



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111374646 A

(43)申请公布日 2020.07.07

(21)申请号 201811628312.1

(22)申请日 2018.12.28

(71)申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华大学
100084信箱82分箱

(72)发明人 李梢 侯思宇

(74)专利代理机构 北京金恒联合知识产权代理
事务所 11324

代理人 李强

(51)Int.Cl.

A61B 5/02(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

权利要求书4页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种基于智能手机的非硬件依赖型脉象信息采集系统和方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于智能手机的非硬件依赖型脉象采集系统,包括:脉象采集部分、脉象信息的分析与提取部分;所述采集部分利用手机摄像头贴紧皮肤拍摄视频来采集脉搏信号,其中拍摄的位置包含手腕桡动脉与食指指尖两处;所述信息采集的分析与提取包括将脉搏信号从拍摄的视频提取并分解,处理波形与信号融合;能够在不依赖专用的加压系统以及压力传感器等硬件设施的条件下实现一般脉诊仪同样的采集脉搏信号的功能,且具有处理与分析波形的算法,提高脉诊时操作的便携性同时得到更加完善的脉搏信号。

1. 基于智能手机的脉象信息采集系统,包括:

脉象采集部分,包括:

智能手机摄像头,用于贴紧待拍摄脉象视频的身体部位,开启闪光灯与摄像头进行拍摄,从而获取视频,

录像控制部分,当手机摄像头贴紧皮肤时,开启闪光灯并对其亮度进行控制,同时开启录像功能,

脉象信息视频分析与提取部分,对从第一部位拍摄的第一视频与从第二部位拍摄的第二视频进行信号处理,通过噪声过滤与数据融合等,得到单周期完整波形,

脉象信息的分析与提取部分,包括:

从视频进行信号提取的部分,用于把第一视频与第二视频按帧分解得到一系列的帧图片,并分析每张帧图片的R通道信息,得到未经处理的、包含多个脉搏周期的、包含噪声的脉搏信号,以及

进行后续信号处理的部分,包括:

将脉搏信号按其幅值强弱等统计信息进行筛选从而分解为各个周期的完整信号集合的部分,

对每个周期的信号波形施加一个线性函数并进行归一化以消除零点漂移的影响的部分,

对处理后的每个周期信号进行线性插值以消除离散信号以及各周期的周期大小不严格相同的影响的部分,

完整波形获取部分,用于计算波形不同位点的样本值的均值方差,依据最小方差原则进行,对拍摄位置不同即脉搏信息来源不同的信号进行线性加权组合,最终得到一个经过去噪等信号处理的单个脉搏周期的完整波形。

2. 根据权利要求1所述的基于智能手机的脉象信息采集系统,其特征在于:

所述将脉搏信号按其幅值强弱等统计信息进行筛选从而分解为各个周期的完整信号集合的部分包括:

计算幅值增量的部分,其按照:

$$d_{k+1} = X_{k+1} - X_k$$

计算幅值增量,其中 X_k 为视频第 k 帧图片R通道均值,表示脉搏信号强度,

选取帧序数的部分,其按照:

$$\{k \mid \arg_k d_k > Ed + 2E[(d - Ed)^2]\}$$

选取帧序数 k ,

所述对每个周期的信号波形施加一个线性函数以消除零点漂移的影响的部分包括:

线性函数零点漂移消除部分,其根据

$$X_{t_i+l} := X_{t_i+l} - X_{t_i} - \frac{X_{t_i+T_i} - X_{t_i}}{T_i} \cdot l$$

施加一个线性函数来消除零漂,其中 T_i 为一周期信号包含的帧数, $l \in \{1, 2, \dots, T_i\}$,因此 X_{t_i+l} 表示周期内的某一帧对应的信号强度,

归一化部分,其按照

$$X_{t_i+l} := \frac{X_{t_i+l}}{\max(X_t)} \text{ 其中 } (t \in [t_i, t_i+T_i])$$

进行归一化处理,使得各周期最大幅值一致,便于后续的信号处理。

3. 根据权利要求1所述的基于智能手机的脉象信息采集系统,其特征在于:

对处理后的每个周期信号进行线性插值以消除离散信号以及各周期的周期大小不严格相同的影响的部分包括按照以下关系进行线性插值的部分:

$$f_i\left(\frac{t_i+l}{T_i}\right) = X_{t_i+l},$$

$$p_i(x) = f_i(x_0) + \frac{f_i(x_1)-f_i(x_0)}{x_1-x_0}(x-x_0), \text{ 其中 } (x \in [x_0, x_1]),$$

$$\{p_{finger}(x) | x \in \{0, \frac{1}{n}, \frac{2}{n}, \dots, 1\}, n = 1000\},$$

$$\{p_{artery}(x) | x \in \{0, \frac{1}{n}, \frac{2}{n}, \dots, 1\}, n = 1000\},$$

其中:

f_i 为第*i*个信号周期的离散函数,

f_i 的横坐标是时间,纵坐标为对应信号强度,

$p_i(x)$ 为对应的线性插值函数,

x_0, x_1 属于 f_i 已知散点的横坐标集合,

$\{p_{finger}(x)\}$ 、 $\{p_{artery}(x)\}$ 为线性插值函数*p*分别对不同位置采集信号插值后得到的周期信号幅值集合,

完整波形获取部分包括按照以下关系确定参数的部分:

$$\alpha = \frac{DP_{artery,i}}{DP_{finger,i} + DP_{artery,i}},$$

$$p_i = P_{artery,i} + \alpha (P_{finger,i} - P_{artery,i}),$$

其中:

$DP_{finger,i}$ 表示对于第一部位采集的脉搏信号,在经过上述处理并插值后得到的周期信号在时刻*i*的幅值集合的方差,

$DP_{artery,i}$ 表示对于第二部位采集的脉搏信号,在经过上述处理并插值后得到的周期信号在时刻*i*的幅值集合的方差,

p_i 为最终处理得到的信号在时刻*i*的幅值大小。

4. 根据权利要求1或3所述的基于智能手机的脉象信息采集系统,其特征在于:

第一部位是食指指尖处,

第二部位是桡动脉部位。

5. 基于智能手机的脉象信息采集方法,其特征在于包括:

脉象采集步骤,包括:

用智能手机摄像头贴紧待拍摄脉象视频的身体部位,开启闪光灯与摄像头进行拍摄,从而获取视频,

录像控制步骤,当手机摄像头贴紧皮肤时,开启闪光灯并对闪光灯亮度进行控制,同时开启录像功能,

脉象信息视频分析与提取步骤,对从第一部位拍摄的第一视频与从第二部位拍摄的第二视频进行信号处理,通过噪声过滤与数据融合等,得到单周期完整波形,

脉象信息的分析与提取步骤,包括:

从视频进行信号提取,包括把第一视频与第二视频按帧分解得到一系列的帧图片,并分析每张帧图片的R通道信息,得到未经处理的、包含多个脉搏周期的、包含噪声的脉搏信号,以及

进行后续信号处理,包括:

将脉搏信号按其幅值强弱等统计信息进行筛选从而分解为各个周期的完整信号集合,

对每个周期的信号波形施加一个线性函数并进行归一化以消除零点漂移的影响,

对处理后的每个周期信号进行线性插值以消除离散信号以及各周期的周期大小不严格相同的影响的步骤,

完整波形获取步骤,包括计算波形不同位点的样本值的均值方差,依据最小方差原则进行,对拍摄位置不同即脉搏信息来源不同的信号进行线性加权组合,最终得到一个经过去噪等信号处理的单个脉搏周期的完整波形。

6. 根据权利要求5所述的基于智能手机的脉象信息采集方法,其特征在于:

将脉搏信号按其幅值强弱等统计信息进行筛选从而分解为各个周期的完整信号集合的处理包括:

计算幅值增量,包括按照:

$$d_{k+1} = X_{k+1} - X_k$$

计算幅值增量,其中 X_k 为视频第 k 帧图片R通道均值,表示脉搏信号强度,

选取帧序数,包括按照:

$$\{k \mid \arg_k d_k > Ed + 2E[(d - Ed)^2]\} \quad (2)$$

选取帧序数 k ,

所述对每个周期的信号波形施加一个线性函数以消除零点漂移的影响的处理包括:

消除线性函数零点漂移,包括根据:

$$X_{t_i+l} := X_{t_i+l} - X_{t_i} - \frac{X_{t_i+T_i} - X_{t_i}}{T_i} \cdot l$$

施加一个线性函数来消除零漂,其中 T_i 为一周期信号包含的帧数, $l \in \{1, 2, \dots, T_i\}$,因此 X_{t_i+l} 表示周期内的某一帧对应的信号强度,

归一化处理,包括按照:

$$X_{t_i+l} := \frac{X_{t_i+l}}{\max(X_t)} \text{ 其中 } (t \in [t_i, t_i+T_i])$$

进行归一化处理,使得各周期最大幅值一致,便于后续的信号处理。

7. 根据权利要求5所述的基于智能手机的脉象信息采集方法,其特征在于:

对处理后的每个周期信号进行线性插值以消除离散信号以及各周期的周期大小不严格相同的影响的处理包括按照以下关系进行线性插值的处理:

$$f_i \left(\frac{t_i+l}{T_i} \right) = X_{t_i+l},$$

$$p_i(x) = f_i(x_0) + \frac{f_i(x_1) - f_i(x_0)}{x_1 - x_0} (x - x_0), \text{其中 } (x \in [x_0, x_1]),$$

$$\{p_{finger}(x) | x \in \{0, \frac{1}{n}, \frac{2}{n}, \dots, 1\}, n = 1000\},$$

$$\{p_{artery}(x) | x \in \{0, \frac{1}{n}, \frac{2}{n}, \dots, 1\}, n = 1000\},$$

其中:

f_i 为第*i*个信号周期的离散函数,

f_i 的横坐标是时间,纵坐标为对应信号强度,

$p_i(x)$ 为对应的线性插值函数,

x_0, x_1 属于 f_i 已知散点的横坐标集合,

$\{p_{finger}(x)\}$ 、 $\{p_{artery}(x)\}$ 为线性插值函数 p 分别对不同位置采集信号插值后得到的周期信号幅值集合,

完整波形获取步骤包括按照以下关系确定参数的处理:

$$\alpha = \frac{DP_{artery,i}}{DP_{finger,i} + DP_{artery,i}},$$

$$p_i = P_{artery,i} + \alpha (P_{finger,i} - P_{artery,i}),$$

其中:

$DP_{finger,i}$ 表示对于第一部位采集的脉搏信号,在经过上述处理并插值后得到的周期信号在时刻*i*的幅值集合的方差,

$DP_{artery,i}$ 表示对于第二部位采集的脉搏信号,在经过上述处理并插值后得到的周期信号在时刻*i*的幅值集合的方差,

p_i 为最终处理得到的信号在时刻*i*的幅值大小。

8. 根据权利要求5或7所述的基于智能手机的脉象信息采集方法,其特征在于:

第一部位是食指指尖处,

第二部位是桡动脉部位。

一种基于智能手机的非硬件依赖型脉象信息采集系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于智能手机的非硬件依赖型脉象信息采集系统和方法。

背景技术

[0002] 中医脉诊在我国是家喻户晓的中医学标志,它与望诊、问诊、闻诊合称为中医四诊。脉诊利用手指对人体桡动脉处施加压力,来感觉检测脉搏的“位、数、形、势”等特征,通过综合分析,判断脏腑的功能状态,为中医诊断提供有效信息。

[0003] 中医脉诊具有一定的主观性,素有“心中易了,指下难明”之说,所以,中医脉诊客观化是中医现代化中的研究热点。脉象仪是利用现代测量技术,模拟传统切脉方法获取脉象定量数据并进行分析的设备。不同领域的学者,运用各种技术和方法,研制出多种性能各异的脉象仪,包括 MX-3C型、MX-811型、ZM-III型、MXY-1型、BYS-14型四导脉象仪、MTYA型脉图仪、YGJ医管家多功能辨证仪(整合脉象仪功能)等。Chen等(2015)提出利用线性激光定位和CMOS图象传感器获取脉搏信号(Chen Y Y,Chang R S,Jwo K W,et al.A Non-Contact Pulse Automatic Positioning Measurement System for Traditional Chinese Medicine[J].Sensors,2015,15(5):9899-9914.)

发明内容

[0004] 本发明提出了一种基于智能手机的非硬件依赖型的脉象信息采集系统。利用目前非常普遍的智能机(含有摄像头加闪光灯)来替代信号传感器,并不需要专用的加压系统以及压力传感器等硬件设施。利用手机摄像头与闪光灯,拍摄记录桡动脉与食指指尖两个不同位置的血管搏动过程的视频,并利用计算机或智能手机结合本发明人提出的配套算法对该视频进行提取与分析,计算并得到相应的脉象信息。本发明具体包括:视频采集硬件平台,脉象信息采集部分,和视频分析提取脉象信息处理部分。

[0005] 根据本发明的一个方面,提供了一种基于智能手机的脉象信息采集系统,包括:

[0006] 脉象采集部分,包括:

[0007] 智能手机摄像头,用于贴紧待拍摄脉象视频的身体部位,开启闪光灯与摄像头进行拍摄,从而获取视频,

[0008] 录像控制部分,当手机摄像头贴紧皮肤时,开启闪光灯并对其亮度进行控制,同时开启录像功能,

[0009] 脉象信息视频分析与提取部分,对从第一部位拍摄的第一视频与从第二部位拍摄的第二视频进行信号处理,通过噪声过滤与数据融合等,得到单周期完整波形,

[0010] 脉象信息的分析与提取部分,包括:

[0011] 从视频进行信号提取的部分,用于把第一视频与第二视频按帧分解得到一系列的帧图片,并分析每张帧图片的R通道信息,得到未经处理的、包含多个脉搏周期的、包含噪声的脉搏信号,以及

[0012] 进行后续信号处理的部分,包括:

[0013] 将脉搏信号按其幅值强弱等统计信息进行筛选从而分解为各个周期的完整信号集合的部分，

[0014] 对每个周期的信号波形施加一个线性函数并进行归一化以消除零点漂移的影响的部分，

[0015] 对处理后的每个周期信号进行线性插值以消除离散信号以及各周期的周期大小不严格相同的影响的部分，

[0016] 完整波形获取部分，用于计算波形不同位点的样本值的均值方差，依据最小方差原则进行，对拍摄位置不同即脉搏信息来源不同的信号进行线性加权组合，最终得到一个经过去噪等信号处理的单个脉搏周期的完整波形。

[0017] 根据本发明的另一个方面，提供了一种基于智能手机的脉象信息采集方法，其特征在于包括：

[0018] 脉象采集步骤，包括：

[0019] 用智能手机摄像头贴紧待拍摄脉象视频的身体部位，开启闪光灯与摄像头进行拍摄，从而获取视频，

[0020] 录像控制步骤，当手机摄像头贴紧皮肤时，开启闪光灯并对闪光灯亮度进行控制，同时开启录像功能，

[0021] 脉象信息视频分析与提取步骤，对从第一部位拍摄的第一视频与从第二部位拍摄的第二视频进行信号处理，通过噪声过滤与数据融合等，得到单周期完整波形，

[0022] 脉象信息的分析与提取步骤，包括：

[0023] 从视频进行信号提取，包括把第一视频与第二视频按帧分解得到一系列的帧图片，并分析每张帧图片的R通道信息，得到未经处理的、包含多个脉搏周期的、包含噪声的脉搏信号，以及

[0024] 进行后续信号处理，包括：

[0025] 将脉搏信号按其幅值强弱等统计信息进行筛选从而分解为各个周期的完整信号集合，

[0026] 对每个周期的信号波形施加一个线性函数并进行归一化以消除零点漂移的影响，

[0027] 对处理后的每个周期信号进行线性插值以消除离散信号以及各周期的周期大小不严格相同的影响的步骤，

[0028] 完整波形获取步骤，包括计算波形不同位点的样本值的均值方差，依据最小方差原则进行，对拍摄位置不同即脉搏信息来源不同的信号进行线性加权组合，最终得到一个经过去噪等信号处理的单个脉搏周期的完整波形。

附图说明

[0029] 图1是根据本发明的一个实施例的基于智能手机的脉象信息采集方法的流程图。

[0030] 图2(a)和图2(b)是采用本发明的方案进行脉诊过程视频录像操作的视图，其中图2(a)是对手腕桡动脉处进行得到视频的操作示例，图2(b)是食指指尖的视频的操作示例，。

[0031] 图3未经处理的手腕桡动脉处脉搏波形。

[0032] 图4未经处理的食指指尖处脉搏波形。

[0033] 图5经由本发明算法分析得到的一个周期的脉搏波形。

[0034] 图6市面售卖的脉象仪对同一采集人测量得到的脉搏波形。

具体实施方式

[0035] 脉象仪的核心技术要求之一是准确、方便的脉象信息采集。现有的脉象仪，一般都需要专用的加压系统(模拟大夫脉诊时的手指的施压)，且操作时存在难以操作、便携性差等问题。另外，目前常见的脉象仪采用的传感器数量有限，通常仅是利用单一传感器在手腕处进行脉象信息采集，使得获取的脉象信息受到限制。另一个现有缺陷是普及性差，普通用户若购买、携带专门的脉象仪，在使用和携带上都有所不便。

[0036] 为了克服现有技术的上述问题，本发明提出了一种基于智能手机的脉象信息采集系统，利用目前非常普遍的智能手机(含有摄像头加闪光灯)来替代信号传感器，并不需要专用的加压系统以及压力传感器等硬件设施。利用手机摄像头与闪光灯，拍摄记录桡动脉与食指指尖两个不同位置的血管搏动过程的视频，并利用计算机或智能手机结合本发明人提出的配套算法对该视频进行提取与分析，计算并得到相应的脉象信息。

[0037] 本发明的目的是实现一种基于智能手机的方便高效的脉象信息采集方法，仅利用手机的摄像头与闪光灯而无需其他设备，便捷高效。该方法可以应用于居家脉诊，以及中医脉诊过程的可视化和量化分析。

[0038] 根据本发明的一个实施例的基于智能手机的脉象信息采集系统包括：

[0039] 脉象采集部分，包括：

[0040] 智能手机摄像头，用于贴紧待拍摄脉象视频的身体部位(如桡动脉和食指指尖处皮肤)，开启闪光灯与摄像头进行拍摄，从而获取视频，

[0041] 录像控制部分，当手机摄像头贴紧皮肤时，开启闪光灯并对其亮度进行控制，同时开启录像功能，

[0042] 脉象信息视频分析与提取部分，对从食指指尖拍摄的第一视频与从桡动脉处拍摄的第二视频进行信号处理，通过噪声过滤与数据融合等，得到单周期完整波形，

[0043] 脉象信息的分析与提取部分，包括：

[0044] 从视频进行信号提取的部分，用于把第一视频与第二视频按帧分解得到一系列的帧图片，并分析每张帧图片的R通道信息，得到未经处理的、包含多个脉搏周期的、包含噪声的脉搏信号，以及

[0045] 进行后续信号处理的部分，包括：

[0046] 将脉搏信号按其幅值强弱等统计信息进行筛选从而分解为各个周期的完整信号集合的部分，

[0047] 对每个周期的信号波形施加一个线性函数并进行归一化以消除零点漂移的影响的部分，

[0048] 对处理后的每个周期信号进行线性插值以消除离散信号以及各周期的周期大小不严格相同的影响的部分，

[0049] 完整波形获取部分，用于计算波形不同位点的样本值的均值方差，依据最小方差原则进行，对拍摄位置不同即脉搏信息来源不同的信号进行线性加权组合，最终得到一个经过去噪等信号处理的单个脉搏周期的完整波形。

[0050] 本发明的优点包括：

[0051] 1. 本发明仅利用手机的摄像头与闪光灯作为器材，无需其他复杂的加压装置和专门的显示系统。对于使用者来说接近零成本，且便于使用，具有良好的便携性，可以随时随地进行中医脉象信息的采集与分析。

[0052] 2. 只要求手机摄像头分别贴紧食指指尖和桡动脉皮肤附近区域，不需要了解中医复杂的把脉手法与过程。降低脉象采集的专业要求，使得没有经过训练的普通人都是可以完成拍摄录像。

[0053] 3. 有利于对中医知识的客观化总结，推动中医脉诊标准化、客观化的研究与发展；

[0054] 4. 本发明进行脉象数据采集时采用的是普通的智能手机，而后利用计算机或智能手机进行视频分析，提取脉象信息，非常易于实现居家脉诊；

[0055] 5. 本发明通过视频处理技术获得了丰富的脉象信息。

[0056] 6. 本发明创新地在桡动脉与食指指尖两处对脉搏信号进行采集，对两个不同来源的信号进行综合的分析，达到普通视频拍摄方法所不能达到的准确性。可以对脉象信号进行更准确的分析。与目前市面上的脉诊仪（仅采集桡动脉或者手指一处的信号）相比，能够保留更多的信息细节，为后续可能的自动分析与脉象信息判别提供可能。

[0057] 7. 本发明的实施过程可以实现对传统中医脉诊浮中沉三部诊脉法的模拟，通过摄像头贴紧桡动脉处皮肤的力度大小，得到不同力度下脉搏信号的特征信息。

[0058] 如图1所示，根据本发明的另一个方面，提供了一种基于智能手机的脉象信息采集方法，包括：

[0059] 脉象采集步骤，包括：

[0060] 当智能手机摄像头被贴紧待拍摄脉象视频的身体部位（如桡动脉和食指指尖处皮肤）时，开启闪光灯与摄像头进行拍摄，从而获取视频，

[0061] 当手机摄像头贴紧皮肤时，开启闪光灯并对其亮度进行控制，同时开启录像功能，

[0062] 进行时域分析，对两个位置采集的所述视频进行时域分析，对两个位置拍摄的视频进行综合的分析与判断处理，从视频中提取脉搏信号，其中，一次脉象信息采集过程包括在手腕桡动脉以及食指指尖两个不同位置各拍摄一次，得到这两个位置得到的各一段包含脉象信号的所述视频，

[0063] 进行脉象信息视频分析与提取，包括：

[0064] 从视频进行信号提取，把第一视频与第二视频按帧分解得到一系列的帧图片，并分析每张帧图片的R通道信息，得到未经处理的、包含多个脉搏周期的、包含噪声的脉搏信号，以及

[0065] 进行后续信号处理，包括：

[0066] 将脉搏信号按其幅值强弱等统计信息进行筛选从而分解为各个周期的完整信号集合，

[0067] 对每个周期的信号波形施加一个线性函数并进行归一化以消除零点漂移的影响，

[0068] 对处理后的每个周期信号进行线性插值以消除离散信号以及各周期的周期大小不同的影响，

[0069] 获取完整波形，包括计算波形不同位点的样本值的均值方差，依据最小方差原则进行，对拍摄位置不同即脉搏信息来源不同的信号进行线性加权组合，最终得到一个经过

去噪等信号处理的单个脉搏周期的完整波形。

[0070] 以食指指尖的拍摄视频为例(图2(b)),对其进行处理,对手腕桡动脉处拍摄(图2(a))得到的视频的处理与食指指尖相同。

[0071] 去掉视频开始与结尾一秒(本实施例中为前后各30帧,其中一般含有大量噪声)的部分,并对余下的视频按帧分解,假设得到视频的帧数为N并利用帧的序数作为横坐标,计算各帧图片RGB通道中的R通道的均值作为纵坐标的幅值。将测量得到的幅值及其对应的序数用坐标轴表示得到图4所示的波形图(对于食指指尖处拍摄的视频进行相同的处理得到图3所示波形)。

[0072] 设该幅值为 X_k ,其中k代表第k帧。计算除第一帧外,各帧的幅值 X_k 的增量,即

$$[0073] \quad d_{k+1} = X_{k+1} - X_k \quad (1)$$

[0074] 统计d的均值Ed与方差 $E[(d-Ed)^2]$,选取 d_k 值大于d的均值加两倍方差的帧序数k,即

$$[0075] \quad \{k | \arg_k d_k > Ed + 2E[(d-Ed)^2]\} \quad (2)$$

[0076] 得到幅值明显大幅增长的时间点,对应拍摄的视频第k帧,得到的k的集合即对应着每一个脉搏周期血压增大的过程。

[0077] 将得到的帧序数k的集合的第一个元素记录至一个用于保存中间数据的新集合中,并对增长节点集合从第二个元素至最后一个元素进行一一判别,若该元素与新集合中的最后一个元素差值大于10帧,就记录至新集合中。通过上述操作能够得到每次脉搏循环的起始点帧数序号的集合。通过这样的方法,能够得到每次脉搏波动周期的开始的时间点,并能够将一个包含多周期的时间序列信号(图3,图4)按各个周期进行分解,并得到一个元素为各个周期信号的集合。

[0078] 根据上述方式得到脉搏每个周期的起始与结束(上一周期的结束即下一周期的起始)的帧数序号。对得到的各个周期的脉搏信号进行信号处理,以任意一个周期的信号为例,设该周期内信号对应的帧数为 $\{t_i, t_{i+1}, \dots, t_i + T_i\}$,其中 T_i 为一周期信号包含的帧数,并设 $l \in \{1, 2, \dots, T_i\}$,因此 X_{t_i+l} 表示周期内的某一帧对应的信号强度,则

$$[0079] \quad X_{t_i+l} := X_{t_i+l} - X_{t_i} - \frac{X_{t_i+T_i} - X_{t_i}}{T_i} \cdot l \quad (3)$$

$$[0080] \quad X_{t_i+l} := \frac{X_{t_i+l}}{\max(X_t)} \quad \text{其中}(t \in [t_i, t_i + T_i]) \quad (4)$$

[0081] 由上述公式(1)(2),同样对桡动脉处采集得到的视频进行分析(图4),分别得到由食指指尖采集得到的信号(记作 X_{finger}),以及桡动脉处采集得到的信号(记作 X_{artery})。可以发现,与市面售卖的普通脉诊仪(市售脉诊仪对同样样本测得的波形为图6)相比,本发明的脉诊信息采集方法并不需要专门的加压装置与压力传感器等硬件设施,也可以得到与专业脉象仪波形特征基本一致的脉搏信号。对于不同位置采集得到的脉搏信号,都是对真实人体脉搏信号的一个观测,且含有相互独立且均值为零、方差不等的噪声信号。

[0082] 由于食指指尖相对桡动脉拍摄视频得到的信号强度更强,而桡动脉位置则遵循传统中医脉诊的把脉方式,更多的保留桡动脉处信号的细节特征。

[0083] 同时,对于手机摄像头在桡动脉处的拍摄,可以根据镜头施加在桡动脉皮肤处力

度大小的不同,实现相当于传统中医浮、中、沉三部诊脉法的完整过程。

[0084] 由于在测量脉搏信号的过程中,不可避免的会产生对信号产生影响的测量噪声(比如手的不规则微小抖动等)。无论是图6市售的脉象仪的测量波形,还是图4本发明利用手机在桡动脉处测量得到的波形,都可以看到存在这样不可避免的噪声(比如存在零点漂移现象,以及波形中存在不规则的高频抖动)。为了得到平稳的波形,去掉噪声,同时保留脉搏波形特征以便于后续对波形的辨别与分析。我们需要对测量得到的波形进行处理。

[0085] 对于任意脉搏波动周期内的一个完整的信号,设此次脉搏波动的周期为 T_i 。

[0086] 令

$$[0087] \quad f_i\left(\frac{t_i+l}{T_i}\right) = X_{t_i+l}, \quad (5)$$

[0088] 由于手机视频采集的信号在时间上是离散值,且每个循环测得的一周期的脉搏波动时间不是严格相同的(由于人体脉搏周期不严格相等,或存在心率不齐等现象),本发明对两个相邻信号之间的幅值利用线性插值法进行估计。

$$[0089] \quad p_i(x) = f_i(x_0) + \frac{f_i(x_1) - f_i(x_0)}{x_1 - x_0}(x - x_0), \text{其中}(x \in [x_0, x_1]), \quad (6)$$

[0090] 根据公式(5)(6),得到食指指尖与桡动脉位置经过处理的信号值:

$$[0091] \quad \{p_{finger}(x) | x \in \{0, \frac{1}{n}, \frac{2}{n}, \dots, 1\}, n = 1000\} \quad (7)$$

$$[0092] \quad \{p_{artery}(x) | x \in \{0, \frac{1}{n}, \frac{2}{n}, \dots, 1\}, n = 1000\} \quad (8)$$

[0093] 对于公式(5)(6)得到的两个信号波形的每一个周期,都可以根据上述公式(7)(8)得到 p_i ,其中 $i = 1, 1/n, 2/n, \dots, 1$ 。设其对应的随机变量分别为 $P_{finger,i}$,和 $P_{artery,i}$

[0094] 则:

$$[0095] \quad EP_{finger,i} = \frac{1}{m} \sum p_{finger,i} \quad (9)$$

$$[0096] \quad DP_{finger,i} = \frac{1}{m-1} \sum (p_{finger,i} - EP_{finger,i})^2 \quad (10)$$

$$[0097] \quad EP_{artery,i} = \frac{1}{n} \sum p_{artery,i} \quad (11)$$

$$[0098] \quad DP_{artery,i} = \frac{1}{n-1} \sum (p_{artery,i} - EP_{artery,i})^2 \quad (12)$$

[0099] 最终根据在不同位置测得周期信号的均值与方差,得到被采集人的脉搏信号,用于后续的分析与应用。(公式13,14,图5)。

$$[0100] \quad \alpha = \frac{DP_{artery,i}}{DP_{finger,i} + DP_{artery,i}} \quad (13)$$

$$[0101] \quad p_i = P_{artery,i} + \alpha (P_{finger,i} - P_{artery,i}) \quad (14)。$$

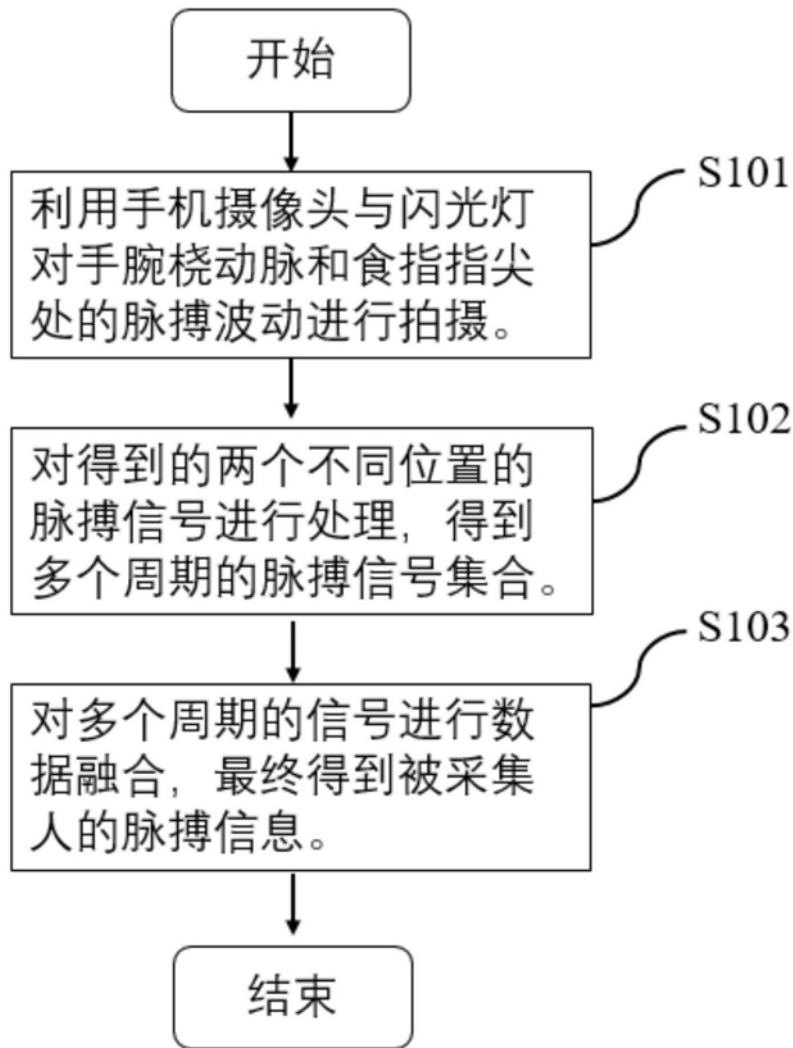


图1



图2(a)



图2(b)

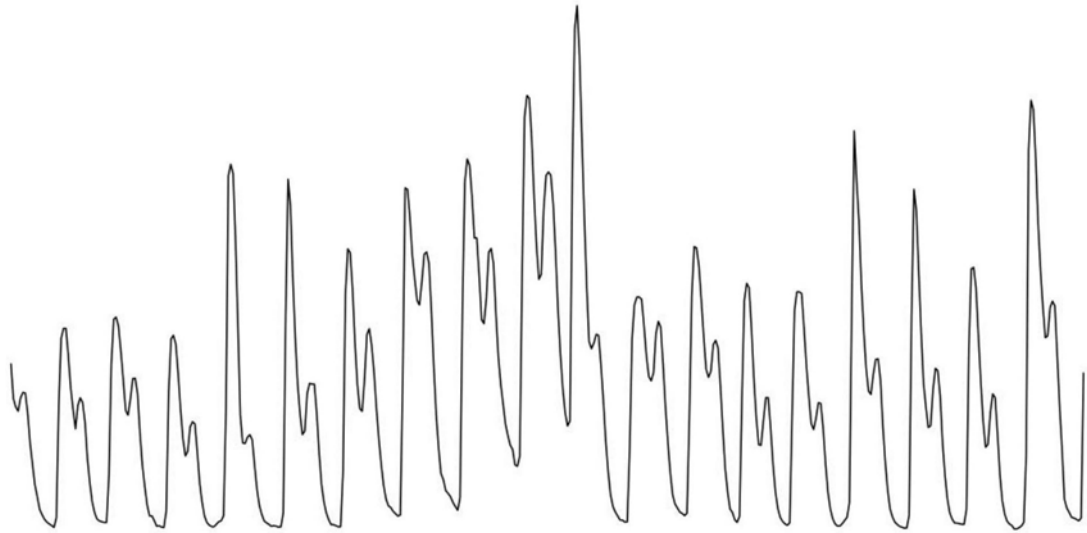


图3

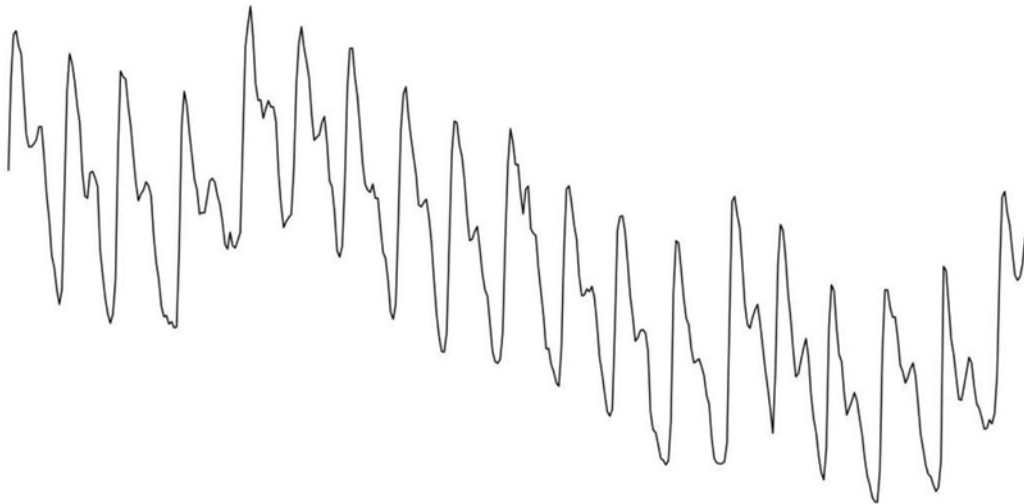


图4

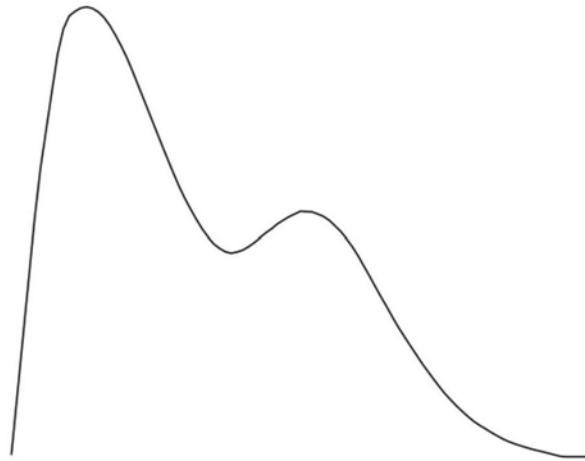


图5



图6

专利名称(译)	一种基于智能手机的非硬件依赖型脉象信息采集系统和方法		
公开(公告)号	CN111374646A	公开(公告)日	2020-07-07
申请号	CN201811628312.1	申请日	2018-12-28
[标]申请(专利权)人(译)	清华大学		
申请(专利权)人(译)	清华大学		
当前申请(专利权)人(译)	清华大学		
[标]发明人	李梢 侯思宇		
发明人	李梢 侯思宇		
IPC分类号	A61B5/02 A61B5/00		
代理人(译)	李强		
外部链接	SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种基于智能手机的非硬件依赖型脉象采集系统，包括：脉象采集部分、脉象信息的分析与提取部分；所述采集部分利用手机摄像头贴紧皮肤拍摄视频来采集脉搏信号，其中拍摄的位置包含手腕桡动脉与食指指尖两处；所述信息采集的分析与提取包括将脉搏信号从拍摄的视频提取并分解，处理波形与信号融合；能够在不依赖专用的加压系统以及压力传感器等硬件设施的条件下实现一般脉诊仪同样的采集脉搏信号的功能，且具有处理与分析波形的算法，提高脉诊时操作的便携性同时得到更加完善的脉搏信号。

