(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106333675 A
(43)申请公布日 2017.01.18

(21)申请号 201610839406.8

(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)

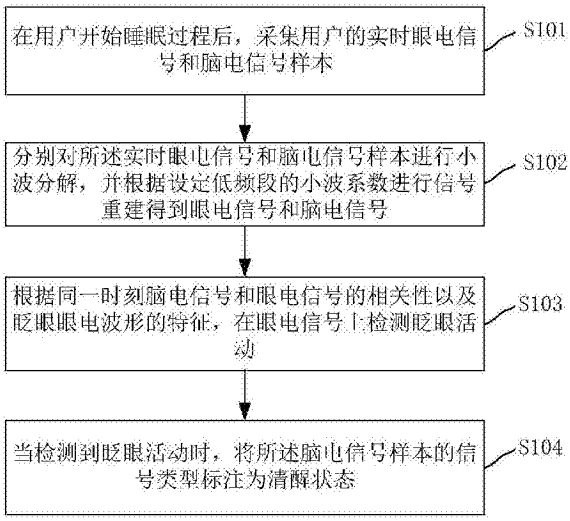
权利要求书3页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法和系统

(57)摘要

本发明涉及一种清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法和系统，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脑电信号样本；分别对所述实时眼电信号和脑电信号样本进行小波分解，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；根据同一时刻脑电信号和眼电信号的相关性以及眨眼眼电波形的特征，在眼电信号上检测眨眼活动；当检测到眨眼活动时，将所述脑电信号样本的信号类型标注为清醒状态。本发明可以避免脑电信号受到干扰，准确地检测脑电信号的清醒状态，并进行有效的数据类型标注，使得利用该标注的脑电信号样本训练出来的个人分类器的识别准确率更高，也提升了后期对个人睡眠状态检测结果的可靠性。



CN 106333675 A

1.一种清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法，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脑电信号样本；

分别对所述实时眼电信号和脑电信号样本进行小波分解，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；

根据同一时刻脑电信号和眼电信号的相关性以及眨眼眼电波形的特征，在眼电信号上检测眨眼活动；

当检测到眨眼活动时，将所述脑电信号样本的信号类型标注为清醒状态。

2.根据权利要求1所述的清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法，其特征在于，所述根据同一时刻脑电信号和眼电信号的相关性以及眨眼眼电波形的特征，在眼电信号上检测眨眼活动的步骤包括：

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。

3.根据权利要求2所述的清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法，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：

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

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：

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

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

4.根据权利要求3所述的清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法，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：

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

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：

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

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

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，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。

5.根据权利要求4所述的清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法，其特征在于，所述滑动窗口的幅度为75微伏至300微伏，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，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。

6.根据权利要求1至5任一项所述的清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法，其特征在于，还包括：

从开始采集脑电信号样本和实时眼电信号后的设定时间T内，将所有脑电信号样本标注为清醒状态。

7.根据权利要求1所述的清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法，其特征在于，还包括：

计算所述脑电信号的样本熵，将该样本熵与预先计算的样本熵阈值进行比较，若所述样本熵大于所述样本熵阈值，则将所述脑电信号样本的信号类型标注为清醒状态。

8.根据权利要求7所述的清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法，其特征在于，所述样本熵阈值的计算公式如下：

$$sampen_thre=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}sampen_val_i+\frac{v}{n}\left(\sum_{i=1}^{n}sampen_val_i^2-\sum_{i=1}^{n}sampen_val_i\right)$$

$sampen_val_i$=sampen(y[p_start:p_end])

p_start=(i-1)*time_length*fs+1

p_end=t_start+time_length*fs-1

p_end<T•fs

式中，其中sampen_thre为样本熵阈值，$sampen_val_i$为样本熵集合中第i个样本的样本熵，sampen为求样本熵的运算，其输入y[p_start:p_end]为脑电信号y在第p_start点开始到第p_end点为止的部分，time_length为计算样本熵的每个样本的时间长度，fs为脑电信号的采样率，T为开始采集脑电信号后的设定时间，v为设定参数。

9.根据权利要求8所述的清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法，其特征在于，所述参数v的取值如下：

$$X_i = \frac{sampen_val_i - u}{\sigma}, i = 1, \ldots, n$$

其中，$u = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} sampen_val_i$，$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n} sampen_val_i^2 - \sum_{i=1}^{n} sampen_val_i)}$

x＝v

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^{x} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-\frac{t^2}{2}) dt = P(X \le x)$$

式中，X表示样本熵集合，X_i表示样本熵集合X中第i个元素，Φ(x)表示标准正态分布函数的积分，P(X≤x)表示样本熵的集合X中的取值小于x的概率。

10.一种清醒状态下的脑电信号数据类型的标注系统，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脑电信号样本；

信号重建模块，用于分别对所述实时眼电信号和脑电信号样本进行小波分解，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；

眨眼检测模块，用于根据同一时刻脑电信号和眼电信号的相关性以及眨眼眼电波形的特征，在眼电信号上检测眨眼活动；

样本标注模块，用于当检测到眨眼活动时，将所述脑电信号样本的信号类型标注为清醒状态。

清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及辅助睡眠技术领域，特别是涉及一种清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法和系统。

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] 一般情况下，检测用户是否处于清醒状态，是通过利用脑电波在4个频段的信号(δ波频段、θ波频段、α波频段和β波频段)训练清醒状态的识别模型(分类器)来对脑电信号进行识别，这些识别模型往往是利用其他人的脑电波进行训练的通用识别模型，但由于脑电信号的个人特异性很强，并且脑电的强度很弱(脑电为微伏级别，心电为毫伏级别)，在信号采集时极易被外界信号所干扰。

[0005] 在此过程中，当需要训练个人分类器时，就需要对采集的个人脑电信号样本的数据类型进行标注，这样才可以对标注类型的数据进行自学习和测试，训练出更加适用于个人的个人分类器，而采用通用识别模型来对脑电信号进行检测标注时，如前面所述，由于脑电信号的强度很弱容易受到干扰，采用通用识别模型来标注脑电波信号样本的类型，容易混入干扰成分，导致训练出来的个人分类器的识别准确率较低，影响了后期对个人睡眠状态检测结果的可靠性。

发明内容

[0006] 基于此，有必要针对上述问题，提供一种清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法和系统，可以准确地检测清醒状态下的脑电信号，并进行数据类型的标注。

[0007] 一种清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法，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脑电信号样本；

[0009] 分别对所述实时眼电信号和脑电信号样本进行小波分解，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] 根据同一时刻脑电信号和眼电信号的相关性以及眨眼眼电波形的特征，在眼电信

号上检测眨眼活动；

[0011] 当检测到眨眼活动时，将所述脑电信号样本的信号类型标注为清醒状态。

[0012] 一种清醒状态下的脑电信号数据类型的标注系统，包括：

[0013] 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脑电信号样本；

[0014] 信号重建模块，用于分别对所述实时眼电信号和脑电信号样本进行小波分解，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；

[0015] 眨眼检测模块，用于根据同一时刻脑电信号和眼电信号的相关性以及眨眼眼电波形的特征，在眼电信号上检测眨眼活动；

[0016] 样本标注模块，用于当检测到眨眼活动时，将所述脑电信号样本的信号类型标注为清醒状态。

[0017] 上述清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法和系统，在用户开始睡眠过程后，采集用户的实时眼电信号和脑电信号样本，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以及眨眼眼电波形的特征，在眼电信号上检测眨眼活动从而将所述脑电信号样本的信号类型标注为清醒状态。通过该方案来标注脑电波信号样本的类型，可以避免脑电信号受到干扰，准确地检测脑电信号的清醒状态，并进行有效的数据类型标注，使得利用该标注的脑电信号样本训练出来的个人分类器的识别准确率更高，也提升了后期对个人睡眠状态检测结果的可靠性。

附图说明

[0018] 图1为一个实施例的清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法的流程图；

[0019] 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；

[0020] 图3为滑动窗口内眼电信号波形尖峰面积示意图；

[0021] 图4为检测到眨眼活动的结果示意图；

[0022] 图5为基于本发明的标注方法实现的清醒状态检测器原理图；

[0023] 图6为一个实施例的清醒状态下的脑电信号数据类型的标注系统结构示意图。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图阐述本发明的清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法和系统的实施例。

[0025] 参考图1所示，图1为一个实施例的清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法的流程图，包括：

[0026] 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脑电信号样本；

[0027] 此步骤中，此步骤中，可以是在对用户进行辅助睡眠，训练个人识别模型时，在确保用户是清醒的状态下，开始对用户进行脑电信号样本采集，通过用户佩戴相关脑电传感设备，采集用户在睡眠过程中产生的脑电信号，采集脑电信号样本时，同时利用用户佩戴相关眼电传感设备对用户的实时眼电信号进行采集。

[0028] 在采集信号时，可以以30s为一帧进行采集，每帧脑电信号作为一个样本，后续对每帧眼电信号和脑电信号进行分析处理。

[0029] 一般情况下，考虑到人正常的入睡时间为10～15分钟，在劳累/疲惫时入睡时间甚至会缩短，因此，在用户完全清醒的状态下开始采集用户的脑电信号，可以认为在开始采集后的一个设定时间段T内，可以认为用户是处于清醒状态的，作为实施例，本发明选择的时间段为300秒(5分钟)，即用户开始采集脑电信号后的300秒内的脑电信号样本被判断为清醒状态；

[0030] 如上所述，脑电信号样本是以30s为一帧，那么在前10个脑电样本的数据类型即可直接标注为清醒状态。

[0031] 步骤S102，分别对所述实时眼电信号和脑电信号样本进行小波分解，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；

[0032] 首先分别对实时眼电信号和脑电信号样本进行小波分解，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。

[0033] 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。

[0034] 步骤S103，根据同一时刻脑电信号和眼电信号的相关性以及眨眼眼电波形的特征，在眼电信号上检测眨眼活动；

[0035] 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。

[0036] 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。

[0037] 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。

[0038] 在一个实施例，在眼电信号上检测眨眼活动的方法，可以如下：

[0039] (1)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；

[0040] 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。

[0041] 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$n=0.6\cdot fs$，n为滑动窗口长度，fs为眼电信号的采样率。

[0042] 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。

[0043] (2)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；

[0044] 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。

[0045] 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：

[0046] (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：

[0047] $$area_{up}=\sum_{i=1}^{n}(p_{\max}-p_i)$$

[0048] $$area_{down}=\sum_{i=1}^{n}(p_i-p_{\min})$$

[0049] 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，$aread_{own}$表示下部区域面积；

[0050] (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：

[0051] $$blink_{area}=\begin{cases} area_{up} & if\ \ area_{up}<area_{down} \\ area_{down} & if\ \ area_{up}>area_{down} \end{cases}$$

[0052] 式中，$blink_{area}$表示尖峰的面积，if表示满足条件；

[0053] 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。

[0054] (c)根据尖峰面积计算尖锐程度参数，计算公式如下：

[0055] $blink_{ratio}=blink_{area}/in\text{-}blink_{area}$

[0056] 式中，$blink_{ratio}$表示尖锐程度参数，$in\text{-}blink_{area}$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。

[0057] 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：

[0058] (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：

[0059] $$blink_{direction}=\begin{cases} 1 & if\ area_{up}<area_{down} \\ -1 & if\ area_{up}>area_{down} \end{cases}$$

[0060] 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；

[0061] (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：

[0062] $blink_{ts}=vertex_{right}-vertex_{left}$，

[0063] $$s.t.\begin{cases} vertex_{right}=\text{right_min_loca} & vertex_{left}=\text{left_min_loca} & if\ \ blink_{direction}=1 \\ vertex_{right}=\text{right_max_loca} & vertex_{left}=\text{left_max_loca} & if\ \ blink_{direction}=-1 \end{cases}$$

[0064] 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。

[0065] (3)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；

[0066] 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；

[0067] 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。

[0068] 步骤S104，当检测到眨眼活动时，将所述脑电信号样本的信号类型标注为清醒状态；

[0069] 在正常人的睡眠周期中，眨眼是清醒期所特有的一个活动，因此，睡眠状态分析过程中，如果在某一段时间内，检测到有眨眼活动，即可认为当前脑电信号样本是属于清醒状态的。

[0070] 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。

[0071] 进一步地，在实际应用中，为了避免误检出眨眼活动带来对数据类型标注时的错误，以一帧30秒眼电信号为例，当在一帧信号里至少要检出2个或2个以上的眨眼活动时，才确认该数据类型，将脑电信号样本的信号类型标注为清醒状态，这样就能够极大提高标注准确性。

[0072] 本发明实施例的清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法，在多例利用脑电信号进行实验中，清醒状态都得到了准确的检测，可见本发明的标注方法具有较高的准确性。

[0073] 为了进一步提高标注准确率，在基于眼电信号的检测眨眼活动方案的基础上，本发明针对于采集的脑电信号，还可以通过样本熵比较方式来进行检测脑电信号的数据类型。

[0074] 采用的技术方案可以如下：

[0075] 首先计算所述脑电信号的样本熵，然后将该样本熵与预先计算的样本熵阈值进行比较，若所述样本熵大于所述样本熵阈值，则将所述脑电信号样本的信号类型标注为清醒状态。

[0076] 样本熵是时间序列复杂度的一种度量，被广泛应用于癫痫的检测中。在睡眠周期的6个阶段中，清醒阶段的脑电信号的样本熵最高，本发明利用脑电信号的样本熵的大小来判断用户是否为清醒状态，通过设定样本熵阈值，与脑电信号的样本熵进行比较。

[0077] 进一步的，在上述比较过程中，样本熵阈值的选择也是至关重要的一环。在目前癫痫的检测等方面得到的经验数据，并不适合用在睡眠状态分析中对清醒状态的准确判定。

[0078] 如前面实施例所述，从开始采集信号后的设定时间T内，用户都可以认为是清醒的，因此，在确保用户清醒状态下，刚好可以利用这段时间内采集的用户的脑电信号计算样本熵阈值。

[0079] 在一个实施例中，可以采用如下方法计算样本熵阈值，包括：

[0080] 首先将设定时间内的脑电信号分成多个样本，并分别计算各个脑电信号样本的样本熵，得到样本熵集合；在此过程中，假设利用30s为一帧、采集300秒脑电信号进行处理，那

么这里就有10个样本，此时可以计算出包括10个样本熵的样本熵集合。

[0081] 然后根据所述样本熵集合计算样本熵阈值；作为实施例，样本熵阈值的计算公式可以如下：

[0082] $$sampen_thre=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}sampen_val_i+\frac{v}{n}(\sum_{i=1}^{n}sampen_val_i^2-\sum_{i=1}^{n}sampen_val_i)$$

[0083] $sampen_val_i$＝sampen(y[p_start:p_end])

[0084] p_start＝(i-1)*time_length*fs+1

[0085] p_end＝t_start+time_length*fs-1

[0086] p_end＜T•fs

[0087] 式中，其中sampen_thre为样本熵阈值，$sampen_val_i$为样本熵集合中第i个样本的样本熵，sampen为求样本熵的运算，其输入y[p_start:p_end]为脑电信号y在第p_start点开始到第p_end点为止的部分，time_length为计算样本熵的每个样本的时间长度，fs为脑电信号的采样率，T为开始采集脑电信号后的设定时间，v为设定参数。

[0088] 在上述计算方案中，参数v的取值非常重要，通过参数v可以控制识别准确率；因此，为了提高识别准确率，对于参数v取值可以通过如下公式计算：

[0089] 假设清醒阶段时的样本熵的集合X服从标准正态分布，集合X中第i个元素表示为：

[0090] $$X_i=\frac{sampen_val_i-u}{\sigma},i=1,...,n$$

[0091] 其中，$u=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}sampen_val_i$，$\sigma=\sqrt{\frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n}sampen_val_i^2-\sum_{i=1}^{n}sampen_val_i)}$

[0092] 此时，x＝v

[0093] 根据标准正态分布函数的积分：$\Phi(x)=\int_{-\infty}^{x}\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\exp(-\frac{t^2}{2})dt=P(X\le x)$

[0094] 其中，P(X≤x)表示样本熵的集合X中的取值小于x的概率，由此可以计算，以T＝300s，time_length＝30s为例，当参数v＝2.58时，样本熵集合X的值小于x的概率为99.5%。

[0095] 最后，通过将当前帧的脑电信号计算的样本熵与样本熵阈值比较，如果样本熵大于样本熵阈值，即可将所述脑电信号样本的信号类型标注为清醒状态。

[0096] 此步骤中，考虑到清醒阶段的脑电信号的样本熵最大，基于上述实施例计算的样本熵阈值sampen_thre，可知将样本熵大于sampen_thre的脑电信号判断为清醒状态可以得到较高准确率。

[0097] 上述实施例的方案，在检测眨眼活动的基础上，进一步通过脑电信号样本熵判断，以判断脑电信号样本的类型，能够进一步提高标注准确率。本发明的技术对于部分干扰较严重的信号，可能会影响检出率，但是不会影响到准确率，可以适用于睡眠状态分析中，在训练个人识别模型时，作为检测器对清醒状态下的脑电信号数据类型进行标注。

[0098] 参考图5所示，图5为基于本发明的标注方法实现的清醒状态检测器原理图，同时采集脑电信号样本和实时眼电信号，眼电信号采集后，通过检测眼电信号中的眨眼活动，从而可以对样本熵阈值判断过程中可能存在的眨眼情况，如果存在就对当前帧的脑电信号样本进行标注，另外对于脑电信号则会进行样本熵的计算和阈值判断，如果样本熵超过阈值，

则对脑电信号样本进行数据类型的标注，而从而进一步标注的标注准确率。以脑电信号和眼电信号30s一帧为例，如果眼电信号中，检测出至少2个眨眼活动，而如果在同期的该帧脑电信号没有被判为清醒状态，则可以在样本熵阈值判断后对其进行补充标注，达到复检和补漏的功能。

[0099] 本发明实施例的清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法，在多例利用脑电信号进行的清醒状态检测实验中，脑电信号样本的类型得到了准确判断，通过清醒状态的准确判断，可以形成清醒状态检测器，该检测器如果输出结果为“是”，即标注为清醒状态，如果输出结果为“否”，由于既不是清醒状态，但也不能认为是睡眠状态，则丢弃该样本。

[0100] 参考图6所示，图6为一个实施例的清醒状态下的脑电信号数据类型的标注系统结构示意图，包括：

[0101] 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脑电信号样本；

[0102] 信号重建模块102，用于分别对所述实时眼电信号和脑电信号样本进行小波分解，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；

[0103] 眨眼检测模块103，用于根据同一时刻脑电信号和眼电信号的相关性以及眨眼眼电波形的特征，在眼电信号上检测眨眼活动；

[0104] 样本标注模块104，用于当检测到眨眼活动时，将所述脑电信号样本的信号类型标注为清醒状态。

[0105] 本发明的清醒状态下的脑电信号数据类型的标注系统与本发明的清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法一一对应，在上述清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法的实施例阐述的技术特征及其有益效果均适用于清醒状态下的脑电信号数据类型的标注系统的实施例中，特此声明。

[0106] 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。

[0107] 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，本发明专利的保护范围应以所附权利要求为准。

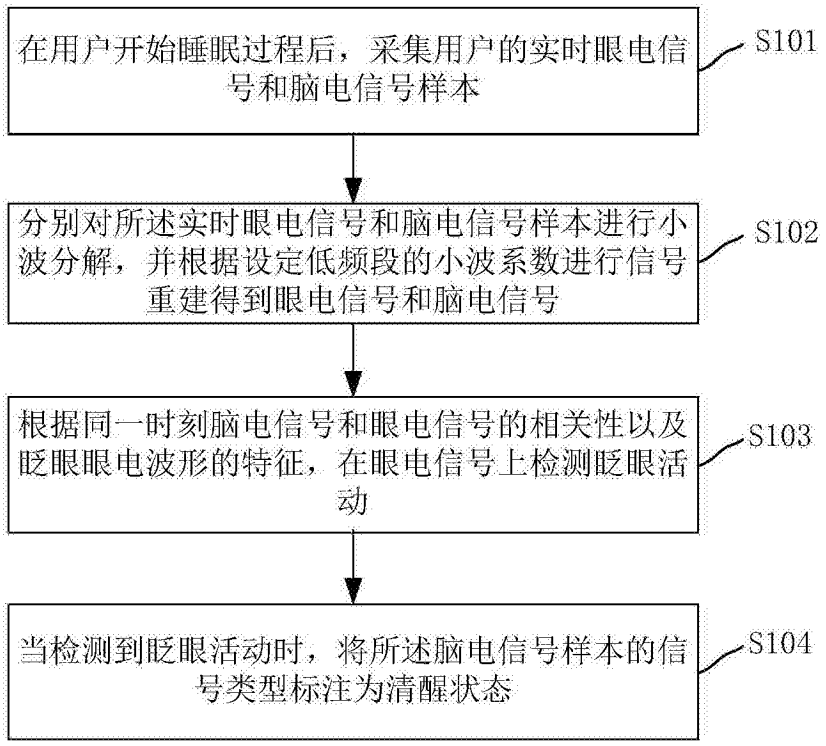

在用户开始睡眠过程后，采集用户的实时眼电信号和脑电信号样本
S101
分别对所述实时眼电信号和脑电信号样本进行小波分解，并根据设定低频段的小波系数进行信号重建得到眼电信号和脑电信号
S102
根据同一时刻脑电信号和眼电信号的相关性以及眨眼眼电波形的特征，在眼电信号上检测眨眼活动
S103
当检测到眨眼活动时，将所述脑电信号样本的信号类型标注为清醒状态
S104

图1

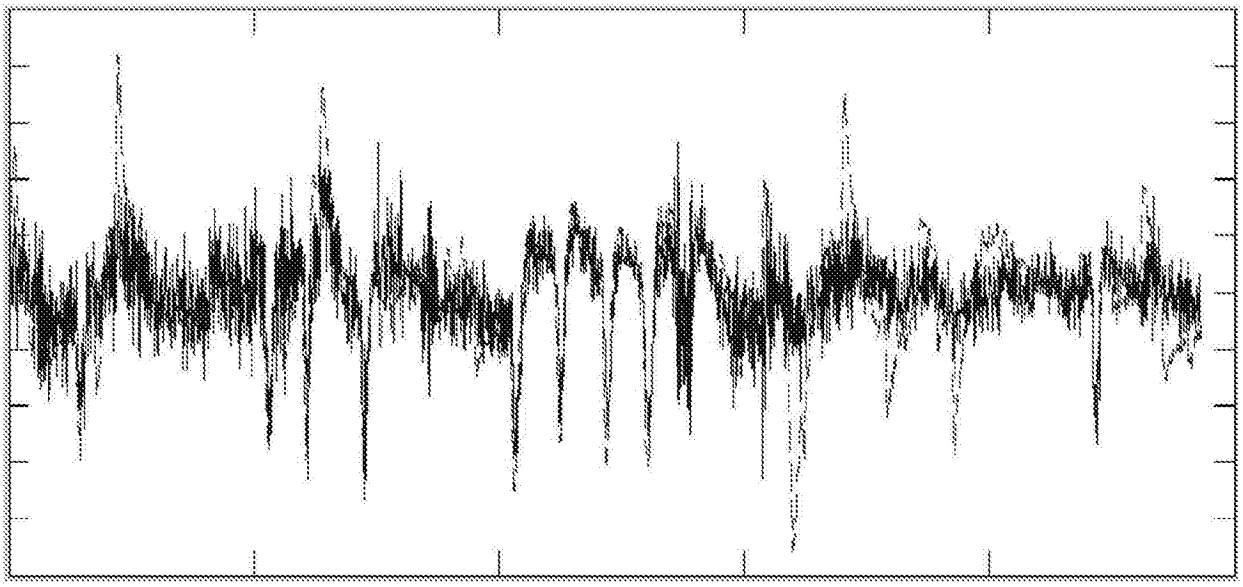


图2

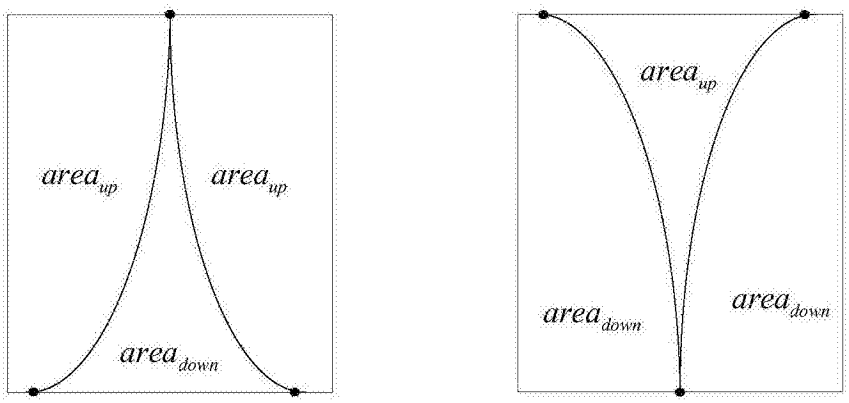


图3

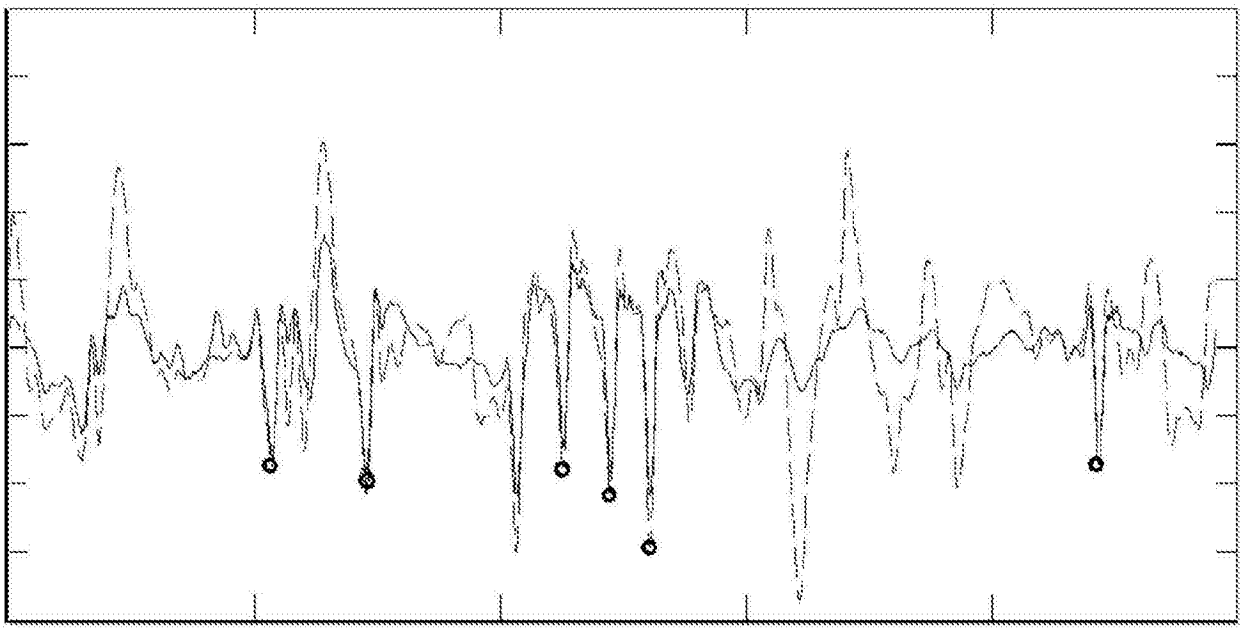


图4

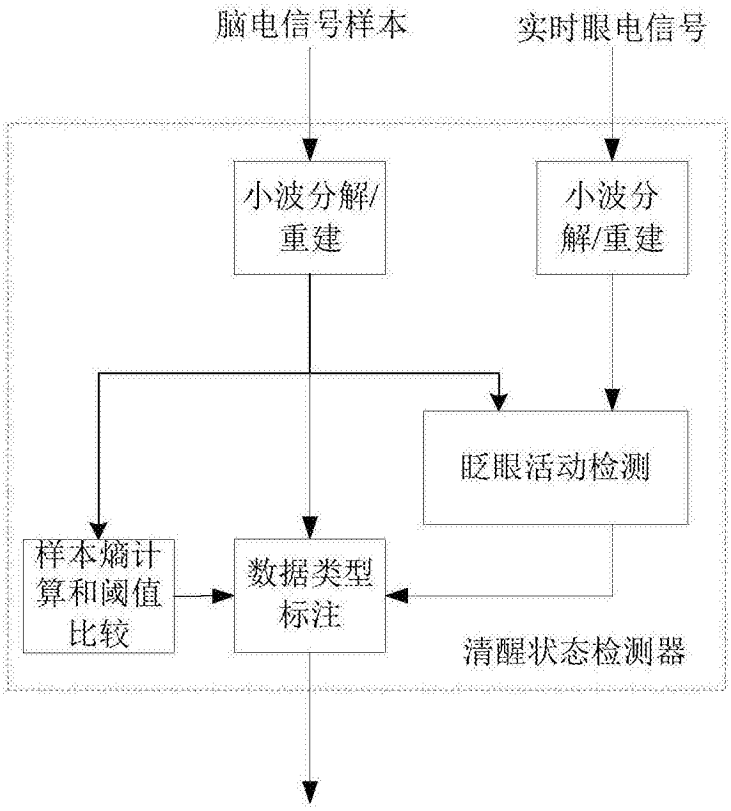

脑电信号样本
实时眼电信号
小波分解/重建
小波分解/重建
眨眼活动检测
样本熵计算和阈值比较
数据类型标注
清醒状态检测器

图5

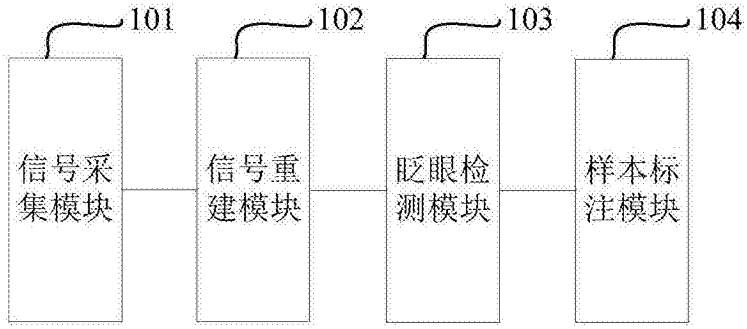
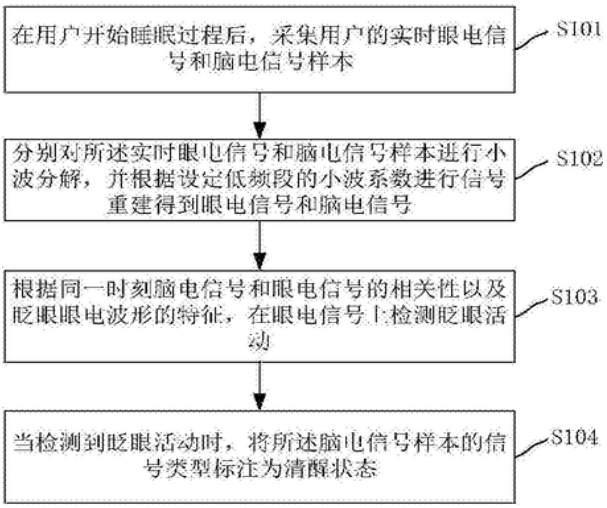

101
102
103
104
信号采集模块
信号重建模块
眨眼检测模块
样本标注模块

图6

专利名称(译)	清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法和系统		
公开(公告)号	CN106333675A	公开(公告)日	2017-01-18
申请号	CN201610839406.8	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	A61B5/04012 A61B5/0476 A61B5/0496 A61B5/1103 A61B5/4809 A61B5/4812 A61B5/4815 A61B5/72 A61B5/7267		
代理人(译)	潘桂生		
其他公开文献	CN106333675B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及一种清醒状态下的脑电信号数据类型的标注方法和系统，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脑电信号样本；分别对所述实时眼电信号和脑电信号样本进行小波分解，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；根据同一时刻脑电信号和眼电信号的相关性以及眨眼眼电波形的特征，在眼电信号上检测眨眼活动；当检测到眨眼活动时，将所述脑电信号样本的信号类型标注为清醒状态。本发明可以避免脑电信号受到干扰，准确地检测脑电信号的清醒状态，并进行有效的数据类型标注，使得利用该标注的脑电信号样本训练出来的个人分类器的识别准确率更高，也提升了后期对个人睡眠状态检测结果的可靠性。