



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106333678 B

(45)授权公告日 2019.05.07

(21)申请号 201610840483.5

A61B 5/00(2006.01)

(22)申请日 2016.09.21

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106333678 A

CN 104068849 A,2014.10.01,
CN 101474070 A,2009.07.08,
CN 105105714 A,2015.12.02,
CN 103239227 B,2015.11.25,

(43)申请公布日 2017.01.18

(73)专利权人 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

程佳.基于脑电信号的睡眠分期研究.《中国
优秀硕士学位论文全文数据库医药卫生科技
辑》.2015,(第7期),

(72)发明人 赵巍 胡静 韩志

审查员 朱晓旻

(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)

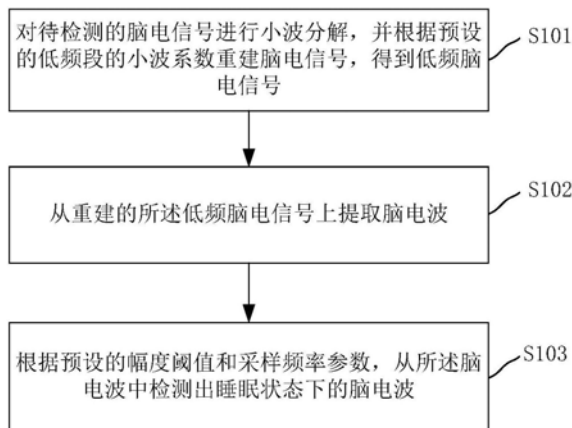
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法和系统

(57)摘要

本发明涉及一种脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法和系统,其中所述方法包括:对待检测的脑电信号进行小波分解,并根据预设的低频段的小波系数重建脑电信号,得到低频脑电信号;从重建的所述低频脑电信号上提取脑电波;根据预设的幅度阈值和采样频率参数,从所述脑电波中检测出睡眠状态下的脑电波。本发明的技术方案,可以排除脑电信号中干扰成分的影响,检测出来的睡眠状态下脑电波具有更高的准确率,提升了后期睡眠状态分析的可靠性。



1. 一种脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法,其特征在于,包括:

对待检测的脑电信号进行小波分解,并根据预设的低频段的小波系数重建脑电信号,得到低频脑电信号;

从重建的所述低频脑电信号上提取脑电波;

根据预设的幅度阈值和采样频率参数,从所述脑电波中检测出睡眠状态下的脑电波;

所述从重建的所述低频脑电信号上提取脑电波的步骤包括,从低频脑电信号的波形上找出局部极小值点,并将其标记为波谷;将相邻两个波谷之间最大的局部极大值点标记为波峰;根据波形上每个左波谷-波峰-右波谷对的高度判断出脑电波;

所述根据波形上每个左波谷-波峰-右波谷对的高度判断出脑电波的步骤包括,计算每个左波谷-波峰-右波谷对的高度;若左右两个波谷的高度差小于预设的差值阈值,则将该波形判为一个脑电波;若左右两个波谷的高度差大于差值阈值,且左波谷-上升支波峰的高度小于波峰-下降支右波谷的一半,则将该波形判为一个脑电波;若左右两个波谷的高度差大于差值阈值,且上升支的高度大于下降支的一半,则抛弃右波谷并在波形上寻找接下来的第二个波谷,重新进行判断。

2. 根据权利要求1所述的脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法,其特征在于,根据预设的幅度阈值和采样频率参数,从所述脑电波中检测出睡眠状态下的脑电波的步骤包括:

根据K综合波和 δ 波脑电波的波形特征,结合所述提取的脑电波的采样频率参数和预设的中K综合波和 δ 波的幅度阈值,从所述脑电波中检测K综合波与 δ 波。

3. 根据权利要求2所述的脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法,其特征在于,所述从所述脑电波中检测K综合波与 δ 波的步骤包括如下公式:

$$w_k = true, \text{ if } \begin{cases} height_{EOG}^{trough_lef:trough_right} < height_thre_{EOG} \\ 1 < (p_{trough_right} - p_{trough_left}) / fs < 2 \\ amp_{EEG}^{trough} < trough_thre_{EEG} \\ amp_{EEG}^{peak} > peak_thre_{EEG} \end{cases}$$

$$w_\delta = true, \text{ if } \begin{cases} height_{EOG}^{trough_lef:trough_right} < height_thre_{EOG} \\ 0.5 < (p_{trough_right} - p_{trough_left}) / fs < 2 \\ height_{EEG}^{trough_lef:trough_right} > height_thre_{EEG} \end{cases}$$

式中, p_{trough_right} 与 p_{trough_left} 分别表示左右波谷数据点的坐标, fs 为脑电波的采样率, $height_{EEG}^{trough_lef:trough_right}$ 与 $height_{EOG}^{trough_lef:trough_right}$ 分别表示脑电信号与眼电信号在区间 $[p_{trough_right}, p_{trough_left}]$ 上的最大值减最小值的取值, amp_{EEG}^{peak} 与 amp_{EEG}^{trough} 分别表示脑电波的波峰值与波谷值, $peak_thre_{EEG}$ 与 $trough_thre_{EEG}$ 分别表示K综合波的波峰阈值与波谷阈值, $height_thre_{EEG}$ 表示 δ 波的幅度阈值, $height_thre_{EOG}$ 所表示的是预设幅度阈值; w_k 表示K综合波, w_δ 表示 δ 波,true表示判断结果为真,if表示满足的条件。

4. 根据权利要求1至3任一项所述的脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法,其特征在于,还包括:

在检测到K综合波与 δ 波的时间窗口内,对眼电信号的幅度进行检测,当眼电信号的幅度超过预设幅度阈值,则判定检测到的K综合波与 δ 波属于伪阳性结果,丢弃该检测结果。

5. 根据权利要求4所述的脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法,其特征在于,所述预设的幅度阈值为75微伏。

6. 根据权利要求1所述的脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法,其特征在于,所述差值阈值为10微伏。

7. 根据权利要求3所述的脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法,其特征在于,所述K综合波的波峰阈值与波谷阈值分别为+100微伏与-100微伏, δ 波的幅度阈值为75-150微伏。

8. 一种脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的系统,其特征在于,包括:

低频脑电信号获取模块,用于对待检测的脑电信号进行小波分解,并根据预设的低频段的小波系数重建脑电信号,得到低频脑电信号;

脑电波提取模块,用于从重建的所述低频脑电信号上提取脑电波;

脑电波检测模块,用于根据预设的幅度阈值和采样频率参数,从所述脑电波中检测出睡眠状态下的脑电波;

所述脑电波提取模块还用于,从低频脑电信号的波形上找出局部极小值点,并将其标记为波谷;将相邻两个波谷之间最大的局部极大值点标记为波峰;根据波形上每个左波谷-波峰-右波谷对的高度判断出脑电波;

所述脑电波提取模块还用于,计算每个左波谷-波峰-右波谷对的高度;若左右两个波谷的高度差小于预设的差值阈值,则将该波形判为一个脑电波;若左右两个波谷的高度差大于差值阈值,且左波谷-上升支波峰的高度小于波峰-下降支右波谷的一半,则将该波形判为一个脑电波;若左右两个波谷的高度差大于差值阈值,且上升支的高度大于下降支的一半,则抛弃右波谷并在波形上寻找接下来的第二个波谷,重新进行判断。

9. 一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,该程序被处理器执行时实现权利要求1-7所述方法的步骤。

10. 一种计算机设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述程序时实现权利要求1-7所述方法的步骤。

脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及辅助睡眠技术领域,特别是涉及一种脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法和系统。

背景技术

[0002] 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。睡眠状态分析是了解用户睡眠质量的重要手段,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。由于脑电信号的强度很弱(脑电信号为微伏级别,心电信号为毫伏级别),在信号采集和检测时极易被外界信号所干扰。

[0003] 因此,利用计算机对脑电信号进行睡眠分析研究时,对于采集到的脑电信号,需要准确地从中检测出睡眠状态下的脑电波成分,这样才可以确保后续使用该脑电信号进行相关睡眠状态分析时的准确率。

[0004] 目前对脑电信号进行脑电波提取时,一般是对脑电信号进行滤波、小波分解与重构,得到脑电信号的四种基本频段(δ 波频段、 θ 波频段、 α 波频段和 β 波频段)的信号,用于睡眠状态分析,如前面所述,由于脑电信号的强度很弱,采用这种手段检测处理的脑电波信号,容易混入干扰成分,导致检测出来的睡眠状态下脑电波的准确率较低,也影响了后期睡眠状态分析的可靠性。

发明内容

[0005] 基于此,有必要针对上述问题,提供一种脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法和系统,有效地提高睡眠状态识别的准确率。

[0006] 一种脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法,包括:

[0007] 对待检测的脑电信号进行小波分解,并根据预设的低频段的小波系数重建脑电信号,得到低频脑电信号;

[0008] 从重建的所述低频脑电信号上提取脑电波;

[0009] 根据预设的幅度阈值和采样频率参数,从所述脑电波中检测出睡眠状态下的脑电波。

[0010] 一种脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的系统,包括:

[0011] 低频脑电信号获取模块,用于对待检测的脑电信号进行小波分解,并根据预设的低频段的小波系数重建脑电信号,得到低频脑电信号;

[0012] 脑电波提取模块,用于从重建的所述低频脑电信号上提取脑电波;

[0013] 脑电波检测模块,用于根据预设的幅度阈值和采样频率参数,从所述脑电波中检测出睡眠状态下的脑电波。

[0014] 上述脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法和系统,对脑电信号进行小波分

解,并根据低频段的小波系数重建脑电信号,在低频部分上检测出睡眠状态下的脑电波。该方案可以排除脑电信号中干扰成分的影响,检测出来的睡眠状态下脑电波具有更高的准确率,提升了后期睡眠状态分析的可靠性。

附图说明

- [0015] 图1为一个实施例的脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法的流程图;
- [0016] 图2是K综合波的波形示意图;
- [0017] 图3是 δ 波的波形示意图;
- [0018] 图4为判断为脑电波的波形示意图;
- [0019] 图5是非眼快动睡眠S2期的脑电信号上K综合波的检测结果示意图;
- [0020] 图6是非眼快动睡眠S3期的脑电信号上 δ 波的检测结果示意图;
- [0021] 图7为图7为从脑电信号中检测K综合波与 δ 波的流程图;
- [0022] 图8为一个实施例的脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的系统结构示意图。

具体实施方式

[0023] 下面结合附图阐述本发明的脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法和系统的实施例。

[0024] 参考图1所示,图1为一个实施例的脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法的流程图,包括:

[0025] S101,对待检测的脑电信号进行小波分解,并根据预设的低频段的小波系数重建脑电信号,得到低频脑电信号;

[0026] 上述步骤,可以在对用户进行辅助睡眠等睡眠状态分析中,通过用户佩戴相关传感设备,采集用户在睡眠过程中产生的脑电信号,得到待检测的脑电信号,在采集脑电信号时,可以以30s为一帧进行采集,对每帧脑电信号进行后续处理。

[0027] 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,在此,首先对待检测的脑电信号进行小波分解,并根据低频段的小波系数重建脑电信号,然后在重建的低频脑电信号上提取脑电波;上述预设的低频段,可以选取0~4Hz,如果单一针对于K综合波处理时,可以取0~2Hz频段,或者先识别出K综合波,然后设置0~4Hz频段,识别出 δ 波,再将两种波的检测结果结合起来。

[0028] S102,从重建的所述低频脑电信号上提取脑电波;

[0029] 此步骤中,是根据波形特征,从重建的低频脑电信号上提取脑电波,以K综合波与 δ 波为例。K综合波是一种具有高波幅的复合双相或者多相的慢波,持续时间约为1~2s,波幅约为200~300微伏(uV); δ 波活动的频率为1~3Hz,波幅约为20~200微伏;参考图2和图3所示,图2是K综合波的波形示意图,图3是 δ 波的波形示意图。在此,通过小波分解与低频重构后,需要从低频脑电信号中提取出脑电波。

[0030] 作为一个实施例,结合K综合波的在波形上具有复合双相或者多相且波幅较高的特点,在此将其简化成具有高波峰、深波谷、持续时间为1~2s左右的脑电波。 δ 波具有波幅较高、频率较低的特点,将其简化成具有高振幅、持续时间为0.5s~2s左右的脑电波。

[0031] 在一个实施例中,从低频脑电信号上提取脑电波的过程,可以包括如下步骤:

[0032] 从低频脑电信号的波形上找出局部极小值点,并将其标记为波谷;将相邻两个波谷之间最大的局部极大值点标记为波峰;根据波形上每个左波谷-波峰-右波谷对的高度判断出脑电波;

[0033] 参考图4所示,图4为判断为脑电波的波形示意图,在判断过程中,首先计算每个左波谷-波峰-右波谷对的高度,然后分为以下三种方式:

[0034] (1) 若左右两个波谷的高度差小于预设的差值阈值,则将该波形判为一个脑电波;具体的,如图4(a)所示,如果两个波谷的高度差小于阈值时(如10微伏),判为一个脑电波。

[0035] (2) 若左右两个波谷的高度差大于差值阈值,且左波谷-上升支波峰的高度小于波峰-下降支右波谷的一半,则将该波形判为一个脑电波;具体的,如图4(b)所示,如果两个波谷的高度差大于阈值,且左波谷-波峰(上升支)的高度小于波峰-右波谷(下降支)的一半,则将其判为一个脑电波。

[0036] (3) 若左右两个波谷的高度差大于差值阈值,且上升支的高度大于下降支的一半,则抛弃右波谷并在波形上寻找接下来的第二个波谷,重新进行判断;具体的,如图4(c)所示,如果两个波谷的高度差大于阈值,且上升支的高度大于下降支的一半,则抛弃右波谷并寻找接下来的第二个波谷,重新进行计算和判断。

[0037] S103,根据预设的幅度阈值和采样频率参数,从所述脑电波中检测出睡眠状态下的脑电波;

[0038] 继续以K综合波与 δ 波为例,如上所述,K综合波是一种具有高波幅的复合双相或者多相的慢波,持续时间约为1~2s,波幅约为200~300微伏。在低频段的脑电信号上提取出脑电波后,可以根据K综合波与 δ 波的波形特点来检测K综合波与 δ 波。

[0039] 在一个实施例中,对于检测睡眠状态下的脑电波的方法,可以包括如下步骤:

[0040] 根据K综合波和 δ 波脑电波的波形特征,结合所述提取的脑电波的采样频率参数和预设的中K综合波和 δ 波的幅度阈值,从所述脑电波中检测K综合波与 δ 波。

[0041] 具体的,从所述脑电波中检测K综合波与 δ 波的过程,可以包括如下公式:

[0042]

$$w_k = true, \text{ if } \begin{cases} height_{EOG}^{trough_lef:trough_right} < height_thre_{EOG} \\ 1 < (p_{trough_right} - p_{trough_left}) / fs < 2 \\ amp_{EEG}^{trough} < trough_thre_{EEG} \\ amp_{EEG}^{peak} > peak_thre_{EEG} \end{cases} \quad (1)$$

[0043]

$$w_\delta = true, \text{ if } \begin{cases} height_{EOG}^{trough_lef:trough_right} < height_thre_{EOG} \\ 0.5 < (p_{trough_right} - p_{trough_left}) / fs < 2 \\ height_{EEG}^{trough_lef:trough_right} > height_thre_{EEG} \end{cases} \quad (2)$$

[0044] 式中, p_{trough_right} 与 p_{trough_left} 分别表示左右波谷数据点的坐标, fs 为脑电波的采样率, $height_{EEG}^{trough_lef:trough_right}$ 与 $height_{EOG}^{trough_lef:trough_right}$ 分别表示脑电信号与眼电信号在区间

[$p_{\text{trough_right}}$, $p_{\text{trough_left}}$]上的最大值减最小值的取值, $\text{peak_thre}_{\text{EEG}}$ 与 $\text{trough_thre}_{\text{EEG}}$ 分别表示K综合波的波峰阈值与波谷阈值, $\text{height_thre}_{\text{EEG}}$ 表示 δ 波的幅度阈值; w_k 表示K综合波, w_δ 表示 δ 波, true 表示判断结果为真, if 表示满足的条件。

[0045] 另外, K综合波的波峰阈值与波谷阈值可以分别取+100微伏与-100微伏, δ 波的幅度阈值可以取75-150微伏。

[0046] 由于是在小波分解后的脑电信号上而非原始脑电信号上进行检波, 因此K综合波与 δ 波的幅度阈值可较临床标准适当降低。例如K综合波的波峰的阈值 $\text{peak_thre}_{\text{EEG}}$ 与波谷的阈值 $\text{trough_thre}_{\text{EEG}}$ 可以分别设为正负100微伏, δ 波的幅度阈值 $\text{height_thre}_{\text{EEG}}$ 为75至150微伏; 上述阈值设置经过验证, 能够得到较好的检测效果。

[0047] 作为一个实施例, 对于上述检测到的K综合波与 δ 波, 为了避免眼电信号造成的干扰, 在检测到K综合波与 δ 波的时间窗口内, 对眼电信号的幅度进行检测, 当眼电信号的幅值超过预设幅度阈值(例如75微伏), 则判定检测到的K综合波与 δ 波属于伪阳性(false positive)结果, 并不是真正的K综合波与 δ 波, 丢弃该此检测结果, 排除眼电伪迹的干扰。

[0048] 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); 基于本发明提供的技术方案所检测出来的脑电波, 也可以用于上述四种睡眠状态的识别中。

[0049] 参考图5所示, 图5是非眼快动睡眠S2期的脑电信号上K综合波的检测结果示意图; 图5(a)中波动较大的波形为原始脑电信号, 波动较小的波形为低频段重建的脑电信号; 图5(b)中波形部分是低频段重建的脑电信号, 圆圈部分为检出的K综合波。

[0050] 参考图6所示, 图6是非眼快动睡眠S3期的脑电信号上 δ 波的检测结果示意图; 图6(a)中波动较大的波形为原始脑电信号, 波动较小的波形为低频段重建的脑电信号; 图6(b)中波形部分是低频段重建的脑电信号, 圆圈部分为检出的 δ 波。

[0051] 本发明实施例的脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法, 具有较高的准确性。实验证明, 基于该方案检测的睡眠状态下的脑电波, 在应用于多例睡眠状态检测中, 检测的准确率达到95%以上。

[0052] 参考图7所示, 图7为从脑电信号中检测K综合波与 δ 波的流程图, 包括如下步骤:

[0053] s1: 采集脑电信号(含眼电信号);

[0054] s2: 脑电信号小波分解;

[0055] s3: 重建低频段信号(0-4Hz);

[0056] s4: 从低频段信号中检测脑电波;

[0057] s5: 脑电波中检测K综合波与 δ 波;

[0058] s6: 去除眼电干扰, 得到干净的K综合波与 δ 波。

[0059] 本发明的脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方案, 通过调整参数可以得到一个很高的检测准确率。基于该方法检测的睡眠状态下的脑电波, 对于部分干扰较严重的脑电信号, 也不会影响到准确率。

[0060] 参考图8所示, 图8为一个实施例的脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的系统结构示意图, 包括:

[0061] 低频脑电信号获取模块101,用于对待检测的脑电信号进行小波分解,并根据预设的低频段的小波系数重建脑电信号,得到低频脑电信号;

[0062] 脑电波提取模块102,用于从重建的所述低频脑电信号上提取脑电波;

[0063] 脑电波检测模块103,用于根据预设的幅度阈值和采样频率参数,从所述脑电波中检测出睡眠状态下的脑电波;

[0064] 本发明的脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的系统与本发明的脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法一一对应,在上述脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法的实施例阐述的技术特征及其有益效果均适用于脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的系统的实施例中,特此声明。

[0065] 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。

[0066] 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,本发明的保护范围应以所附权利要求为准。

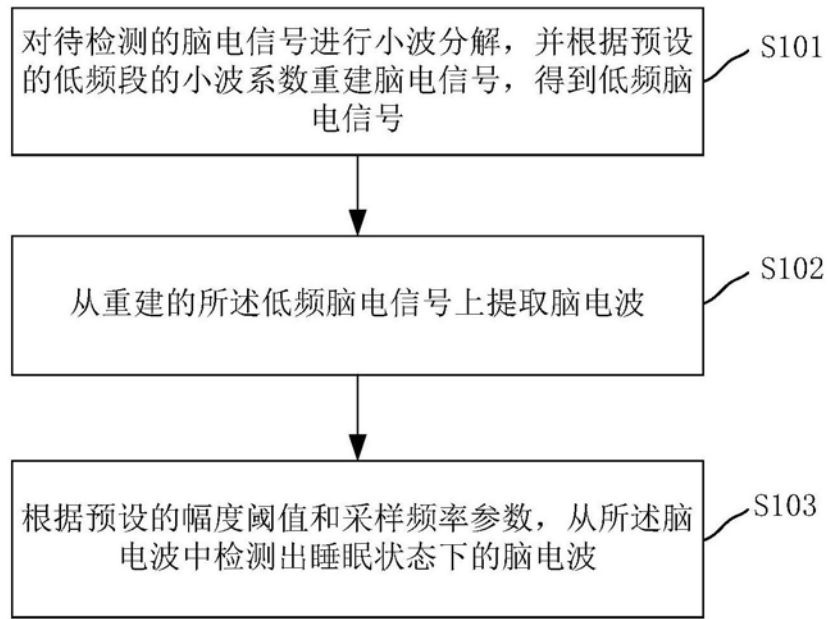


图1

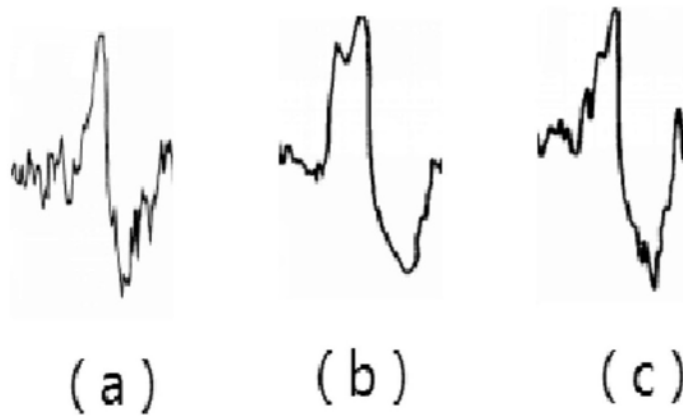


图2

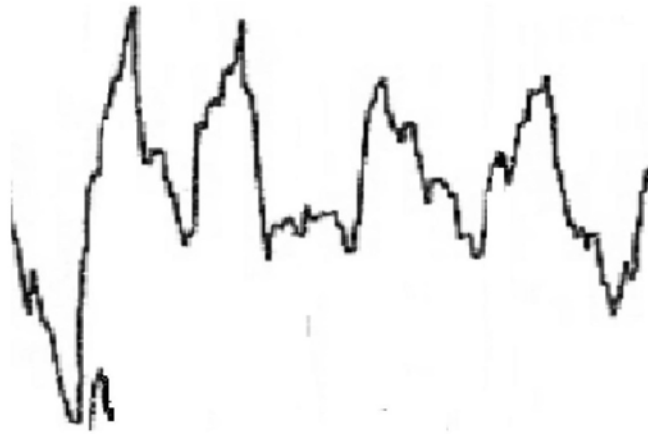


图3

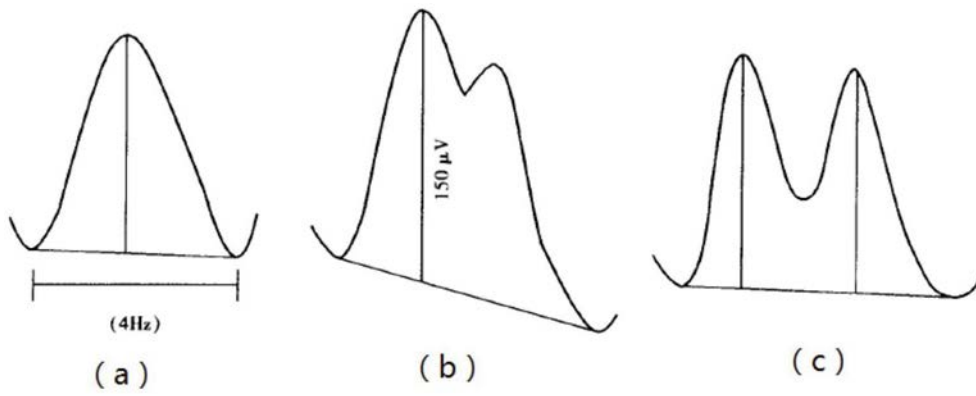
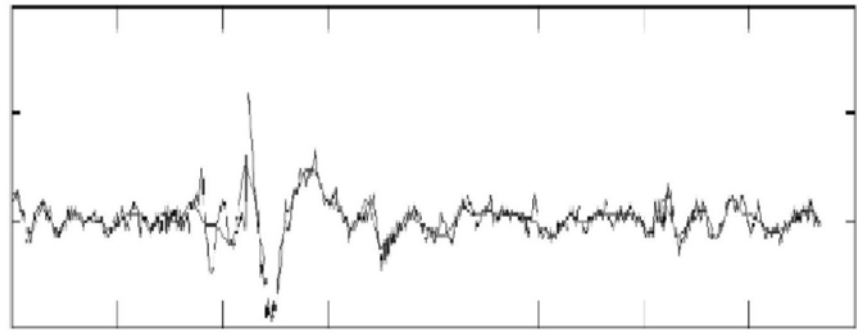
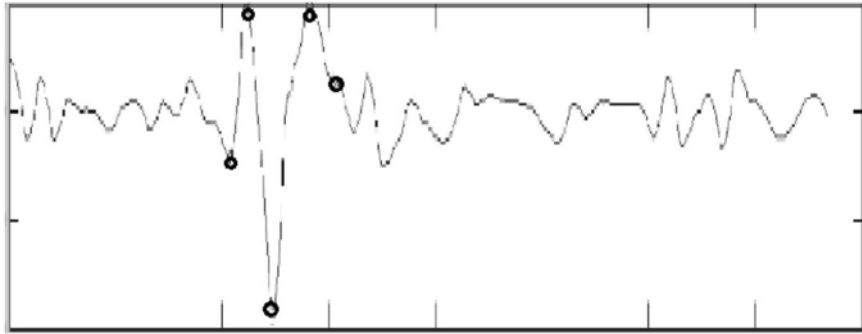


图4

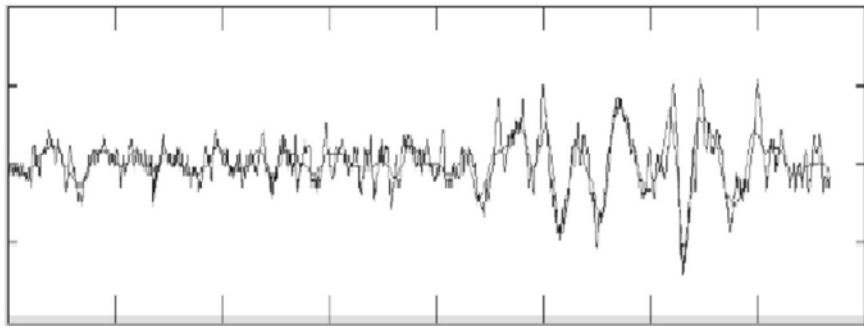


(a)

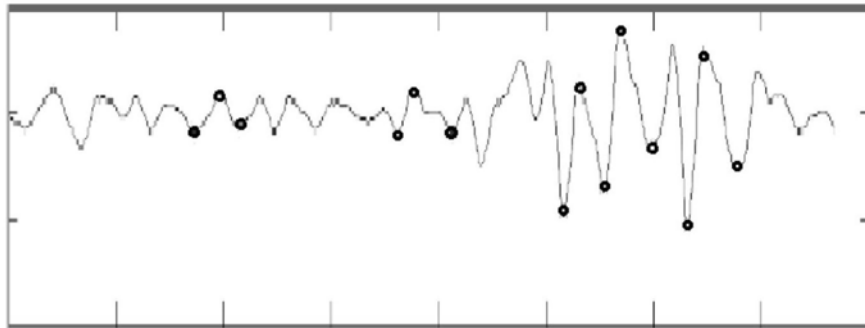


(b)

图5



(a)



(b)

图6

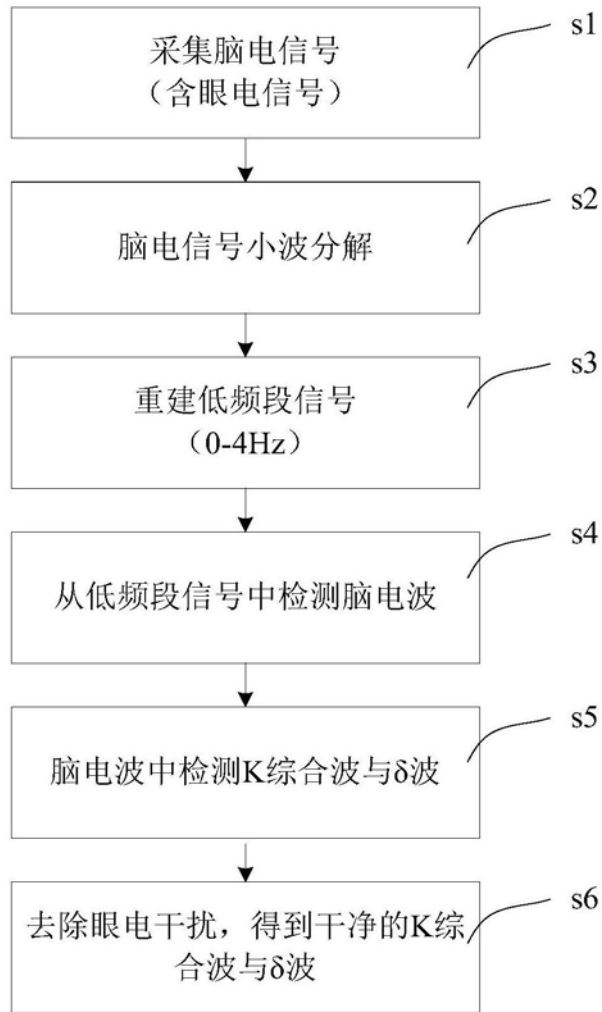


图7

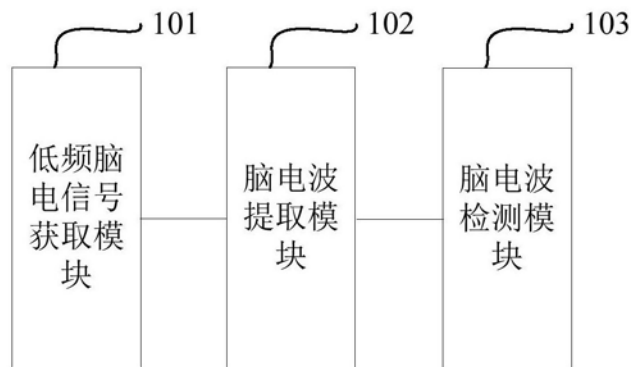


图8

专利名称(译)	脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法和系统		
公开(公告)号	CN106333678B	公开(公告)日	2019-05-07
申请号	CN201610840483.5	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 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/04012 A61B5/0476 A61B5/0496 A61B5/4809 A61B5/4812 A61B5/4815 A61B5/6802 A61B5/7203 A61B5/7235		
代理人(译)	潘桂生		
其他公开文献	CN106333678A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及一种脑电信号中检测睡眠状态下脑电波的方法和系统，其中所述方法包括：对待检测的脑电信号进行小波分解，并根据预设的低频段的小波系数重建脑电信号，得到低频脑电信号；从重建的所述低频脑电信号上提取脑电波；根据预设的幅度阈值和采样频率参数，从所述脑电波中检测出睡眠状态下的脑电波。本发明的技术方案，可以排除脑电信号中干扰成分的影响，检测出来的睡眠状态下脑电波具有更高的准确率，提升了后期睡眠状态分析的可靠性。

