



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105748066 A

(43)申请公布日 2016.07.13

(21)申请号 201610120611.9

(22)申请日 2016.03.03

(71)申请人 深圳竹信科技有限公司

地址 518055 广东省深圳市南山区高新科技园北区朗山路11号同方信息港C栋8楼B单元

(72)发明人 郑慧敏

(74)专利代理机构 深圳市深佳知识产权代理事务所(普通合伙) 44285

代理人 王仲凯

(51)Int.Cl.

A61B 5/0456(2006.01)

A61B 5/0472(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

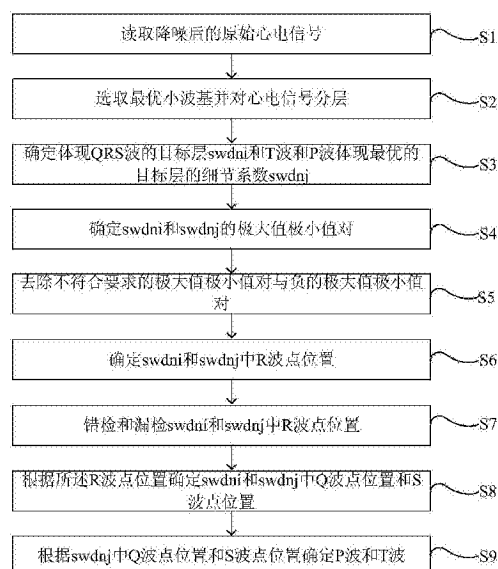
权利要求书3页 说明书10页 附图1页

(54)发明名称

一种心电信号波形特征点的提取方法及装置

(57)摘要

本发明公开了一种心电信号波形特征点的提取方法包括QRS波点、P波点和T波点的位置确定。QRS波点的位置确定:平稳小波变换处理心电信号,确定QRS波体现最优的目标层和T、P波体现最优的目标层,找出相应目标层的极大值极小值对,并去除不符合要求的极大值极小值对,对R波点位置进行错检和漏检,获得最终的R波点位置,然后确定Q波点和S波点位置,根据T、P波体现最优的目标层确定的QRS波确定P波点和T波点的位置。上述QRS波点、T波点及P波点位置的确定均用到了平稳小波变换,平稳小波变换相对于离散小波变换能够有效避免尺度变大时分辨率的损伤,同时移动不变形,有效解决了现有技术中存在的问题。



1. 一种心电信号波形特征点的提取方法,其特征在于,包括:

步骤1):读取降噪后的原始心电信号;

步骤2):通过平稳小波变换处理所述步骤1)中的心电信号,选取最优小波基,并根据公式 $N=2^n$ 对所述心电信号根据进行分层,其中, N 为选取的信号点总点数, n 为总层数, n 为正整数;

步骤3):根据能量分布、频率分析和平均互相关确定QRS波体现最优的目标层的细节系数 $swdn_i$,以及T波和P波体现最优的目标层的细节系数 $swdn_j$,其中 swd 为细节系数, n_i 为QRS波体现最优的目标层, n_j 为T波和P波体现最优的目标层, i 和 j 为目标层的位置;

步骤4):确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 的极大值极小值对;

步骤5):通过第一搜索窗去除 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 的超出所述第一搜索窗高度范围的极大值极小值对,当去除 $swdn_i$ 的超出所述第一搜索窗高度范围的极大值极小值对时,第一搜索窗的高度 $T1=0.25rms(swdn_i^2)$,当去除 $swdn_j$ 的超出所述第一搜索窗高度范围的极大值极小值对,第一搜索窗的高度 $T1=0.25rms(swdn_j^2)$,所述第一搜索窗的宽度为 $d1$,所述 $d1$ 大于所述原始信号中从极大值到相邻极小值之间的波形时间;

通过第二搜索窗去除 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 的超出第二搜索窗高度范围的负的极大值极小值对,当去除 $swdn_i$ 的超出第二搜索窗高度范围的负的极大值极小值对时,第二搜索窗的高度 $T2=0.4rms(swdn_i(a)^2)$,当去除 $swdn_j$ 的超出第二搜索窗高度范围的负的极大值极小值对时,第二搜索窗的高度 $T2=0.4rms(swdn_j(a)^2)$,所述第二搜索窗的宽度为 $d2$,所述 $d2$ 大于所述原始信号中从极大值到相邻极小值之间的波形时间,其中 $a \in$ 第二搜索窗内的细节系数;

所述第二搜索窗位于所述第一搜索窗150ms-200ms后;

步骤6):确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 中R波点位置,每组极大值极小值对的过0点位置即为R波点位置;

步骤7):错检和漏检 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 中R波点位置;

步骤8):根据所述R波点位置确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 中Q波点位置和S波点位置;

步骤9):根据 $swdn_j$ 中Q波点位置和S波点位置确定P波和T波。

2. 根据权利要求1所述的心电信号波形特征点的提取方法,其特征在于,所述步骤4)中确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 中的极大值极小值对的确定步骤为:

当确定 $swdn_i$ 的极大值时,所述 $swdn_i$ 中斜率大于0的图像命名为1,所述 $swdn_i$ 中斜率小于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极大值点;

当确定 $swdn_i$ 的极小值时,所述 $swdn_i$ 中斜率小于0的图像命名为1,所述 $swdn_i$ 中斜率大于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极小值点;

当确定 $swdn_j$ 的极大值时,所述 $swdn_j$ 中斜率大于0的图像命名为1,所述 $swdn_j$ 中斜率小于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极大值点;

当确定 $swdn_j$ 的极小值时,所述 $swdn_j$ 中斜率小于0的图像命名为1,所述 $swdn_j$ 中斜率大于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极大值点。

3. 根据权利要求1所述的心电信号波形特征点的提取方法,其特征在于,

所述步骤8)确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 中Q波点位置和S波点位置的具体步骤为:

确定 $swdn_i$ 中Q波点位置为 $swdn_i$ 中所述R波点位置前面的第三个极值点位置,确定 $swdn_j$

中S波点位置为 $swdn_j$ 中所述R波点位置前面的第三个极值点位置；

利用第五搜索窗确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 中所述S波点的位置,当确定 $swdn_i$ 中所述S波点的位置时,第三搜索窗的高度 $T4=0.9rms(swdn_i^2)$,当确定 $swdn_i$ 中所述S波点的位置时,第三搜索窗的高度 $T4=0.9rms(swdn_j^2)$,宽度为 $d4$,所述 $d4$ 大于所述原始信号中从极大值到相邻极小值之间的波形时间,所述R波点位置后面的位于所述第三搜索框内的第三个极值点即为所述S波点位置。

4.根据权利要求1所述的心电信号波形特征点的提取方法,其特征在于,所述步骤7)具体为:

当相邻两个R波点位置之间的距离 $RR<0.4mean$ 时为错检,去除极值小的R波点位置,当相邻两个R波点位置之间的距离 $RR>1.6mean$ 时为漏检,在漏检的相邻两个R波点位置间找到一对绝对值最大的极大值极小值对。

5.根据权利要求1所述的心电信号波形特征点的提取方法,其特征在于,所述步骤9)具体为:

以 $swdn_j$ 中的Q波为基准,向前设置一个 $100/512s$ 的第四搜索窗确定所述第四搜索窗内的第一最大值最小值对,所述第一最大值最小值对的过0点即为P波点位置,以 $swdn_j$ 中S波为基准,向后设置一个 $100/512s$ 的第五搜索窗确定所述第五搜索窗内的第二最大值最小值对,所述第二最大值最小值对的过0点即为T波点位置。

6.一种心电信号波形特征点的提取装置,其特征在,包括:

第一读取单元,用于读取降噪后的原始心电信号;

第一处理单元,用于通过平稳小波变换处理所述步骤1)中的心电信号,选取最优小波基,并根据公式 $N=2^n$ 对所述心电信号根据进行分层,其中, N 为选取的信号点总点数, n 为总层数, n 为正整数;

第二处理单元,用于根据能量分布、频率分析和平均互相关确定QRS波体现最优的目标层的细节系数 $swdn_i$,以及T波和P波体现最优的目标层的细节系数 $swdn_j$,其中 swd 为细节系数, n_i 为QRS波体现最优的目标层, n_j 为T波和P波体现最优的目标层, i 和 j 为目标层的位置;

第三处理单元,用于确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 的极大值极小值对;

第四处理单元,用于通过第一搜索窗去除 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 的超出所述第一搜索窗高度范围的极大值极小值对,当去除 $swdn_i$ 的超出所述第一搜索窗高度范围的极大值极小值对时,第一搜索窗的高度 $T1=0.25rms(swdn_i^2)$,当去除 $swdn_j$ 的超出所述第一搜索窗高度范围的极大值极小值对,第一搜索窗的高度 $T1=0.25rms(swdn_j^2)$,所述第一搜索窗的宽度为 $d1$,所述 $d1$ 大于所述原始信号中从极大值到相邻极小值之间的波形时间;

通过第二搜索窗去除 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 的超出第二搜索窗高度范围的负的极大值极小值对,当去除 $swdn_i$ 的超出第二搜索窗高度范围的负的极大值极小值对时,第二搜索窗的高度 $T2=0.4rms(swdn_i(a)^2)$,当去除 $swdn_j$ 的超出第二搜索窗高度范围的负的极大值极小值对时,第二搜索窗的高度 $T2=0.4rms(swdn_j(a)^2)$,所述第二搜索窗的宽度为 $d2$,所述 $d2$ 大于所述原始信号中从极大值到相邻极小值之间的波形时间,其中 $a \in$ 第二搜索窗内的细节系数;

所述第二搜索窗位于所述第一搜索窗 $150ms-200ms$ 后;

第五处理单元,用于确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 中R波点位置,每组极大值极小值对的过0点位置

即为R波点位置：

第六处理单元，用于错检和漏检 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 中R波点位置；

第七处理单元，用于根据所述R波点位置确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 中Q波点位置和S波点位置；

第八处理单元，用于根据 $swdn_j$ 中Q波点位置和S波点位置确定P波和T波。

7. 根据权利要求6所述的心电信号波形特征点的提取装置，其特征在于，所述第三处理单元用于当确定 $swdn_i$ 的极大值时，所述 $swdn_i$ 中斜率大于0的图像命名为1，所述 $swdn_i$ 中斜率小于或者等于0的图像命名为0，其中斜率变化的点即为极大值点；

当确定 $swdn_i$ 的极小值时，所述 $swdn_i$ 中斜率小于0的图像命名为1，所述 $swdn_i$ 中斜率大于或者等于0的图像命名为0，其中斜率变化的点即为极小值点；

当确定 $swdn_j$ 的极大值时，所述 $swdn_j$ 中斜率大于0的图像命名为1，所述 $swdn_j$ 中斜率小于或者等于0的图像命名为0，其中斜率变化的点即为极大值点；

当确定 $swdn_j$ 的极小值时，所述 $swdn_j$ 中斜率小于0的图像命名为1，所述 $swdn_j$ 中斜率大于或者等于0的图像命名为0，其中斜率变化的点即为极大值点。

8. 根据权利要求6所述的心电信号波形特征点的提取装置，其特征在于，所述第六处理单元用于当相邻两个R波点位置之间的距离 $RR < 0.4mean$ 时为错检，去除极值小的R波点位置，当相邻两个R波点位置之间的距离 $RR > 1.6mean$ 时为漏检，在漏检的相邻两个R波点位置间找到一对绝对值最大的极大值极小值对。

9. 根据权利要求6所述的心电信号波形特征点的提取装置，其特征在于，所述第七处理单元用于确定 $swdn_i$ 中Q波点位置为 $swdn_i$ 中所述R波点位置前面的第三个极值点位置，确定 $swdn_j$ 中S波点位置为 $swdn_j$ 中所述R波点位置前面的第三个极值点位置；

利用第五搜索窗确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 中所述S波点的位置，当确定 $swdn_i$ 中所述S波点的位置时，第三搜索窗的高度 $T4 = 0.9rms(swdn_i^2)$ ，当确定 $swdn_i$ 中所述S波点的位置时，第三搜索窗的高度 $T4 = 0.9rms(swdn_j^2)$ ，宽度为 $d4$ ，所述 $d4$ 大于所述原始信号中从极大值到相邻极小值之间的波形时间，所述R波点位置后面的位于所述第三搜索框内的第三个极值点即为所述S波点位置。

10. 根据权利要求6所述的心电信号波形特征点的提取装置，其特征在于，所述第八处理单元用于以 $swdn_j$ 中的Q波为基准，向前设置一个 $100/512s$ 的第四搜索窗确定所述第四搜索窗内的第一最大值最小值对，所述第一最大值最小值对的过0点即为P波点位置，以 $swdn_j$ 中S波为基准，向后设置一个 $100/512s$ 的第五搜索窗确定所述第五搜索窗内的第二最大值最小值对，所述第二最大值最小值对的过0点即为T波点位置。

一种心电信号波形特征点的提取方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及医疗技术领域,特别涉及一种心电信号波形特征点的提取方法及装置。

背景技术

[0002] 现有技术中用于监测人体健康的可穿戴式设备有很多种,一般是通过传感器采集人体的生理信息数据,然后再对这些生理数据进行分析,达到检测人体状态的目的。其中,心电信号的处理过程中如何准确的提取心电信号中的特征点(PQRST)对实现状态的自动判定尤为重要,其中P波代表左右新房的波动、QRS波代表心室的收缩,T波代表心室复极。

[0003] 传统的心电信号特征点提取方法主要采用线性滤波器法,该法的处理速度快,且比较容易实现,但是由于心电信号的频率变异性使得该方法在准确性方面比较有限;现有技术中也有将滤波和差分运算方法结合对QRS波进行识别,但是该法的运算过程相对复杂。随着小波理论的发展,运用小波方法对心电信号特征点进行提取成为了主流,现有技术中常用的小波变换处理心电信号的方法有连续小波变换(CWT)和离散小波变换(DWT),其中CWT处理方法会产生冗余,而且CWT处理方法的计算量是DWT处理方法的计算量的两倍,因此DWT处理方法为现有技术中的常用方法。

[0004] DWT处理方法,在JPEG图像中离散余弦变换是将图像压缩为8*8的小块,这种算法考丢弃频率信息实现压缩,因为压缩率越高,频率信息被丢弃的也就越多,在极端情况下,JPEG图像只保留了反应图像外貌的基本信息,精细的图像细节图像都损失了,导致当尺度变大时DWT处理方法分辨率有损失,且没有移动不变形。

[0005] 因此,如何避免心电信号处理过程中的分辨率损失,成为本领域技术人员亟待解决的技术问题。

发明内容

[0006] 有鉴于此,本发明提供了一种心电信号波形特征点的提取方法,以心电信号处理过程中的分辨率损失。本发明还提供了一种心电信号波形特征点提取装置

[0007] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0008] 一种心电信号波形特征点的提取方法,包括:

[0009] 步骤1):读取降噪后的原始心电信号;

[0010] 步骤2):通过平稳小波变换处理所述步骤1)中的心电信号,选取最优小波基,并根据公式 $N=2^n$ 对所述心电信号根据进行分层,其中,N为选取的信号点总点数,n为总层数,n为正整数;

[0011] 步骤3):根据能量分布、频率分析和平均互相关确定QRS波体现最优的目标层的细节系数 $swdn_i$,以及T波和P波体现最优的目标层的细节系数 $swdn_j$,其中 swd 为细节系数, n_i 为QRS波体现最优的目标层, n_j 为T波和P波体现最优的目标层,i和j为目标层的位置;

[0012] 步骤4):确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 的极大值极小值对;

[0013] 步骤5):通过第一搜索窗去除swdni和swdnj的超出所述第一搜索窗高度范围的极大值极小值对,当去除swdni的超出所述第一搜索窗高度范围的极大值极小值对时,第一搜索窗的高度 $T1=0.25rms(swdni^2)$,当去除swdnj的超出所述第一搜索窗高度范围的极大值极小值对,第一搜索窗的高度 $T1=0.25rms(swdnj^2)$,所述第一搜索窗的宽度为d1,所述d1大于所述原始信号中从极大值到相邻极小值之间的波形时间;

[0014] 通过第二搜索窗去除swdni和swdnj的超出第二搜索窗高度范围的负的极大值极小值对,当去除swdni的超出第二搜索窗高度范围的负的极大值极小值对时,第二搜索窗的高度 $T2=0.4rms(swdni(a)^2)$,当去除swdnj的超出第二搜索窗高度范围的负的极大值极小值对时,第二搜索窗的高度 $T2=0.4rms(swdnj(a)^2)$,所述第二搜索窗的宽度为d2,所述d2大于所述原始信号中从极大值到相邻极小值之间的波形时间,其中 $a \in$ 第二搜索窗内的细节系数;

[0015] 所述第二搜索窗位于所述第一搜索窗150ms-200ms后;

[0016] 步骤6):确定swdni和swdnj中R波点位置,每组极大值极小值对的过0点位置即为R波点位置;

[0017] 步骤7):错检和漏检swdni和swdnj中R波点位置;

[0018] 步骤8):根据所述R波点位置确定swdni和swdnj中Q波点位置和S波点位置;

[0019] 步骤9):根据swdnj中Q波点位置和S波点位置确定P波和T波。

[0020] 优选的,在上述心电信号波形特征点的提取方法中,所述步骤4)中确定swdni和swdnj中的极大值极小值对的确定步骤为:

[0021] 当确定swdni的极大值时,所述swdni中斜率大于0的图像命名为1,所述swdni中斜率小于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极大值点;

[0022] 当确定swdni的极小值时,所述swdni中斜率小于0的图像命名为1,所述swdni中斜率大于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极小值点;

[0023] 当确定swdnj的极大值时,所述swdnj中斜率大于0的图像命名为1,所述swdnj中斜率小于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极大值点;

[0024] 当确定swdnj的极小值时,所述swdnj中斜率小于0的图像命名为1,所述swdnj中斜率大于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极大值点。

[0025] 优选的,在上述心电信号波形特征点的提取方法中,所述步骤8)确定swdni和swdnj中Q波点位置和S波点位置的具体步骤为:

[0026] 确定swdni中Q波点位置为swdni中所述R波点位置前面的第三个极值点位置,确定swdnj中S波点位置为swdnj中所述R波点位置前面的第三个极值点位置;

[0027] 利用第五搜索窗确定swdni和swdnj中所述S波点的位置,当确定swdni中所述S波点的位置时,第三搜索窗的高度 $T4=0.9rms(swdni^2)$,当确定swdnj中所述S波点的位置时,第三搜索窗的高度 $T4=0.9rms(swdnj^2)$,宽度为d4,所述d4大于所述原始信号中从极大值到相邻极小值之间的波形时间,所述R波点位置后面的位于所述第三搜索框内的第三个极值点即为所述S波点位置。

[0028] 优选的,在上述心电信号波形特征点的提取方法中,所述步骤7)具体为:

[0029] 当相邻两个R波点位置之间的距离 $RR < 0.4mean$ 时为错检,去除极值小的R波点位置,当相邻两个R波点位置之间的距离 $RR > 1.6mean$ 时为漏检,在漏检的相邻两个R波点位置

间找到一对绝对值最大的极大值极小值对。

[0030] 优选的,在上述心电信号波形特征点的提取方法中,所述步骤9)具体为:

[0031] 以swdn_j中的Q波为基准,向前设置一个100/512s的第四搜索窗确定所述第四搜索窗内的第一最大值最小值对,所述第一最大值最小值对的过0点即为P波点位置,以swdn_j中S波为基准,向后设置一个100/512s的第五搜索窗确定所述第五搜索窗内的第二最大值最小值对,所述第二最大值最小值对的过0点即为T波点位置。

[0032] 一种心电信号波形特征点的提取装置,包括:

[0033] 第一读取单元,用于读取降噪后的原始心电信号;

[0034] 第一处理单元,用于通过平稳小波变换处理所述步骤1)中的心电信号,选取最优小波基,并根据公式 $N=2^n$ 对所述心电信号根据进行分层,其中,N为选取的信号点总点数,n为总层数,n为正整数;

[0035] 第二处理单元,用于根据能量分布、频率分析和平均互相关确定QRS波体现最优的目标层的细节系数swdn_i,以及T波和P波体现最优的目标层的细节系数swdn_j,其中swd为细节系数,n_i为QRS波体现最优的目标层,n_j为T波和P波体现最优的目标层,i和j为目标层的位置;

[0036] 第三处理单元,用于确定swdn_i和swdn_j的极大值极小值对;

[0037] 第四处理单元,用于通过第一搜索窗去除swdn_i和swdn_j的超出所述第一搜索窗高度范围的极大值极小值对,当去除swdn_i的超出所述第一搜索窗高度范围的极大值极小值对时,第一搜索窗的高度 $T1=0.25rms(sw dn_i^2)$,当去除swdn_j的超出所述第一搜索窗高度范围的极大值极小值对,第一搜索窗的高度 $T1=0.25rms(sw dn_j^2)$,所述第一搜索窗的宽度为d1,所述d1大于所述原始信号中从极大值到相邻极小值之间的波形时间;

[0038] 通过第二搜索窗去除swdn_i和swdn_j的超出第二搜索窗高度范围的负的极大值极小值对,当去除swdn_i的超出第二搜索窗高度范围的负的极大值极小值对时,第二搜索窗的高度 $T2=0.4rms(sw dn_i(a)^2)$,当去除swdn_j的超出第二搜索窗高度范围的负的极大值极小值对时,第二搜索窗的高度 $T2=0.4rms(sw dn_j(a)^2)$,所述第二搜索窗的宽度为d2,所述d2大于所述原始信号中从极大值到相邻极小值之间的波形时间,其中 $a \in$ 第二搜索窗内的细节系数;

[0039] 所述第二搜索窗位于所述第一搜索窗150ms-200ms后;

[0040] 第五处理单元,用于确定swdn_i和swdn_j中R波点位置,每组极大值极小值对的过0点位置即为R波点位置;

[0041] 第六处理单元,用于错检和漏检swdn_i和swdn_j中R波点位置;

[0042] 第七处理单元,用于根据所述R波点位置确定swdn_i和swdn_j中Q波点位置和S波点位置;

[0043] 第八处理单元,用于根据swdn_j中Q波点位置和S波点位置确定P波和T波。

[0044] 优选的,在上述心电信号波形特征点的提取装置中,所述第三处理单元用于当确定swdn_i的极大值时,所述swdn_i中斜率大于0的图像命名为1,所述swdn_i中斜率小于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极大值点;

[0045] 当确定swdn_i的极小值时,所述swdn_i中斜率小于0的图像命名为1,所述swdn_i中斜率大于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极小值点;

[0046] 当确定 $swdn_j$ 的极大值时,所述 $swdn_j$ 中斜率大于0的图像命名为1,所述 $swdn_j$ 中斜率小于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极大值点;

[0047] 当确定 $swdn_j$ 的极小值时,所述 $swdn_j$ 中斜率小于0的图像命名为1,所述 $swdn_j$ 中斜率大于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极大值点。

[0048] 优选的,在上述心电信号波形特征点的提取装置中,所述第六处理单元用于当相邻两个R波点位置之间的距离 $RR < 0.4mean$ 时为错检,去除极值小的R波点位置,当相邻两个R波点位置之间的距离 $RR > 1.6mean$ 时为漏检,在漏检的相邻两个R波点位置间找到一对绝对值最大的极大值极小值对。

[0049] 优选的,在上述心电信号波形特征点的提取装置中,所述第七处理单元用于确定 $swdn_i$ 中Q波点位置为 $swdn_i$ 中所述R波点位置前面的第三个极值点位置,确定 $swdn_j$ 中S波点位置为 $swdn_j$ 中所述R波点位置前面的第三个极值点位置;

[0050] 利用第五搜索窗确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 中所述S波点的位置,当确定 $swdn_i$ 中所述S波点的位置时,第三搜索窗的高度 $T4 = 0.9rms(swdn_i^2)$,当确定 $swdn_i$ 中所述S波点的位置时,第三搜索窗的高度 $T4 = 0.9rms(swdn_j^2)$,宽度为 $d4$,所述 $d4$ 大于所述原始信号中从极大值到相邻极小值之间的波形时间,所述R波点位置后面的位于所述第三搜索框内的第三个极值点即为所述S波点位置。

[0051] 优选的,在上述心电信号波形特征点的提取装置中,所述第八处理单元用于以 $swdn_j$ 中的Q波为基准,向前设置一个 $100/512s$ 的第四搜索窗确定所述第四搜索窗内的第一最大值最小值对,所述第一最大值最小值对的过0点即为P波点位置,以 $swdn_j$ 中S波为基准,向后设置一个 $100/512s$ 的第五搜索窗确定所述第五搜索窗内的第二最大值最小值对,所述第二最大值最小值对的过0点即为T波点位置。

[0052] 从上述技术方案可以看出,本发明提供的心电信号波形特征点的提取方法包括QRS波点位置、P波点位置和T波点位置的确定。QRS波点位置的确定过程:读取降噪后的原始心电信号后,通过平稳小波变换处理心电信号,选取最优小波基并对心电信号分层,根据能量分布、频率分析和平均互相关确定QRS波体现最优的目标层的细节系数 $swdn_i$,以及T波和P波体现最优的目标层的细节系数 $swdn_j$,然后确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 的极大值极小值对,通过第一搜索窗和第二搜索窗筛选去除 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 中不符合要求的极大值极小值对,确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 的R波点位置,对 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 的R波点位置进行错检和漏检操作,确定最终的R波点位置,根据R波点位置确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 的Q波点和S波点的位置,从而实现 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 的了QRS波点位置的确定。 $swdn_j$ 的P波点位置和T波点位置的确定:通过 $swdn_j$ 的了QRS波点位置的确定P波点位置和T波点位置。上述QRS波点位置的确定、T波点位置及P波点位置的确定均用到了平稳小波变换,平稳小波变换相对于离散小波变换能够有效避免尺度变大时分辨率的损伤,同时移动不变形,有效解决了现有技术中存在的问题。

附图说明

[0053] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0054] 图1为本发明实施例提供的心电信号波形特征点的提取方法的流程图。

具体实施方式

[0055] 本发明公开了一种心电信号波形特征点的提取方法,以心电信号处理过程中的分辨率损失。

[0056] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0057] 请参阅图1,图1为本发明实施例提供的心电信号波形特征点的提取方法的流程图。

[0058] 本发明公开了一种心电信号波形特征点的提取方法,包括:

[0059] 步骤1):读取降噪后的原始心电信号;

[0060] 步骤2):通过平稳小波变换处理步骤1)中的心电信号,选取最优小波基,并根据公式 $N=2^n$ 对心电信号根据进行分层,其中, N 为选取的信号点总点数, n 为总层数, n 为正整数;

[0061] 步骤3):根据能量分布、频率分析和平均互相关确定QRS波体现最优的目标层的细节系数 $swdn_i$,以及T波和P波体现最优的目标层的细节系数 $swdn_j$,其中 swd 为细节系数, n_i 为QRS波体现最优的目标层, n_j 为T波和P波体现最优的目标层, i 和 j 为目标层的位置,假设 $i=5$,相应的目标层为第5层,假设 $j=6$,相应的目标层为第7层, i 和 j 代表的是层的位置,不是层的总数;

[0062] 步骤4):确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 的极大值极小值对;

[0063] 步骤5):通过第一搜索窗去除 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 的超出第一搜索窗高度范围的极大值极小值对,当去除 $swdn_i$ 的超出第一搜索窗高度范围的极大值极小值对时,第一搜索窗的高度 $T1=0.25rms(swdn_i^2)$,当去除 $swdn_j$ 的超出第一搜索窗高度范围的极大值极小值对,第一搜索窗的高度 $T1=0.25rms(swdn_j^2)$,第一搜索窗的宽度为 $d1$, $d1$ 大于原始信号中从极大值到相邻极小值之间的波形时间;

[0064] 通过第二搜索窗去除 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 的超出第二搜索窗高度范围的负的极大值极小值对,当去除 $swdn_i$ 的超出第二搜索窗高度范围的负的极大值极小值对时,第二搜索窗的高度 $T2=0.4rms(swdn_i(a)^2)$,当去除 $swdn_j$ 的超出第二搜索窗高度范围的负的极大值极小值对时,第二搜索窗的高度 $T2=0.4rms(swdn_j(a)^2)$,第二搜索窗的宽度为 $d2$, $d2$ 大于原始信号中从极大值到相邻极小值之间的波形时间,其中 $a \in$ 第二搜索窗内的细节系数;

[0065] 第二搜索窗位于第一搜索窗150ms-200ms后;

[0066] 步骤6):确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 中R波点位置,每组极大值极小值对的过0点位置即为R波点位置;

[0067] 步骤7):错检和漏检 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 中R波点位置,当相邻两个R波点位置之间的距离 $RR < 0.4mean$ 时为错检,去除极值小的R波点位置,当相邻两个R波点位置之间的距离 $RR > 1.6mean$ 时为漏检,在漏检的相邻两个R波点位置间找到一对绝对值最大的极大值极小值对;

[0068] 步骤8):根据R波点位置确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 中Q波点位置和S波点位置;

[0069] 步骤9):根据swdn_j中Q波点位置和S波点位置确定P波和T波。

[0070] 本方案中采用平稳小波变换处理心电信号代替现有技术中通过离散小波变换处理心电信号的过程,能够有效解决现有技术通过离散小波变换处理心电信号存在的没有移动不变形和当尺度变大造成分辨率损失的问题,在一定程度上提高了心电信号的处理效果。

[0071] 极大值极小值对的确定需要在相应的层进行,需要注意的是,极大值极小值对包括一个极大值和一个极小值。

[0072] 步骤5)中去除超出第一搜索窗高度范围的极大值极小值对的标准是,当满足极大值大于T1或者极小值的绝对值大于T1中一个条件时,去除该组极大值极小值对。

[0073] 第一搜索窗用来去除极值超出阈值T1范围的极大值极小值对,第二搜索窗用于去除负的极大值极小值对,通过第一搜索窗与第二搜索窗配合筛选能够保证确定的R波点位置更加准确,提高心电信号检测的准确性。

[0074] 第一搜索窗的高度计算公式中用到是目标层的所有细节系数,第二搜索窗的高度计算公式中用到是目标层中位于第二搜索窗内的细节系数。

[0075] 步骤4)中确定swdn_i和swdn_j中的极大值极小值对的确定步骤为:

[0076] 当确定swdn_i的极大值时,swdn_i中斜率大于0的图像命名为1,swdn_i中斜率小于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极大值点;

[0077] 当确定swdn_i的极小值时,swdn_i中斜率小于0的图像命名为1,swdn_i中斜率大于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极小值点;

[0078] 当确定swdn_j的极大值时,swdn_j中斜率大于0的图像命名为1,swdn_j中斜率小于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极大值点;

[0079] 当确定swdn_j的极小值时,swdn_j中斜率小于0的图像命名为1,swdn_j中斜率大于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极大值点。

[0080] 通过斜率的变化点确定极大值极小值对的存在。

[0081] 步骤8)确定swdn_i和swdn_j中Q波点位置和S波点位置的具体步骤为:

[0082] 确定swdn_i中Q波点位置为swdn_i中R波点位置前面的第三个极值点位置,确定swdn_j中S波点位置为swdn_j中R波点位置前面的第三个极值点位置;

[0083] 利用第五搜索窗确定swdn_i和swdn_j中S波点的位置,当确定swdn_i中S波点的位置时,第三搜索窗的高度 $T4=0.9rms(swdn_i^2)$,当确定swdn_i中S波点的位置时,第三搜索窗的高度 $T4=0.9rms(swdn_j^2)$,宽度为d4,d4大于原始信号中从极大值到相邻极小值之间的波形时间,R波点位置后面的位于第三搜索框内的第三个极值点即为S波点位置。

[0084] 步骤7)具体为:

[0085] 当相邻两个R波点位置之间的距离 $RR < 0.4mean$ 时为错检,去除极值小的R波点位置,当相邻两个R波点位置之间的距离 $RR > 1.6mean$ 时为漏检,在漏检的相邻两个R波点位置间找到一对绝对值最大的极大值极小值对。

[0086] 通过错检和漏检操作进一步提高了R波点位置确定的准确率。

[0087] 步骤9)具体为:

[0088] 以swdn_j中的Q波为基准,向前设置一个100/512s的第四搜索窗确定第四搜索窗内的第一最大值最小值对,第一最大值最小值对的过0点即为P波点位置,以swdn_j中S波为基

准,向后设置一个100/512s的第五搜索窗确定第五搜索窗内的第二最大值最小值对,第二最大值最小值对的过0点即为T波点位置。

[0089] 第四搜索窗和第五搜索窗只有宽度没有高度,此处的最大值最小值对不一定是极大值极小值对,目的是找到距离Q波最近的P波点位置和距离S波最近的T波点位置。此处需要说明的是最大值最小值对包括一个最大值和一个最小值。

[0090] 一种心电信号波形特征点的提取装置,包括:

[0091] 第一读取单元,用于读取降噪后的原始心电信号;

[0092] 第一处理单元,用于通过平稳小波变换处理步骤1)中的心电信号,选取最优小波基,并根据公式 $N=2^n$ 对心电信号根据进行分层,其中, N 为选取的信号点总点数, n 为总层数, n 为正整数;

[0093] 第二处理单元,用于根据能量分布、频率分析和平均互相关确定QRS波体现最优的目标层的细节系数 $swdn_i$,以及T波和P波体现最优的目标层的细节系数 $swdn_j$,其中 swd 为细节系数, n_i 为QRS波体现最优的目标层, n_j 为T波和P波体现最优的目标层, i 和 j 为目标层的位置;

[0094] 第三处理单元,用于确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 的极大值极小值对;

[0095] 第四处理单元,用于通过第一搜索窗去除 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 的超出第一搜索窗高度范围的极大值极小值对,当去除 $swdn_i$ 的超出第一搜索窗高度范围的极大值极小值对时,第一搜索窗的高度 $T1=0.25rms(swdn_i^2)$,当去除 $swdn_j$ 的超出第一搜索窗高度范围的极大值极小值对,第一搜索窗的高度 $T1=0.25rms(swdn_j^2)$,第一搜索窗的宽度为 $d1$, $d1$ 大于原始信号中从极大值到相邻极小值之间的波形时间;

[0096] 通过第二搜索窗去除 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 的超出第二搜索窗高度范围的负的极大值极小值对,当去除 $swdn_i$ 的超出第二搜索窗高度范围的负的极大值极小值对时,第二搜索窗的高度 $T2=0.4rms(swdn_i(a)^2)$,当去除 $swdn_j$ 的超出第二搜索窗高度范围的负的极大值极小值对时,第二搜索窗的高度 $T2=0.4rms(swdn_j(a)^2)$,第二搜索窗的宽度为 $d2$, $d2$ 大于原始信号中从极大值到相邻极小值之间的波形时间,其中 $a \in$ 第二搜索窗内的细节系数;

[0097] 第二搜索窗位于第一搜索窗150ms-200ms后;

[0098] 第五处理单元,用于确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 中R波点位置,每组极大值极小值对的过0点位置即为R波点位置;

[0099] 第六处理单元,用于错检和漏检 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 中R波点位置;

[0100] 第七处理单元,用于根据R波点位置确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 中Q波点位置和S波点位置;

[0101] 第八处理单元,用于根据 $swdn_j$ 中Q波点位置和S波点位置确定P波和T波。

[0102] 本方案中采用平稳小波变换处理心电信号代替现有技术中通过离散小波变换处理心电信号的过程,能够有效解决现有技术通过离散小波变换处理心电信号存在的没有移动不变形和当尺度变大造成分辨率损失的问题,在一定程度上提高了心电信号的处理效果。

[0103] 极大值极小值对的确定需要在相应的层进行,需要注意的是,极大值极小值对包括一个极大值和一个极小值。

[0104] 第四处理单元中去除超出第一搜索窗高度范围的极大值极小值对的标准是,当满足极大值大于 $T1$ 或者极小值的绝对值大于 $T1$ 中一个条件时,去除该组极大值极小值对。

[0105] 第一搜索窗用来去除极值超出阈值 $T1$ 范围的极大值极小值对,第二搜索窗用于去除负的极大值极小值对,通过第一搜索窗与第二搜索窗配合筛选能够保证确定的R波点位置更加准确,提高心电信号检测的准确性。

[0106] 第一搜索窗的高度计算公式中用到是目标层的所有细节系数,第二搜索窗的高度计算公式中用到是目标层中位于第二搜索窗内的细节系数。

[0107] 为了进一步优化上述技术方案,在本发明提供的心电信号波形特征点的提取装置中,第三处理单元用于当确定 $swdn_i$ 的极大值时, $swdn_i$ 中斜率大于0的图像命名为1, $swdn_i$ 中斜率小于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极大值点;

[0108] 当确定 $swdn_i$ 的极小值时, $swdn_i$ 中斜率小于0的图像命名为1, $swdn_i$ 中斜率大于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极小值点;

[0109] 当确定 $swdn_j$ 的极大值时, $swdn_j$ 中斜率大于0的图像命名为1, $swdn_j$ 中斜率小于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极大值点;

[0110] 当确定 $swdn_j$ 的极小值时, $swdn_j$ 中斜率小于0的图像命名为1, $swdn_j$ 中斜率大于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点即为极大值点。

[0111] 通过斜率的变化点确定极大值极小值对的存在。

[0112] 第六处理单元用于当相邻两个R波点位置之间的距离 $RR < 0.4mean$ 时进行错检,去除极值小的R波点位置,当相邻两个R波点位置之间的距离 $RR > 1.6mean$ 时进行漏检,在漏检的相邻两个R波点位置间找到一对绝对值最大的极大值极小值对。

[0113] 通过错检和漏检操作进一步提高了R波点位置确定的准确率。

[0114] 第七处理单元用于确定 $swdn_i$ 中Q波点位置为 $swdn_i$ 中R波点位置前面的第三个极值点位置,确定 $swdn_j$ 中S波点位置为 $swdn_j$ 中R波点位置前面的第三个极值点位置;

[0115] 利用第五搜索窗确定 $swdn_i$ 和 $swdn_j$ 中S波点的位置,当确定 $swdn_i$ 中S波点的位置时,第三搜索窗的高度 $T4 = 0.9rms(swdn_i^2)$,当确定 $swdn_i$ 中S波点的位置时,第三搜索窗的高度 $T4 = 0.9rms(swdn_j^2)$,宽度为 $d4$, $d4$ 大于原始信号中从极大值到相邻极小值之间的波形时间,R波点位置后面的位于第三搜索框内的第三个极值点即为S波点位置。

[0116] 第八处理单元用于以 $swdn_j$ 中的Q波为基准,向前设置一个 $100/512s$ 的第四搜索窗确定第四搜索窗内的第一最大值最小值对,第一最大值最小值对的过0点即为P波点位置,以 $swdn_j$ 中S波为基准,向后设置一个 $100/512s$ 的第五搜索窗确定第五搜索窗内的第二最大值最小值对,第二最大值最小值对的过0点即为T波点位置。

[0117] 第四搜索窗和第五搜索窗只有宽度没有高度,此处的最大值最小值对不一定是极大值极小值对,目的是找到距离Q波最近的P波点位置和距离S波最近的T波点位置。此处需要说明的是最大值最小值对包括一个最大值和一个最小值。

[0118] 本发明以一个具体实施例进行说明:

[0119] 选取的信号点总点数 $N = 4096$,根据公式 $N = 2^n$ 获得的分解层数为12层;

[0120] 如果小波基的支集长度太大会不利于实时性,与待分析的信号相似性太差会造成原始信号在重构后有失真现象,且考虑小波基的对称性,如果对称性不好容易造成原始信号在重构后有相移的存在,综上,选取小波基db4,其对称性好,且与心电信号的P-QRS-T波具有一定的相似性。

[0121] 根据能量分布、频率分析和平均互相性选取第5层 $swd5$ 进行QRS波提取,第六层

swd6进行T波和P波的提取。

[0122] 选取swd5细节系数获得QRS波的原因：

[0123] 1)能量分布,由于ECG(心电信号)的能量主要集中在QRS波群上,相应的,通过信号分解后,QRS波会在能量最大的一层体现的最明显,通过MATLAB软件可以得到QRS波群在swd5体现的最明显；

[0124] 2)频率分析,根据ECG中QRS波形频率范围,其能量主要集中在0~38Hz范围内,波峰集中在10~20Hz,中心频率在17Hz左右,带宽约10Hz,对swd5的细节系数进行傅里叶变换,发现swd5的中心频率也与QRS波群的频率范围接近；

[0125] 3)平均互相关,根据计算也可以得到swd5的细节系数与原始心电信号的相关最好。

[0126] 通过上述内容可以看出,swd5在能量分布、频率域和时间域上与QRS波的相关性最大。

[0127] 选取swd6细节系数的原因：

[0128] 1)能量分布,通过信号分解后,T波和P波在swd6体现的最明显；

[0129] 2)频率分析,对swd6的细节系数进行傅里叶变换,发现swd6的中心频率也与T波和P波的频率范围接近；

[0130] 3)平均互相关,根据计算也可以得到swd6的细节系数与原始心电信号的相关性最好。

[0131] 通过上述内容可以看出,swd6在能量分布、频率域和时间域上与T波和P波的相关性最大。

[0132] 找出swd5极大值极小值对,一组极大值极小值对中包含一个极大值和一个极小值。极大值极小值对的获得方式有多种,本方案中通过图像的斜率获得极大值极小值对,具体为swd5中斜率大于0的图像命名为1,swd5中斜率小于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点也就是斜率由1变成0或者由0变成1的点为极大值点；swd5中斜率小于0的图像命名为1,swd5中斜率大于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点也就是斜率由1变为0或者由0变为1的点为极小值点。

[0133] 找出swd6极大值极小值对,swd6中斜率大于0的图像命名为1,swd6中斜率小于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点也就是斜率由1变成0或者由0变成1的点为极大值点；swd6中斜率小于0的图像命名为1,swd6中斜率大于或者等于0的图像命名为0,其中斜率变化的点也就是斜率由1变为0或者由0变为1的点为极小值点。

[0134] 通过第一搜索窗去除swd5和swd5的一部分极大值极小值对,去除原则为极大值大于阈值T1的去掉,极小值的绝对值大于T1的也去掉,且该极大值极小值对只要满足其中一个条件就可以去除。

[0135] 通过第二搜索窗去除swd5和swd5负的极大值极小值对。

[0136] 第二搜索窗在第一搜索窗150ms-200ms后出现,优选的,第二搜索窗在第一搜索窗200ms后出现,且第一搜索窗和第二搜索窗的宽度为40mm。

[0137] 通过步骤4)后确定swd5和swd5的极大值极小值对,每组极大值与极小值的过0点即相应层的R波点位置。

[0138] 为了避免丢失swd5和swd5的R波点位置,同时避免swd5和swd5出现冗余的R波点位

置,需要对步骤6)中的R波点位置进行错检和漏检操作,其中错检和漏检的原则为当相邻两个R波点位置之间的距离 $RR < 0.4\text{mean}$ 时为错检,去除极值小的R波点位置,当相邻两个R波点位置之间的距离 $RR > 1.6\text{mean}$ 时为漏检,在漏检的相邻两个R波点位置间找到一对绝对值最大的极大值极小值对。对R波点位置的漏检和错检不限于上述方法,还可以为本领域技术人员能够想到的其他能够实现的方案,在此不做具体限定。其中mean为RR的平均值。

[0139] 确定swd5和swd5的Q波点位置和S波点位置,由于在第一搜索窗和第二搜索窗的滑动过程中已经对R波前的极值点位置进行了记录,R波前的第三个极值点位置即为Q波点位置;S波点位置的确定需要通过第三搜索窗得到,第三搜索窗内的第三个极值点即为S波点位置。在Q波点位置和S波点位置的确定过程中第三个极值点为极大值点还是极小值点都可以。

[0140] 此处需要说明的是swd6上QRS波的确定不是真实的QRS波,利用该层检测到的QRS波位置定位出T波和P波位置。

[0141] 通过第四搜索窗和第五搜索窗确定swd6的T波点位置和P波点位置,在第四搜索窗和第五搜索窗的滑动范围内仅存在一组最大值最小值对,其中每组最大值最小值对包括一个最大值和一个最小值,第四搜索窗内相邻最大值与最小值之间的过0点即为T波点位置,第五搜索窗内相邻最大值与最小值之间的过0点即为P波点位置。

[0142] 心电信号波形特征点提取过程结束。

[0143] 根据人体ECG信号的一般规律,第一搜索窗、第二搜索窗和第三搜索窗的宽度为40ms能够满足要求。

[0144] 优选的,第二搜索窗位于第一搜索窗200ms后。

[0145] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

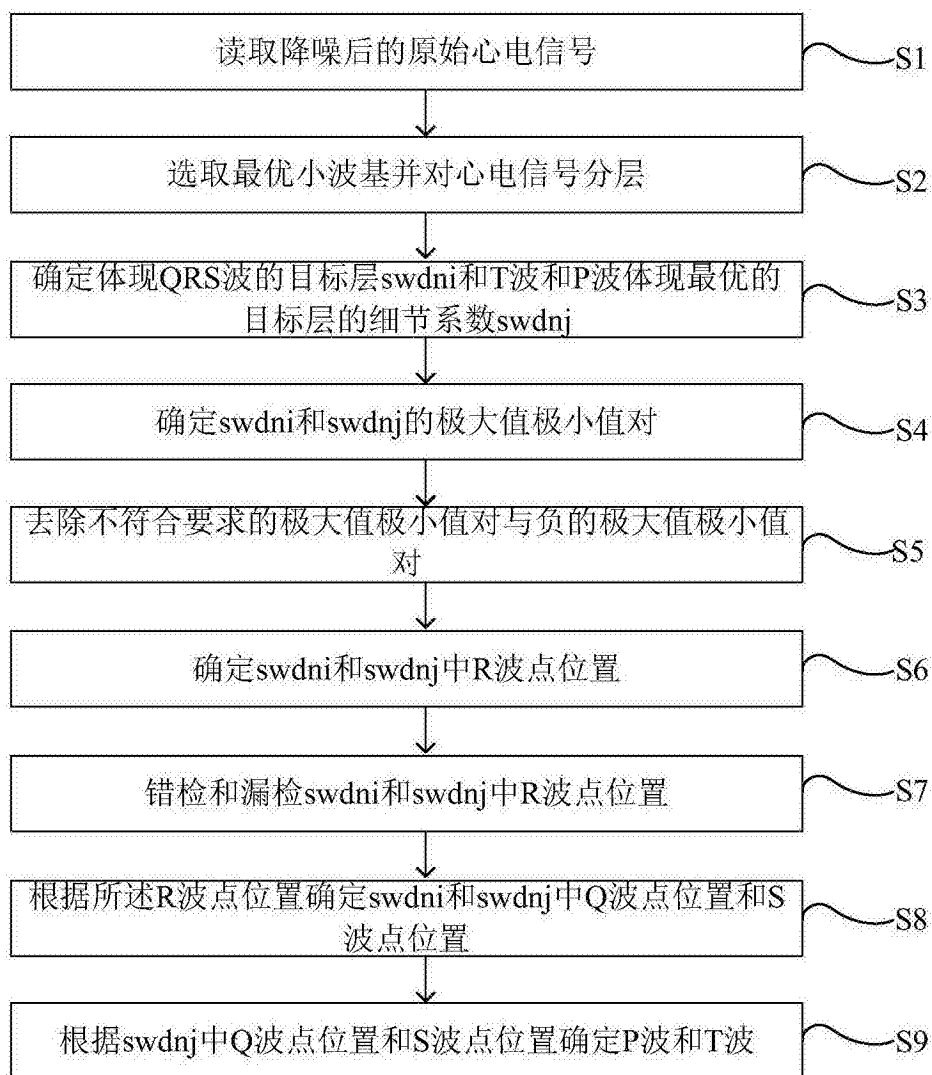


图1

专利名称(译)	一种心电信号波形特征点的提取方法及装置		
公开(公告)号	CN105748066A	公开(公告)日	2016-07-13
申请号	CN201610120611.9	申请日	2016-03-03
[标]申请(专利权)人(译)	深圳竹信科技有限公司		
申请(专利权)人(译)	深圳竹信科技有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	深圳竹信科技有限公司		
[标]发明人	郑慧敏		
发明人	郑慧敏		
IPC分类号	A61B5/0456 A61B5/0472 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/00 A61B5/0456 A61B5/0472 A61B5/7253		
代理人(译)	王仲凯		
其他公开文献	CN105748066B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种心电信号波形特征点的提取方法包括QRS波点、P波点和T波点的位置确定。QRS波点的位置确定：平稳小波变换处理心电信号，确定QRS波体现最优的目标层和T、P波体现最优的目标层，找出相应目标层的极大值极小值对，并去除不符合要求的极大值极小值对，对R波点位置进行错检和漏检，获得最终的R波点位置，然后确定Q波点和S波点位置，根据T、P波体现最优的目标层确定的QRS波确定P波点和T波点的位置。上述QRS波点、T波点及P波点位置的确定均用到了平稳小波变换，平稳小波变换相对于离散小波变换能够有效避免尺度变大时分辨率的损伤，同时移动不变形，有效解决了现有技术中存在的问题。

