



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106473704 A

(43)申请公布日 2017.03.08

(21)申请号 201610840419.7

(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 5/00(2006.01)

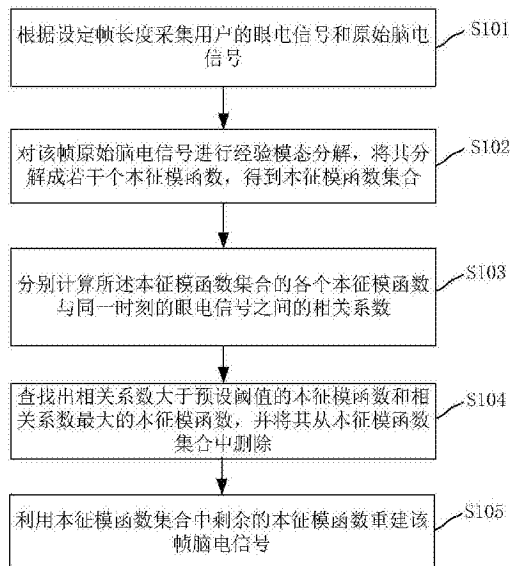
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法和系统

(57)摘要

本发明涉及一种睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法和系统,其中所述方法包括:根据设定帧长度采集用户的眼电信号和原始脑电信号;对该帧原始脑电信号进行经验模态分解,将其分解成若干个本征模函数,得到本征模函数集合;分别计算所述本征模函数集合的各个本征模函数与同一时刻的眼电信号之间的相关系数;查找出相关系数大于预设阈值的本征模函数和相关系数最大的本征模函数,并将其从本征模函数集合中删除;利用本征模函数集合中剩余的本征模函数重建该帧脑电信号。该方案可以减少去除眼电伪迹过程对脑电信号的波形的影响,保留了原始信号的大部分细节信息,确保后续对脑电信号的分析效果。



1. 一种睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法,其特征在于,包括:

根据设定帧长度采集用户的眼电信号和原始脑电信号;

对该帧原始脑电信号进行经验模态分解,将其分解成若干个本征模函数,得到本征模函数集合;

分别计算所述本征模函数集合的各个本征模函数与同一时刻的眼电信号之间的相关系数;

查找出相关系数大于预设阈值的本征模函数和相关系数最大的本征模函数,并将其从本征模函数集合中删除;

利用本征模函数集合中剩余的本征模函数重建该帧脑电信号。

2. 根据权利要求1所述的睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法,其特征在于,所述本征模函数集合包括如下公式:

$$EEG_{original} = \sum_{i=1}^n imf_i + Re$$

式中, $EEG_{original}$ 表示原始脑电信号, $imf_i$ 表示第*i*个本征模函数, $Re$ 表示残差函数。

3. 根据权利要求1所述的睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法,其特征在于,所述重建脑电信号的方法,包括如下公式:

$$EEG_{pure} = \sum_{i=1}^m imf_i, \text{corrcoef}(imf_i, EOG) < \min(\text{thre}, \text{corrcoef}_{max})$$

式中, $EEG_{pure}$ 表示重建的脑电信号, $\text{corrcoef}$ 表示相关系数, $imf$ 表示第*i*个本征模函数, $EOG$ 表示眼电信号, $\text{corrcoef}_{max}$ 表示最大的相关系数, $\text{thre}$ 表示预设的相关系数阈值。

4. 根据权利要求1所述的睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法,其特征在于,还包括:

在相关系数大于预设阈值的本征模函数中;

计算本征模函数与眼电信号的欧氏距离;

从欧氏距离最小的本征模函数从本征模函数集合中剔除。

5. 根据权利要求1所述的睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法,其特征在于,还包括:

在相关系数大于预设阈值的本征模函数中;

计算本征模函数与眼电信号的余弦距离;

从余弦距离最小的本征模函数从本征模函数集合中剔除。

6. 根据权利要求3所述的睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法,其特征在于,在对原始脑电信号进行经验模态分解前,还包括:

将原始脑电信号帧划分为若干个时间窗口,并行对每个时间窗口的脑电信号进行本征模函数分解;

以及,在重建脑电信号后,还包括:

将各个时间窗口重建的脑电信号进行合并,得到脑电信号帧。

7. 根据权利要求1所述的睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法,其特征在于,还包括:

在重建脑电信号时,根据本征模函数的排列顺序,选择本征模函数集合中位置靠前的若干个本征模函数进行重建脑电信号。

8. 根据权利要求3所述的睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法,其特征在于,所述预设阈值为0.5。

9. 根据权利要求3所述的睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法,其特征在于,所述帧长度为30s,所述时间窗口长度为5s或10s。

10. 一种睡眠状态分析中去除眼电伪迹的系统,其特征在于,包括:

原始信号提取模块,用于根据设定帧长度采集用户的眼电信号和原始脑电信号;

经验模态分解模块,用于对该帧原始脑电信号进行经验模态分解,将其分解成若干个本征模函数,得到本征模函数集合;

相关系数计算模块,用于分别计算所述本征模函数集合的各个本征模函数与同一时刻的眼电信号之间的相关系数;

本征模函数删除模块,用于查找出相关系数大于预设阈值的本征模函数和相关系数最大的本征模函数,并将其从本征模函数集合中删除;

脑电信号重建模块,用于利用本征模函数集合中剩余的本征模函数重建该帧脑电信号。

## 睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法和系统

### 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去除眼电伪迹的方法和系统。

### 背景技术

[0002] 在睡眠中,人体进行了自我放松及恢复的过程,因此良好的睡眠是保持身体健康的一项基本条件;但是由于工作压力大、生活作息不规律等原因,导致了部分人群的睡眠质量欠佳,表现为失眠、半夜惊醒等。

[0003] 目前市面上已经有一些设备来帮助人们入睡,提高睡眠质量。例如在某一特定睡眠状态下通过声音、光信号等人工干预,避免在熟睡状态下叫醒用户等。对于辅助睡眠的设备而言,为了真正达到提高用户睡眠质量的目的,正确的识别用户的睡眠状态是非常重要的。

[0004] 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例如脑电、肌电(颌下)、眼电、呼吸、血氧等对睡眠进行分析。在这些体征信号中,脑电图(electroencephalogram, EOG)处于核心地位。脑电图是利用精密的电子仪器,在头皮上将来自大脑皮层产生的电活动加以记录并放大的波形信号。由于脑电图的信号非常微弱(微伏级),容易被来自其他部位的生物电信号干扰。当眼电信号幅值较低时(即没有较强烈眼球/眼睑活动如眨眼等),眼电信号对脑电信号的干扰比较微弱。而眼电信号幅值较高时,由于眼电信号的频率比正常脑电信号低,高幅值的眼电信号叠加在脑电信号上就形成了一个类似于基线漂移的现象。

[0005] 为了降低眼电信号所带来的影响,目前有很多去除眼电伪迹的方法。独立成分分析(Independent component analysis, ICA)是一种常用的方法。它首先假设输入信号都是统计独立的非高斯的信号的线性组合,然后利用线性变换将来自于信号分离。它的缺点是(1)输入信号的假设条件在实际使用中并不能完全满足;(2)对于分离后的多个信号,还需要进一步判断哪些信号是“纯净的”脑电信号,哪些信号是被分离出的眼电信号。此外,还有方法假设了一个眼电信号对脑电信号的影响因子(如0.2),然后利用脑电信号减去乘以影响因子的眼电信号的方法去除眼电伪迹,如公式: $EEG_{\text{pure}} = EEG_{\text{original}} - 0.2 * EOG$ ,由于存在个体差异及眼电电极的位置的不同,一个固定的影响因子并不能很好的适应不同的个体。

[0006] 此外,由于在睡眠状态分析中,脑电信号的波形是一个很重要的睡眠状态指标。例如纺锤波和K复合波的出现,表示进入了非眼快动睡眠的S2期。经过传统方法处理后的脑电信号的波形往往会发生变化,影响了后续对脑电信号的分析效果。

### 发明内容

[0007] 基于此,有必要针对上述问题,提供一种睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法和系统,减少去除眼电伪迹过程对脑电信号的波形的影响,确保后续对脑电信号的分析效果。

[0008] 一种睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法,包括:

- [0009] 根据设定帧长度采集用户的眼电信号和原始脑电信号；
- [0010] 对该帧原始脑电信号进行经验模态分解,将其分解成若干个本征模函数,得到本征模函数集合；
- [0011] 分别计算所述本征模函数集合的各个本征模函数与同一时刻的眼电信号之间的相关系数；
- [0012] 查找出相关系数大于预设阈值的本征模函数和相关系数最大的本征模函数,并将其从本征模函数集合中删除；
- [0013] 利用本征模函数集合中剩余的本征模函数重建该帧脑电信号。
- [0014] 一种睡眠状态分析中去除眼电伪迹的系统,包括：
- [0015] 原始信号提取模块,用于根据设定帧长度采集用户的眼电信号和原始脑电信号；
- [0016] 经验模态分解模块,用于对该帧原始脑电信号进行经验模态分解,将其分解成若干个本征模函数,得到本征模函数集合；
- [0017] 相关系数计算模块,用于分别计算所述本征模函数集合的各个本征模函数与同一时刻的眼电信号之间的相关系数；
- [0018] 本征模函数删除模块,用于查找出相关系数大于预设阈值的本征模函数和相关系数最大的本征模函数,并将其从本征模函数集合中删除；
- [0019] 脑电信号重建模块,用于利用本征模函数集合中剩余的本征模函数重建该帧脑电信号。
- [0020] 上述睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法和系统,采集用户的眼电信号和原始脑电信号,对原始脑电信号进行经验模态分解得到本征模函数集合,计算本征模函数集合的各个本征模函数与同一时刻的眼电信号之间的相关系数,根据相关系数删除大于预设阈值的本征模函数和相关系数最大的本征模函数,利用剩余的本征模函数重建脑电信号。该方案可以减少去除眼电伪迹过程对脑电信号的波形的影响,保留了原始信号的大部分细节信息,确保后续对脑电信号的分析效果。

## 附图说明

- [0021] 图1为一个实施例的睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法的流程图；
- [0022] 图2是去除眼电伪迹的流程图；
- [0023] 图3是去除眼电伪迹的实验数据结果示意图；
- [0024] 图4为一个实施例的睡眠状态分析中去除眼电伪迹的系统结构示意图。

## 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去除眼电伪迹的方法和系统的实施例。
- [0026] 参考图1所示,图1为本发明的睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法的流程图,包括：
- [0027] S101,根据设定帧长度采集用户的眼电信号和原始脑电信号；
- [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,以设定帧长度,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。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。

[0029] S102,对该帧原始脑电信号进行经验模态分解,将其分解成若干个本征模函数,得到本征模函数集合;

[0030] 在此,即对脑电信号进行经验模态分解,将其分解成若干个本征模函数(Intrinsic Mode Function,IMF)和残差函数(Redisual,Re)之和的形式。

[0031] 本征模函数集合包括如下公式:

$$[0032] \quad EEG_{original} = \sum_{i=1}^n imf_i + Re$$

[0033] 式中, $EEG_{original}$ 表示原始脑电信号, $imf_i$ 表示第*i*个本征模函数,Re表示残差函数。

[0034] S103,分别计算所述本征模函数集合的各个本征模函数与同一时刻的眼电信号之间的相关系数;

[0035] 参考图2,图2是去除眼电伪迹的流程图,原始脑电信号进行经验模态分解后,得到本征模函数集合,分别计算本征模函数1-n( $imf_1 \sim imf_n$ )与眼电信号EOG的相关系数1-n( $corrcoef_1 \sim corrcoef_n$ )。

[0036] S104,查找出相关系数大于预设阈值的本征模函数和相关系数最大的本征模函数,并将其从本征模函数集合中删除;

[0037] 如图2所示,通过设定阈值,在计算完相关系数后,将相关系数大于阈值的本征模函数和相关系数最大的本征模函数删除,剩下的*m*个本征模函数。

[0038] 作为一个实施例,在计算完相关系数后,还可以包括:

[0039] 在相关系数大于预设阈值的本征模函数中;计算本征模函数与眼电信号的欧氏距离;从欧氏距离最小的本征模函数从本征模函数集合中剔除。

[0040] 作为一个实施例,在计算完相关系数后,也可以包括:

[0041] 在相关系数大于预设阈值的本征模函数中;计算本征模函数与眼电信号的余弦距离;从余弦距离最小的本征模函数从本征模函数集合中剔除。

[0042] 通过上述实施例,在相关系数判断基础上结合了欧氏距离或余弦距离判断,可以将与相关系数判断中无法去除的更多遗留的眼电伪迹去除。

[0043] S105,利用本征模函数集合中剩余的本征模函数重建该帧脑电信号;

[0044] 在去除了眼电伪迹后,利用剩下的*m*个本征模函数重建去除了眼电伪迹后的脑电信号。作为一个实施例,在重建脑电信号时,根据本征模函数的排列顺序,选择本征模函数集合中位置靠前的若干个本征模函数进行重建脑电信号。

[0045] 该实施例中,由于本征模函数的排列顺序是按频率由大到小,并且与眼电信号相似度最高的本征模函数一般排列在中间位置,因此在重建脑电信号时,可以仅利用前若干个本征模函数,删除包括相似度最高的本征模函数在内的频率较低的本征模函数后,再重建脑电信号。

[0046] 其中,重建脑电信号的方法,包括如下公式:

$$[0047] \quad EEG_{pure} = \sum_{i=1}^m imf_i, \text{corrcoef}(imf_i, EOG) < \min(thre, \text{corrcoef}_{max})$$

[0048] 式中, $EEG_{pure}$ 表示重建的脑电信号,corrcoef表示相关系数,imf表示第*i*个本征模

函数,EOG表示眼电信号,corrcoef<sub>max</sub>表示最大的相关系数,thre表示预设的相关系数阈值。

[0049] 在一个实施例中,所述睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法,可以在对原始脑电信号进行经验模态分解前,先将原始脑电信号帧划分为N个时间窗口,然后并行对每个时间窗口的脑电信号进行本征模函数分解;以及在重建脑电信号后,将各个时间窗口重建的脑电信号进行合并,得到脑电信号帧。

[0050] 上述实施例,通过将采集的原始脑电信号帧划分多个时间窗口并行处理,能够加快信号处理速度,提高睡眠状态分析的效率。

[0051] 例如,以30s一帧为例,可以以5s或10s为一个时间窗口长度。

[0052] 本发明的技术方案,只去除高幅度眼电所造成的类似于基线漂移的伪迹,并且保留了原始信号的大部分细节信息。

[0053] 参考图3所示,图3是去除眼电伪迹的实验数据结果示意图。图3(a)为采集的原始脑电信号,图3(b)为采集的眼电信号,图3(c)比较了去除眼电伪迹前后的脑电信号(图中,①为原始脑电信号;②为去除眼电伪迹后的脑电信号),下图是上图截取部分放大图,可以发现,上述区间内的数据点之间,由眼电带来的幅度较大的深V形波动被本方案给消除的同时,并且保留了较多的原始信息。

[0054] 相对于传统方法(如ICA等)将输入的多路信号视为经过线性组合后的多路源信号,并试图将这些信号彼此分离,能在周期信号上传统方法能获得比较好的效果。而且对于脑电信号而言,由于脑电信号和眼电信号都可以视为随机信号,并且脑电信号容易受到外部干扰,很难将脑电信号和眼电信号彻底分离开,此时脑电信号就会混入额外的噪声信号,加大了后续信号处理分析的难度。而本发明的技术方案,只去除高幅度眼电带来的类似于基线漂移的伪迹,保留了原始信号的大部分细节信息。因此有利于后续的基于时域的脑电信号分析方法的处理。

[0055] 参考图4所示,图4为一个实施例的睡眠状态分析中去除眼电伪迹的系统结构示意图,包括:

[0056] 原始信号提取模块101,用于根据设定帧长度采集用户的眼电信号和原始脑电信号;

[0057] 经验模态分解模块102,用于对该帧原始脑电信号进行经验模态分解,将其分解成若干个本征模函数,得到本征模函数集合;

[0058] 相关系数计算模块103,用于分别计算所述本征模函数集合的各个本征模函数与同一时刻的眼电信号之间的相关系数;

[0059] 本征模函数删除模块104,用于查找出相关系数大于预设阈值的本征模函数和相关系数最大的本征模函数,并将其从本征模函数集合中删除;

[0060] 脑电信号重建模块105,用于利用本征模函数集合中剩余的本征模函数重建该帧脑电信号。

[0061] 本发明的睡眠状态分析中去除眼电伪迹的系统与本发明的睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法一一对应,在上述睡眠状态分析中去除眼电伪迹的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去除眼电伪迹的系统的实施例中,特此声明。

[0062] 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。

[0063] 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。

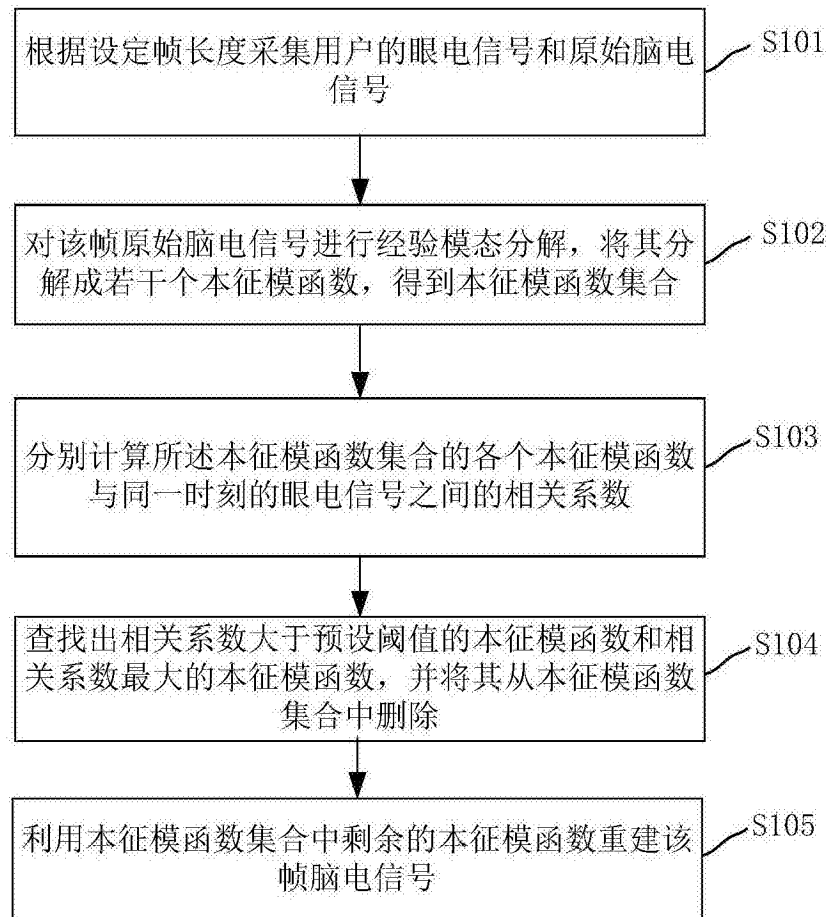


图1

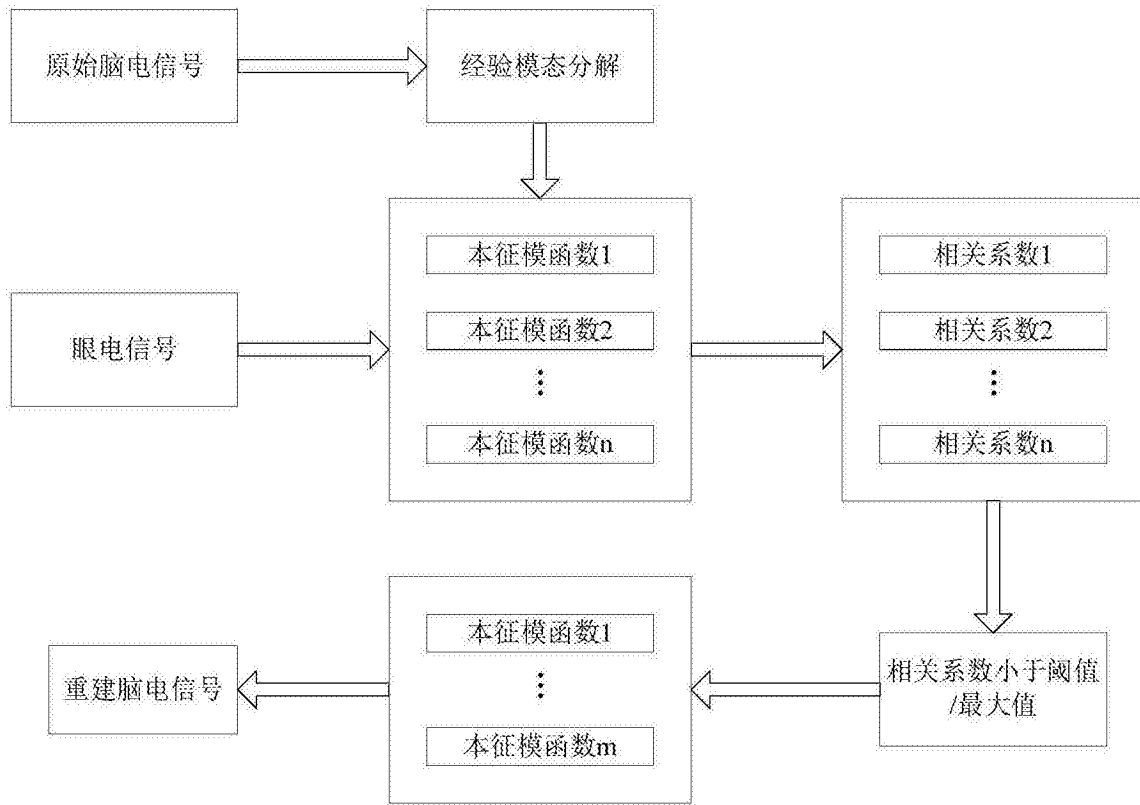
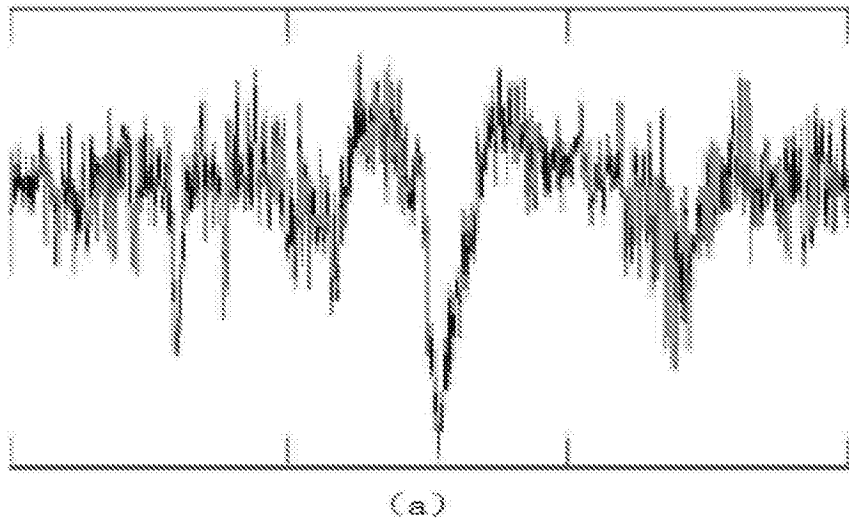


图2



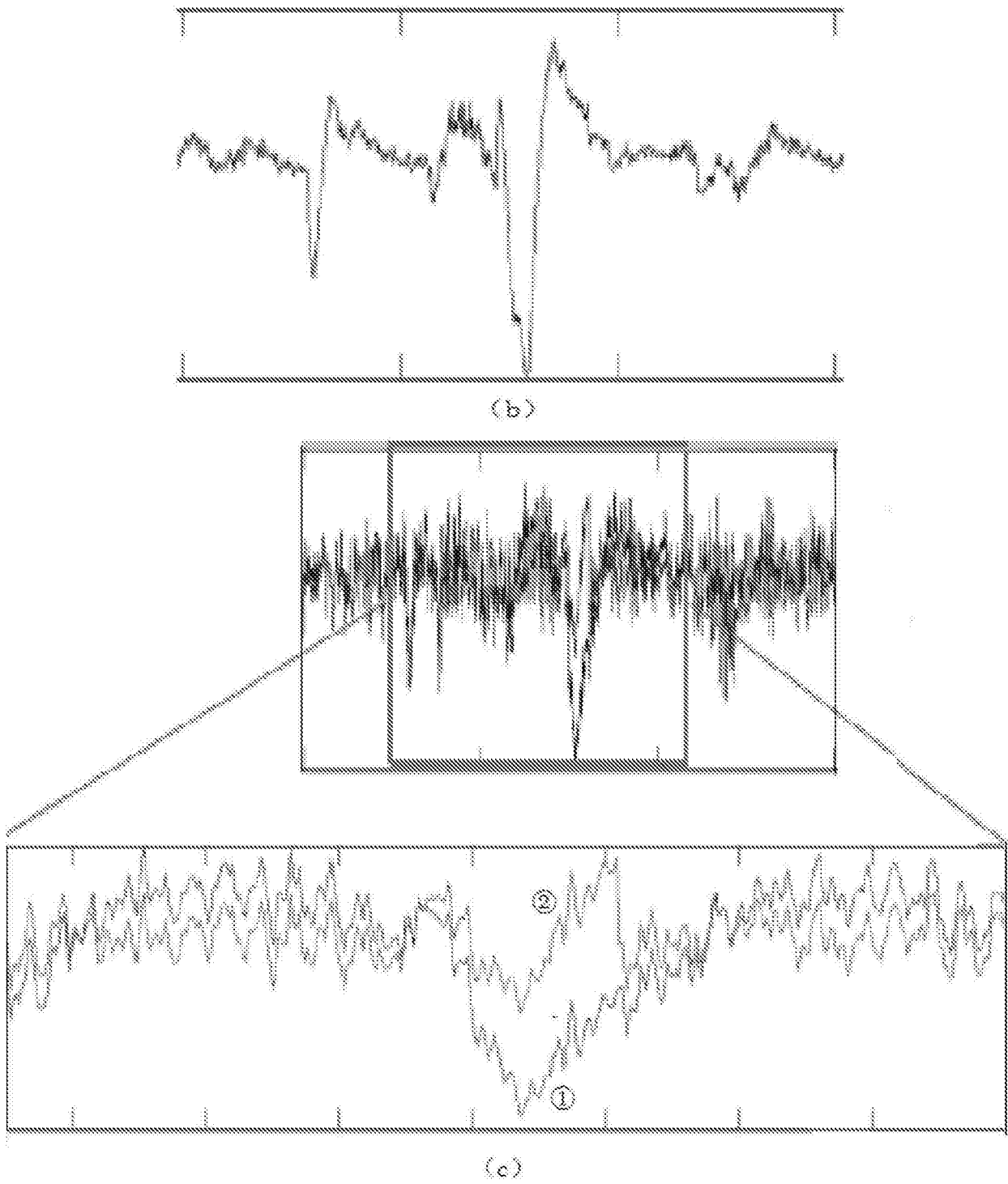


图3

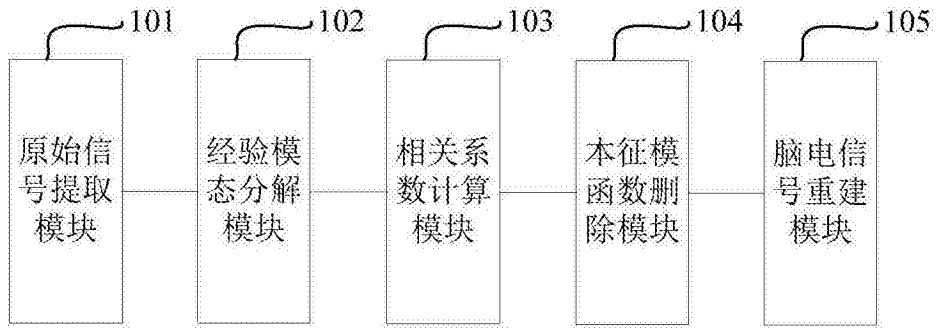


图4

专利名称(译)	睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法和系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN106473704A</a>	公开(公告)日	2017-03-08
申请号	CN201610840419.7	申请日	2016-09-21
[标]申请(专利权)人(译)	广州视源电子科技有限公司		
申请(专利权)人(译)	广州视源电子科技有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	广州视源电子科技有限公司		
[标]发明人	赵巍 胡静 韩志		
发明人	赵巍 胡静 韩志		
IPC分类号	A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/4806 A61B5/7203 A61B5/7264		
代理人(译)	潘桂生		
其他公开文献	CN106473704B		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明涉及一种睡眠状态分析中去除眼电伪迹的方法和系统，其中所述方法包括：根据设定帧长度采集用户的眼电信号和原始脑电信号；对该帧原始脑电信号进行经验模态分解，将其分解成若干个本征模函数，得到本征模函数集合；分别计算所述本征模函数集合的各个本征模函数与同一时刻的眼电信号之间的相关系数；查找出相关系数大于预设阈值的本征模函数和相关系数最大的本征模函数，并将其从本征模函数集合中删除；利用本征模函数集合中剩余的本征模函数重建该帧脑电信号。该方案可以减少去除眼电伪迹过程对脑电信号的波形的影响，保留了原始信号的大部分细节信息，确保后续对脑电信号的分析效果。

