重建单元所需的处理时间和能力。

[0022] 在该实施例的一个变型中,所述数据处理单元被配置为接收运动水平并当运动水平低于预定阈值时将运动伪影去除单元和重建单元切换到不活动状态,并当运动水平高于预定阈值时将它们切换到活动状态。

[0023] 在该实施例的备选方案中,所述数据处理单元被配置为甚至在运动水平低于阈值运动水平时也保持运动伪影去除单元运行,并且当运动水平低于阈值运动水平时仅将重建单元切换到不活动状态。

[0024] 例如,能够根据运动传感器数据的预定时间间隔中的信号幅度或者根据从运动传感器数据导出的运动频谱中的特定频率分量的幅度来确定运动水平。

[0025] 在另一优选实施例中,所述数据处理设备被配置为接收以PPG数据的形式生理传感器数据,所述生理传感器数据指示处在对感测区域中的血液体积变化敏感的至少一个第一谱通道中的根据时间的从感兴趣对象的感测区域反射或透射通过感兴趣对象的感测区域的电磁辐射的量。优选地,至少一个第一谱通道包括具有在500nm与600nm之间的波长的电磁辐射。在该实施例的一些变型中,至少一个谱通道覆盖在530nm与570nm之间或在540nm与560nm之间的谱间隔中的波长。优选的实施方案包括550nm的波长,其提供对血液体积变化的特别高的敏感度。

[0026] 在根据本发明的第一方面的实施例中,所述数据处理设备被配置为接收至少部分地以光学运动传感器数据的形式的时间相关运动传感器数据,该光学运动传感器数据指示处在对感测区域中的血液体积变化不敏感的至少一个另外的谱通道中的根据时间的从感兴趣对象的感测区域反射或透射通过感兴趣对象的感测区域的电磁辐射的量。所述至少一个另外的谱通道可以例如包括在650nm波长周围的波长间隔,例如610nm-700nm,其由于皮肤中的血液体积变化而具有相对较低的脉动性。在其他变型中,运动传感器数据包含处在多于一个另外的谱通道中(例如处在两个或三个谱通道中)的光学运动传感器数据。除了所提及的覆盖在650nm波长周围的波长间隔的合适谱通道之外,光学运动传感器数据中可以包括另外的谱通道,其覆盖在短于550nm的中心波长(例如中心波长为450nm)周围的波长间隔。

[0027] 在另一实施例中,所述数据处理设备被配置为接收至少部分地以由加速度计提供

的加速度数据的形式的时间相关运动传感器数据。加速度计是众所周知的并且广泛用于移动电子设备(例如移动电话)中,因此本文不再进一步详细讨论。在另一变型中,所述运动传感器数据包括光学运动传感器数据以及加速度计数据。加速度计数据可以仅用于确定运动水平值,而光学运动传感器数据在运动伪影去除单元内被分解,反之亦然。使用光学运动传感器数据以及加速度计数据作为运动传感器数据能够允许进一步提高由数据处理单元确定的心率信息的可靠性。

[0028] 在优选实施例中,所述数据处理设备还被配置为将时间相关传感器数据构造为包含与预定时间跨度有关的传感器数据的帧。在这些实施例中的不同实施例中,帧可以在时间上重叠或者将数据严格地划分在不相交的时间间隔中。在特别适合于实时处理的实施例中,帧可以表示传入传感器数据和来自最近过去的许多秒的传感器数据的串联。因此,诸如PPG数据和/或加速度计数据的传感器数据的帧被理解为包含与时基的预定时间间隔有关的时间相关传感器数据的数据结构。例如,帧可以覆盖若干秒,特别是小于10秒,优选地小于5秒,并且例如至少2秒。这些给定值是示例性的,并且可以根据传感器数据的采样率而变化。在一个变型中,帧至少覆盖一个完整周期的心搏循环的持续时间。

[0029] 在该实施例的一个实施方式中,所述运动伪影去除单元还被配置为分解运动传感器数据并在逐帧的基础上将生理传感器数据和运动参考数据集进行组合。此外,优选的是,重建单元还被配置为分解去除伪影的生理传感器数据并且在逐帧的基础上将去除伪影的生理传感器数据分量中的至少两个的分量子集进行组合。特别是在本实施例中,没有参考先前记录的传感器数据,即在当前处理的帧之前记录的传感器数据,用于分解和重建当前帧。

[0030] 另一实施例采用如下配置的重建单元,所述配置能操作于调整形成分子集的去除伪影的生理传感器数据分量的总数。在一个实施方式中,调整是在预设操作参数的过程中被执行的,并且例如根据由数据处理设备使用的运动传感器数据的类型(例如,光学运动传感器数据或加速度计数据)或者根据感兴趣对象的选定感测区域来进行。在可以单独使用或与第一次提到的实施方式组合使用的另一实施方式中,在数据处理设备的操作的过程中动态地执行调整。该另一实施方式允许在关于分量谱中所确定的分量幅度的不同条件下保持心搏分析的期望的高水平可靠性。

[0031] 关于用于控制用于重建进入心搏检测的分量的调整的标准(本文也称为预定调整控制标准)、运动水平、分量谱的形状,例如具有多于两个类似的分量幅度,或者在循环中,可以动态地使用嵌入维数K或窗口长度N。因此,一个实施例使重建单元可操作以通过根据当前运动水平或分量谱的当前形状改变该总数来适应形成分子集的去除伪影的生理传感器数据分量的总数。

[0032] 不同的技术可用并且本身已知用于实施运动伪影去除单元。在一个实施例中,所述运动伪影去除单元被配置为将运动传感器数据分解为分解的运动传感器数据的至少两个分量,基于分解的运动传感器数据的至少两个分量来确定至少两个不同的运动参考数据集,并且将生理传感器数据和运动参考数据集进行组合以便提供去除伪影的生理传感器数据。优选地,运动伪影去除单元被配置为使用奇异谱分析算法将运动传感器数据分解为分解的运动传感器数据的至少两个分量。奇异谱分析是本领域本身已知的技术。

[0033] 在另一实施例中,运动传感器数据关于其频率分量或相位分量被分解,以便提供

分解的运动传感器数据的至少两个分量,所述至少两个分量以运动传感器数据的至少两个相应频率分量或至少两个相应相位分量的形式。在该实施例的变型中,运动伪影去除单元还被配置为使得运动传感器数据的相应频率分量或相位分量可以通过使用希尔伯特变换算法进一步移位并将希尔伯特变换的数据提供为分解的运动传感器数据。

[0034] 在优选实施例中,重建单元还被配置为使用奇异谱分析算法将去除伪影的生理传感器数据分解为多个去除伪影的生理传感器数据分量。在该实施例的一个实施方式中,重建单元被配置为确定与轨迹矩阵有关的协方差矩阵的特征值和特征向量并将轨迹矩阵投射到特征向量上以便确定去除伪影的生理传感器数据分量及它们的相关联的分量幅度,所述轨迹矩阵具有预定长度的时间帧的去除伪影的生理传感器数据样本的列向量。在该实施例中,在奇异谱分析算法的过程中所确定的特征值因此确定了去除伪影的生理传感器数据分量的分量幅度。

[0035] 能够以小的物理尺寸提供数据处理设备。因此,它适于使用在为可穿戴设备的用于确定感兴趣对象的心率的装置(例如胸带PPG设备、腕表PPG设备或手指PPG设备或脚趾PPG设备)中。

[0036] 因此,根据本发明的第二方面,提供了一种用于确定感兴趣对象的心率的装置。所述装置包括:

[0037] -发射器单元,其包括至少一个发射器,所述至少一个发射器被配置为在所述感兴趣对象的感测区域处发射处在允许确定包括心搏分量的生理传感器数据的至少一个谱通道中的电磁辐射,

[0038] -传感器单元,其被配置为确定生理传感器数据并将所述生理传感器数据提供在所述传感器单元的输出部处,并确定指示根据时间的所述感测区域的速度或加速度的运动传感器数据,所述生理传感器数据指示处在至少一个谱通道中的根据时间的从所述感兴趣对象的感测区域反射或透射通过所述感兴趣对象的感测区域的电磁辐射的量,并且所述生理传感器数据包括所述心搏分量和至少一个运动伪影分量;以及

[0039] -根据本发明的第一方面或其实施例中的一个的数据处理设备。

[0040] 本发明的第二方面的装置具有本发明的第一方面的数据处理设备的优点。

[0041] 特别适于使用在日常生活和体育运动中的装置的实施例利用在不同谱范围内获取的PPG数据。这样的设备能够特别紧凑。在这样的实施例中,发射器单元额外地被配置为发射处在对感测区域中的血液体积变化的敏感度低于第一谱通道的至少一个另外的谱通道中的电磁辐射。传感器单元还被配置为确定指示处在至少一个另外的谱通道中的从感测区域反射或透射通过感测区域的电磁辐射的量的PPG数据。

[0042] 作为利用PPG数据的额外谱通道的备选或附加,能够提供加速度计作为传感器单元的一部分。在实施例中,加速度计被布置和配置为提供以加速度计数据的形式运动传感器数据的至少一部分。基于半导体技术的加速度计现今广泛用于手持设备中,并且能够以非常紧凑的尺寸提供。

[0043] 根据本发明的第三方面,提供了一种用于从时间相关传感器数据中提取感兴趣对象的心率信息的数据处理方法。所述数据处理方法包括:

[0044] -接收时间相关传感器数据,所述时间相关传感器数据包括生理传感器数据,所述生理传感器数据包括心搏分量和至少一个运动伪影分量,并且所述时间相关传感器数据还

包括运动传感器数据,所述运动传感器数据指示所述感兴趣对象的感测区域的速度或加速度;

[0045] -使用所述运动传感器数据将运动伪影去除算法应用到所述生理传感器数据并提供去除伪影的生理传感器数据;

[0046] -接收所述去除伪影的生理传感器数据,将所述去除伪影的生理传感器数据分解为具有相关联的分量幅度的多个去除伪影的生理传感器数据分量,将包括所述去除伪影的生理传感器数据分量中的具有最高分量幅度的至少两个的分量子集进行组合,并将所述组合分量子集提供为重建心搏分量数据;并且

[0047] -接收所述重建的心搏分量数据,根据所述心搏分量数据来确定心搏间隔作为所述心率信息,并基于所确定的心率信息来提供心率信息信号。

[0048] 本发明的第三方面的数据处理方法享有本发明的第一方面的数据处理设备的优点。

[0049] 在下文中,将解释所述方法的实施例中的一些。

[0050] 应用运动伪影去除算法优选地包括将运动传感器数据分解为分解的运动传感器数据的至少两个分量,基于分解的运动传感器数据的至少两个分量来确定至少两个不同的运动参考数据集,将生理传感器数据和运动参考数据集进行组合,并提供去除伪影的生理传感器数据。

[0051] 在实施例中,所述方法还包括:

[0052] -确定指示所述感兴趣对象的所述感测区域的速度或加速度的当前量的运动水平;并且

[0053] -仅仅在所述运动水平的值不超过预定运动水平阈值时才仅仅根据传感器数据或生理传感器数据来确定心搏间隔。

[0054] 根据本发明的第四方面,一种包括程序代码单元的计算机程序,当在计算机上运行所述计算机程序时,所述程序代码单元用于使所述计算机执行根据本发明的第三方面或其实施例中的一个的方法。

[0055] 执行计算机程序的计算机可以例如是以微控制器或微处理器的形式的数据处理设备。计算机能够是计算机监测设备。在另一实施例中,计算机形成医院计算机系统的集成部分。在另一实施例中,计算机被集成到医学设备中,并且计算机程序包括程序代码单元,该程序代码单元用于根据由设备接收的传感器数据来确定进一步的生命体征信息,例如呼吸率、血压、血液体积分数和氧饱和度。

[0056] 应当理解,本发明的第一方面的(也如权利要求1中所限定的)数据处理设备、本发明的第二方面的(也如权利要求12中所限定的)装置、第三方面的(也如权利要求14中所限定的)数据处理方法、根据第四方面的(也如权利要求15中所限定的)计算机程序具有相似或相同的实施例。

[0057] 应当理解,本发明的优选实施例也能够是从属权利要求或上述实施例与相应独立权利要求的任何组合。

[0058] 参考下文描述的实施例,本发明的这些和其他方面将变得显而易见并得以阐明。

附图说明

[0059] 在以下附图中：

[0060] 图1示出了根据本发明的第一方面的数据处理设备的第一实施例的框图；

[0061] 图2示出了根据本发明的第一方面的数据处理设备的第二实施例的框图；

[0062] 图3示出了用于使用在数据处理设备的第一或第二实施例中的运动伪影去除单元的实施例的框图；

[0063] 图4示出了用于使用在数据处理设备的第一或第二实施例中的重建单元的实施例的框图；

[0064] 图5a-d示出了在根据本发明的第一方面的数据处理设备的相应单元处接收的在5秒的时间段内的传感器数据(图5a)、去除伪影的生理传感器数据(图5b)、重建的心搏分量(图5c)和心电图(图5d)；

[0065] 图6示出了根据本发明的第二方面的PPG装置的实施例；

[0066] 图7示出了根据本发明的第三方面的数据处理方法的第一实施例的示意图；

[0067] 图8示出了根据本发明的第三方面的数据处理方法的第二实施例的示意图。

具体实施方式

[0068] 图1示出了根据本发明的第一方面的数据处理设备100的第一实施例的框图。

[0069] 数据处理设备100被配置为从时间相关传感器数据110中提取关于感兴趣对象的心率信息,该时间相关传感器数据包括生理传感器数据114,该生理传感器数据包括心搏分量和至少一个运动伪影分量,并且该时间相关传感器数据还包括运动传感器数据116,该运动传感器数据指示感兴趣对象的感测区域的速度或加速度。

[0070] 数据处理设备100包括提供去除伪影的生理传感器数据130的运动伪影-去除单元120、提供重建的心搏分量数据150的重建单元140和基于所确定的心率信息来提供心率信息信号的心搏分析单元160。下面将更详细地描述所提到的单元。

[0071] 运动伪影去除单元120被配置为接收传感器数据110,将运动传感器数据116分解为分解的运动传感器数据124的至少两个分量,基于分解的运动传感器数据124的至少两个分量来确定至少两个不同的运动参考数据集126,并且将生理传感器数据114和运动参考数据集126进行组合以便提供去除伪影的生理传感器数据130。运动传感器数据116的分解由第一奇异谱分析单元122提供,该第一奇异谱分析单元形成运动伪影去除单元120的一部分并使用奇异谱分析算法。

[0072] 重建单元140被配置为接收去除伪影的生理传感器数据130并将去除伪影的生理传感器数据130分解为具有相关联的分量幅度的多个去除伪影的生理传感器数据分量145,并将重建的心搏分量数据150提供为去除伪影的生理传感器数据分量145中的具有最高分量幅度的至少两个的子集的组合。去除伪影的生理传感器数据130的分解由第二奇异谱分析单元142提供,该第二奇异谱分析单元形成重建单元140的一部分并使用奇异谱分析算法。

[0073] 下面在图3和图4的上下文中更详细地描述第一奇异谱分析单元122和第二奇异谱分析单元142的功能。

[0074] 心搏分析单元160被配置为接收重建的心搏分量数据150,以根据心搏分量数据150来确定心搏间隔作为心率信息,并基于所确定的心率信息来提供心率信息信号170。

[0075] 运动伪影单元120、重建单元140和心搏分析单元160被配置为将分别接收到的数据处理为与预定时间跨度有关的帧。具体地,运动伪影去除单元120被配置为分解运动传感器数据116并且在逐帧的基础上将生理传感器数据114和运动参考数据集126进行组合。此外,重建单元140被配置为分解去除伪影的生理传感器数据130并且在逐帧的基础上将包括去除伪影的生理传感器数据分量145中的至少两个的子集进行组合。

[0076] 所描绘的第一实施例的数据处理设备100被配置为接收以PPG数据的形式生理传感器数据114。PPG数据指示处在对感测区域中的血液体积变化敏感的至少一个第一谱通道中的从感兴趣对象的感测区域反射或透射通过感兴趣对象的感测区域的电磁辐射的量。因此,PPG数据包含关于针对给定时刻的感测区域中的血液体积的信息,并且随着时间而获取并且被提供有相关联的时间信息,提供关于血液体积基于心搏而变化的信息。针对第一谱通道的合适谱区域例如是530nm至570nm。该谱通道包括540nm与560nm之间的波长区域,其提供对血液体积变化的特别高的敏感度。然而,也能够使用比这窄的谱通道。第一谱通道和血液在520与600nm之间的谱区域中的已知特性光学吸收和反射特征重叠得越好,形成生理传感器数据114的PPG数据的信噪比越好。

[0077] 运动传感器数据116可以由(图1中未示出的)加速度计提供的加速度数据的形式或以光学运动数据的形式被提供给数据处理设备100,光学运动数据指示处在对感测区域中的血液体积变化不敏感的至少一个另外的谱通道中的根据时间的从感兴趣对象的感测区域反射或透射通过感兴趣对象的感测区域的电磁辐射的量。通过基本上在650nm周围的波长范围,例如610nm-700nm,提供针对另外的谱通道的合适示例。该谱通道提供由于组织中的血液体积变化的低脉动性。另一不太敏感且因此合适的谱通道覆盖基本上在450nm周围的波长。

[0078] 在未示出的实施例中,传感器数据由数据处理设备接收为单个数据流,并且数据处理设备还被配置为将该流确定并分离为由生理传感器数据114和运动传感器数据116形成的两个子流。这能够使用诸如提供与传感器数据相关联的源标识符、针对每帧运动传感器数据的第一源标识符和针对每帧生理传感器数据的第二源标识符的措施来实现。

[0079] 图2示出了根据本发明的第一方面的数据处理设备200的第二实施例的框图。

[0080] 以下描述集中于与图1的数据处理设备100相比的差异。数据处理设备200还包括处理控制单元210,其被配置为根据运动传感器数据116来确定指示感兴趣对象的感测区域的速度或加速度的当前量的运动水平。处理控制单元还被配置为确定指示根据感测区域的速度或加速度的当前量导出的运动水平是否超过预定运动水平阈值的运动水平指示符。

[0081] 此外,心搏分析单元260与图1所示的心搏分析单元160的不同之处在于,其还被布置和配置为直接接收生理传感器数据,而无需通过运动伪影去除单元120和重建单元140的先前处理。因此,心搏分析单元额外地被配置为仅仅根据生理传感器数据114' 来确定心搏间隔。

[0082] 在操作中,处理控制单元210设置数据处理设备的操作模式。它指示心搏分析单元260根据第一模式操作,该第一模式涉及将生理传感器数据直接提供给心搏分析单元,而无需通过运动伪影去除单元120和重建单元140的先前处理。处理控制单元210随时间监测运动水平指示符并且仅仅在运动水平值不超过预定运动水平阈值的情况下才保持该第一操作模式。在通过处理控制单元210发现运动水平超过预定运动水平阈值的情况下,数据处理

装置200被切换到第二操作模式,如先前针对数据处理单元100的第一实施例所描述的那样。

[0083] 通常,由心搏分析单元执行的用于确定心搏间隔的数据处理在第一操作模式和第二操作模式中是相同的。然而,使用不同的数据,即在第一操作模式中使用生理传感器数据并且在第二操作模式中使用重建的心搏分量数据,来完成对心搏间隔的确定。

[0084] 处理控制单元210确定运动水平,该运动水平确定指示关于给定时间帧的速度或加速度的最大量的运动传感器数据的幅度。备选地,可以通过确定感兴趣对象的感测区域的速度或加速度的平均量来确定运动水平。将速度和加速度量两者组合的度量可以被使用在另一变型中。用于确定运动水平的另一度量可以是众所周知的L1范数,即,在不同空间方向上(例如在使用三轴加速度计时,例如在三个空间方向上,例如在XYZ帧上)的加速度的绝对值之和。

[0085] 图3示出了用于使用在数据处理设备100、200的第一实施例或第二实施例中的运动伪影去除单元120的实施例的框图。

[0086] 运动传感器数据116由伪影去除单元120接收并被馈送到第一子单元310。这里,运动传感器数据116被分解为分解的运动传感器数据124的多个分量124。以下步骤用于根据在得到范围 $n \in \{1, \dots, N\}$ 的时间帧内的运动传感器数据 $116_s(n)$ 来计算分解的运动传感器数据的分量 $r_k(n)$ 124。基于嵌入维数K和定义 $L := N+1-K$,形成 $L \times K$ 汉克尔(Hankel)矩阵 $S = [s_0, s_1, \dots, s_K]$ 。这里, s_k 是具有元素 $s_k := [s(k), s(k+1), \dots, s(k+L-1)]^T$ 的列向量。基于所确定的汉克尔矩阵S,确定协方差矩阵 $S^T S$ 的特征值 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_K \geq 0$ 和特征向量 $v_1, \dots, v_K$ 。然后,将S投射到特征向量上 $A := S V$,其中A是包含主分量 a_k 作为列的矩阵,V是具有特征向量 v_k 作为列的矩阵。分解的运动传感器数据的分量 $r_k(n)$ 124由等式

$$r_k(n) := \frac{1}{M_n} \sum_{m=L_n}^{U_n} a_k(n-m+1) v_K(m) \text{ 确定, 其中, 对于 } 1 \geq n \geq M-1, (M_n, L_n, U_n) = (1/n, 1, n), \text{ 对于 } M \geq n \geq K, (M_n, L_n, U_n) = (1/M, 1, M), \text{ 并且对于 } K+1 \geq n \geq N, (M_n, L_n, U_n) = (1/(N-n+1), n-N+M, M)。$$

[0087] 第二去除子单元320基于分解的运动传感器数据124的分量来确定不同的运动参考数据集126。在本实施例中,运动参考数据126与分解的运动传感器数据124相同。在未示出的实施例中,运动参考数据包括分解的运动传感器数据的相应子集。在未示出的另一实施例中,运动参考数据包括时移的分解的运动参考数据。

[0088] 第三去除子单元330被配置为接收生理传感器数据114和运动参考数据126。如下通过将生理传感器数据 $114_{x_0}(k)$ 和运动参考数据 $126_{x_1}(k), \dots, x_K(k)$ 进行组合来提供去除伪影的生理传感器数据 $130_d(k)$:

$$d(k) = w_0 x_0(k) + w_1 x_1(k) + \dots + w_L x_L(k), \text{ 其中 } L = N \cdot M$$

[0090] 计算权重 w_i 以求解线性方程组

$$X^T X w = b,$$

[0092] 其中 $X = [x_0, x_1, \dots, x_L]$ 是 $K \times L$ 矩阵,其中 $x_i = [x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(K)]^T$ 。向量w包括权重 w_i ,以及预先存储的归一化相关向量b的元素,其表示向量 x_i 之间的修正预测归一化相关。

[0093] 在所示的实施例中,在去除伪影的生理传感器数据130与运动参考数据之间预测

用于零相关的 $b = [1, 0, \dots, 0]$ 。

[0094] 图4示出了用于使用在数据处理设备的第一实施例或第二实施例中的重建单元140的实施例的框图。

[0095] 第一重建子单元410被配置为接收去除伪影的生理传感器数据130并使用如针对第一去除子单元310所描述的奇异谱分析算法。更具体地,以下步骤用于根据运动参考信号的平均校正段来计算重建分量,用 $n \in \{1, \dots, N\}$ 表示 $s'(n)$ 。基于嵌入维数 K 和定义 $L := N + 1 - K$ 。形成 $L \times K$ 轨迹矩阵 $S' = [s'_0, s'_1, \dots, s'_K]$,其中 s'_k 是具有元素 $s'_k := [s'(k), s'(k+1), \dots, s'(k+L-1)]^T$ 的列向量。确定协方差矩阵 $S'^T S'$ 的特征值 $\lambda'_1 \geq \lambda'_2 \geq \dots \geq \lambda'_K \geq 0$ 和特征向量 $v'_1, \dots, v'_K$ 并且将 S' 投射到特征向量 $A' := S'V'$ 上,其中 A' 是包含主分量 a'_k 作为列的矩阵, V' 是具有特征向量 v'_k 作为列的矩阵。重建分量 $r'_k(n)$ 由下式给出:

$$[0096] \quad r'_k(n) := \frac{1}{M_n} \sum_{m=L_n}^{U_n} a'_k(n-m+1) v'_K(m)$$

[0097] 其中,对于 $1 \geq n \geq M-1$, $(M_n, L_n, U_n) = (1/n, 1, n)$,

[0098] 对于 $M \geq n \geq K$, $(M_n, L_n, U_n) = (1/M, 1, M)$, 并且

[0099] 对于 $K+1 \geq n \geq N$, $(M_n, L_n, U_n) = (1/(N-n+1), n-N+M, M)$ 。

[0100] 因此,第一重建子单元410将去除伪影的生理数据分解为多个去除伪影的生理传感器数据分量 $r'_k(n)$ 145,其包括振荡分量、变化趋势和噪声。这些分量的总和将得到去除伪影的生理数据130。实验表明,在 $N=512$ 以64Hz的采样率并且 $K=128$ 的情况下,概述的SSA方法对于重建子单元410特别有效。

[0101] 取决于与轨迹矩阵有关的协方差矩阵的特征值谱,在第二重建子单元420中选择去除伪影的生理传感器数据分量145中的至少两个的分量子集,轨迹矩阵具有预定长度的时间帧的去除伪影的生理传感器数据样本130的列向量。因此,选择去除伪影的生理传感器数据分量145中的具有最高分量幅度的至少两个。协方差矩阵的特征值用作针对去除伪影的生理传感器数据分量145的分量幅度的度量。对于所示实施例,由第二重建子单元420选择具有与轨迹矩阵有关的相应协方差矩阵的最高特征值的两个去除伪影的生理传感器数据分量145。

[0102] 在第三重建子单元430中,具有最高分量幅度的两个去除伪影的生理传感器数据分量145通过确定两个分量的总和来组合。然后,第三重建子单元430将两个分量的总和提供为重建的心搏分量数据150。

[0103] 在未示出的实施例中,重建单元还被配置为调整形成量子集的去除伪影的生理传感器数据分量的总数。该调整能够取决于由重建单元的第一重建子单元确定的协方差矩阵的特征值谱。

[0104] 在未示出的实施例中,第一重建子单元仅仅针对属于协方差矩阵的具有至少两个最大特征值的那些特征向量的分量确定去除伪影的生理传感器数据分量。

[0105] 图5a-d示出了在根据本发明的第一方面的数据处理设备的相应单元处接收的在5秒的时间段内的传感器数据110(图5a)、去除伪影的生理传感器数据130(图5b)、重建的心搏分量数据150(图5c)和心电图(图5d)。

[0106] 图5a示出了作为传感器数据110的带通滤波的PPG数据。鉴于运动伪影对传感器数

据的强烈影响,传感器数据110的幅度随时间的演变几乎没有示出周期性。

[0107] 图5b示出了在通过运动伪影去除单元120去除伪影之后,峰值和下沉更加可见,但是基于峰值和下沉的心搏间提取算法仍将提供包括大误差的心搏间隔的值。

[0108] 图5c示出了针对图5a中所示的传感器数据110的重建的心搏分量数据150。它类似去除了局部峰值和下沉的正弦信号,这使得心搏分析单元160的心搏间隔检测更加精确。

[0109] 图5d示出了对应于图5a中所示的传感器数据110的心电图的幅度。为图5a至图5d提供的虚线510指示心电图的峰值520。重建的心搏分量数据150与心电图的峰值520的比较示出了重建的心搏分量数据对应于心电图的峰值520,而心电图与去除伪影的生理传感器数据之间的对应关系不能够被明白地观察到。该示例强调了用于提取心率信息的重建单元140的处理的优点。

[0110] 图6示出了根据本发明的第二方面的用于确定感兴趣对象605的心率信息的装置600的实施例。

[0111] 装置600包括发射器单元610、传感器单元620、加速度计630和根据图1中所示的第一实施例的数据处理设备100。

[0112] 发射器单元610包括至少一个发射器612,其被配置为发射处在允许确定心率信息的至少一个谱通道中的电磁辐射614。优选地,谱通道包括在540nm与560nm之间的波长区域,其提供对血液体积变化的特别高的敏感度。

[0113] 传感器单元620被配置为确定生理传感器数据114并将该生理传感器数据提供在该传感器单元的输出部622处,该生理传感器数据指示处在至少一个谱通道中的根据时间的从感兴趣对象605的感测区域626反射或透射通过该感兴趣对象的该感测区域的电磁辐射624的量,所述至少一个谱通道包括电磁谱的相应谱区域中的心搏分量和至少一个运动伪影分量。在该实施例中,感测区域626是感兴趣对象的组织,其中,优选地,感兴趣对象605的手腕的组织用于确定心率信息。

[0114] 传感器单元620还包括加速度计630,其被布置和配置为提供以加速度计数据的形式运动传感器数据116。运动传感器数据116指示根据时间的感测区域的速度或加速度。

[0115] 由生理传感器数据114和运动传感器数据116形成的传感器数据110被提供给根据图1所示的第一实施例的数据处理设备100。

[0116] 该实施例的装置优选地位于腕带中,使得发射器单元能够在装置的用户的手腕处发射电磁辐射614。类似的实施例能够位于胸带、家庭监视系统或用于确定设备的用户的心率信息的其他医学设备中。

[0117] 图7示出了根据本发明的第三方面的用于从时间相关传感器数据中提取感兴趣对象的心率信息的数据处理方法700的第一实施例的流程图。

[0118] 数据处理方法包括以下所述的四个步骤:

[0119] 在步骤710中,接收时间相关传感器数据,时间相关传感器数据包括生理传感器数据,生理传感器数据包括心搏分量和至少一个运动伪影分量,并且时间相关传感器数据还包括运动传感器数据,运动传感器数据指示感兴趣对象的感测区域的速度或加速度。

[0120] 进一步的步骤720包括:将运动传感器数据分解为分解的运动传感器数据的至少两个分量,基于分解的运动传感器数据的至少两个分量来确定至少两个不同的运动参考数据集,将生理传感器数据和运动参考数据集进行组合,并且提供去除伪影的生理传感器数

据。

[0121] 进一步的步骤730包括：接收去除伪影的生理传感器数据，将去除伪影的生理传感器数据分解为具有相关联的分量幅度的多个伪影去除的生理传感器数据分量，将包括去除伪影的生理传感器数据分量中的具有最高分量幅度的至少两个的分量子集进行组合，并且提供组合的分量子集作为重建的心搏分量数据。

[0122] 最后的步骤740包括：接收重建的心搏分量数据，根据心搏分量数据来确定心搏间隔作为心率信息，并且基于所确定的心率信息来提供心率信息信号。

[0123] 图8示出了根据本发明的第三方面的数据处理方法800的第二实施例的流程图。

[0124] 与图7中所示的第一实施例相比，第二实施例针对第一步骤810额外地包括确定指示感兴趣对象的感测区域的速度或加速度的当前量的运动水平。

[0125] 只要运动水平值不超过预定运动水平阈值，下一步骤和最后的步骤820就是仅仅根据传感器数据或生理传感器数据来确定心搏间隔。如果运动水平值确实超过预定运动水平阈值，则该方法的另外的步骤是图7中所示的第一实施例的步骤720、730和740。

[0126] 总之，提供了一种数据处理设备，其用于根据时间相关传感器数据来确定关于感兴趣对象的心率信息，所述时间相关传感器数据包括生理传感器数据，所述生理传感器数据包括心搏分量和至少一个运动伪影分量，并且所述时间相关传感器数据还包括运动传感器数据。重建单元接收去除伪影的生理传感器数据并将所述去除伪影的生理传感器数据分解为具有相关联的分量幅度的多个去除伪影的生理传感器数据分量，并将重建的心搏分量数据提供为所述去除伪影的生理传感器数据分量中的具有最高分量幅度的至少两个的分量子集的组合。心搏分析单元接收所述重建的心搏分量数据，并根据所述心搏分量数据来确定心搏间隔作为心率信息，并基于所确定的心率信息来提供心率信息信号。

[0127] 虽然已经在附图和前面的描述中详细说明和描述了本发明，但是这样的说明和描述应被认为是说明性或示例性的而非限制性的；本发明不限于所公开的实施例。通过研究附图、说明书和所附权利要求书，本领域技术人员在实践所要求保护的发明时能够理解和实现所公开的实施例的其他变型。

[0128] 特别地，本发明不限于用于获得运动传感器数据的特定方式。此外，本发明不限于医学应用。

[0129] 在权利要求中，词语“包括”不排除其他元件或步骤，并且词语“一”或“一个”不排除多个。通过词语“或”对元件的组合不排除元件，而是阐明组合的元件的每个组合都是可行的。

[0130] 单个步骤或其他单元可以实现权利要求中记载的若干项的功能。在相互不同的从属权利要求中记载了某些措施的仅有事实并不指示不能有利地使用这些措施的组合。

[0131] 权利要求中的任何附图标记不应被解释为限制范围。

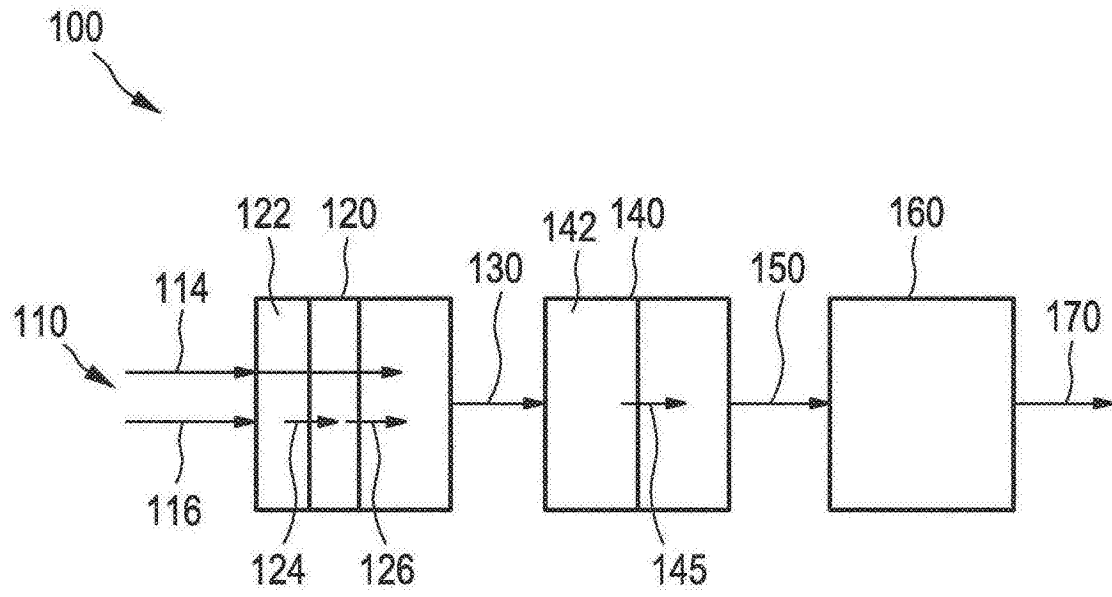


图1

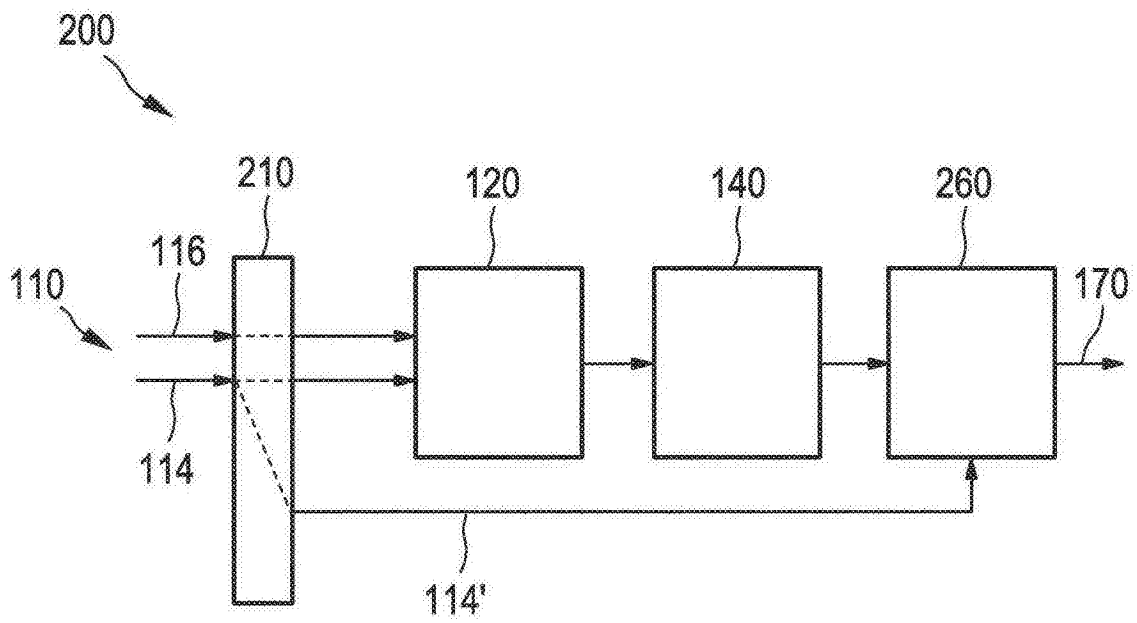


图2

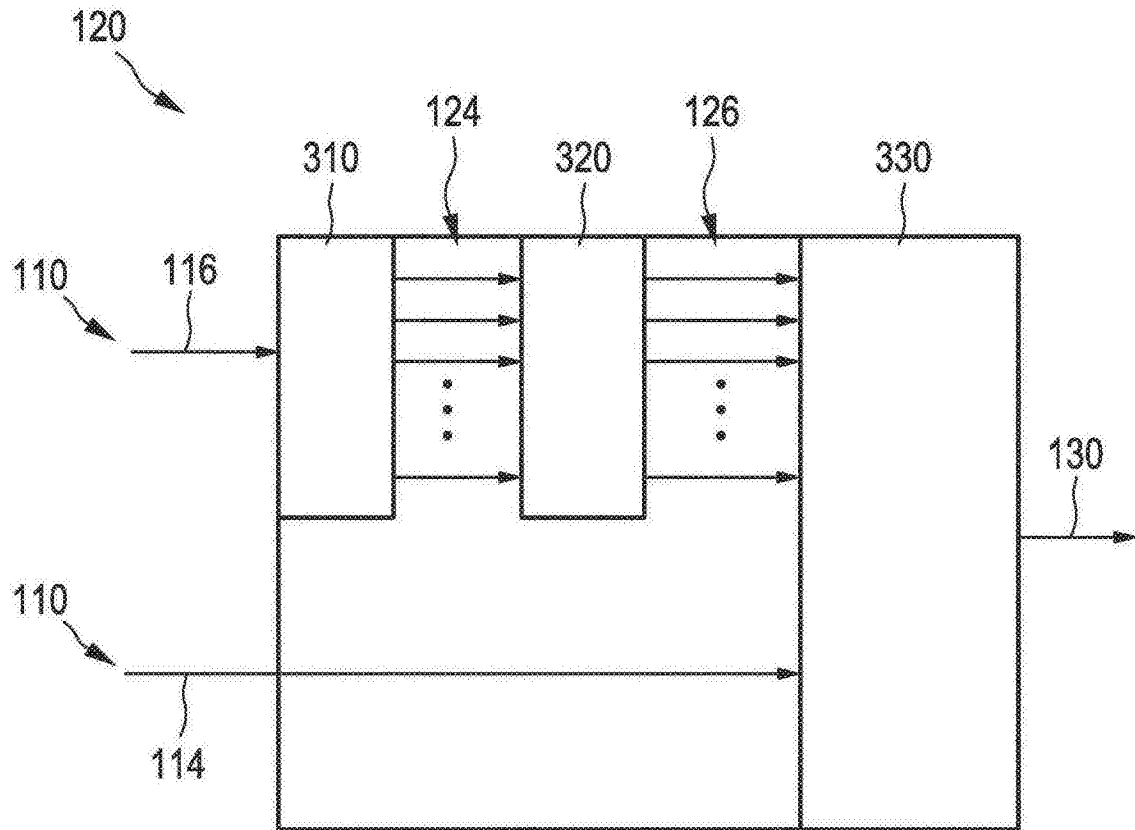


图3

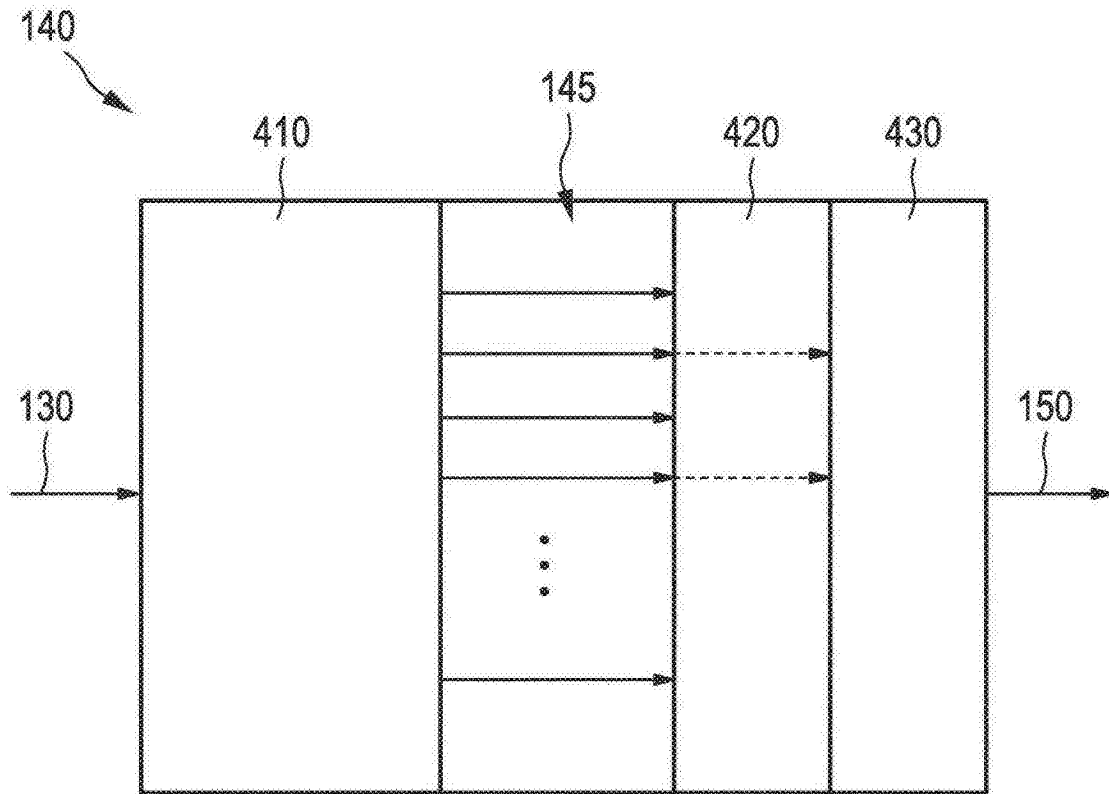


图4

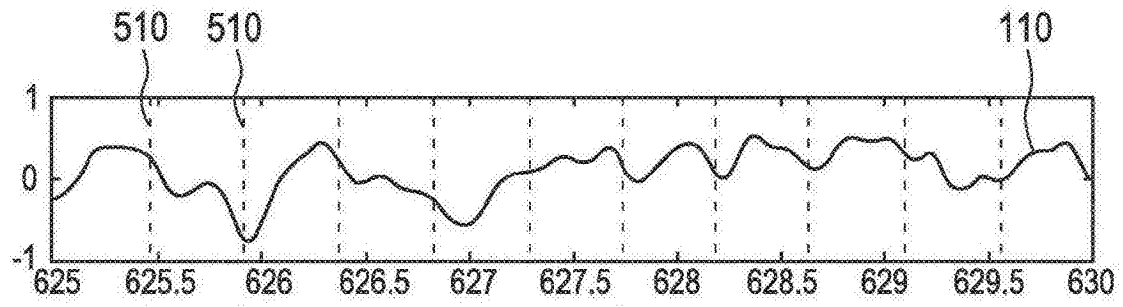


图5a

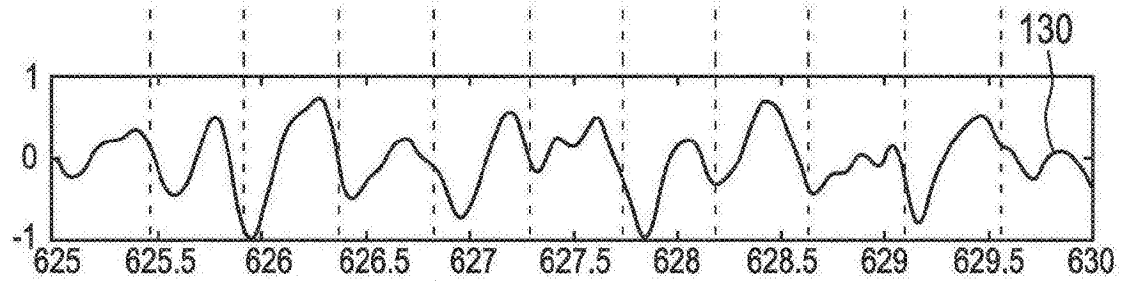


图5b

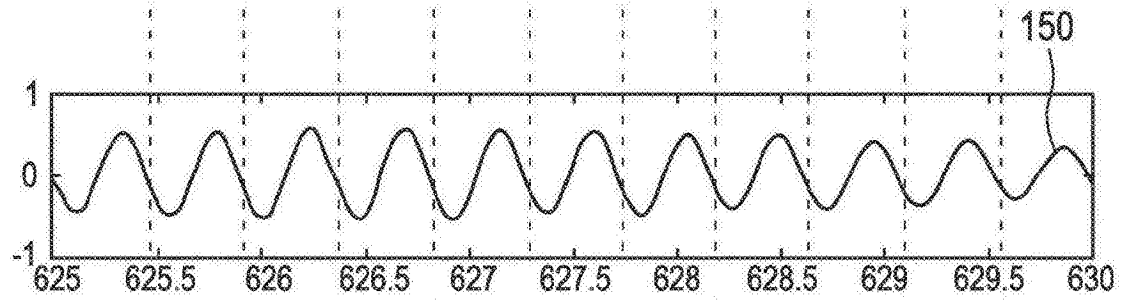


图5c

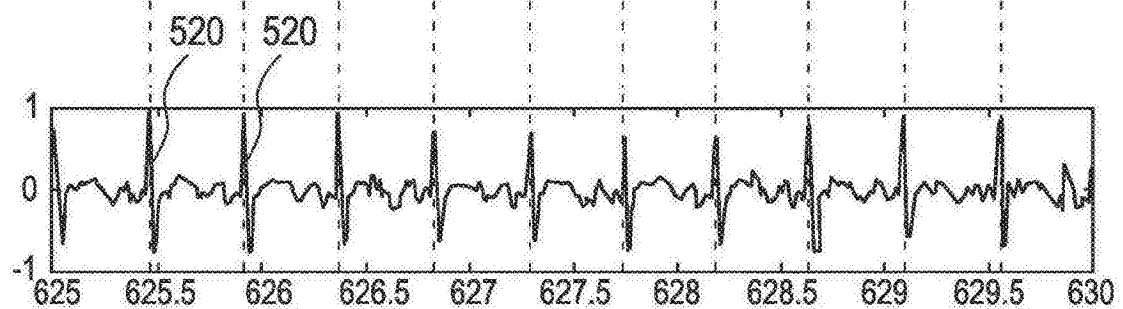


图5d

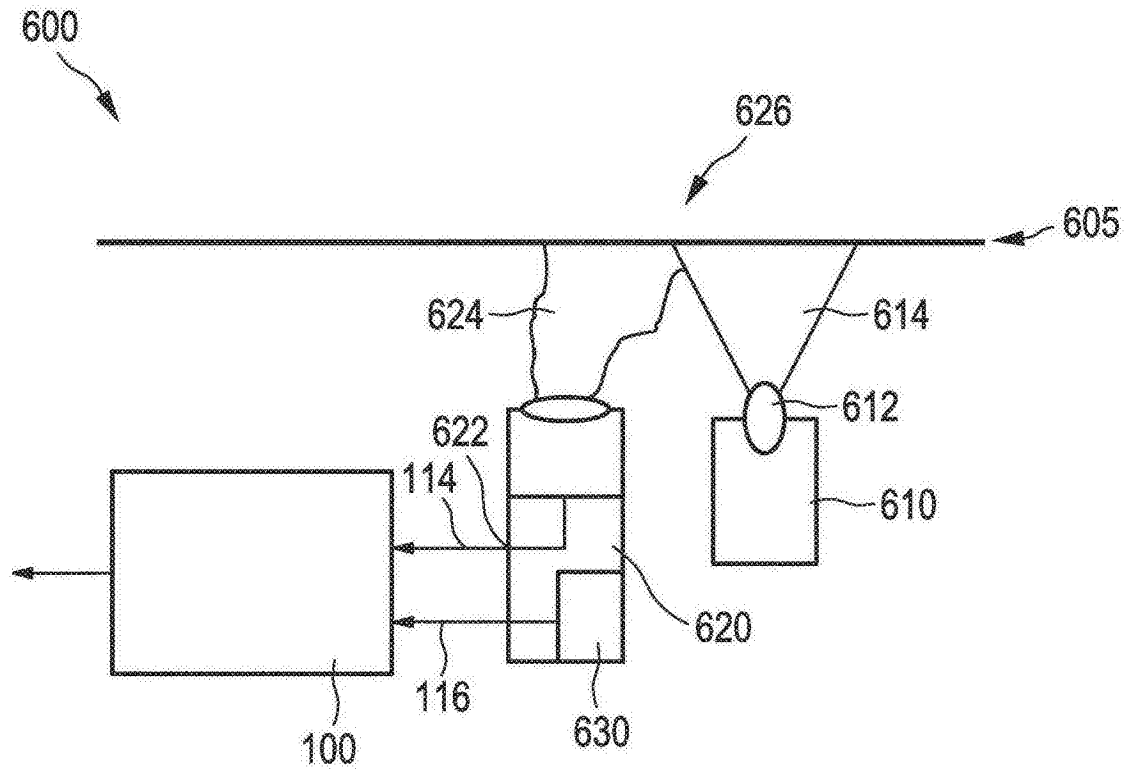


图6

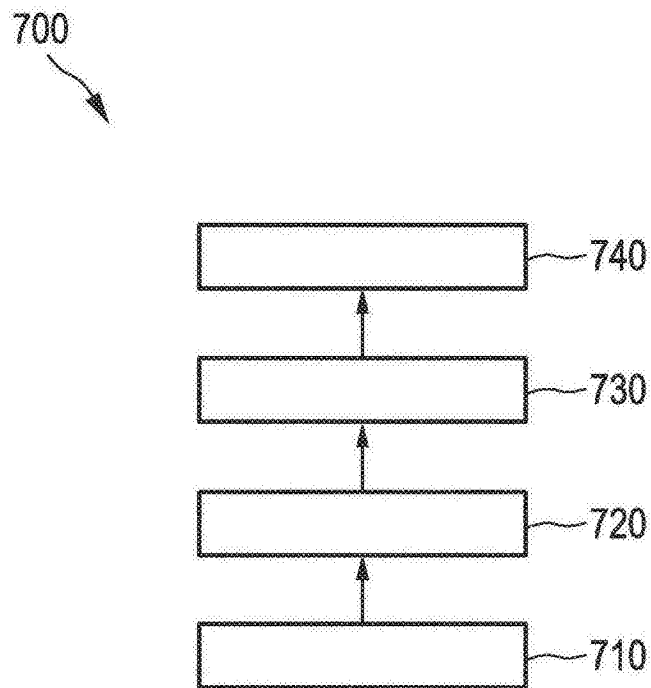


图7

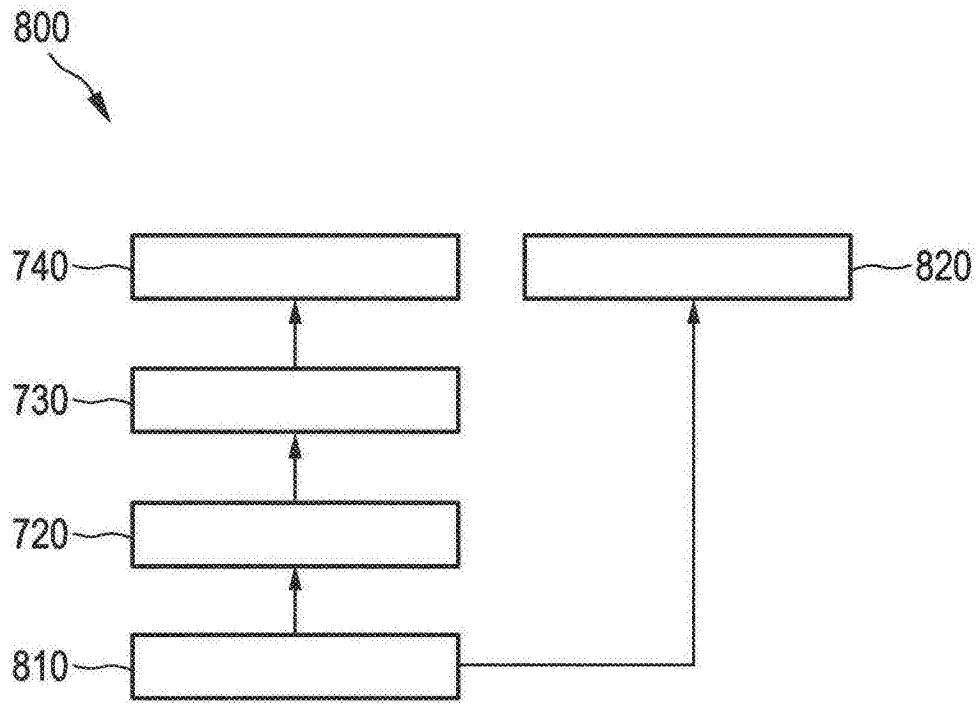


图8