



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110179643 A

(43)申请公布日 2019.08.30

(21)申请号 201910215807.X

A61B 5/1455(2006.01)

(22)申请日 2019.03.21

A61B 5/00(2006.01)

(71)申请人 华东师范大学

地址 200062 上海市普陀区中山北路3663号

(72)发明人 主轩铭 宋凡迪 宋雯俐 吴易臻 徐欣

(74)专利代理机构 上海麦其知识产权代理事务所(普通合伙) 31257

代理人 董红曼

(51)Int.Cl.

A61H 9/00(2006.01)

A61N 1/18(2006.01)

A61B 5/0488(2006.01)

A61B 5/0205(2006.01)

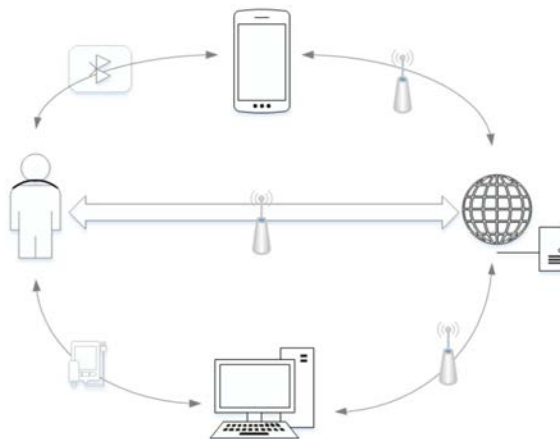
权利要求书3页 说明书10页 附图4页

(54)发明名称

一种基于环带传感器的颈部康复训练系统和训练方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于环带传感器的颈部康复训练系统,包括环带传感器、按摩模块、云端服务器、手机端、电脑端;环带传感器包括依次连接的用于检测颈部肌肉疲惫程度的肌电传感器模块,用于检测血压、心率、精神压力的光电血氧传感器模块,用于存储数据的存储模块,用于传输数据的传输模块,用于做出决断的控制模块,以及用于接收数据的接收器模块,传输模块通过网关、蓝牙与云端服务器和手机端连接,通过LTCP协议传送到云端服务器,用户通过手机端和电脑端可以监测自己的健康信息并远程启动按摩模块,颈部康复训练系统可智能启动气垫按摩和电极片穴位按摩。云端服务器接收到的颈部数据进行神经网络算法分析,建立起科学康复训练的智能化系统。



1. 一种基于环带传感器的颈部康复训练系统,其特征在于,包括:环带传感器、按摩模块、手机端、电脑端和云端服务器;其中,

所述环带传感器设置在按摩模块内下侧,其包括:用于检测颈部肌肉电信号的肌电传感器模块、用于检测光电容积脉冲信号的光电血氧传感器模块、用于存储数据的存储模块、用于传输数据的传输模块、用于做出决断的控制模块、用于接收数据的接收器模块;所述接收器模块根据用户选择的手动或智能模式,对数据做循环传输处理,其通过无线连接至所述手机端、通过有线连接至所述电脑端;

所述电脑端和所述手机端访问所述云端服务器,实时获取判断结果,从而对所述环带传感器检测到的颈部健康状况信息进行情景可视化显示。

2. 如权利要求1所述的基于环带传感器的颈部康复训练系统,其特征在于,所述肌电传感器模块集成滤波、放大电路,将 $\pm 1.5\text{mv}$ 人体表面肌电信号进行千倍放大,差分输入、模拟滤波电路的方式抑制噪音;输出信号的大小取决于被测颈部肌肉的活动量,所述输出信号传送到控制模块中检测肌肉活动情况;

所述光电血氧传感器模块,采用光电式容积脉搏波描记的方式,借光电手段在颈部组织中检测血液容积变化;发出800-960nm的光束照射到皮肤表面时,根据光电血氧传感器检测到的光强度变化测得光电容积脉冲信号,然后通过传输模块将数据传送给控制模块,从而检测出颈部的健康状况信息。

3. 如权利要求1所述的基于环带传感器的颈部康复训练系统,其特征在于,所述传输模块将信息通过LTCP协议传输到所述接收器模块,所述接收器模块连接所述手机端和所述电脑端,所述手机端和所述电脑端通过HTTP协议访问所述云端服务器。

4. 如权利要求1所述的基于环带传感器的颈部康复训练系统,其特征在于,所述云端服务器采用Nignx+Node.js+Express+MongoDB架构设计;所述云端服务器开放多个端口分别用于数据收发及网页应用,根据用户所发起的不同请求进行相应的响应,完成包括与客户端的信息交互、数据存储及利用前端框架实现管理页面显示的功能。

5. 如权利要求1所述的基于环带传感器的颈部康复训练系统,其特征在于,所述按摩模块启动方式分为手动形式和智能形式,所述智能形式由按摩模块根据颈部疲惫情况智能启动、停止所述按摩模块,所述手动形式由用户自动启动、停止所述按摩模块。

6. 如权利要求1所述的基于环带传感器的颈部康复训练系统,其特征在于,所述按摩模块分为气垫部分和电极片部分,所述气垫部分具有热敷和按摩功能,所述电极片部分可进行穴位针灸、脉冲模式,档位分为由轻到重四档。

7. 一种基于环带传感器的颈部康复训练方法,其特征在于,采用如权利要求1-6之任一所述所述的颈部康复训练系统,该方法包括如下步骤:

步骤一:将环带传感器设置于颈部按摩模块内下侧,利用所述环带传感器采集颈部健康信号;其中,肌电传感器模块采集颈部肌肉电信号用于检测颈部肌肉疲惫程度,光电血氧传感器模块采集光电容积脉冲信号用于检测血压、心率、精神压力;

步骤二:传输模块将获取的所述信号传输至控制模块,所述控制模块检测信号后,对颈部疲惫程度做出判断,所述控制模块将判断信息与检测信号值储存在储存模块,并自行判断是否启动按摩模块;其中,所述信号包括颈部肌肉电信号和光电容积脉冲信号;

步骤三:所述传输模块将获取所述信号传输至云端服务器,所述云服务器端对信号预

处理、特征提取、然后传入神经网络的分类模型中,做出控制决可由用户在手机端自行决定是否传给护颈仪控制模块,增强判断的准确性;

步骤四:所述储存模块储存的数据传送至手机端、电脑端和服务器数据;对颈部信息可视化具体方式包括:对用户颈部健康检测特征可视化;

步骤五:所述手机端下载并加载检测可视化程序,用户可实时获取颈部健康信息,并且所述用户可在所述手机端自行控制是否启动按摩模块;

步骤六:所述控制模块可根据检测获得的所述信号做出决断,是否继续开启或关闭按摩模块。

8.如权利要求7所述的基于环带传感器的颈部康复训练方法,其特征在于,获取人体颈部健康信息的过程具体包括如下步骤:

步骤a1:肌电传感器通过检测人体的表面肌电信号中的中值频率、均值频、均方根和过零率来检测人体肌肉和神经的活动情况,光电血氧传感器采集颈部组织的光容积脉冲信号,即通过光线反射测得血液流动时血管体积的变化数据,从而测得血压、心率、精神压力数据;

步骤a2:所测信号数据经过前置放大器放大,然后经过滤波器预处理,用带通滤波器将肌电信号与心电信号分离,用FIR滤波器抑制工频干扰,用零相移滤波器纠正基线漂移;

步骤a3:预处理的信息发送到控制模块,做出判断后将指令发送给按摩模块,同时以LTCP协议用JSON报文传送到云端服务器和手机端。

9.如权利要求8所述的基于环带传感器的颈部康复训练方法,其特征在于,根据采集到的信号进行预处理后,对原始信号进行FFT变换,得到信号的单边振幅谱,然后采用IIR数字陷波器,得到陷波后的信号单边振幅谱,最后对信号进行软件数字滤波;

预处理后的信号选用巴特沃斯滤波器进行滤波降噪;再在特征提取时采用设置时间窗+增量窗的方式提取特征;所述特征值提取为时域特征。

10.如权利要求9所述的基于环带传感器的颈部康复训练方法,其特征在于:

所述IIR数字滤波器如下:

$$\text{系统函数: } H = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{\sum_{k=0}^M b_k z^{-k}}{1 - \sum_{k=1}^N a_k z^{-k}}$$

$$\text{差分方程: } y(n) = \sum_{k=1}^N a_k y(n-k) + \sum_{k=0}^M b_k x(n-k)$$

所述巴特沃兹滤波器公式如下:

$$A(\omega^2) = |H(j\omega)|^2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{j\omega}{j\omega_c}\right)^{2N}};$$

其中:N为滤波器阶数,N越大通带和阻带的近似性越好,过渡带也会越陡, $\omega_c$ 是截止频率。

11.如权利要求7所述的基于环带传感器的颈部康复训练方法,其特征在于,所述控制模块对颈部健康做出判断并对按摩模块发出指令具体包含以下步骤:

步骤b1:肌电传感器、光电血氧传感器测得的数据经过初态卡尔曼滤波算法滤二次高斯协方差白噪声后,获得用于动态时间规整算法的样本序列;

步骤b2:信号处理后得到的样本序列传送到护颈仪的控制模块;

步骤b3:控制模块根据颈部肌肉健康模型结合肌肉疲劳程度,以及血压、心率、精神压力数据进行不同模式封装,传送到手机端或电脑端对颈部健康信息进行可视化,并根据健康模型智能启动或关闭按摩模块。

12.如权利要求7所述的基于环带传感器的颈部康复训练方法,其特征在于,所述云服务器端人工神经网络辅助算法做出判断包含以下步骤:

步骤c1:离线采集的EMG信号,经过预处理后提取特征,将提出的信号进行特征训练,构建隐藏层函数进行模型训练,得到训练后的模型;

步骤c2:在线采集到EMG信号,经过预处理后提取特征,将特征值带入步骤c1中的训练后的模型,构建分类模型,然后通过人工神经网络算法做出判断;

步骤c3:人工神经网络算法做出的判断决策由用户自行在手机端决定是否传输到按摩模块的控制模块增强判断结果的准确性。

## 一种基于环带传感器的颈部康复训练系统和训练方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及传感器信息处理和健康识别技术领域,将基于传感器的智能系统与传统按摩方式相结合,特别是一种集于两种传感器数据建模与多通道智能控制传输结合,人机交互基于多个穿戴环带传感器融合的健康检测康复可视化系统和方法。

### 背景技术

[0002] 21世纪以来,传感器技术和算法模式识别蓬勃发展,越来越多的康复训练的设备采用传感器进行采集人体健康数据从而进行智能化缓解康复训练。

[0003] 现代人,尤其是白领由于工作久坐原因,颈椎或多或少都会有不适甚至得病,所以说颈椎痛已经成为了现代白领工作的一大阻力。但市场的按摩设备都是采用机械式拍打肌肉缓解颈椎疼痛的方式,然而拍打模式并不符合人体力学,难以根据颈部实时健康情况进行个性化的按摩,同时整个康复训练过程一直是重复式,缺乏持续性和稳定性。因此结合现代技术研发可以智能化的检测、缓解、康复的护颈仪成为当务之急。

### 发明内容

[0004] 针对现有的需求,本发明提出一种基于环带传感器的颈部康复训练的系统和方法。该系统和方法将基于环带传感器的智能检测控制系统与颈部气垫、电极片按摩装置相结合,并通过无线传输模块与手机端、云端服务器实时传送数据,保证对颈部健康状况实时可视化监测,并可智能启动按摩模块进行颈部康复训练,同时所获得的健康数据可以为颈部医学康复提供大量参考。随着物联网技术和人工智能算法的发展,以及5G时代的到来,无线传输的微型化和算法的智能化必将为人体康复训练带来更大的发展空间。

[0005] 本发明提出的基于环带传感器的颈部康复训练系统,包括环带传感器、按摩模块、手机端、电脑端和云端服务器。

[0006] 其中,所述环带传感器设置在按摩模块内下侧,其包括用于检测颈部肌肉电信息的肌电传感器模块,用于检测血压、心率、精神压力(光电容积脉冲信号)的光电血氧传感器模块,用于存储数据的存储模块,用于传输数据的传输模块,用于做出决断的控制模块,用于接收数据的接收器模块。所述接收器模块根据用户选择的手动或智能模式,对数据做循环传输处理,通过无线(如蓝牙4.0)连接手机端,通过有线(如USB3.0接口)连接电脑用户端。电脑端和手机端访问所述云端服务器,自主选择是否将云端服务器判断发送给护颈仪控制端,增强检测结果的准确性,同时实现对用户颈部健康检测特征可视化。

[0007] 护颈仪与手机端、电脑端、云端服务器可实现数据双向传输,云端服务器与手机端、电脑端也可实现数据双向传输,手机端和电脑端可实时获取颈部健康状况信息,同时控制云端服务器向控制端传输判断结果。

[0008] 本发明提出的基于环带传感器的颈部康复训练系统中,所述环带传感器内设有:

[0009] 肌电传感器模块,集成了滤波、放大电路,将 $\pm 1.5\text{mv}$ 人体表面肌电信号进行千倍放大,差分输入、模拟滤波电路的方式抑制噪音;输出信号的大小取决于被测颈部肌肉的活

动量,活动量越大信号越大但是疲劳程度看具体信号提取值,输出信号传送到控制模块中检测肌肉活动情况,如肌肉是否紧绷、强度如何,是否疲劳等。

[0010] 光电血氧传感器模块,采用光电式容积脉搏波描记(PPG)的方式,借光电手段在颈部组织中检测血液容积变化;发出800-960nm的光束照射到皮肤表面时,根据光电血氧接收器检测到的光强度变化测血流脉冲信号,然后通过传输模块将数据传送给控制模块,从而检测出颈部健康信息。

[0011] 本发明提出的基于环带传感器的颈部康复训练系统中,所述传输模块将信息通过LTCP协议传输到所述接收器模块,接收器模块连接手机端和电脑端,手机端和电脑端通过HTTP协议访问云端服务器。所述云端服务器采用Nignx+Nodejs+Express+MongoDB架构设计;云端服务器开放多个端口分别用于数据收发及网页应用,根据用户所发起的不同请求进行相应的响应,完成包括与客户端的信息交互、数据存储及利用前端框架实现管理页面显示的功能。

[0012] 其中,所述用户所发起的不同请求具体可包括获取判据、反馈结果、调整运算周期等。

[0013] 基于以上系统,本发明还提出了一种基于环带传感器的颈部康复训练方法,包括如下步骤:

[0014] 步骤一:将环带传感器设置于颈部按摩模块内下侧,利用所述环带传感器采集颈部健康信号,其中,肌电传感器模块采集颈部肌肉电信号用于检测颈部肌肉疲惫程度,光电血氧传感器模块采集光电容积脉冲信号用于检测血压、心率、精神压力;

[0015] 步骤二:传输模块将获取的所述信号(包括颈部肌肉电信号和光电容积脉冲信号)传输至控制模块,控制模块检测信号后,对颈部肌肉疲劳和精神压力程度做出判断,控制模块将判断信息与检测信号值存储在存储模块,并自行判断是否启动按摩模块;

[0016] 其中,判断信息是指肌电信号的中值频率、均值频率、均方根和过零率的阈值;

[0017] 其中,检测信号值是指肌电信号的中值频率、均值频率、均方根和过零率;

[0018] 步骤三:传输模块将获取的所述信号传输至云端服务器,云端服务器对信号预处理、特征提取、然后传入神经网络的分类模型中,做出控制决策后可由用户在手机端自行决定是否传给护颈仪控制模块端,增强判断的准确性。步骤二、三可以同时进行。

[0019] 步骤四:存储模块存储的数据经过传输模块发送至手机端、云端服务器;

[0020] 步骤五:手机端下载并加载检测可视化程序,用户可实时获取颈部健康信息,并且用户可在手机端自行控制是否启动按摩模块;

[0021] 步骤六:控制模块可根据检测获得的所述信号(包括颈部肌肉电信号和光电容积脉冲信号)做出决断,是否继续开启或关闭按摩模块。如控制模块检测颈部不适缓解后可智能化关闭按摩模块。

[0022] 本发明提出的基于环带传感器的颈部康复训练方法中,步骤四对颈部信息可视化的具体方式包括:对用户颈部健康检测特征可视化。

[0023] 本发明提出的基于环带传感器的颈部康复训练方法中,所述环带传感器的功能包括采集颈部健康状况信息,包括:可采集颈部肌肉电信号用于检测颈部肌肉疲惫程度;可采集光电容积脉冲信号用于检测血压、心率、精神压力。所述控制模块创新点在于:可根据颈部健康状况信息智能启动、停止基于环带传感器的颈部康复训练系统的按摩模块。所述按

摩模块创新点在于:将气垫按摩与电极片按摩相结合,利用气垫压力程度按摩整个颈部,电极片进行电流刺激。

[0024] 本发明提出的基于环带传感器的颈部康复训练方法中,获取人体颈部健康状况信息的过程具体包括如下步骤:

[0025] 步骤a1:肌电传感器模块检测人体颈部的表面肌电信号中的中值频率、均值频率、均方根和过零率,通过他们来检测人体肌肉和神经的活动情况;光电血氧传感器模块采集颈部组织的光容积脉冲信号,即通过光线反射测得血液流动时血管体积的变化数据,从而测得血压、心率、精神压力等数据;

[0026] 步骤a2:所测信号数据经过前置放大器放大,然后经过滤波器处理,用带通滤波器将肌电信号与心电信号分离,用FIR滤波器抑制工频干扰,用零相移滤波器纠正基线漂移;

[0027] 在该步骤中,由于肌电信号是微弱电信号,要排除噪声干扰需要很高的共模抑制比,因此先将信号放大,再用滤波器和陷波器将信号分离。

[0028] 步骤a3:预处理的信息发送到控制模块,做出判断后将指令发送给按摩模块,同时以LTCP协议用JSON报文传送到云端服务器和手机端、电脑端。

[0029] 本发明提出的基于环带传感器的颈部康复训练系统中,控制模块对颈部健康做出判断并对按摩模块发出指令具体包含以下步骤:

[0030] 步骤b1:肌电传感器模块、光电血氧传感器模块测得的数据经过初态卡尔曼滤波算法滤二次高斯协方差白噪声后,获得用于动态时间规整算法的样本序列;

[0031] 步骤b2:得到的样本序列传送到控制模块;

[0032] 步骤b3:控制模块根据颈部肌肉健康模型结合血压、心率和精神压力等健康状况信息进行不同模式封装,然后传送到手机端或电脑端对颈部健康状况信息进行可视化,并根据健康模型智能启动或关闭按摩模块。

[0033] 其中,所述颈部肌肉健康模型是指控制模块做出判断时肌电信号的中值频率、均值频率、均方根和过零率等数据的固定式阈值;

[0034] 其中,所述不同模式封装是指四种按摩模式的判断模型;

[0035] 其中,所述智能启动或关闭按摩模块的步骤具体包括:当检测数值高于阈值时启动按摩模块,当检测数值低于阈值时关闭按摩模块;

[0036] 本发明提出的基于环带传感器的颈部康复训练方法中,云端服务器通过神经网络辅助算法做出判断,包含以下步骤:

[0037] 步骤c1:离线采集的EMG(肌电)信号,进过预处理后提取特征,将提出的特征进行特征训练,构建隐藏层函数进行模型训练,得到训练后的模型;

[0038] 其中,所述预处理是指对原始肌电信号进行快速傅里叶变换,使用IIR数字滤波器消除工频干扰,再使用巴特沃斯滤波器消除高频尖峰的干扰。

[0039] 步骤c2:在线采集到EMG信号,经过预处理后提取特征,将特征值带入步骤c1中的训练后的模型,构建分类模型,然后通过神经网络算法做出判断决策;

[0040] 其中,所述分类模型是指信号处理后提取的8个时域和频域特征封装成的不同判断类型;

[0041] 其中,所述神经网络算法是指BP(Back Propagation)神经网络,它是一种多层的前馈神经网络,络主要分为两个阶段:一是信号的前向传播,从输入层经过隐藏层,最后

到达输出层；二是误差的反向传播从输出层到隐藏层，最后到输入层，依次调节隐藏层到输出层的权重和偏置，输入层到隐藏层的权重和偏置；

[0042] 其中，所述做出决策具体包括：肌肉疲劳的程度、肌肉疲劳启动按摩模块、疲劳缓解停止按摩模块。

[0043] 步骤c3：神经网络算法做出的判断决策可由用户在手机端自行决定是否传输到控制模块增强判断结果的准确性；其中，通过手机端设置云端反馈使用户在手机端自行决定；云端判断结果优先级高于护颈仪控制端以增强判断结果的准确性。

[0044] 本发明的有益效果：本系统的功能设计充分考虑不同用户颈部健康情况的差异，最大化的缓解颈部疲惫、预防颈椎病。其创新点在于，所述基于环带传感器的颈部康复训练系统根据传感器模块测得的颈部健康数据可智能化地启动或停止按摩模块、调整按摩模式；同时，本发明创造性地将气垫按摩与电极片按摩相结合，给颈部以专业化的按摩效果。所述颈部康复训练普适性好，可以实时监测，自动按摩，携带方便。

## 附图说明

[0045] 图1是本发明基于环带传感器的颈部康复训练的系统整体架构图；

[0046] 图2是本发明中按摩模块的整体框架图；

[0047] 图3是云端服务器神经网络算法框架图；

[0048] 图4是本发明中信号传递判决的框架图；

[0049] 图5是本发明中智能算法判决过程流程图。

## 具体实施方式

[0050] 结合以下具体实施例和附图，对本发明作进一步的详细说明。实施本发明的过程、条件、实验方法等，除以下专门提及的内容之外，均为本领域的普遍知识和公知常识，本发明没有特别限制内容。

[0051] 本发明提出了一种基于穿戴环带传感器的颈部康复训练系统，该系统主要有环带传感器、按摩模块、手机端、云端服务器、电脑端构成。护颈仪环带传感器内包括微型处理器（以下称MCU）控制模块、肌电传感器、光电血氧传感器、传输模块、存储模块等功能模块构成。控制模块通过环带传感器采集到的颈部健康信息进行疲劳判断，然后将判断结果、传感器数据通过传输模块发送到接收器模块，接收器模块通过蓝牙传送到手机端、通过USB3.0传送到电脑端、通过网络协议传送到云端服务器，实现对用户健康检测可视化显示；控制模块根据算法判断智能启动或停止按摩模块，用户手机端可实时检测颈部健康，并且可通过不同模式控制按摩模块从而满足用户不同要求。

[0052] 本发明的创新点在于，在云端服务器增加了神经网络算法（ANN）增强判断结果的准确性，该算法利用具有两层前馈网络的人工神经网络（ANN）对提取特征的模式识别进行分类，模式识别的训练使用莱文贝格-马夸特（Levenberg-Marquardt）训练算法，并且性能利用均方误差（MSE）。与使用传统算法建立的康复训练模型相比，肌肉疲劳识别准确度更高，从而使康复模式更加准确、可靠；与现有的护颈仪相比，其传感器与ANN算法相结合更是开启颈部人工智能康复训练的先河。

[0053] 本发明的创新点在于，增加了对血压、心率和精神压力的检测，利用人体的脉搏数

来计算人体的血压;通过人的脉搏数来反映一个人当前的精神状态。实现对人体健康感知的可视化。

[0054] 在获取肌电传感器和光电血氧传感器数据后,经过预处理滤波去噪、特征提取,信号传输到控制模块和云端服务器,控制模块做出判断后智能启动按摩模块,传输到云端服务器中的数据进行人工神经网络算法分析,结果传输到手机端可视化,同时可选择反馈给控制模块增强准确性。传输协议是基于TCP协议基础上改进的LTCP协议。

[0055] 本发明所设计的基于环带传感器的颈部康复训练系统,结构简单,携带方便,可操作性强,尤其是与人工神经网络算法结合,具有广阔的应用前景。具体如下:

[0056] 1. 信息处理的多样性:肌电传感器和光电血氧传感器测得的数据经过处理后可以得出肌肉疲劳、心率、血压、精神压力的状况的数据。

[0057] 2. 信息处理的互补性:控制模块、手机端与云端服务器、电脑端相结合,经典算法、手动控制与神经网络算法相结合,进行多层次、多空间的信息互补和优化组合处理,大大提高颈部健康感知的准确率。

[0058] 3. 信息处理的及时性:各传感器的处理过程相互独立,整个处理过程可以采用并行处理机制,从而使系统具有更快的处理速度。传输模块将数据传输到控制模块和云端服务器可同时进行,信息的交互并行化,大大提高了效率。

[0059] 4. 信息处理的交互性:将传感器数据处理后,按摩模块、手机端、电脑端进行三维建模,检测结果可视化,人机交互友好化。

[0060] 本发明将按摩模块里MCU经典算法判断与服务器ANN算法判断相结合,提高了判断的准确性。同时本发明建立了实时性、多通道的传输系统,蓝牙、网络传输相结合可以适用多种环境。服务器端选用人工神经网络算法对数据进行处理,由用户在手机端自行决定是否将结果反馈会给按摩模块中MCU,与经典算法相结合进行优化开发。通过实验测试,在检测到颈部健康信息的基础上增设了基于具有两层前馈网络的人工神经网络(ANN)算法,更准确地检测用户颈部健康状况。建立了多个穿戴环带传感器融合的健康感知可视化系统及其方法对数据进行优化处理和模型的推断归纳。

[0061] 总体来说,系统要实现以下八个目标:

[0062] 1. 能够对颈部肌肉疲劳、血压、心率、精神压力进行信息采集;

[0063] 2. 实现颈部传感器多通道的搭建;

[0064] 3. 搭建云端服务器,手机端APP用户,电脑用户平台访问云端服务器获取判断结果;

[0065] 4. 实现低功耗高稳定的蓝牙、无线通道的搭建;

[0066] 5. 终端对多通道采集的数据用算法进行识别、做出判断;

[0067] 6. 云端服务器对多通道采集的信息用人工神经网络算法进行识别判断,然后将结果反馈给控制模块;

[0068] 7. 接收器模块接受传感器信息发送到手机端、云服务器;

[0069] 8. 用户手机端、电脑端实时监测用户颈部健康感知状态。

[0070] 根据以上的八个系统要实现的总体目标,可以得出系统的基本工作流程如下图所示,颈部疲劳,传感器对颈部健康信息进行采集,随后运用设定好参数的融合算法对多通道的数据进行融合,使用融合输出的数据控制按摩模块。

[0071] 再进一步进行功能模块分析,要实现以上的功能,系统大概要分为三大主要模块。一个是控制模块,其主要任务是对多通道的环带传感器信息,进行采集并进行初步处理,然后对其进行融合处理,经过算法得到判据结果上传到接收器模块。一个是用户端,接收器模块连接手机端和电脑端实现对用户颈部健康检测特征可视化。一个是云端服务器,可以对数据进行人工神经网络算法然后反馈给按摩模块,使结果更加准确。

[0072] 在初步设计好的系统功能之后,需要进一步对系统功能进行具体的实现,这会涉及到对元器件的选取,如下将详细介绍系统将要使用的元器件。

[0073] 环带传感器是核心部分,是整个系统的起点,它的稳定工作是整个系统正常运转的前提,选取合适的传感器非常重要。

[0074] 在本发明中,选取的传感器为肌电传感器和光电血氧传感器。其中,肌电传感器块集成了滤波、放大电路,将范围在 $\pm 1.5\text{mV}$ 内的微弱人体表面肌电信号进行1000倍放大,并通过差分输入、模拟滤波电路的方式对噪音(特别是工频干扰)进行有效抑制。输出信号为模拟量形式,以1.5V为基准电压,0~3.0V量程的输出。其中光电血氧传感器内部还优化了电路构造,放大器采用了电容式的积分放大器代替传统的跨阻式的放大器,也减少了电流的消耗,采用低亮度、低VF电压的LED元件,采用了专门的红外线去除措施,突出了绿光、达到高精度的检测。

[0075] 传输通信部分的主要任务是将发送端的信息通过无线传输方式发送给接收器模块。接收器模块主要的任务是对传感器的信息进行接受处理,并进行融合的输出。在本发明中,系统选取的接收器模块,能通过各种各样的传感器来感知环境,通过传感器数据的融合,得到综合判据。

[0076] 整个系统传输的信息是环带传感器采集的各项数据。从采集数据,处理数据再到融合数据,一个通畅的数据流量的通道至关重要。如图2给出的是本系统的整体的数据流向和细节信息。整个系统的信息流向图,用数据流图进行表现,每一个箭头都表示一种数据的流向。图4给出了检测数据流图的过程主要有环带传感器、驱动接口、人工神经网络算法等;流程主要有预处理、滤波去噪、特征选择与提取、结论判决等。在这些过程中,还要注意数据的存储。其中,

[0077] 步骤1:环带传感器连续读取肌电传感器、光电血氧传感器得数据,环带传感器通过I2C总线协议来读取肌电传感器、光电血氧传感器的数据接口数据。采集到的数据包括原始肌电信号、光电容积脉冲信号。

[0078] 步骤2:根据采集到的信号进行预处理,信号虽然经过了硬件上的滤波、去噪等一系列的处理,但是仍然存在工频噪声、尖峰幅值等干扰,现在对得到的原始肌电信号进行软件滤波处理。对原始信号进行FFT变换,得到信号的单边振幅谱,然后采用IIR数字陷波器,得到陷波后的信号单边振幅谱,最后对信号进行软件数字滤波。

[0079] 步骤3:预处理后的信号进行滤波降噪后再进行特征值提取,因为频率较低,本发明选用巴特沃斯滤波器进行滤波降噪,在特征提取时为了保证特征的连续性,本发明采用采用设置时间窗+增量窗的方式提取特征。

[0080] 步骤4:传输模块将信息以JSON报文的格式以LTCP协议传输给接收器模块,接收器模块收到JSON报文后,解析数据。

[0081] 步骤5:接收器模块通过蓝牙连接到手机终端,通过LTCP连接服务器,手机端和电

脑端通过HTTP协议访问云端服务器,可实时检测最新判断结果,对颈部健康信息进行情景可视化。

[0082] 步骤6:云端服务器选用人工神经网络算法对数据进行处理,用户可在手机端自主选择是否将结果反馈会给按摩模块中MCU,与经典算法相结合进行优化开发。当检测到肌肉疲劳时,智能启动按摩模块;当检测到肌肉疲劳缓解后,只能停止按摩模块。

[0083] 如图4所示,本发明基于环带传感器的颈部康复训练方法:自动采集每个传感器信息,将原始信号滤波降噪处理后提取特征值,控制模块基础算法判断与人工神经网络算法融合形成整体的颈部健康识别过程。将传感器信息、判据信息编辑成JSON报文,通过传输模块以蓝牙4.0协议上传到手机用户端、通过USB3.0协议上传到电脑端、通过HTTP协议上传到服务器服务器,对颈部健康信息进行情景可视化。

[0084] 在步骤1中:传感器信号采集板采用双通道,放大倍数和采样频率均可调,使用STM32的ADC多通道+Timer触发+DMA传输模式采集肌电信号通过串口将数据实时发送给接收模块。

[0085] 在步骤2中:FFT采用频域抽取8点进行计算,具体如图所示。IIR数字滤波器特点如下:

[0086] 系统函数: 
$$H = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{\sum_{k=0}^M b_k z^{-k}}{1 - \sum_{k=1}^N a_k z^{-k}}$$

[0087] 差分方程: 
$$y(n) = \sum_{k=1}^N a_k y(n-k) + \sum_{k=0}^M b_k x(n-k)$$

[0088] 在步骤3中:对信号进行软件数字滤波,本发明采用巴特沃兹滤波器公式如下,其中N为滤波器阶数,N越大通带和阻带的近似性越好,过渡带也会越陡, $w_c$ 是截止频率。经过滤波后的肌电信号更加平滑,去除了高频尖峰的干扰。

[0089] 
$$A(w^2) = |H(jw)|^2 = \frac{1}{1 + (\frac{jw}{jw_c})^{2N}}$$

[0090] 其中:N为滤波器阶数,N越大通带和阻带的近似性越好,过渡带也会越陡, $w_c$ 是截止频率。

[0091] 特征值提取:分为时域特征与频域特征,本发明两种特征均采用。

[0092] ①中值频率 $f_{MD}$ :指示了能量分布情况,可以用二叉树所搜算法求取。

[0093] 
$$f_{MD} = \int_0^{f_{MD}} P(w)dw = \int_{f_{MD}}^{\infty} P(w)dw = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} P(w)dw$$

[0094] 其中:P(w)为表面肌电信号的功率谱密度,w为信号的频率;

[0095] ②均值频率 $f_{ME}$ :信号频率的均值,即以组频率为权数的组中值的加权平均值。

[0096] 
$$f_{ME} = \frac{\int_0^{\infty} wP(w)dw}{\int_0^{\infty} P(w)dw}$$

[0097] 其中： $P(w)$ 为表面肌电信号的功率谱密度， $w$ 为信号的频率；

[0098] ③均方根RMS：RMS是分析EMG的另一个流行特征。它被建模为调幅高斯随机过程，其涉及恒定力和非疲劳收缩。

$$[0099] \quad RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i^2}$$

[0100] 其中： $N$ 为肌电信号长度， $X_i$ 为第 $i$ 导肌电信号幅值数据；

[0101] ④平均绝对值MAV：MAV是EMG信号分析中最常用的之一，它被用作起始指标。

$$[0102] \quad MAV = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |X_i|$$

[0103] 其中： $N$ 为肌电信号长度， $X_i$ 为第 $i$ 导肌电信号幅值数据；

[0104] ⑤过零率ZCR：ZCR是统计肌电信号越过幅值为零的统计，与中值频率和均值频率有很好的相关性，为了避免噪声影响，可以施加阈值条件。

$$[0105] \quad ZRC = \sum_{i=1}^{N-1} [\text{sgn}(X_i \times X_{i+1}) \cap |X_i - X_{i+1}| \geq Z_T]$$

$$[0106] \quad \text{其中：} \text{sgn}(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x < 0 \\ 0, & \text{其他} \end{cases}, Z_T \text{为阈值条件；}$$

[0107] ⑥斜率符号变化率SSC：SSC是肌电信号斜率符号的变化次数，使用连续三个值来计算，为了避免噪声干扰，我们同样添加阈值条件。

$$[0108] \quad SSC = \sum_{i=2}^{N-1} [\text{sgn}[(X_i - X_{i-1}) \times (X_i - X_{i+1})]]$$

$$[0109] \quad \text{其中：} \text{sgn}(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x \geq Z_T \\ 0, & \text{其他} \end{cases}, Z_T \text{为阈值条件；}$$

[0110] ⑦连续小波变换CWT：CWT是一种将信号在频段分解的积分变换，具备多分辨率分解的特性，核心点基准波函数 $\psi(t)$ 的选择。

$$[0111] \quad \psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \left( \frac{t-b}{a} \right)$$

$$[0112] \quad CWT(a,b) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \bar{\psi}_{a,b}(t) dt$$

[0113] 其中： $a$ 为缩放因子， $b$ 为平移因子， $f(t)$ 为肌电信号连续幅值， $\bar{\psi}(t)$ 为的 $\psi(t)$ 的共轭函数；

[0114] ⑧离散小波变换DWT：DWT是将缩放因子 $a$ 和平移因子 $b$ 进行离散化得到的，当肌肉发生疲劳时CWT和DWT的尺度因子呈增长趋势。

$$[0115] \quad DWT_{j,k} = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \overline{\psi}_{j,k}(t) dt$$

[0116] 其中:j为离散化缩放因子,k为离散化平移因子,f(t)为肌电信号连续幅值, $\overline{\psi}(t)$ 为的 $\psi(t)$ 的共轭函数;

[0117] 在步骤4中,如图所示为JSON数据格式上传至接收器,在后端显示的结果,环带传感器传送数据转换成JSON格式后传送到接收器。

[0118] 在步骤5中手机端和电脑端访问云端服务器,可实时获取判断结果,从而对用户颈部健康检测特征可视化。

[0119] 在步骤6中人工神经网络算法为提高实验结果的准确性,采用前馈型神经网络学习算法,神经网络模型拓扑结构包括输入层(input layer)、隐藏层(hidden layer)和输出层(output layer)。

[0120] 人工神经网络算法本发明采用BP(Back Propagation)神经网络,它是一种多层的前馈神经网络,网络主要分为两个阶段:一是信号的前向传播,从输入层经过隐藏层,最后到达输出层;二是误差的反向传播从输出层到隐藏层,最后到输入层,依次调节隐藏层到输出层的权重和偏置,输入层到隐藏层的权重和偏置。

[0121] BP神经网络的流程如下:

[0122] A.网络的初始化

[0123] 假设输入层的节点个数为n,隐含层的节点个数为l,输出层的节点个数为m。输入层到隐藏层的权重 $w_{ij}$ ,隐含层到输出层的权重为 $w_{jk}$ ,输入层到隐含层的偏置为 $a_j$ ,隐含层到输出层的偏置为 $b_k$ 。学习速率为 $\eta$ ,激励函数为 $g(x)$ 。其中激励函数形式(取Sigmoid函数)为:

$$[0124] \quad g(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}};$$

[0125] B.隐藏层的输出

$$[0126] \quad \text{如图3所示三层BP网络,隐藏层输出为: } H_j = g\left(\sum_{i=1}^n w_{ij} x_i + a_j\right);$$

[0127] C.输出层的输出

$$[0128] \quad O_k = \sum_{j=1}^l H_j w_{jk} + b_k;$$

[0129] D.误差的计算

$$[0130] \quad \text{取误差公式: } E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m (Y_k - O_k)^2; \text{ 其中, } Y_k \text{ 为期望输出。}$$

[0131] E.权值的更新

[0132] 权值更新公式为：

$$\begin{cases} w_{ij} = w_{ij} + \eta H_j (1 - H_j) x_i \sum_{k=1}^m w_{jk} e_k \\ w_{jk} = w_{jk} + \eta H_j e_k \end{cases} ;$$

[0133] 人工智能网络算法离线训练模型与在线识别模型如图5所示,先使用离线获取的EMG数据集,预处理后进行特征提取和特征选择,选择上文所描述的8个数据特征,将训练出的模型作为分类模型。在线获取数据信号,预处理后提取特征值,特征值在分类模型中做出决策。

#### [0134] 实施例

[0135] 在本实例中,用户戴上按摩仪,按摩仪的环带传感器采集信息,采集的信息传送到控制模块,当检测到颈部肌肉疲劳时,智能启动按摩模块护理颈部,数据同时到达接收器模块,接收器模块把数据通过蓝牙传送到手机端,通过网络传送到云端服务器,手机端可选择将云端服务器神经网络算法得出的判据传送给按摩模块,智能调节按摩模式和力度。

[0136] 本实例提供的基于环带传感器的颈部康复训练的系统和方法,能够解决现有按摩模块无效按摩问题,并且能够颈部的传感器数据能够精确地控制智能设备,同时执行人工神经网络算法,能够准确判断颈部健康信息。

[0137] 本发明的保护内容不局限于以上实施例。在不背离发明构思的精神和范围下,本领域技术人员能够想到的变化和优点都被包括在本发明中,并且以所附的权利要求书为保护范围。

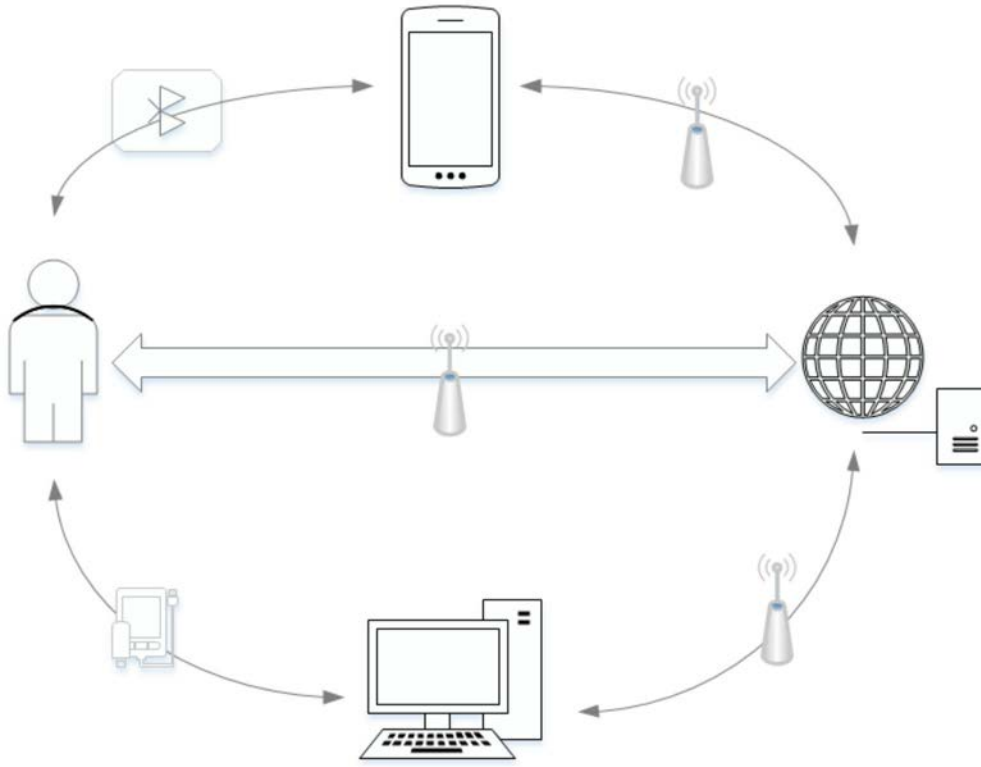


图1

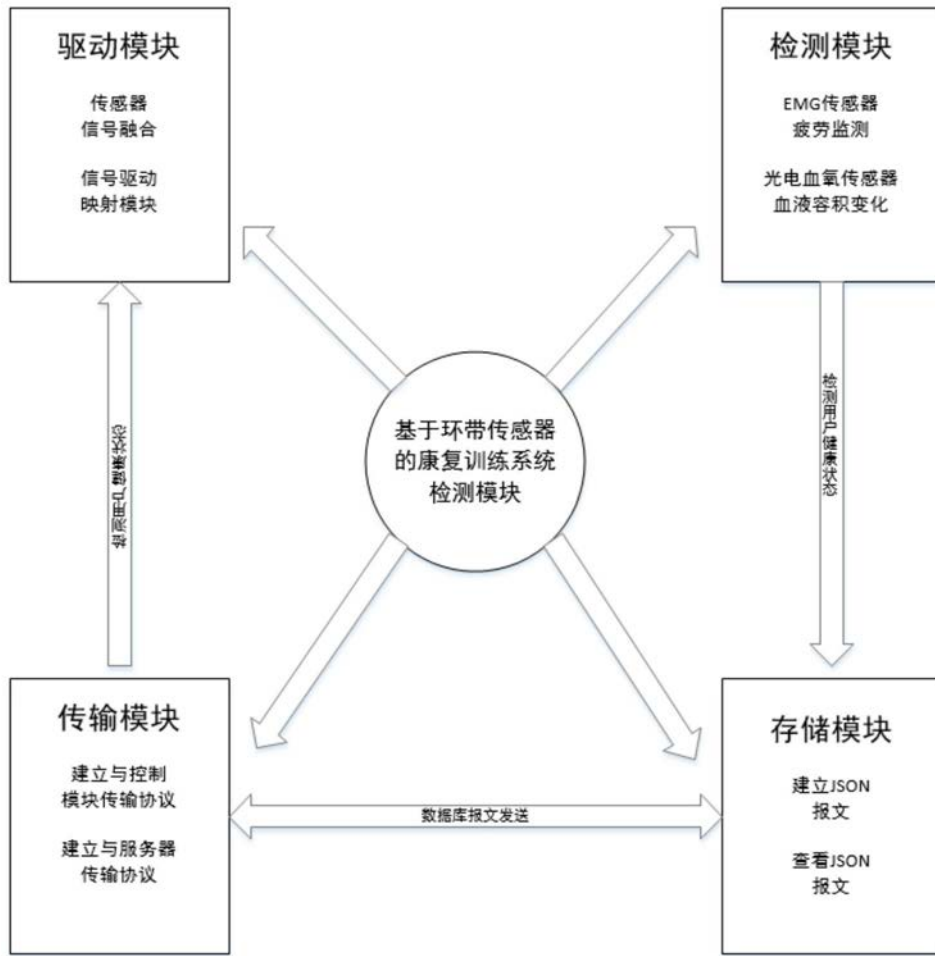


图2

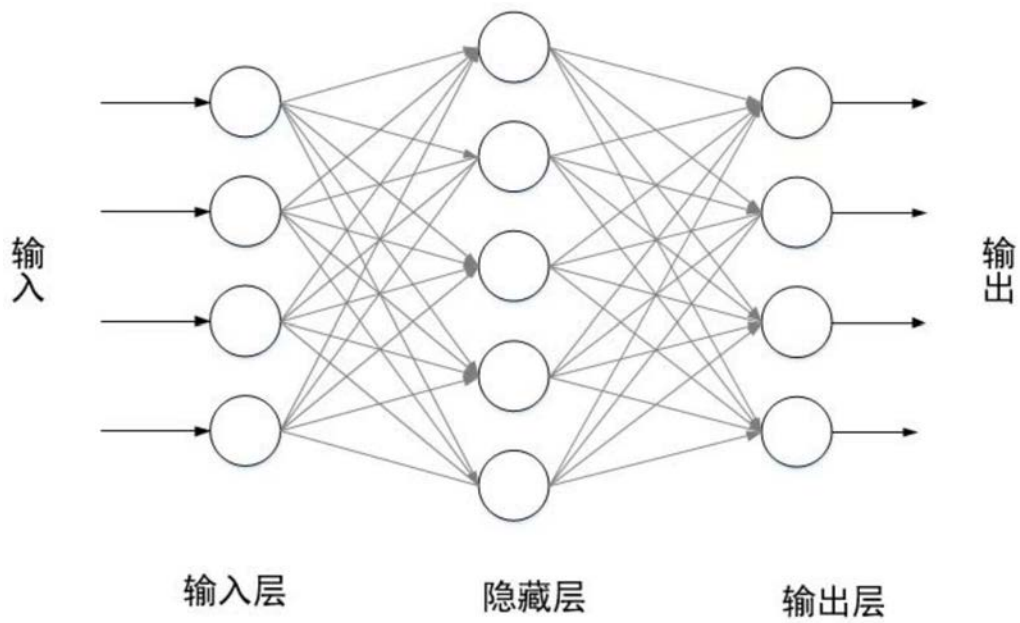


图3

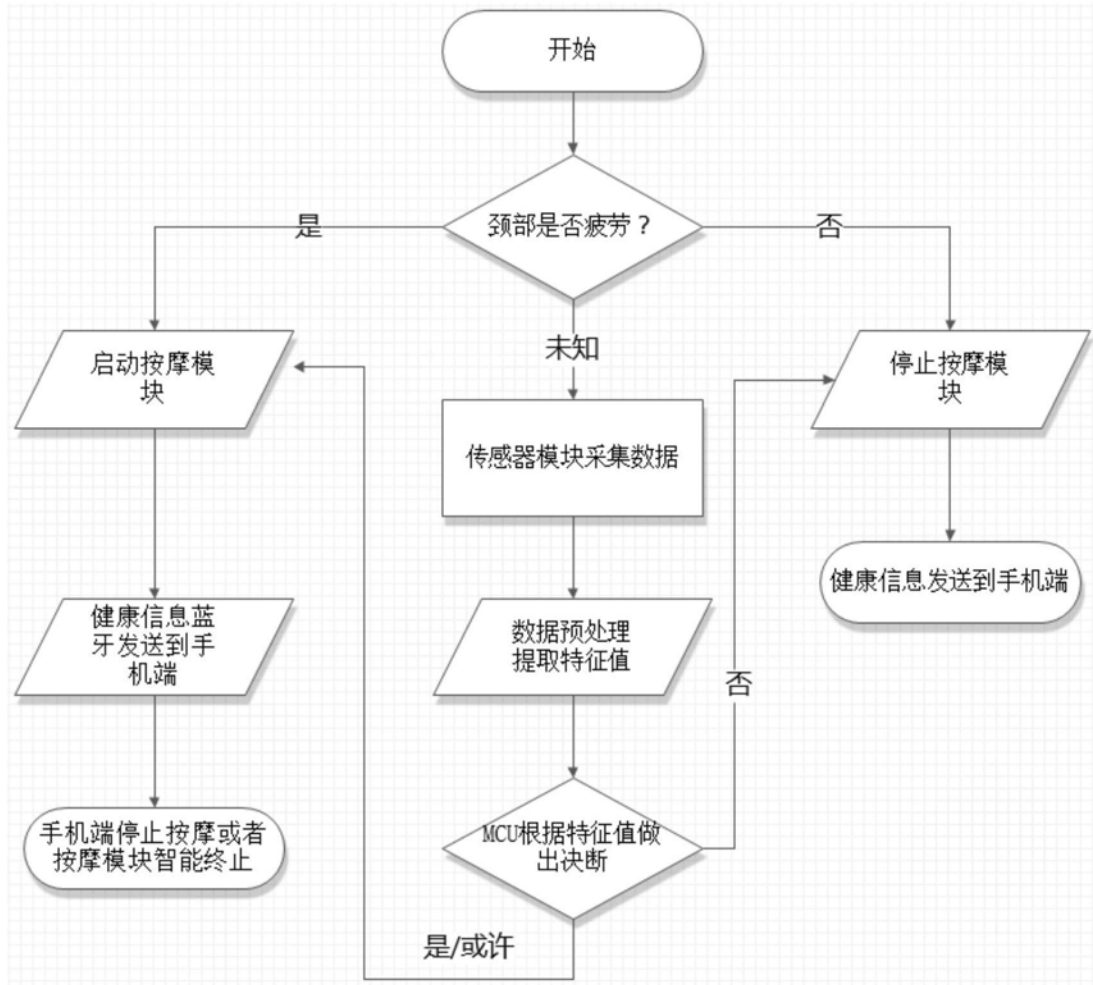


图4

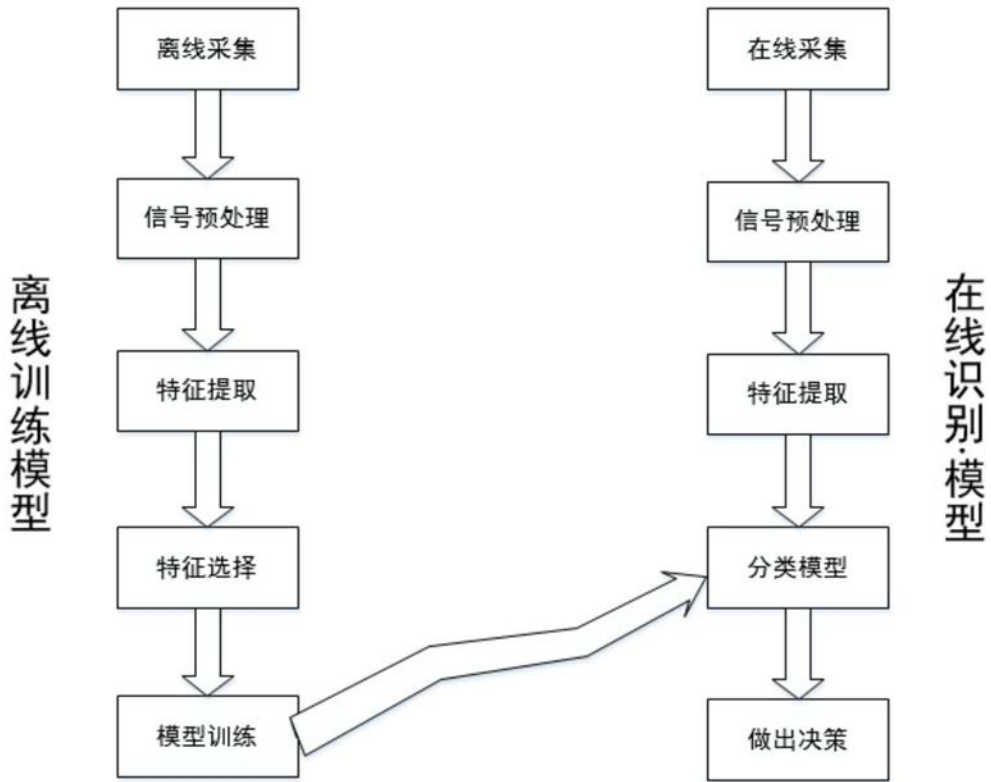


图5

专利名称(译)	一种基于环带传感器的颈部康复训练系统和训练方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN110179643A</a>	公开(公告)日	2019-08-30
申请号	CN201910215807.X	申请日	2019-03-21
[标]申请(专利权)人(译)	华东师范大学		
申请(专利权)人(译)	华东师范大学		
当前申请(专利权)人(译)	华东师范大学		
[标]发明人	宋凡迪 徐欣		
发明人	主轩铭 宋凡迪 宋雯俐 吴易臻 徐欣		
IPC分类号	A61H9/00 A61N1/18 A61B5/0488 A61B5/0205 A61B5/1455 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/0205 A61B5/021 A61B5/024 A61B5/04012 A61B5/0488 A61B5/14552 A61B5/6822 A61B5/7203 A61B5/7235 A61B5/725 A61B5/7264 A61H9/005 A61H2201/10 A61H2201/1609 A61H2201/50 A61H2205/04 A61N1/18		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>	<a href="#">SIPO</a>	

摘要(译)

本发明公开了一种基于环带传感器的颈部康复训练系统，包括环带传感器、按摩模块、云端服务器、手机端、电脑端；环带传感器包括依次连接的用于检测颈部肌肉疲惫程度的肌电传感器模块，用于检测血压、心率、精神压力的光电血氧传感器模块，用于存储数据的存储模块，用于传输数据的传输模块，用于做出决断的控制模块，以及用于接收数据的接收器模块，传输模块通过网关、蓝牙与云端服务器和手机端连接，通过LTCP协议传送到云端服务器，用户通过手机端和电脑端可以监测自己的健康信息并远程启动按摩模块，颈部康复训练系统可智能启动气垫按摩和电极片穴位按摩。云端服务器接收到的颈部数据进行人工智能神经网络算法分析，建立起科学康复训练的智能化系统。

