



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106333677 A

(43)申请公布日 2017.01.18

(21)申请号 201610840456.8

(22)申请日 2016.09.21

(71)申请人 广州视源电子科技股份有限公司
地址 510530 广东省广州市广州黄埔区云埔四路6号

(72)发明人 赵巍 胡静 韩志

(74)专利代理机构 广州华进联合专利商标代理有限公司 44224
代理人 潘桂生

(51) Int. Cl.
A61B 5/0476(2006.01)
A61B 5/0496(2006.01)
A61B 5/11(2006.01)
A61B 5/00(2006.01)

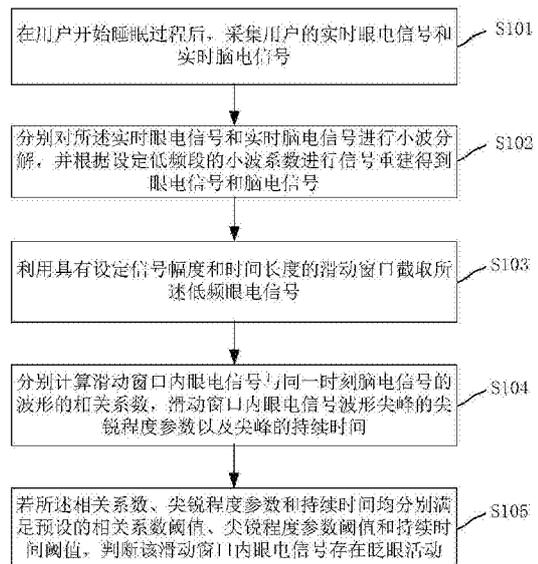
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法和系统

(57)摘要

本发明涉及一种睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法和系统,其中所述方法包括:在用户开始睡眠过程后,采集用户的实时眼电信号和实时脑电信号;分别对实时眼电信号和实时脑电信号进行小波分解,并根据设定低频段的小波系数进行信号重建得到眼电信号和脑电信号;利用具有设定信号幅度和时间长度的滑动窗口截取低频眼电信号;分别计算滑动窗口内眼电信号与同一时刻脑电信号的波形的相关系数,滑动窗口内眼电信号波形尖峰的尖锐程度参数以及尖峰的持续时间;若相关系数、尖锐程度参数和持续时间均分别满足预设的相关系数阈值、尖锐程度参数阈值和持续时间阈值,判断该滑动窗口内眼电信号存在眨眼活动。本发明可以准确地检测出脑电图中的眨眼活动,提高睡眠状态分析的准确率。



1. 一种睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法,其特征在于,包括:

在用户开始睡眠过程后,采集用户的实时眼电信号和实时脑电信号;

分别对所述实时眼电信号和实时脑电信号进行小波分解,并根据设定低频段的小波系数进行信号重建得到眼电信号和脑电信号;

利用具有设定信号幅度和时间长度的滑动窗口截取所述低频眼电信号;

分别计算滑动窗口内眼电信号与同一时刻脑电信号的波形的相关系数,滑动窗口内眼电信号波形尖峰的尖锐程度参数以及尖峰的持续时间;

若所述相关系数、尖锐程度参数和持续时间均分别满足预设的相关系数阈值、尖锐程度参数阈值和持续时间阈值,判断该滑动窗口内眼电信号存在眨眼活动。

2. 根据权利要求1所述的睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法,其特征在于,所述计算滑动窗口内眼电信号波形尖峰的尖锐程度参数的步骤包括:

分别计算眼电信号波形在滑动窗口内的上部区域面积和下部区域面积,计算公式如下:

$$area_{up} = \sum_{i=1}^n (p_{max} - p_i)$$

$$area_{down} = \sum_{i=1}^n (p_i - p_{min})$$

式中, p_i 为滑动窗口内的眼电信号, p_{max} 为滑动窗口内眼电信号的最大值, p_{min} 为滑动窗口内眼电信号的最小值, $area_{up}$ 表示上部区域面积, $area_{down}$ 表示下部区域面积;

根据所述上部区域面积和下部区域面积计算所述眼电信号波形尖峰的面积,计算公式如下:

$$blink_{area} = \begin{cases} area_{up} & \text{if } area_{up} < area_{down} \\ area_{down} & \text{if } area_{up} > area_{down} \end{cases}$$

式中, $blink_{area}$ 表示尖峰的面积,if表示满足条件;

根据尖峰面积计算尖锐程度参数,计算公式如下:

$$blink_{ratio} = blink_{area} / in - blink_{area}$$

式中, $blink_{ratio}$ 表示尖锐程度参数, $in - blink_{area}$ 表示非尖峰部分的面积。

3. 根据权利要求2所述的睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法,其特征在于,所述计算滑动窗口内眼电信号波形尖峰的持续时间的步骤包括:

根据所述上部区域面积和下部区域面积计算所述眼电信号波形尖峰的方向,计算公式如下:

$$blink_{direction} = \begin{cases} 1 & \text{if } area_{up} < area_{down} \\ -1 & \text{if } area_{up} > area_{down} \end{cases}$$

式中, $blink_{direction}$ 表示尖峰方向,标记为1表示尖峰向下,标记为-1表示尖峰向上;

在尖峰向下时,根据尖峰两侧的局部极大值点计算尖峰的持续时间;或者在尖峰向上时,根据尖峰两侧的局部局部极小值点计算尖峰的持续时间;计算公式如下:

$$blink_{ts} = vertex_{right} - vertex_{left},$$

$$s.t. \begin{cases} vertex_{right} = right_min_loca & vertex_{left} = left_min_loca & if \ blink_{direction} = 1 \\ vertex_{right} = right_max_loca & vertex_{left} = left_max_loca & if \ blink_{direction} = -1 \end{cases}$$

式中, $blink_{ts}$ 表示尖峰的持续时间, $vertex_{right}$ 表示尖峰的右侧顶点时刻, $vertex_{left}$ 表示尖峰的左侧顶点时刻, $right_min_loca$ 表示尖峰右侧的局部极小值点, $right_max_loca$ 表示尖峰右侧的局部极大值点, $left_min_loca$ 表示尖峰左侧的局部极小值点, $left_max_loca$ 表示尖峰左侧的局部极大值点, $s.t.$ 表示约束条件。

4. 根据权利要求3所述的睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法, 其特征在于, 所述滑动窗口的长度为 $n=0.6 \cdot fs$, 其中, n 为滑动窗口长度, fs 为眼电信号的采样率。

5. 根据权利要求3所述的睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法, 其特征在于, 所述设定信号幅度为 $p_{max}-p_{min}$; 其中, p_{max} 为滑动窗口内眼电信号的最大值, p_{min} 为滑动窗口内眼电信号的最小值。

6. 根据权利要求3所述的睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法, 其特征在于, 所述滑动窗口的幅度处于75微伏至300微伏之间。

7. 根据权利要求3所述的睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法, 其特征在于, 所述眨眼时眼电信号与脑电信号之间的相关系数阈值为0.9。

8. 根据权利要求3所述的睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法, 其特征在于, 所述尖锐程度参数阈值为0.3, 所述持续时间阈值为0.3秒。

9. 根据权利要求1所述的睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法, 其特征在于, 所述设定低频段为0~8Hz频段。

10. 一种睡眠状态分析中眨眼活动的检测系统, 其特征在于, 包括:

信号采集模块, 用于在用户开始睡眠过程后, 采集用户的实时眼电信号和实时脑电信号;

信号重建模块, 用于分别对所述实时眼电信号和实时脑电信号进行小波分解, 并根据设定低频段的小波系数进行信号重建得到眼电信号和脑电信号;

窗口截图模块, 用于利用具有设定信号幅度和时间长度的滑动窗口截取所述低频眼电信号;

特征计算模块, 用于分别计算滑动窗口内眼电信号与同一时刻脑电信号的波形的相关系数, 滑动窗口内眼电信号波形尖峰的尖锐程度参数以及尖峰的持续时间;

阈值判断模块, 用于若所述相关系数、尖锐程度参数和持续时间均分别满足预设的相关系数阈值、尖锐程度参数阈值和持续时间阈值, 判断该滑动窗口内眼电信号存在眨眼活动。

睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及辅助睡眠技术领域,特别是涉及一种睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法和系统。

背景技术

[0002] 目前市面上已经有一些辅助设备来进行辅助人们入睡,即辅助睡眠,以提高用户的睡眠质量。睡眠状态分析是辅助设备了解用户睡眠质量的重要手段,而在此过程中,需要对用户睡眠状态进行检测,以准确知道用户是清醒还是睡着状态,然后才能够进行对应的干预措施。

[0003] 多导睡眠图 (Polysomnography, PSG), 又称睡眠脑电图, 是目前临床上用于睡眠诊断和分析的“金标准”。多导睡眠图利用多种生命体征对睡眠进行分析, 在这些体征信号中, 脑电处于核心地位; 利用脑电波4种节律: δ 波 (1-3Hz), θ 波 (4-7Hz), α 波 (8-12Hz), β 波 (14-30Hz) 的频率特性。根据不同节律的脑电波和眼球运动特征, 除了清醒阶段以外, 睡眠可以分成非眼快动睡眠 (No Rapid Eye Movement Sleep, NREM sleep) 和眼快动睡眠 (Rapid Eye Movement Sleep, REM sleep) 周期。其中非眼快动睡眠又可以分为4个时期: S1期 (完全清醒至睡眠之间的过渡阶段), S2期 (浅睡阶段), S3期 (中等深度睡眠), S4期 (深睡期)。

[0004] 在正常人的睡眠周期中, 眨眼是清醒期所特有的一个活动。眨眼活动在脑电图上表现为具有高尖峰, 短时间 (0.3~0.4秒), 近似与三角波的波形。由于眨眼时眼电的幅度较高, 会对脑电信号造成干扰, 因此, 正确识别眨眼活动, 对于睡眠状态分析具有十分重要的作用。

[0005] 现有方法一般是直接根据脑电图的波形来判定眨眼活动, 由于眨眼的速度较快, 对脑电信号的干扰时间短, 现有方法容易存在误判或漏判情况, 无法准确地检测眨眼活动。

发明内容

[0006] 基于此, 有必要针对上述问题, 提供一种睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法和系统, 可以准确地检测眨眼活动。

[0007] 一种睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法, 包括:

[0008] 在用户开始睡眠过程后, 采集用户的实时眼电信号和实时脑电信号;

[0009] 分别对所述实时眼电信号和实时脑电信号进行小波分解, 并根据设定低频段的小波系数进行信号重建得到眼电信号和脑电信号;

[0010] 利用具有设定信号幅度和时间长度的滑动窗口截取所述低频眼电信号;

[0011] 分别计算滑动窗口内眼电信号与同一时刻脑电信号的波形的相关系数, 滑动窗口内眼电信号波形尖峰的尖锐程度参数以及尖峰的持续时间;

[0012] 若所述相关系数、尖锐程度参数和持续时间均分别满足预设的相关系数阈值、尖锐程度参数阈值和持续时间阈值, 判断该滑动窗口内眼电信号存在眨眼活动。

[0013] 一种睡眠状态分析中眨眼活动的检测系统, 包括:

[0014] 信号采集模块,用于在用户开始睡眠过程后,采集用户的实时眼电信号和实时脑电信号;

[0015] 信号重建模块,用于分别对所述实时眼电信号和实时脑电信号进行小波分解,并根据设定低频段的小波系数进行信号重建得到眼电信号和脑电信号;

[0016] 窗口截图模块,用于利用具有设定信号幅度和时间长度的滑动窗口截取所述低频眼电信号;

[0017] 特征计算模块,用于分别计算滑动窗口内眼电信号与同一时刻脑电信号的波形的相关系数,滑动窗口内眼电信号波形尖峰的尖锐程度参数以及尖峰的持续时间;

[0018] 阈值判断模块,用于若所述相关系数、尖锐程度参数和持续时间均分别满足预设的相关系数阈值、尖锐程度参数阈值和持续时间阈值,判断该滑动窗口内眼电信号存在眨眼活动。

[0019] 上述睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法和系统,在用户开始睡眠过程后,采集用户的实时眼电信号和实时脑电信号,进行小波分解和低频段重建得到眼电信号和脑电信号;根据同一时刻脑电信号和眼电信号的相关性,波形尖峰的尖锐程度以及持续时间的特征与设定阈值比较,从而检测出眼电信号上的眨眼活动。该方案可以在用户睡眠状态分析过程中,准确地检测出脑电图中的眨眼活动,提高睡眠状态分析的准确率。

附图说明

[0020] 图1为一个实施例的睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法的流程图;

[0021] 图2是一段常见的清醒时期的脑电信号与眼电信号示意图;

[0022] 图3为滑动窗口内眼电信号波形尖峰面积示意图;

[0023] 图4为检测到眨眼活动的结果示意图;

[0024] 图5为一个实施例的睡眠状态分析中眨眼活动的检测系统结构示意图。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图阐述本发明的睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法和系统的实施例。

[0026] 参考图1所示,图1为一个实施例的睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法的流程图,包括:

[0027] 步骤S101,在用户开始睡眠过程后,采集用户的实时眼电信号和实时脑电信号;

[0028] 此步骤中,可以是在对用户进行辅助睡眠等睡眠状态分析中,在确保用户是清醒的状态下,当用户开始睡眠后,对用户的实时眼电信号和实时脑电信号采集,通过用户佩戴相关眼电传感设备和脑电传感设备,采集用户在睡眠过程中产生的眼电信号和脑电信号。

[0029] 在采集信号时,可以以30s为一帧进行采集,后续对每帧眼电信号和脑电信号进行分析处理。

[0030] 步骤S102,分别对所述实时眼电信号和实时脑电信号进行小波分解,并根据设定低频段的小波系数进行信号重建得到眼电信号和脑电信号;

[0031] 首先分别对实时眼电信号和实时脑电信号进行小波分解,并根据设定低频段的小波系数重建眼电信号和脑电信号,为了避免高频噪声的干扰同时保留信号的基本信息,我

们在较低频段上对脑电信号进行分析。为了计算的方便,可以选择 θ 波的频率上限(0~8Hz)进行小波分解和重建。

[0032] 为了计算的方便,可以选择脑电信号的 θ 波(主要是4~7Hz)的频率上限进行重建,即0~8Hz。

[0033] 步骤S103,利用具有设定信号幅度和时间长度的滑动窗口截取所述低频眼电信号;

[0034] 本发明利用一个滑动窗口内的信号幅度、眼电信号与脑电信号的相似程度,尖峰的尖锐程度和尖峰持续时间来检测滑动窗口内是否有眨眼活动,该滑动窗口验证脑电图时间轴上滑动,截取眼电信号波形。

[0035] 由于眨眼的时间一般小于0.4秒,因此可以在一个稍大滑动窗口的内检测眨眼电信号,例如设置0.6倍的采样时间长度,即 $n=0.6 \cdot f_s$, n 为滑动窗口长度, f_s 为眼电信号的采样率。

[0036] 眼电信号的幅度可以通过滑动窗口内眼电信号的最大值减去最小值($p_{\max}-p_{\min}$)的方式求出,一般情况下,滑动窗口的幅度可以设置为75微伏至300微伏之间。

[0037] 步骤S104,分别计算滑动窗口内眼电信号与同一时刻脑电信号的波形的相关系数,滑动窗口内眼电信号波形尖峰的尖锐程度参数以及尖峰的持续时间;

[0038] 在正常人的睡眠周期中,眨眼是清醒期所特有的一个活动,由于眨眼时眼电信号的幅度较高,会对脑电信号造成干扰。

[0039] 参考图2,图2是一段常见的清醒时期的脑电信号与眼电信号示意图;图中实线为脑电信号,虚线为眼电信号。通过图中可以看出,眨眼活动在脑电信号和眼电信号上都产生了向下的尖峰,眨眼活动在脑电图上表现为具有短时间的高尖峰的波形,这也是眨眼眼电波形的特征。

[0040] 在上述检测过程中,利用同一时刻的脑电信号和眼电信号之间的相关性,结合眨眼眼电信号的波形特征进行判断。

[0041] 这里尖锐程度参数是表征尖峰的特征符合眨眼时短时间的高尖峰的波形强弱的参数。

[0042] 在一个实施例中,计算滑动窗口内眼电信号波形尖峰的尖锐程度参数,可以包括如下:

[0043] (a) 分别计算眼电信号波形在滑动窗口内的上部区域面积和下部区域面积,计算公式如下:

$$[0044] \quad area_{up} = \sum_{i=1}^n (p_{\max} - p_i)$$

$$[0045] \quad area_{down} = \sum_{i=1}^n (p_i - p_{\min})$$

[0046] 式中, p_i 为滑动窗口内的眼电信号, p_{\max} 为滑动窗口内眼电信号的最大值, p_{\min} 为滑动窗口内眼电信号的最小值, $area_{up}$ 表示上部区域面积, $area_{down}$ 表示下部区域面积;

[0047] (b) 根据所述上部区域面积和下部区域面积计算所述眼电信号波形尖峰的面积,计算公式如下:

$$[0048] \quad blink_{area} = \begin{cases} area_{up} & \text{if } area_{up} < area_{down} \\ area_{down} & \text{if } area_{up} > area_{down} \end{cases}$$

[0049] 式中, $blink_{area}$ 表示尖峰的面积, if 表示满足条件;

[0050] 参考图3所示,图3为滑动窗口内眼电信号波形尖峰面积示意图,两种方向的尖峰上、下部区域面积如图所示,左图尖峰方向向上,右图的尖峰方向向下。

[0051] (c) 根据尖峰面积计算尖锐程度参数,计算公式如下:

$$[0052] \quad blink_{ratio} = blink_{area} / in - blink_{area}$$

[0053] 式中, $blink_{ratio}$ 表示尖锐程度参数, $in - blink_{area}$ 表示非尖峰部分的面积,这里尖锐程度参数也可以转化为是上部区域面积和下部区域面积之间的比值。

[0054] 计算滑动窗口内眼电信号波形尖峰的持续时间的方法,可以包括如下:

[0055] (d) 根据所述上部区域面积和下部区域面积计算所述眼电信号波形尖峰的方向,计算公式如下:

$$[0056] \quad blink_{direction} = \begin{cases} 1 & \text{if } area_{up} < area_{down} \\ -1 & \text{if } area_{up} > area_{down} \end{cases}$$

[0057] 式中, $blink_{direction}$ 表示尖峰方向,标记为1表示尖峰向下,标记为-1表示尖峰向上;

[0058] (e) 在尖峰向下时,根据尖峰两侧的局部极大值点计算尖峰的持续时间;或者在尖峰向上时,根据尖峰两侧的局部局部极小值点计算尖峰的持续时间;计算公式如下:

$$[0059] \quad blink_{ts} = vertex_{right} - vertex_{left},$$

$$[0060] \quad s.t. \begin{cases} vertex_{right} = right_min_loca & vertex_{left} = left_min_loca & \text{if } blink_{direction} = 1 \\ vertex_{right} = right_max_loca & vertex_{left} = left_max_loca & \text{if } blink_{direction} = -1 \end{cases}$$

[0061] 式中, $blink_{ts}$ 表示尖峰的持续时间, $vertex_{right}$ 表示尖峰的右侧顶点时刻,表示尖峰的左侧顶点时刻, $right_min_loca$ 表示尖峰右侧的局部极小值点, $right_max_loca$ 表示尖峰右侧的局部极大值点, $left_min_loca$ 表示尖峰左侧的局部极小值点, $left_max_loca$ 表示尖峰左侧的局部极大值点, $s.t.$ 表示约束条件。

[0062] 步骤S105,若所述相关系数、尖锐程度参数和持续时间均分别满足预设的相关系数阈值、尖锐程度参数阈值和持续时间阈值,判断该滑动窗口内眼电信号存在眨眼活动;

[0063] 具体的,当滑动窗口内的信号幅度、眼电信号与脑电信号的相似程度、尖峰的面积和持续时间都满足条件时,即认为当前滑动窗口存在着眨眼活动;

[0064] 对于相关系数阈值,一般认为,相关系数大于0.7的两个向量基本上可以认为是正相关的,考虑到眨眼时眼电信号对脑电信号的干扰,眨眼时眼电信号与脑电信号之间的相关系数阈值可以设为0.9;对于尖锐程度参数阈值,一般可以设置为0.3;对于尖峰的持续时间阈值,根据眨眼时间一般是0.3-0.4秒,因此,持续时间阈值可以设为0.3秒。

[0065] 参考图4,图4为检测到眨眼活动的结果示意图,图中实线和虚线分别为经过小波变换重建后的脑电信号和眼电信号。在眼电信号上,圆圈标出了眨眼活动所形成的尖峰,可以发现,虽然检测出的眨眼活动数量较少,但是误检率极低。

[0066] 本发明实施例的睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法,在多例眨眼活动检测实验中,得到了准确判断,具有较高的准确性。

[0067] 参考图5所示,图5为一个实施例的睡眠状态分析中眨眼活动的检测系统结构示意图,包括:

[0068] 信号采集模块101,用于在用户开始睡眠过程后,采集用户的实时眼电信号和实时脑电信号;

[0069] 信号重建模块102,用于分别对所述实时眼电信号和实时脑电信号进行小波分解,并根据设定低频段的小波系数进行信号重建得到眼电信号和脑电信号;

[0070] 窗口截图模块103,用于利用具有设定信号幅度和时间长度的滑动窗口截取所述低频眼电信号;

[0071] 特征计算模块104,用于分别计算滑动窗口内眼电信号与同一时刻脑电信号的波形的相关系数,滑动窗口内眼电信号波形尖峰的尖锐程度参数以及尖峰的持续时间;

[0072] 阈值判断模块105,用于若所述相关系数、尖锐程度参数和持续时间均分别满足预设的相关系数阈值、尖锐程度参数阈值和持续时间阈值,判断该滑动窗口内眼电信号存在眨眼活动。

[0073] 本发明的睡眠状态分析中眨眼活动的检测系统与本发明的睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法一一对应,在上述睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法的实施例阐述的技术特征及其有益效果均适用于睡眠状态分析中眨眼活动的检测系统的实施例中,特此声明。

[0074] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

[0075] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,发明专利的保护范围应以所附权利要求为准。

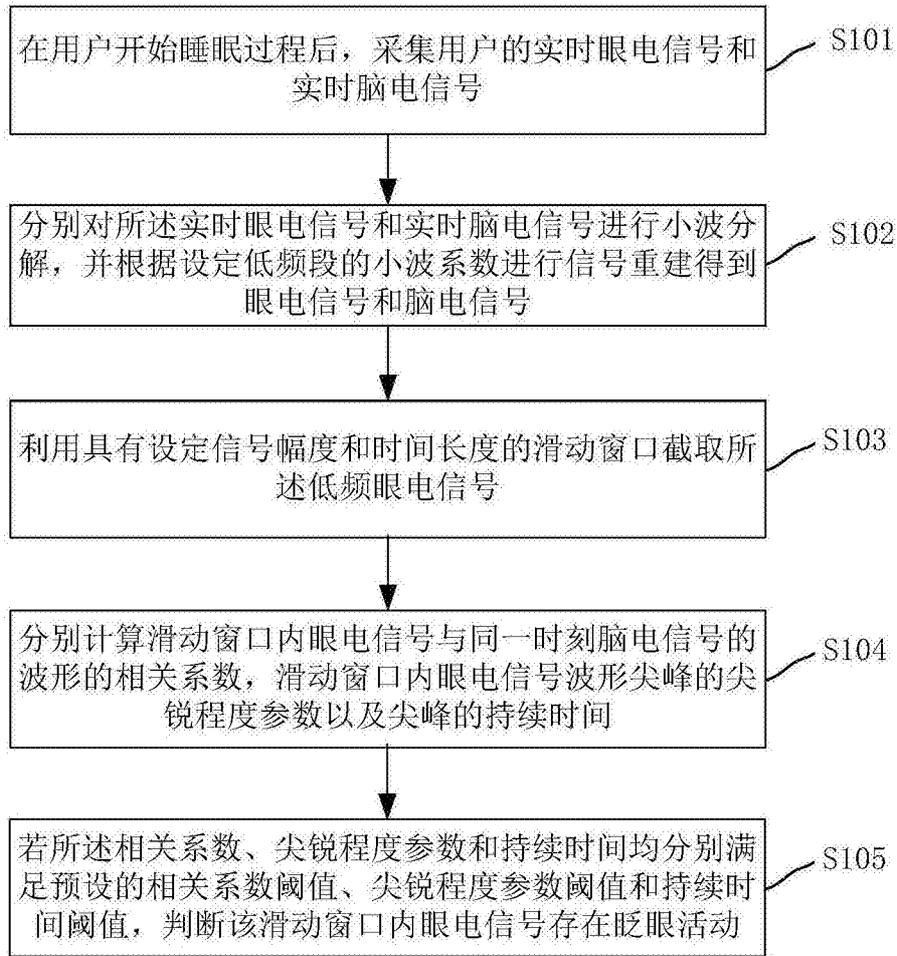


图1

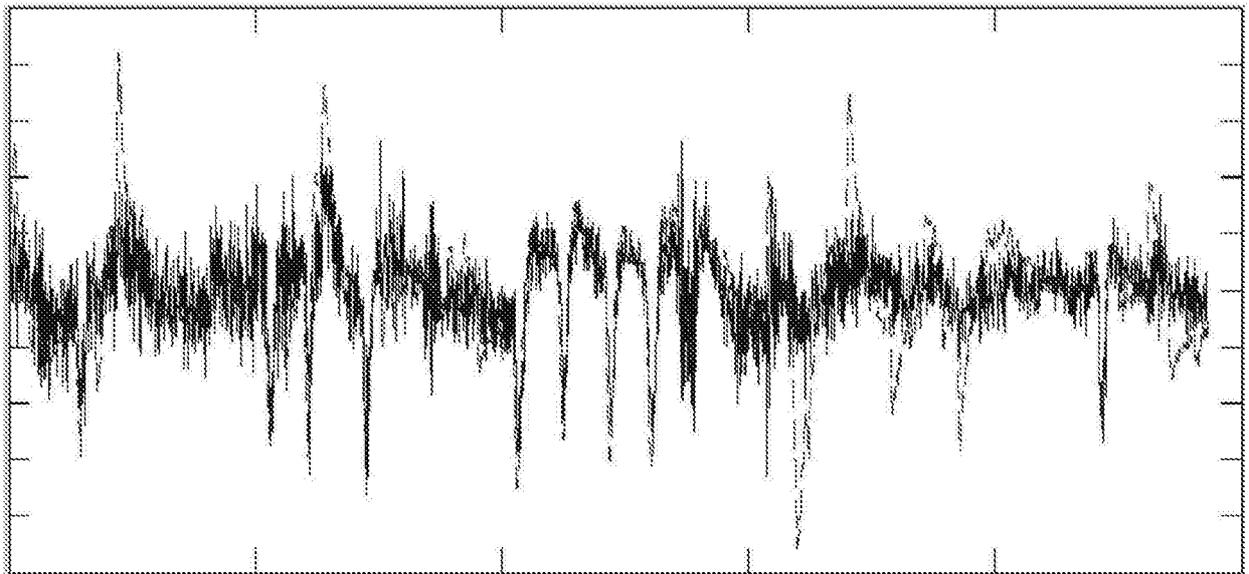


图2

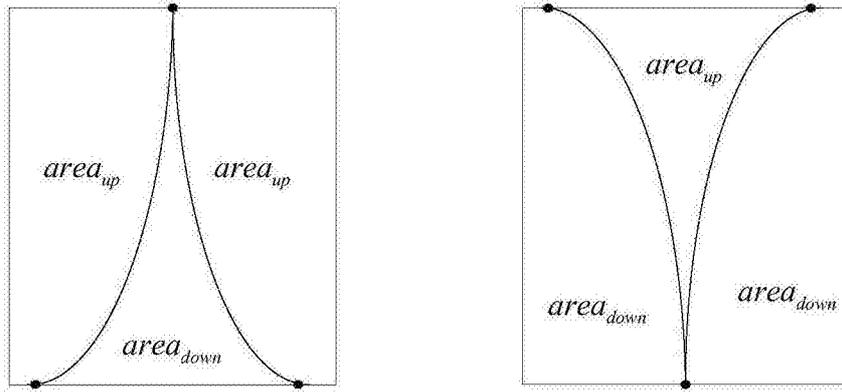


图3

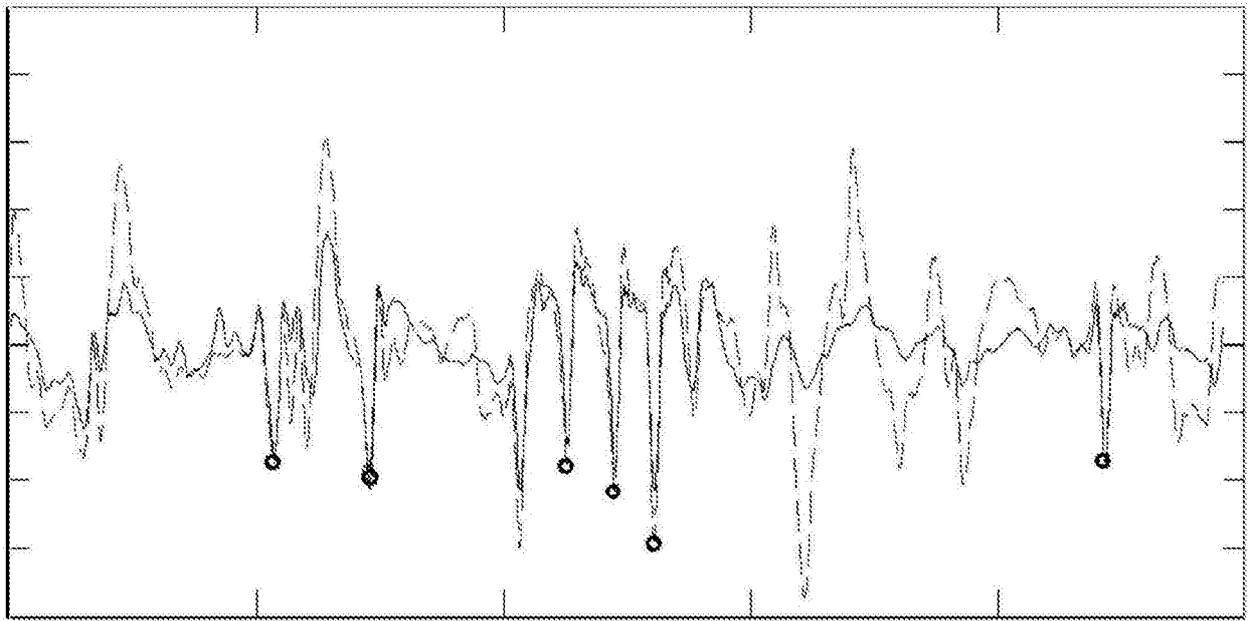


图4

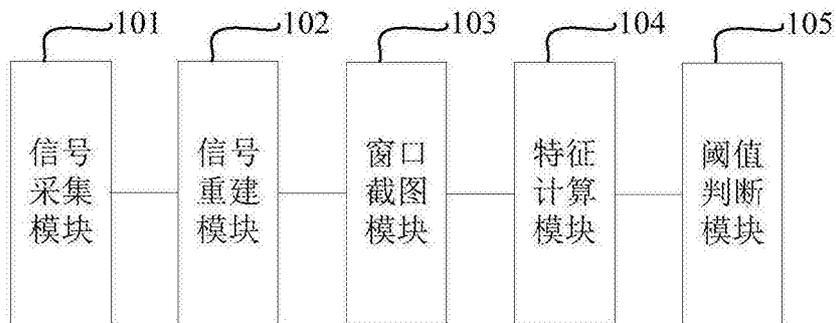


图5

专利名称(译)	睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法和系统		
公开(公告)号	CN106333677A	公开(公告)日	2017-01-18
申请号	CN201610840456.8	申请日	2016-09-21
[标]申请(专利权)人(译)	广州视源电子科技股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	广州视源电子科技股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	广州视源电子科技股份有限公司		
[标]发明人	赵巍 胡静 韩志		
发明人	赵巍 胡静 韩志		
IPC分类号	A61B5/0476 A61B5/0496 A61B5/11 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/0476 A61B5/04012 A61B5/0496 A61B5/1103 A61B5/4809 A61B5/4812 A61B5/4815 A61B5/72		
代理人(译)	潘桂生		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及一种睡眠状态分析中眨眼活动的检测方法和系统，其中所述方法包括：在用户开始睡眠过程后，采集用户的实时眼电信号和实时脑电信号；分别对实时眼电信号和实时脑电信号进行小波分解，并重建得到眼电信号和脑电信号；利用具有设定信号幅度和时间长度的滑动窗口截取低频眼电信号；分别计算滑动窗口内眼电信号与同一时刻脑电信号的波形的相关系数，滑动窗口内眼电信号波形尖峰的尖锐程度参数以及尖峰的持续时间；若相关系数、尖锐程度参数和持续时间均分别满足预设的相关系数阈值、尖锐程度参数阈值和持续时间阈值，判断该滑动窗口内眼电信号存在眨眼活动。本发明可以准确地检测出脑电图中的眨眼活动，提高睡眠状态分析的准确率。

