



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110013249 A

(43)申请公布日 2019. 07. 16

(21)申请号 201910207886.X

(22)申请日 2019.03.19

(71)申请人 西北大学

地址 710069 陕西省西安市太白北路229号

(72)发明人 冯筠 刘亚朋 胡景钊 刘阳

(74)专利代理机构 西安恒泰知识产权代理事务
所 61216

代理人 李婷

(51)Int.Cl.

A61B 5/0476(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

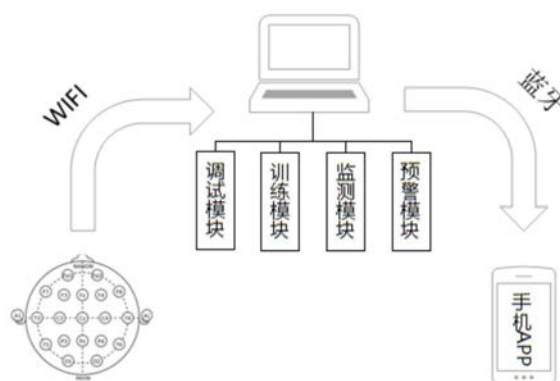
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

一种便携式可调式的头戴癫痫监测仪

(57)摘要

本发明公开了一种便携式可调式的头戴癫痫监测仪,包括:脑电帽,用于采集患者的脑电信号;调试模块,用于根据脑电帽上所有电极采集的患者在癫痫病发作期间、发作前期、发作期的脑电信号,进行处理,以确定最合适电极;训练模块,用于根据最合适的电极采集的脑电信号,进行模型训练;监测模块,用于接收脑电信号,利用训练模块训练好的模型进行检测,以判断患者当前是否处于癫痫病发作前期;预警模块,用于在监测模块监测到患者处于癫痫病发作前期时进行预警。本发明可做到便携式监测、即时预警,有效防止癫痫患者发病时二次伤害的发生。



1. 一种便携式可调式的头戴癫痫病监测仪,其特征在于,包括:

脑电帽,用于采集患者的脑电信号;

调试模块,用于根据脑电帽上所有电极采集的患者在癫痫病发作期间、发作前期、发作期的脑电信号,对脑电信号进行滤波处理和数据划分,并按通道进行归类,每一个通道构建一个数据集,对每一个数据集进行集合经验模态分解,然后通过滑动时间窗划分样本,利用时间窗内的样本构造特征向量,对每一个通道都构造一个特征集,然后对每个特征集进行分类,得到每个通道的分类准确率,选择分类准确率最高的几个通道对应的电极作为最合适电极;

训练模块,用于根据最合适的电极采集的脑电信号,按照和调试模块相同的方法进行特征向量的构造,然后将特征向量构造成特征矩阵,并通过H-ELM学习机进行训练,保存训练好的模型;

监测模块,用于接收最合适的电极采集的脑电信号,以滑动时间窗进行截取,截取的片段构造特征矩阵后,利用训练模块训练好的模型进行检测,以判断患者当前是否处于癫痫病发作前期;

预警模块,用于在监测模块监测到患者处于癫痫病发作前期时进行预警。

2. 如权利要求1所述的便携式可调式的头戴癫痫病监测仪,其特征在于,所述的对脑电信号进行滤波处理和数据划分,包括:

对脑电信号进行0.5HZ-60HZ的滤波预处理,去除眼电信号、肌电信号的影响;

进行数据划分,将癫痫病发作时的脑电信号定义为发作期,发作前10min的脑电信号定义为发作前期,其余的定义为发作间期。

3. 如权利要求1所述的便携式可调式的头戴癫痫病监测仪,其特征在于,所述的对每一个数据集进行集合经验模态分解,然后通过滑动时间窗划分样本,利用时间窗内的样本构造特征向量,包括:

对每一个数据集进行集合经验模态分解得到本征模态函数,对本征模态函数加6s的滑动时间窗划分样本,每个时间窗内的样本信号求取功率能量后构造特征向量。

4. 如权利要求1所述的便携式可调式的头戴癫痫病监测仪,其特征在于,所述的对每一个数据集进行集合经验模态分解得到本征模态函数,其中信号分解满足如下公式:

$$d_i(t) = \sum_{j=1}^n c_j + r_n$$

其中 r_n 是数据集 $d_i(t)$ 提取个 n 个本征模态函数后的残差, c_j 为信号分解所得到的本征模态函数IMF。

5. 如权利要求1所述的便携式可调式的头戴癫痫病监测仪,其特征在于,所述的划分样本的计算公式为:

$$S_{in} = d_i[t, t+6]$$

上式中, S_{in} 表示第 i 通道的第 n 样本, d_i 为单通道的脑电信号数据集, t 为滑动时间窗左窗边的时间, $[t, t+6]$ 为滑动时间窗的长度。

6. 如权利要求1所述的便携式可调式的头戴癫痫病监测仪,其特征在于,所述的求取功率能量的计算公式为:

$$energy = \frac{1}{2} * x_i^2$$

其中 x_i 为时间窗内的信号数据信号点。

7.如权利要求1所述的便携式可调式的头戴癫痫病监测仪,其特征在于,所述的检测仪还包括:

手机APP,用于接收预警模块发送来的预警信息并进行预警提醒。

8.如权利要求1所述的便携式可调式的头戴癫痫病监测仪,其特征在于,所述的预警模块的预警,包括:

若检测到发作前期信号,则预警模块通过蓝牙向患者的手机APP发送通知信息;若检测到另外两种信号,则不发送通知信息;

佩戴者的手机APP读取信息,若为癫痫病发作前的信息,则手机上显示预警信息,并通过振动、响铃来提醒佩戴者;

佩戴者的手机在预警10min后再次向佩戴者发送确认消息,若佩戴者手动取消,则表明这次预警为误报;若无手动取消,则说明癫痫已发作,佩戴者的手机APP自动向监护人的手机APP发送报警求助,并将佩戴者手机APP的定位信息发送给监护人手机APP。

一种便携式可调式的头戴癫痫监测仪

技术领域

[0001] 本发明涉及脑机接口、癫痫疾病监测领域，具体涉及一种利用OpenBCI脑电帽、通过数据传输系统进行脑电信号采集、利用癫痫疾病检测算法进行癫痫疾病监控的便携式可调式的头戴癫痫监测仪。

背景技术

[0002] 脑机接口是将大脑与外部机器建立通信，使大脑可以直接对外部机器进行控制的一项技术，是一种特殊的人机交互技术。脑机接口在很多领域都可以应用，医学上可以帮助有运动障碍的患者实现与外界的交流，辅助术后患者进行康复训练；娱乐上可以用大脑直接控制游戏，增强游戏体验；身份认证方面可以进行身份的精准识别；而监测预警方面可以对驾驶疲劳者、突发疾病患者进行预警提醒，降低事故伤害等。

[0003] 癫痫疾病监测是对患有癫痫疾病的患者进行实时监测，在发病时对患者及监护人发送提示预警，避免患者遭受二次物理伤害。现有的对癫痫疾病进行监测的方法主要有两种：一种是视频监控，另一种是脑机接口监测。而视频监控不容易做到便携式，而且其精确度易受发病相似动作、外部复杂环境的影响。而脑机接口监测是以患者的脑电信号为分析对象，通过高效精确的算法分析来区分癫痫发作与正常的状态。现有的脑机接口技术一般包含以下三个模块：信号采集、信号分析、相应的控制器和反馈环节。信号采集主要是从大脑中获取反映人脑意图的生理电信号，获取的是头皮脑电图，但目前的脑电采集设备很少同时满足便携和美观的功能；其次，为了高效地对采集到的脑电信号进行分析处理，需要更精确、更快速的脑电信号处理算法。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于，提供一种便携式可调式的头戴癫痫监测仪，通过头戴式脑电帽采集佩戴者的脑电信号，然后将采集的脑电信号传输到计算模块进行分析处理，若有癫痫发作，则将检测结果传输到佩戴者手机APP端进行提醒，若佩戴者手机APP得到提醒，则该APP自动发送信息给监护人，让监护人及时知晓患者情况。

[0005] 为了实现上述任务，本发明采用以下技术方案：

[0006] 一种便携式可调式的头戴癫痫病监测仪，包括：

[0007] 脑电帽，用于采集患者的脑电信号；

[0008] 调试模块，用于根据脑电帽上所有电极采集的患者在癫痫病发作期间、发作前期、发作期的脑电信号，对脑电信号进行滤波处理和数据划分，并按通道进行归类，每一个通道构建一个数据集，对每一个数据集进行集合经验模态分解，然后通过滑动时间窗划分样本，利用时间窗内的样本构造特征向量，对每一个通道都构造一个特征集，然后对每个特征集进行分类，得到每个通道的分类准确率，选择分类准确率最高的几个通道对应的电极作为最合适电极；

[0009] 训练模块，用于根据最合适的电极采集的脑电信号，按照和调试模块相同的方法

进行特征向量的构造,然后将特征向量构造成特征矩阵,并通过H-ELM学习机进行训练,保存训练好的模型;

[0010] 监测模块,用于接收最合适的电极采集的脑电信号,以滑动时间窗进行截取,截取的片段构造特征矩阵后,利用训练模块训练好的模型进行检测,以判断患者当前是否处于癫痫病发作前期;

[0011] 预警模块,用于在监测模块监测到患者处于癫痫病发作前期时进行预警。

[0012] 进一步地,所述的对脑电信号进行滤波处理和数据划分,包括:

[0013] 对脑电信号进行0.5HZ-60HZ的滤波预处理,去除眼电信号、肌电信号的影响;

[0014] 进行数据划分,将癫痫病发作时的脑电信号定义为发作期,发作前10min的脑电信号定义为发作前期,其余的定义为发作间期。

[0015] 进一步地,所述的对每一个数据集进行集合经验模态分解,然后通过滑动时间窗划分样本,利用时间窗内的样本构造特征向量,包括:

[0016] 对每一个数据集进行集合经验模态分解得到本征模态函数,对本征模态函数加6s的滑动时间窗划分样本,每个时间窗内的样本信号求取功率能量后构造特征向量。

[0017] 进一步地,所述的对每一个数据集进行集合经验模态分解得到本征模态函数,其中信号分解满足如下公式:

$$[0018] \quad d_i(t) = \sum_{j=1}^n c_j + r_n$$

[0019] 其中 r_n 是数据集 $d_i(t)$ 提取个 n 个本征模态函数后的残差, c_j 为信号分解所得到的本征模态函数IMF。

[0020] 进一步地,所述的划分样本的计算公式为:

$$[0021] \quad S_{in} = d_i[t, t+6]$$

[0022] 上式中, S_{in} 表示第 i 通道的第 n 样本, d_i 为单通道的脑电信号数据集, t 为滑动时间窗左窗边的时间, $[t, t+6]$ 为滑动时间窗的长度。

[0023] 进一步地,所述的求取功率能量的计算公式为:

$$[0024] \quad energy = \frac{1}{2} * x_i^2$$

[0025] 其中 x_i 为时间窗内的信号数据信号点。

[0026] 进一步地,所述的检测仪还包括:

[0027] 手机APP,用于接收预警模块发送来的预警信息并进行预警提醒。

[0028] 进一步地,所述的预警模块的预警,包括:

[0029] 若检测到发作前期信号,则预警模块通过蓝牙向患者的手机APP发送通知信息;若检测到另外两种信号,则不发送通知信息;

[0030] 佩戴者的手机APP读取信息,若为癫痫病发作前的信息,则手机上显示预警信息,并通过振动、响铃来提醒佩戴者;

[0031] 佩戴者的手机在预警10min后再次向佩戴者发送确认消息,若佩戴者手动取消,则表明这次预警为误报;若无手动取消,则说明癫痫已发作,佩戴者的手机APP自动向监护人的手机APP发送报警求助,并将佩戴者手机APP的定位信息发送给监护人手机APP。

[0032] 本发明具有以下技术特点：

[0033] 1. 在癫痫检测算法方面，本发明相对于其他的癫痫检测算法，着重考虑了通道间的位置信息和特征提取时信号量的损失，通过信号分解构造脑电信号特征矩阵，然后通过自编码器进行更深层的特征编码，使得癫痫与非癫痫有更强的可区分性。

[0034] 2. 在癫痫监测方面，本发明做到了便携式佩戴与携带，及时的癫痫发作提醒等功能。日常式脑电帽、微型计算机与智能手机的组合方便了佩戴者的携带，算法的嵌入实现了监测的实时性。

附图说明

[0035] 图1是进行最合适电极选取过程的流程图；

[0036] 图2是单通道原始脑电信号（横坐标：时间；纵坐标：振幅）；

[0037] 图3是多通道原始脑电信号（横坐标：时间；纵坐标：振幅）；

[0038] 图4是训练模块进行模型训练时的流程示意图；

[0039] 图5是滑动窗口划分脑电信号示意图；

[0040] 图6是特征矩阵构造框图；

[0041] 图7是本发明的结构框图；

[0042] 图8是佩戴者手机APP显示正常界面；

[0043] 图9是佩戴者手机APP显示预警界面；

[0044] 图10是监测仪监测过程的流程图。

具体实施方式

[0045] 本发明公开了一种便携式可调式的头戴癫痫病监测仪，包括：

[0046] 1. 脑电帽

[0047] 所述的脑电帽用于采集患者的脑电信号，本实施例中，脑电帽采用OpenBCI脑电帽。在进行脑电信号采集时，将脑电帽上的电极贴在患者的头皮层，采集到的为脑电模拟信号，如图2为单通道的脑电信号，图3为多通道的脑电信号。

[0048] 采集到的脑电信号通过放大器和ADS1299模数转换器；放大器是将微弱的脑电信号进行放大，便于后续的处理，模数转换器是将脑电模拟信号转化为数字信号，方便后续的传输。转换为数字信号的脑电信号通过802.11b协议也就是WIFI协议进行传输。

[0049] 2. 调试模块

[0050] 用于根据脑电帽上所有电极采集的患者在癫痫病发作期间、发作前期、发作期的脑电信号，对脑电信号进行滤波处理和数据划分，并按通道进行归类，每一个通道构建一个数据集，对每一个数据集进行集合经验模态分解，然后通过滑动时间窗划分样本，利用时间窗内的样本构造特征向量，对每一个通道都构造一个特征集，然后对每个特征集进行分类，得到每个通道的分类准确率，选择分类准确率最高的几个通道对应的电极作为最合适电极；最合适电极的具体数量可根据实际需要选择；如图1所示，具体步骤如下：

[0051] 2.1 初始化数据的采集

[0052] 首先将脑电帽所有电极贴在患者的头皮层上，根据所有电极采集患者在癫痫病发作期间、发作前期、发作期的脑电信号；本实施例中，共采集了10h的信号。

[0053] 2.2滤波处理

[0054] 对脑电信号进行0.5HZ-60HZ的滤波预处理,去除眼电信号、肌电信号的影响。

[0055] 2.3数据划分

[0056] 将癫痫病发作时的脑电信号定义为发作期,发作前10min的脑电信号定义为发作前期,其余的定义为发作间期。

[0057] 2.4数据归类

[0058] 将划分好的数据进行归类,每个通道构建一个数据集,包含相同时间的发作期、发作前期和发作间期脑电信号,数据通道归类公式如下:

$$[0059] \quad D(t) \rightarrow \sum_{j=1}^n d_j(t)$$

[0060] 其中, $D(t)$ 为全部通道的脑电信号数据集, $d_j(t)$ 为单通道的脑电信号数据集, n 为全部通道的数量。

[0061] 2.5数据分解

[0062] 将每一个数据集 $d_j(t)$ 进行集合经验模态分解EEMD分解得到本征模态函数IMF,信号分解满足如下公式:

$$[0063] \quad d_i(t) = \sum_{j=1}^n c_j + r_n$$

[0064] 其中 r_n 是数据集 $d_i(t)$ 提取 n 个本征模态函数后的残差, c_j 为信号分解所得到的本征模态函数IMF。进行的EEMD分解可以将非线性、非平稳性的脑电信号处理成为线性、稳定的波形,同时进一步滤掉了杂质信号的影响。

[0065] 2.6样本划分

[0066] 对IMFs加6s的滑动时间窗划分样本,样本划分的计算公式如下:

$$[0067] \quad S_{in} = d_i[t, t+6], t = t+6$$

[0068] 上式中, S_{in} 表示第 i 通道的第 n 样本, d_i 为单通道的脑电信号数据集, t 为滑动时间窗左窗边的时间, $[t, t+6]$ 为滑动时间窗的长度。

[0069] 2.7特征向量

[0070] 每个时间窗内的样本信号求取功率能量并构造特征向量,功率能量的计算公式如下所示:

$$[0071] \quad energy = \frac{1}{2} * x_i^2$$

[0072] 其中 x_i 为时间窗内的信号数据信号点。

[0073] 2.8确定最合适电极

[0074] 利用特征向量构造特征集,每一个通道都构造一个特征集,将每个通道的特征集分别使用核SVM进行分类,可以得到每个通道的分类准确率,挑选出分类准确率最好的5个通道对应的电极作为最合适的电极。

[0075] 根据初始化确定的最合适的电极位置,将脑电帽佩戴在患者头上,放置最合适的电极和参考电极;打开脑电帽电源,利用无线电模块将脑电帽和训练模块、监测模块进行匹

配。

[0076] 3. 训练模块

[0077] 用于根据最合适的电极采集的脑电信号,按照和调试模块相同的方法进行特征向量的构造,然后将特征向量构造成特征矩阵,并通过H-ELM学习机进行训练,保存训练好的模型;包括:

[0078] 3.1对于最合适的电极采集的脑电信号,利用2.2至2.7相同的方法进行特征向量的构造,如图4所示;

[0079] 将每个通道得到的特征向量进行通道间的融合,构造成特征矩阵。特征矩阵是从整体数据角度出发考虑的,融合了数据间的通道信息,减少了信号特征提取过程中的信息损失,相比于特征向量来说更可以体现出数据的整体性。图5是滑动窗口划分示意图,图6是特征矩阵的构造示意图。

[0080] 3.2将构造的特征矩阵送入H-ELM学习机进行特征编码并训练,保存训练好的模型。

[0081] 4. 监测模块

[0082] 用于接收最合适的电极采集的脑电信号,以滑动时间窗进行截取,截取的片段构造特征矩阵后,利用训练模块训练好的模型进行检测,以判断患者当前是否处于癫痫病发作前期;具体包括:

[0083] 监测模块接收最合适的电极采集的脑电信号,以6s的滑动时间窗按时间对传过来的数据进行分片截取,截取的片段如按照步骤2.7的方法计算功率能量并构造特征矩阵,将特征矩阵送入训练好的模型中得到检测标签,该标签或为发作前期、或为发作期、或为发作间期。

[0084] 5. 预警模块

[0085] 用于在监测模块监测到患者处于癫痫病发作前期时进行预警。

[0086] 经过监测模块的检测后,若检测到发作前期信号,则预警模块通过蓝牙向患者的手机APP发送通知信息;若检测到另外两种信号,则不发送通知信息。图7为通信模块的示意图。

[0087] 佩戴者(患者)的手机APP通过socket接口读取信息,若为癫痫病发作前的信息,则手机上显示预警信息,并通过振动、响铃来提醒佩戴者;佩戴者手机APP端预警界面显示如图9所示。

[0088] 佩戴者的手机在预警10min后再次向佩戴者发送确认消息,若佩戴者手动取消,则表明这次预警为误报;若无手动取消,则说明癫痫已发作,佩戴者的手机APP自动向监护人手机APP发送报警求助,并将佩戴者手机APP的定位信息发送给监护人手机APP。

[0089] 本实施例中,所述的调试模块、训练模块、监测模块以及预警模块均集成在计算机内,实施例采用的是树莓派微型计算机。

[0090] 为了验证本发明中癫痫检测算法的有效性,本发明选取公开癫痫数据集进行了实验验证:

[0091] 实验选取CHB-MIT癫痫公开数据集,该数据取自波士顿儿童医院,包含11位儿童的大脑皮层脑电数据。该数据共包含645段脑电记录,其中136段记录是含有癫痫片段的,509段记录是不包含癫痫片段的。为了实验需要,我们挑选出该数据的一个子集来进行实验,该

数据子集满足以下条件：

[0092] (a) 每一段记录中只包含一个癫痫发作事件；

[0093] (b) 在每一段记录中，癫痫发作事件之前至少包含30min的脑电数据。

[0094] 为了证明结果的有效性，我们采用5折交叉验证来划分训练集和测试集，使用均值来表示模型的效果。经过实验，本发明中的癫痫检测算法可达到99.98%的灵敏性和91.67的特异性，对癫痫有较高的识别效果。

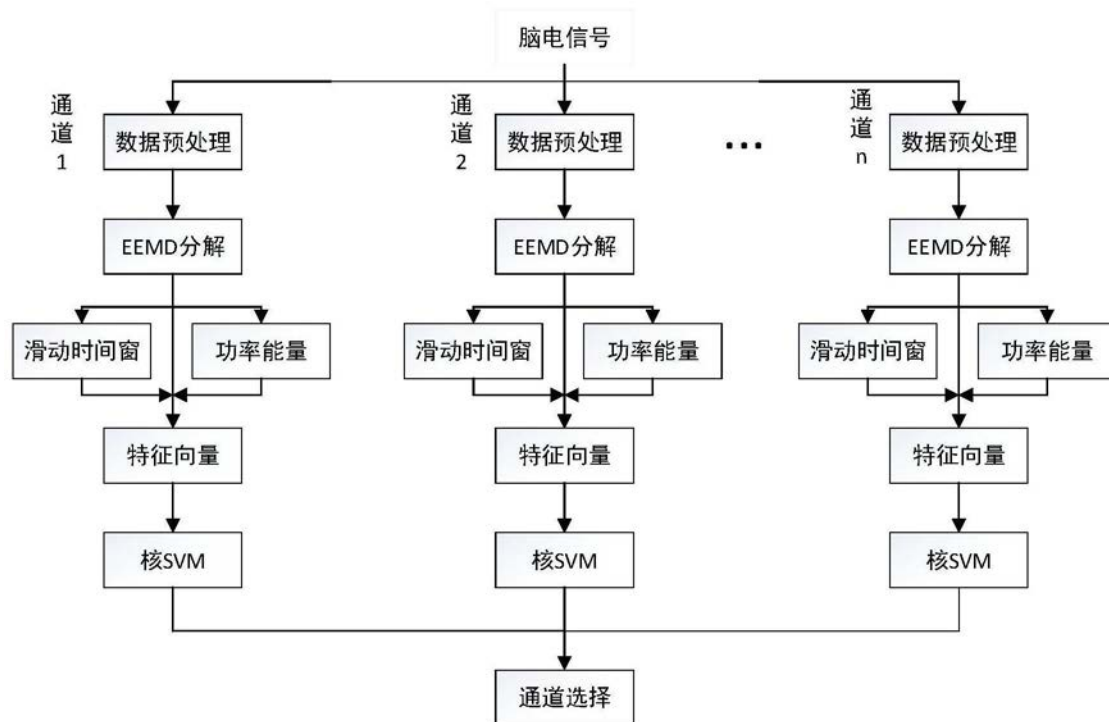


图1

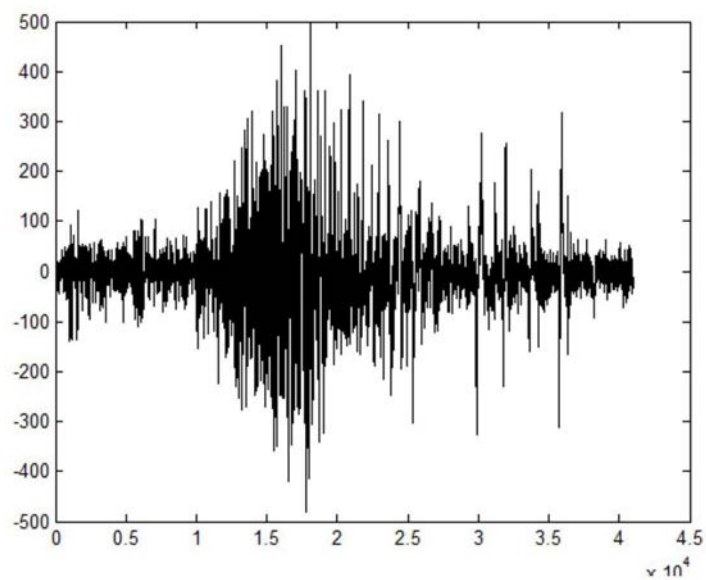


图2

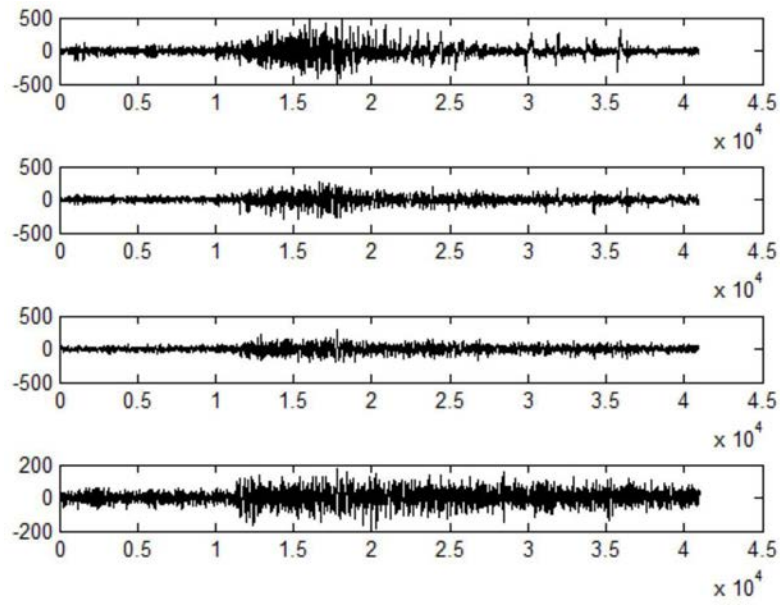


图3

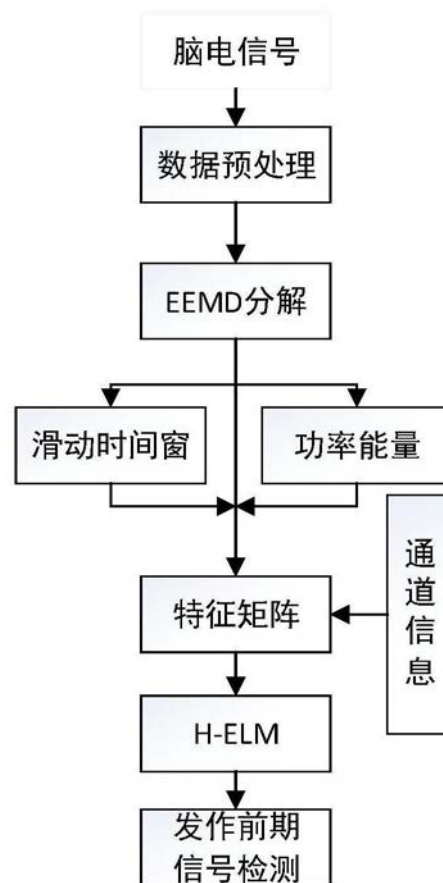


图4

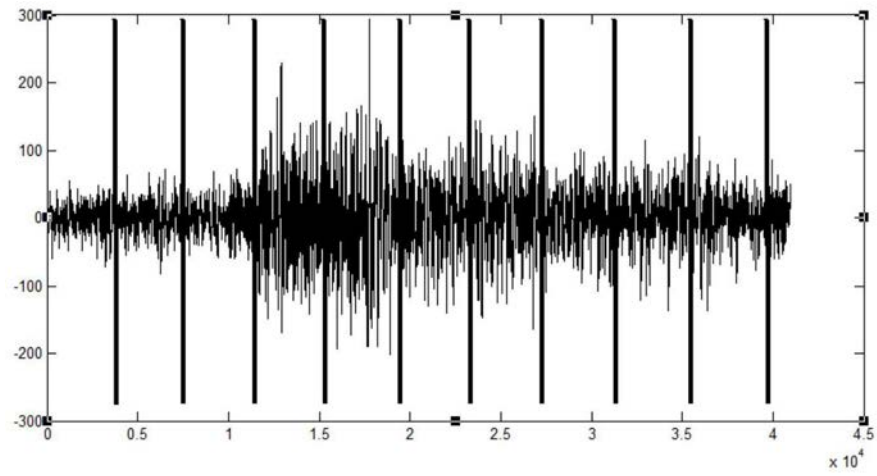


图5

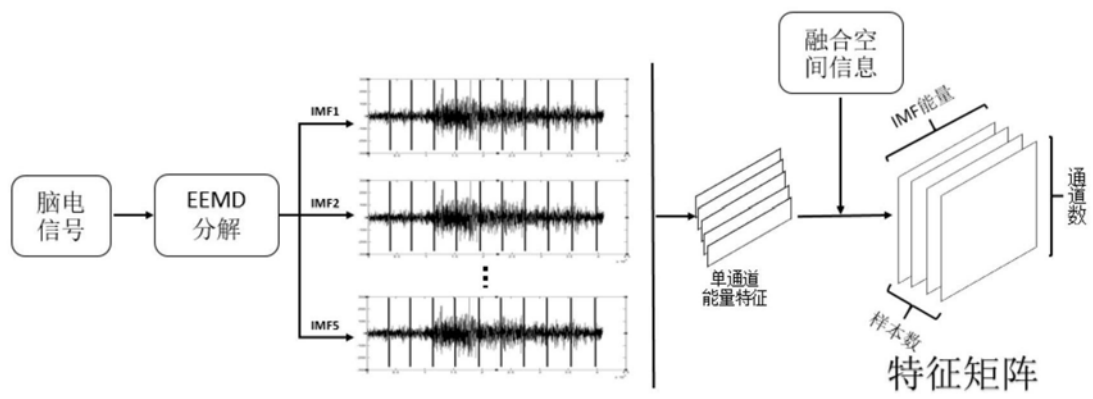


图6

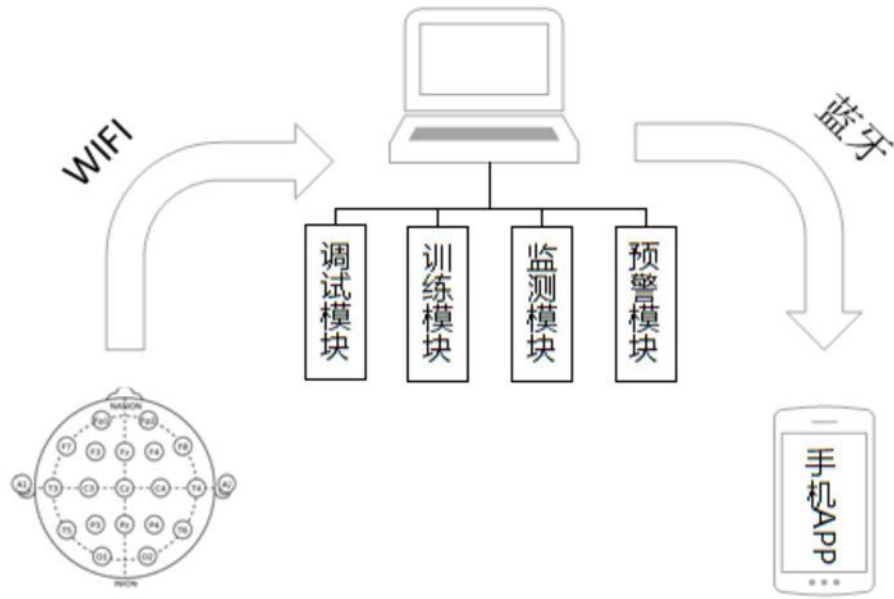


图7



图8



图9

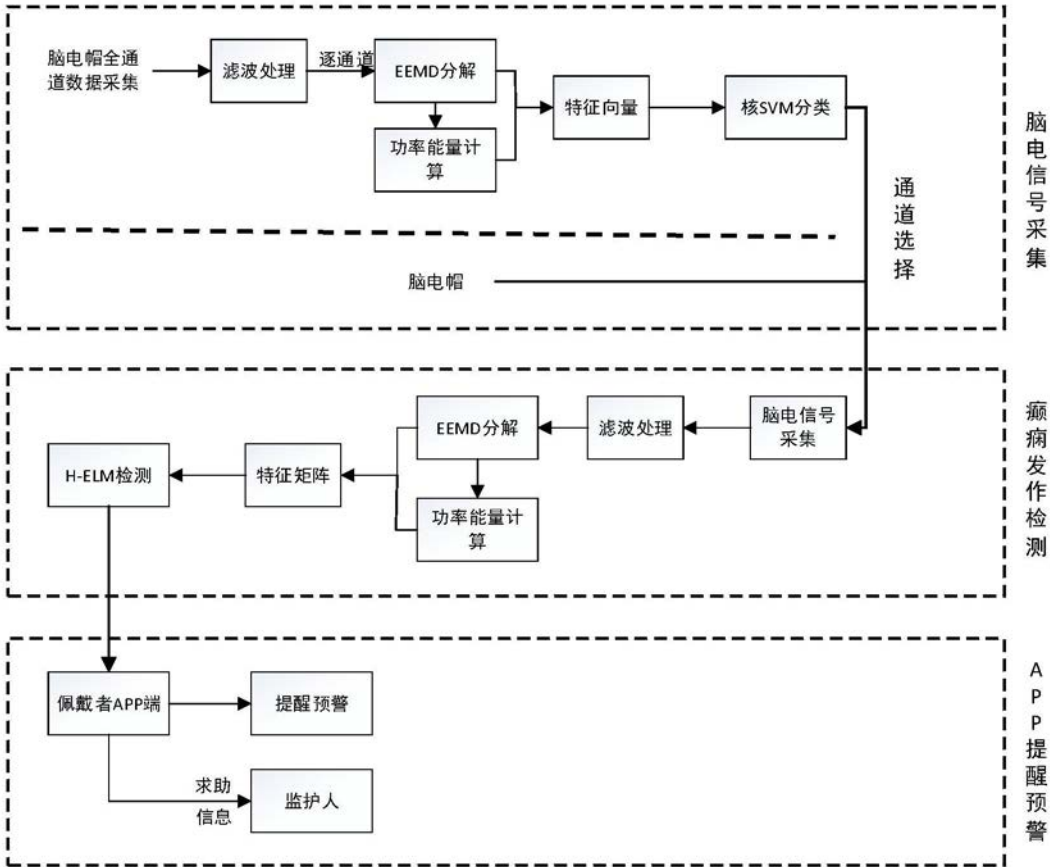


图10

专利名称(译)	一种便携式可调式的头戴癫痫监测仪		
公开(公告)号	CN110013249A	公开(公告)日	2019-07-16
申请号	CN201910207886.X	申请日	2019-03-19
申请(专利权)人(译)	西北大学		
当前申请(专利权)人(译)	西北大学		
[标]发明人	冯筠 刘亚朋 胡景钊 刘阳		
发明人	冯筠 刘亚朋 胡景钊 刘阳		
IPC分类号	A61B5/0476 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/0476 A61B5/4094 A61B5/7465		
代理人(译)	李婷		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种便携式可调式的头戴癫痫监测仪，包括：脑电帽，用于采集患者的脑电信号；调试模块，用于根据脑电帽上所有电极采集的患者在癫痫病发作期间、发作前期、发作期的脑电信号，进行处理，以确定最合适电极；训练模块，用于根据最合适的电极采集的脑电信号，进行模型训练；监测模块，用于接收脑电信号，利用训练模块训练好的模型进行检测，以判断患者当前是否处于癫痫病发作前期；预警模块，用于在监测模块监测到患者处于癫痫病发作前期时进行预警。本发明可做到便携式监测、即时预警，有效防止癫痫患者发病时二次伤害的发生。

