



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105816170 B

(45)授权公告日 2019.03.01

(21)申请号 201610308819.3

(22)申请日 2016.05.10

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105816170 A

(43)申请公布日 2016.08.03

(73)专利权人 广东省医疗器械研究所  
地址 510515 广东省广州市广州大道中  
1307号  
专利权人 华南理工大学  
广州双悠生物科技有限责任公司

(72)发明人 朱滨 吴凯 李承炜 杨勇哲  
韩俊南

(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有  
限公司 44245

代理人 裘晖

(51)Int.Cl.

A61B 5/0476(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/1455(2006.01)

A61B 5/16(2006.01)

(56)对比文件

CN 104545899 A,2015.04.29,

CN 104363983 A,2015.02.18,

CN 104902806 A,2015.09.09,

US 2014/0303424 A1,2014.10.09,

CN 101287410 A,2008.10.15,

US 2008/0208074 A1,2008.08.28,

蒋振洲 等.一种便携式脑电与血氧同步采集系统设计.《昆明理工大学学报(自然科学版)》.2016,第41卷(第2期),第82-88页.

审查员 王传利

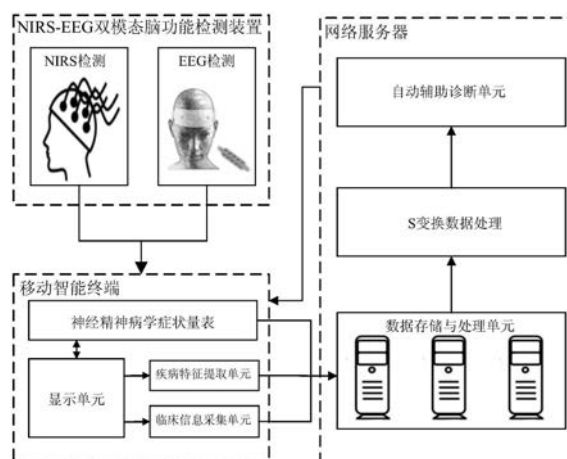
权利要求书3页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统,包括NIRS-EEG双模态脑功能检测装置、移动智能终端以及网络服务器;所述NIRS-EEG双模态脑功能检测装置采用NIRS与EEG技术实时获取精神分裂症患者或健康人的脑功能信息,并通过蓝牙信号将脑功能信息发送到移动智能终端,移动智能终端通过移动互联网将数据上传到网络服务器进行数据处理,网络服务器将处理后的数据进行存储并生成相应的诊断结果,反馈给移动智能终端进行数据波形显示。本发明系统检测评估结果准确,功耗极低,便于快速、便携地对精神分裂症患者进行早期检测和疾病预警,同时为精神分裂症患者的护理做出更科学合理的指导,从而减轻精神分裂症患者及其家属的痛苦和心理负担。



CN 105816170 B

1. 基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统,其特征在于:包括NIRS-EEG双模态脑功能检测装置、移动智能终端以及网络服务器;所述NIRS-EEG双模态脑功能检测装置通过蓝牙信号与移动智能终端相连,所述移动智能终端通过移动互联网与网络服务器相连;

所述NIRS-EEG双模态脑功能检测装置同时用NIRS和EEG对大脑进行功能检测,获得一组NIRS时间序列及一组EEG时间序列,并通过蓝牙信号将检测到的数据发送给移动智能终端;

所述移动智能终端经过初步处理过后上传给网络服务器;

所述网络服务器对两组时间序列通过S变换转变成时间/频率形式,通过S变换形式获得特征提取优化,即将原始数据进行预处理后,原始信号分成相关的时间区间;通过S变换将测得的NIRS及EEG信号转化成时间/频率形式,再从时间/频率形式进行特征提取,在特定时间窗里,精神分裂症病人与健康人的时间/频率矩阵在给定的一组激励后产生区别;

其中,在预处理阶段,通过ICA滤除眼睛眨动和其他人为干扰;S变换后,每个时间框里产生一个向量,通过舍一法进行交叉验证,即数据被分成两个不同的数组:训练数组和检测数组,假设每个被测个体的类是通过训练数组获得,每次取一个病人数据作为验证数组,其余的N-1个数据作为一个训练数组,测试结果作为所有主体的平均值,每个数据轮流做一次验证数组对没有该数据的训练模型做一次验证,获得N个模型验证集的分类准确率平均数,作为性能指标;

网络服务器将处理后的数据进行存储并生成相应的诊断结果,反馈给移动智能终端进行数据波形显示。

2. 根据权利要求1所述的基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统,其特征在于:所述NIRS-EEG双模态脑功能检测装置包括NIRS-EEG检测单元、超低功耗控制单元、状态提示单元、蓝牙通讯单元、按键输入单元以及电源供电单元;

所述NIRS-EEG检测单元用于采集用户的脑血氧信号和脑电信号;

所述超低功耗控制单元分别与NIRS-EEG检测单元、状态提示单元和蓝牙通讯单元相连,超低功耗控制单元通过SPI接口与NIRS-EEG检测单元进行数据指令通信,并控制NIRS-EEG检测单元的工作方式,超低功耗控制单元通过UART串口通讯协议与蓝牙通讯单元进行数据传输通信,蓝牙通讯单元将接收到的数据发送到移动智能终端进行后续处理;

所述按键输入单元与电源供电单元相连,所述电源供电单元用于为NIRS-EEG检测单元、超低功耗控制单元、状态提示单元和蓝牙通讯单元供电,并进行供电保护与电源管理。

3. 根据权利要求1所述的基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统,其特征在于:所述移动智能终端包括显示单元、神经精神病学症状量表、疾病特征提取单元以及临床信息采集单元;移动智能终端用于接收NIRS-EEG双模态脑功能检测装置检测到的用户脑功能信息,并通过显示单元显示精神分裂症患者或健康人的脑功能状态,根据神经精神病学症状量表输入用户的量表检查信息和前期诊断信息,通过疾病特征提取单元提取疾病特征,以及通过临床信息采集单元采集临床信息,完成用户健康信息的初步处理,然后将数据上传给网络服务器;

所述神经精神病学症状量表用于判断是否患病及其严重程度,包括应激及相关问题评估量表和心理学评定量表;所述应激及相关问题评估包括生活事件量表、社会支持评定量

表、应对方式问卷自陈式个体对行为评定量表；所述心理学评定量表包括SCL-90症状量表、抑郁自评量表、焦虑自评量表、汉密尔顿抑郁量表、汉密尔顿焦虑量表、倍克-拉范森躁狂量表。

4. 根据权利要求1所述的基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统，其特征在于：所述网络服务器包括数据处理与存储单元和自动辅助诊断单元；网络服务器用于接收移动智能终端上传的数据，通过数据处理与存储单元对数据进行处理并保存，然后通过自动辅助诊断单元进行数据分析与挖掘，生成相应的诊断结果，并将诊断结果反馈给移动智能终端进行数据波形显示；

所述自动辅助诊断单元，用于利用支持向量机算法对数据进行合理分类，结合Spark-DAG模型对数据进行处理，运用BP神经网络模型对数据进行预测；采用Sigmoid型可微函数，在线性与非线性之间寻找出较好的平衡以实现中长期的预测。

5. 根据权利要求2所述的基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统，其特征在于：所述NIRS-EEG检测单元采用单通道NIRS检测脑血氧信号，以及采用单导联EEG检测脑电信号，该NIRS-EEG检测单元包括NIRS探头、脑电贴片电极、脑血氧集成模拟前端以及脑电集成模拟前端，所述NIRS探头包括发光二极管和接收二极管，所述发光二极管、接收二极管和脑电贴片电极置于精神分裂症患者或健康人的前额，所述接收二极管接收发光二极管所发出近红外光在经过脑部组织作用后的反射光，所述NIRS探头与脑血氧集成模拟前端相连，所述脑电贴片电极与脑电集成模拟前端相连，所述脑血氧集成模拟前端和脑电集成模拟前端集成在一起；其中，所述脑血氧信号包括氧合血红蛋白和还原血红蛋白。

6. 根据权利要求5所述的基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统，其特征在于：所述脑血氧集成模拟前端包括发光二极管驱动电路、时间控制器、滤波器、放大器、三角积分模数转换器以及SPI接口，所述发光二极管驱动电路用于驱动发光二极管，所述时间控制器用于控制发光二极管按照一定时序交替发光，所述接收二极管接收的反射光信号经过滤波器、放大器、三角积分模数转换器后，由SPI接口传输给超低功耗控制单元。

7. 根据权利要求5所述的基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统，其特征在于：所述脑电集成模拟前端包括右腿驱动电路、滤波器、可编程仪表放大器、三角积分模数转换器以及SPI接口，所述脑电贴片电极采集的脑电信号经过右腿驱动电路、滤波器、可编程仪表放大器、三角积分模数转换器后，由SPI接口传输给超低功耗控制单元。

8. 根据权利要求2所述的基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统，其特征在于：所述超低功耗控制单元包括中央处理器、通用外围设备接口模块、时钟定时中断模块、铁电随机存取存储器模块、JTAG接口、通信接口模块；所述中央处理器通过通用外围设备接口模块或通信接口模块接收来自NIRS-EEG检测单元和蓝牙通讯单元的数据信息，对数据进行整合处理，然后进行判断决策并将数据存储于铁电随机存取存储器模块中，所述中央处理器通过通信接口模块进行指令的收发，进而控制NIRS-EEG检测单元的工作方式；

所述蓝牙通讯单元包括天线模块、链路控制模块、链路管理模块以及蓝牙协议模块，所述天线模块、链路管理模块和链路控制模块依次相连，所述蓝牙协议模块与链路管理模块相连；

所述电源供电单元包括依次相连的电源充电模块、电源管理模块和LDO电源输出模块。

9. 根据权利要求5所述的基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统，其

特征在于:所述脑血氧集成模拟前端选用TI公司的集成模拟前端AFE4400;所述脑电集成模拟前端选用TI公司的集成模拟前端ADS1291;所述超低功耗控制单元选用TI公司的超低功耗微处理器MSP430FR5969;所述蓝牙通讯单元采用TI公司的CC2541芯片,该芯片采用蓝牙4.1标准。

## 基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种精神分裂症早期检测评估系统,尤其是一种基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统,属于脑部疾病监测、检验领域。

### 背景技术

[0002] 精神分裂症是一种恶性精神类疾病,目前对其病因的认识尚未明确。精神分裂症涉及感知觉障碍、思维障碍、情感障碍、意志行为障碍及认知功能障碍等多方面障碍以及精神活动的不协调。多在青壮年时期缓慢或亚急性起病,患者一般意识清楚,智能基本正常,且有反复发作、加重,不易治愈的特点,给病患及其家人带来极大的不便和痛苦。

[0003] 当精神分裂症患者去到医院接受治疗时,往往已经到了症状很严重的阶段。也由于精神分裂症病患的病症特殊性,医院的看诊检测环境会带给病患额外的外界压力,影响到检测结果及客观的判断。同时,也由于精神分裂症患者的病症特点,往往很难在静止的状态下接受治疗。这都给精神分裂症的检测带来不便。随之提出了对精神分裂症患者进行实时、便捷、准确、快速的检测需求。EEG (Electroencephalograph, 脑电图) 是脑神经细胞电生理活动在大脑皮层或头皮表面的反映。EEG对被检测患者没有任何创伤。EEG对脑部疾病有一定的诊断价值,但由于一些条件的限制,一般不能作为诊断的唯一依据,不涉及对精神疾病的判断。且很大程度依赖医生的经验和对病患既往病史的了解上,且传统的检测方法费时颇多。

[0004] NIRS (Near-infrared Spectroscopy, 近红外光谱技术) 通过测量由氧红血蛋白和还原血蛋白的变化引起的光谱吸收变化,从而检测脑功能变化。

[0005] 使用单导联标记法的EEG检测分析,并结合NIRS的检测方法,二者结合的双模态脑功能检测分析,应用与精神分裂症患者的可穿戴式脑功能检测,可以实现实时检测脑组织氧红血蛋白和还原血蛋白的变化,同时检测脑电信号,对二者信息进行融合评估,使得精神分裂症患者脑功能检测实现了实时,准确、高效,且可穿戴式可实现随时随地检测的方便快捷。且不会带给精神分裂症患者不必要的压力和负担,使之及时获得脑功能健康状况评估,及时采取控制预防措施,降低了患病风险。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是为了解决上述现有技术的缺陷,提供了一种基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统,该系统使用方便、快速准确,利用了可穿戴式技术和无线蓝牙传输技术,可以实现精神分裂症患者的自动检测,利用近红外光谱技术(NIRS)和脑电图(EEG)这两种检测方法的结合提高了诊断的准确性和快速性,有利于精神分裂症患者的及早预防和早期检测,还能为精神分裂症患者的护理做出更科学合理的指导,从而减轻精神分裂症患者及其家属的痛苦和心理负担。

[0007] 本发明的目的可以通过采取如下技术方案达到:

[0008] 基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统,包括NIRS-EEG双模态脑

功能检测装置、移动智能终端以及网络服务器；所述NIRS-EEG双模态脑功能检测装置通过蓝牙信号与移动智能终端相连，所述移动智能终端通过移动互联网与网络服务器相连，NIRS-EEG双模态脑功能检测装置采用NIRS与EEG技术实时获取精神分裂症患者或健康人的脑功能信息，并将脑功能信息发送到移动智能终端，移动智能终端将数据上传到网络服务器进行数据处理，网络服务器将处理后的数据进行存储并生成相应的诊断结果，反馈给移动智能终端进行数据波形显示。

[0009] 优选的，所述NIRS-EEG双模态脑功能检测装置包括NIRS-EEG检测单元、超低功耗控制单元、状态提示单元、蓝牙通讯单元、按键输入单元以及电源供电单元；

[0010] 所述NIRS-EEG检测单元用于采集用户的脑血氧信号和脑电信号；

[0011] 所述超低功耗控制单元分别与NIRS-EEG检测单元、状态提示单元和蓝牙通讯单元相连，超低功耗控制单元通过SPI接口与NIRS-EEG检测单元进行数据指令通信，并控制NIRS-EEG检测单元的工作方式，超低功耗控制单元通过UART串口通讯协议与蓝牙通讯单元进行数据传输通信，蓝牙通讯单元将接收到的数据发送到移动智能终端进行后续处理；

[0012] 所述按键输入单元与电源供电单元相连，所述电源供电单元用于为NIRS-EEG检测单元、超低功耗控制单元、状态提示单元和蓝牙通讯单元供电，并进行供电保护与电源管理。

[0013] 优选的，所述移动智能终端包括显示单元、神经精神病学症状量表、疾病特征提取单元以及临床信息采集单元；移动智能终端用于接收NIRS-EEG双模态脑功能检测装置检测到的用户脑功能信息，并通过显示单元显示精神分裂症患者或健康人的脑功能状态，根据神经精神病学症状量表输入用户的量表检查信息和前期诊断信息，通过疾病特征提取单元提取疾病特征，以及通过临床信息采集单元采集临床信息，完成用户健康信息的初步处理，然后将数据上传给网络服务器；

[0014] 所述神经精神病学症状量表用于判断是否患病及其严重程度，包括应激及相关问题评估量表和心理学评定量表；所述应激及相关问题评估包括生活事件量表、社会支持评定量表、应对方式问卷自陈式个体对行为评定量表；所述心理学评定量表包括SCL-90症状量表、抑郁自评量表、焦虑自评量表、汉密尔顿抑郁量表、汉密尔顿焦虑量表、倍克-拉范森躁狂量表。

[0015] 优选的，所述网络服务器包括数据处理与存储单元和自动辅助诊断单元；网络服务器用于接收移动智能终端上传的数据，通过数据处理与存储单元对数据进行处理并保存，然后通过自动辅助诊断单元进行数据分析与挖掘，生成相应的诊断结果，并将诊断结果反馈给移动智能终端进行数据波形显示；

[0016] 所述自动辅助诊断单元，用于利用支持向量机算法对数据进行合理分类，结合Spark-DAG模型对数据进行处理，运用BP神经网络模型对数据进行预测；采用Sigmoid型可微函数，在线性与非线性之间寻找出较好的平衡以实现中长期的预测。

[0017] 进一步的，所述NIRS-EEG双模态脑功能检测装置同时用NIRS和EEG对大脑进行功能检测，获得一组NIRS时间序列及一组EEG时间序列，所述NIRS-EEG双模态脑功能检测装置通过蓝牙信号将检测到的数据发送给移动智能终端，移动智能终端经过初步处理过后上传给网络服务器，所述网络服务器对两组时间序列通过S变换转变成时间/频率形式，通过S变换形式获得特征提取优化，即将原始数据进行预处理后，原始信号分成相关的时间区间；通

过S变换将测得的NIRS及EEG信号转化成时间/频率形式,再从时间/频率形式进行特征提取,在特定时间窗里,精神分裂症病人与健康人的时间/频率矩阵在给定的一组激励后产生区别。

[0018] 更进一步的,在预处理阶段,通过ICA滤除眼睛眨动和其他人为干扰。

[0019] 更进一步的,在预处理阶段后,数据被分成两种不同的数据组,即训练数据组和检测数据组;并通过舍一法进行交叉验证。

[0020] 进一步的,所述NIRS-EEG检测单元采用单通道NIRS检测脑血氧信号,以及采用单导联EEG检测脑电信号,该NIRS-EEG检测单元包括NIRS探头、脑电贴片电极、脑血氧集成模拟前端以及脑电集成模拟前端,所述NIRS探头包括发光二极管和接收二极管,所述发光二极管、接收二极管和脑电贴片电极置于精神分裂症患者或健康人的前额,所述接收二极管接收发光二极管所发出近红外光在经过脑部组织作用后的反射光,所述NIRS探头与脑血氧集成模拟前端相连,所述脑电贴片电极与脑电集成模拟前端相连,所述脑血氧集成模拟前端和脑电集成模拟前端集成在一起;其中,所述脑血氧信号包括氧合血红蛋白和还原血红蛋白。

[0021] 更进一步的,所述脑血氧集成模拟前端包括发光二极管驱动电路、时间控制器、滤波器、放大器、三角积分模数转换器以及SPI接口,所述发光二极管驱动电路用于驱动发光二极管,所述时间控制器用于控制发光二极管按照一定时序交替发光,所述接收二极管接收的反射光信号经过滤波器、放大器、三角积分模数转换器后,由SPI接口传输给超低功耗控制单元。

[0022] 更进一步的,所述脑电集成模拟前端包括右腿驱动电路、滤波器、可编程仪表放大器、三角积分模数转换器以及SPI接口,所述脑电贴片电极采集的脑电信号经过右腿驱动电路、滤波器、可编程仪表放大器、三角积分模数转换器后,由SPI接口传输给超低功耗控制单元。

[0023] 进一步的,所述超低功耗控制单元包括中央处理器、通用外围设备接口模块、时钟定时中断模块、铁电随机存取存储器模块、JTAG接口、通信接口模块;所述中央处理器通过通用外围设备接口模块或通信接口模块接收来自NIRS-EEG检测单元和蓝牙通讯单元的数据信息,对数据进行整合处理,然后进行判断决策并将数据存储于铁电随机存取存储器模块中,所述中央处理器通过通信接口模块进行指令的收发,进而控制NIRS-EEG检测单元的工作方式,实现不同的检测功能。

[0024] 更进一步的,所述铁电随机存取存储器模块采用集闪存和SRAM最佳特性于一体的存储器技术,支持快速和低功耗写入,可抵抗辐射和电磁场,且不易受到攻击者攻击和保证数据安全性的功能。

[0025] 更进一步的,所述通信接口模块包括I<sup>2</sup>C总线、CAN总线、UART串口和SPI接口,用于不同功能单元之间的通信接口要求。

[0026] 进一步的,所述蓝牙通讯单元包括天线模块、链路控制模块、链路管理模块以及蓝牙协议模块,所述天线模块、链路管理模块和链路控制模块依次相连,所述蓝牙协议模块与链路管理模块相连;

[0027] 进一步的,所述电源供电单元包括依次相连的电源充电模块、电源管理模块和LDO电源输出模块,采用多路LDO输出供电,减小了模拟电路的电源噪声,消除了各单元电源之

间的相互影响,同时具有电源保护和管理的功能,提高了穿戴式产品的安全性。

[0028] 进一步的,所述状态提示单元为状态指示灯,根据状态指示灯的闪烁状态,用于脑功能的状态提醒;所述按键输入单元为按键开关,按下按键开关后,输入按键开关信号,控制电源供电单元为NIRS-EEG检测单元、超低功耗控制单元、状态提示单元和蓝牙通讯单元提供工作电压。

[0029] 进一步的,所述脑血氧集成模拟前端选用TI公司的集成模拟前端AFE4400,用于脑血氧数据的采样和模数转换处理,通过SPI接口与超低功耗控制单元之间进行数据传输;所述脑电集成模拟前端选用TI公司的集成模拟前端ADS1291,用于脑电数据的采样和模数转换处理,通过SPI接口与超低功耗控制单元之间进行数据传输;所述超低功耗控制单元选用TI公司的超低功耗微处理器MSP430FR5969,灵活的配置微处理器的待机中断唤醒模式,极大地减小了设备运行时的功耗,延长了设备的待机时间;所述蓝牙通讯单元采用TI公司的CC2541芯片,该芯片采用蓝牙4.1标准,支持多款设备连接到一个蓝牙设备上,具备自行激活与睡眠控制功能,支持IPV6专用同代联机上网功能,提升了设备连接的灵活性,降低了LTE网络间的干扰,兼容蓝牙4.1版本以下的蓝牙设备,既能保证高速传输,又能解决功耗过大的问题;各个主要单元均采用TI公司的芯片进行电路设计,各芯片之间的参数统一,减小了分立器件引入的不必要干扰,提高了整体检测装置的准确性。

[0030] 本发明相对于现有技术具有如下的有益效果:

[0031] 1、本发明基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统中,采用NIRS-EEG双模态脑功能检测装置,结合近红外光谱技术(NIRS)和脑电(EEG)双模态检测技术,实时获取精神分裂症患者或健康人的脑血氧信号和脑电信号,两种检测方法的结合互补,互做参考比对,能够很大程度地提高脑功能精神状况信息检测的准确度和高效性。

[0032] 2、本发明基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统中,NIRS-EEG双模态脑功能检测装置采用穿戴式检测技术,便携舒适、轻便小巧,方便了用户随时随地进行脑功能信息检测,为用户带来更好的医疗体验。

[0033] 3、本发明的基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统中,通过移动智能终端可以通过输入用户的家族精神疾病史和前期诊断信息,能够对用户的病历背景有了更充分的了解,便于对用户的疾病信息进行全面的分析和判断,在进行精神疾病诊断上更周密准确。

[0034] 4、本发明的基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统,移动智能终端内置大量的筛查量表,可以更直接快捷地进行量表筛查获取前期诊断信息,便于进行大脑认知功能、神经及精神疾病、睡眠和疲劳状态等场合的随时随地监测;另外,移动智能终端接收来自网络服务器反馈的结果,能实时的把结果反馈给用户,对有精神分裂症倾向的高危人群提高早期预警,并对处于精神分裂症的患者进行干预。

[0035] 5、本发明的基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统,通过网络服务器对采集的大脑信息进行自动辅助诊断,对精神分裂症患者的精神疾病状态进行监控,对其进行过的前期诊断信息进行备份;同时,存储网络服务器反馈的诊断结果,结合网络服务器反馈的诊断结果和预先存储的数据,再次进行数据分析,生成最优的方案供医师进行辅助诊断以及对高危人群进行干预;另外,医师可以根据自己的临床经验对诊断结果进行修改与校正,以便于下次更好的预测。

[0036] 6、本发明基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统中，NIRS-EEG双模态脑功能检测装置的超低功耗控制单元采用超低功耗技术设计，选用TI公司的超低功耗微处理器MSP430FR5969，灵活的配置微处理器的待机中断唤醒模式，极大地减小了设备运行时的功耗，延长了设备的待机时间。

[0037] 7、本发明基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统中，NIRS-EEG双模态脑功能检测装置的超低功耗控制单元采用新的非易失性存储器技术，嵌入铁电随机存取存储器模块，具有快速数据读写、低功耗、高寿命、可抵抗电磁场和辐射的功能。

[0038] 8、本发明基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统，NIRS-EEG双模态脑功能检测装置的NIRS-EEG检测单元采用TI公司的集成模拟前端进行数据采集，工作方式灵活多变，采样精度高，误差小，功耗低，采用集成技术大大的缩减了设备板级空间，提高了穿戴式产品的轻便性与舒适性。

[0039] 9、本发明基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统中，采用单通道NIRS检测脑血氧信号，以及采用单导联EEG检测脑电信号，通过特征提取并采用S变换将时间序列转换成时间/频率形式，对精神分裂症患者进行快速诊断分类，可以快速获得检测结果，且获得的数据可用。

[0040] 10、本发明的基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统中，NIRS-EEG双模态脑功能检测装置的蓝牙通讯单元采用蓝牙4.1标准，支持多款设备连接到一个蓝牙设备上，具备自行激活与睡眠控制功能，支持IPV6专用同代联机上网功能，提升了设备连接的灵活性，降低了LTE网络间的干扰，兼容蓝牙4.1版本以下的蓝牙设备，既能保证高速传输，又能解决功耗过大的问题。

## 附图说明

[0041] 图1为本发明实施例的基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统的总体结构框图。

[0042] 图2为本发明实施例的NIRS-EEG双模态脑功能检测装置结构框图。

[0043] 图3为本发明实施例的NIRS-EEG双模态脑功能检测装置的安装位置图。

[0044] 图4为本发明实施例的NIRS-EEG检测单元中脑血氧集成模拟前端的工作流程图。

[0045] 图5为本发明实施例的NIRS-EEG检测单元中脑电集成模拟前端的工作流程图。

[0046] 图6为本发明实施例的蓝牙通讯单元的结构框图。

[0047] 图7为本发明实施例的超低功耗控制单元的工作流程图。

## 具体实施方式

[0048] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细的描述，但本发明的实施方式不限于此。

[0049] 实施例1：

[0050] 如图1所示，本实施例的基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统包括NIRS-EEG双模态脑功能检测装置、移动智能终端以及网络服务器；所述NIRS-EEG双模态脑功能检测装置通过蓝牙信号与移动智能终端相连，所述移动智能终端通过移动互联网与网络服务器相连，移动智能终端将数据上传到网络服务器进行数据处理，网络服务器将

处理后的数据进行存储并生成相应的诊断结果,反馈给移动智能终端进行数据波形显示;

[0051] 所述NIRS-EEG双模态脑功能检测装置,用于采用NIRS与EEG技术实时获取精神分裂症患者或健康人的脑功能信息,并将脑功能信息发送到移动智能终端。

[0052] 所述移动智能终端包括显示单元、神经精神病学症状量表、疾病特征提取单元以及临床信息采集单元,用于接收NIRS-EEG双模态脑功能检测装置检测到的用户脑功能信息,并通过显示单元显示精神分裂症患者或健康人的脑功能状态,根据神经精神病学症状量表输入用户的量表检查信息和前期诊断信息,通过疾病特征提取单元提取疾病特征,以及通过临床信息采集单元采集临床信息,完成用户健康信息的初步处理,然后将数据上传给网络服务器;

[0053] 所述神经精神病学症状量表用于判断是否患病及其严重程度,包括应激及相关问题评估量表和心理学评定量表;所述应激及相关问题评估包括生活事件量表、社会支持评定量表、应对方式问卷自陈式个体对行为评定量表;所述心理学评定量表包括SCL-90症状量表、抑郁自评量表、焦虑自评量表、汉密尔顿抑郁量表、汉密尔顿焦虑量表、倍克-拉范森躁狂量表。

[0054] 所述网络服务器包括数据处理与存储单元和自动辅助诊断单元,用于接收移动智能终端上传的数据,通过数据处理与存储单元对数据进行处理并保存,然后通过自动辅助诊断单元进行数据分析与挖掘,生成相应的诊断结果,并将诊断结果反馈给移动智能终端进行数据波形显示;

[0055] 所述自动辅助诊断单元,用于利用支持向量机算法对数据进行合理分类,结合Spark-DAG模型对数据进行处理,运用BP神经网络模型对数据进行预测;采用Sigmoid型可微函数,在线性与非线性之间寻找出较好的平衡以实现中长期的预测。

[0056] 所述NIRS-EEG双模态脑功能检测装置同时用NIRS和EEG对大脑进行功能检测,获得一组NIRS时间序列及一组EEG时间序列,所述NIRS-EEG双模态脑功能检测装置通过蓝牙信号将检测到的数据发送给移动智能终端,移动智能终端经过初步处理过后上传给网络服务器,所述网络服务器对两组时间序列通过S变换转变成时间/频率形式,通过S变换形式获得特征提取优化,即将原始数据进行预处理后,原始信号分成相关的时间区间;通过S变换将测得的NIRS及EEG信号转化成时间/频率形式,再从时间/频率形式进行特征提取,在特定时间窗里,精神分裂症病人与健康人的时间/频率矩阵在给定的一组激励后产生区别。

[0057] 在预处理阶段,通过ICA(Independent Component Correlation Algorithm,独立成分分析)滤除眼睛眨动和其他人为干扰。ICA技术不需要任何先验假设,按照统计独立原则,通过优化算法可以从数据中分析出各种生理或其他噪声信号;在预处理阶段后,S变换后每个时间框里产生一个向量,通过舍一法进行交叉验证,即数据被分成两个不同的数组,即训练数组和检测数组。假设每个被测个体的类是通过训练数组获得,每次取一个病人数据作为验证数组,其余的N-1个数据作为一个训练数组,测试结果作为所有主体的平均值。每个数据轮流做一次验证数组对没有该数据的训练模型做一次验证。获得N个模型验证集的分类准确率平均数,作为性能指标。由于每个样本都用于训练模型,因此最接近原始数据的分布,因而所得结果也相对可靠。

[0058] 如图2所示,所述NIRS-EEG双模态脑功能检测装置包括NIRS-EEG检测单元、超低功耗控制单元、状态提示单元、蓝牙通讯单元、按键输入单元以及电源供电单元,所述超低功

耗控制单元分别与NIRS-EEG检测单元、状态提示单元和蓝牙通讯单元相连。

[0059] 如图3所示,本实施例的NIRS-EEG双模态脑功能检测装置采用穿戴式检测技术,通过集成模拟前端的运用,大大缩减了设备的板级空间,有助于穿戴式检测技术的实现,结合近红外光谱技术(NIRS)和脑电(EEG)检测技术,穿戴于被检测人员(本实施例的被检测人员为精神分裂症患者或健康人)的前额,同时进行脑血氧和脑电信号的检测;所述NIRS-EEG检测单元采用NIRS检测脑血氧信号,以及采用单导联EEG检测脑电信号,该NIRS-EEG检测单元包括NIRS探头、脑电贴片电极、脑血氧集成模拟前端以及脑电集成模拟前端,所述NIRS探头包括发光二极管和接收二极管,所述发光二极管、接收二极管和脑电贴片电极置于精神分裂症患者或健康人的前额,所述接收二极管接收发光二极管所发出近红外光在经过脑部组织作用后的反射光,所述NIRS探头与脑血氧集成模拟前端相连,所述脑电贴片电极与脑电集成模拟前端相连,所述脑血氧集成模拟前端和脑电集成模拟前端集成在一起;其中,所述脑血氧信号包括氧合血红蛋白( $\text{HbO}_2$ )和还原血红蛋白(Hb)。

[0060] 所述脑血氧集成模拟前端选用TI(Texas Instruments,德州仪器)公司的AFE4400芯片,用于脑血氧数据的采样和模数转换处理,通过SPI接口与超低功耗控制单元之间进行数据传输,其包括发光二极管驱动电路、时间控制器、滤波器、放大器、三角积分( $\Delta-\Sigma$ )模数转换器(ADC)以及SPI接口(Serial Peripheral Interface,串行外设接口),所述发光二极管驱动电路用于驱动发光二极管,所述时间控制器用于控制发光二极管按照一定时序交替发光,所述接收二极管接收的反射光信号经过滤波器、放大器、三角积分模数转换器后,由SPI接口传输给超低功耗控制单元。

[0061] 如图4所示,本实施例的脑血氧集成模拟前端的工作流程如下:

[0062] 脑血氧集成模拟前端通过时间控制器设定的时钟频率控制发光二极管驱动电路,点亮额头前方的特定波长的发光二极管,使发光二极管分时发出特定波长的近红外光照射脑部前额组织,接收二极管接收经过脑部组织作用后的光强信号,经过放大、滤波和三角积分( $\Delta-\Sigma$ )模数转换后,生成脑血氧的检测数据,通过脑血氧集成模拟前端的SPI接口将采集到的脑血氧信号数据传输给超低功耗控制单元。

[0063] 所述脑电集成模拟前端选用TI公司的集成模拟前端ADS1291,用于脑电数据的采样和模数转换处理,通过SPI接口与超低功耗控制单元之间进行数据传输,其包括右腿驱动电路(RDL)、滤波器、可编程仪表放大器(PGA)、三角积分( $\Delta-\Sigma$ )模数转换器(ADC)以及SPI接口,所述脑电贴片电极采集的脑电信号经过右腿驱动电路、滤波器、可编程仪表放大器、三角积分模数转换器后,由SPI接口传输给超低功耗控制单元。

[0064] 如图5所示,本实施例的脑电集成模拟前端的工作流程如下:

[0065] 脑电贴片电极采集的脑电数据经过脑电集成模拟前端的右腿驱动电路,然后进行滤波、放大处理过后,通过三角积分( $\Delta-\Sigma$ )模数转换,生成脑电信号数据,通过脑电集成模拟前端的SPI接口将采集到的脑电信号数据传输给超低功耗控制单元。

[0066] 所述超低功耗控制单元选用TI公司的超低功耗微处理器MSP430FR5969,灵活的配置微处理器的待机中断唤醒模式,极大地减小了设备运行时的功耗,延长了设备的待机时间,该超低功耗控制单元包括中央处理器、通用外围设备接口模块、时钟定时中断模块、铁电随机存取存储器模块(Ferromagnetic Random Access Memory,FRAM)、JTAG接口和通信接口模块;所述中央处理器通过通用外围设备接口模块或通信接口模块接收来自NIRS-EEG

检测单元和蓝牙通讯单元的数据信息,对数据进行整合处理,然后进行判断决策并将数据存储在铁电随机存取存储器模块中,所述中央处理器通过通信接口模块进行指令的收发,进而控制NIRS-EEG检测单元的工作方式,实现不同的检测功能;其中,超低功耗控制单元通过SPI接口与NIRS-EEG检测单元进行数据指令通信,通过UART(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter,通用非同步收发传输器)串口通讯协议与蓝牙通讯单元进行数据传输通信。

[0067] 所述超低功耗控制单元中的铁电随机存取存储器模块采用集闪存和SRAM最佳特性于一体的存储器技术,支持快速和低功耗写入,可抵抗辐射和电磁场,且不易受到攻击者攻击和保证数据安全性的功能。

[0068] 所述超低功耗控制单元中的所述通信接口模块包括I<sup>2</sup>C(Inter-Integrated Circuit,内部集成电路)总线、CAN(Controller Area Network,控制器局域网)总线、UART串口和SPI接口,用于不同功能单元之间的通信接口要求。

[0069] 所述蓝牙通讯单元采用TI公司的CC2541芯片,该芯片采用蓝牙4.1标准,支持多款设备连接到一个蓝牙设备上,具备自行激活与睡眠控制功能,支持IPV6专用同代联机上网功能,提升了设备连接的灵活性,降低了LTE网络间的干扰,兼容蓝牙4.1版本以下的蓝牙设备,既能保证高速传输,又能解决功耗过大的问题。

[0070] 如图6所示,所述蓝牙通讯单元用于将接收到的数据发送到移动智能终端进行后续处理,其包括天线模块、链路控制模块、链路管理模块以及蓝牙协议模块,所述链路管理模块分别与天线模块和链路控制模块相连,所述蓝牙协议模块分别与天线模块和链路管理模块相连,链路管理模块通过蓝牙协议模块可以进行数据加密,加密过后的数据通过天线模块进行发送与接收。

[0071] 如图7所示,本实施例超低功耗控制单元的工作流程如下:

[0072] 超低功耗控制单元通过初始化函数首先发送蓝牙连接请求,连接成功过后,对NIRS-EEG检测单元的集成模拟前端(脑血氧集成模拟前端和脑电集成模拟前端)进行寄存器配置,使集成模拟前端工作在低功耗脑血氧与脑电信号检测方式,配置完成过后,通过中断进行脑功能检测装置的佩戴检测,佩戴上脑功能检测装置后开启NIRS-EEG检测功能,进入外围设备终端等待函数,脑血氧与脑电信号数据生成后触发外围中断信号跳变,进入数据发送程序,超低功耗控制单元将接收到的数据发送给蓝牙通讯单元发送到移动智能终端应用的蓝牙接收端,至此,完成一个周期的数据收发。

[0073] 所述状态提示单元为状态指示灯,根据状态指示灯的闪烁状态,用于脑功能的状态提醒;所述按键输入单元为按键开关,其与电源供电单元相连,按下按键开关后,输入按键开关信号,控制电源供电单元为NIRS-EEG检测单元、超低功耗控制单元、状态提示单元和蓝牙通讯单元提供工作电压;所述电源供电单元,用于为NIRS-EEG检测单元、超低功耗控制单元和蓝牙通讯单元供电,并进行供电保护和电源管理,其包括依次相连的电源充电模块、电源管理模块和LDO(low dropout regulator,低压差线性稳压器)电源输出模块,采用多路LDO输出供电,减小了模拟电路的电源噪声,消除了各单元电源之间的相互影响,同时具有电源保护和管理的功能,提高了穿戴式产品的安全性。

[0074] 上述实施例中的移动智能终端可以是智能手机、平板电脑、PDA手持终端等。

[0075] 综上所述,本发明的基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统,使

用方便、快速准确,利用了可穿戴式技术和无线蓝牙传输技术,便于进行大脑认知功能、神经及精神疾病、睡眠和疲劳状态等场合的随时随地检测。利用近红外光谱技术(NIRS)和脑电(EEG)这两种检测方法的结合提高了诊断的准确性,基于大数据的智能预测模型,为精神分裂症患者的早期预警与及时做出干预提供更科学合理的指导,从而减轻精神分裂症患者及其家属的痛苦和心理负担。

[0076] 以上所述,仅为本发明专利较佳的实施例,但本发明专利的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明专利所公开的范围内,根据本发明专利的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变,都属于本发明专利的保护范围。

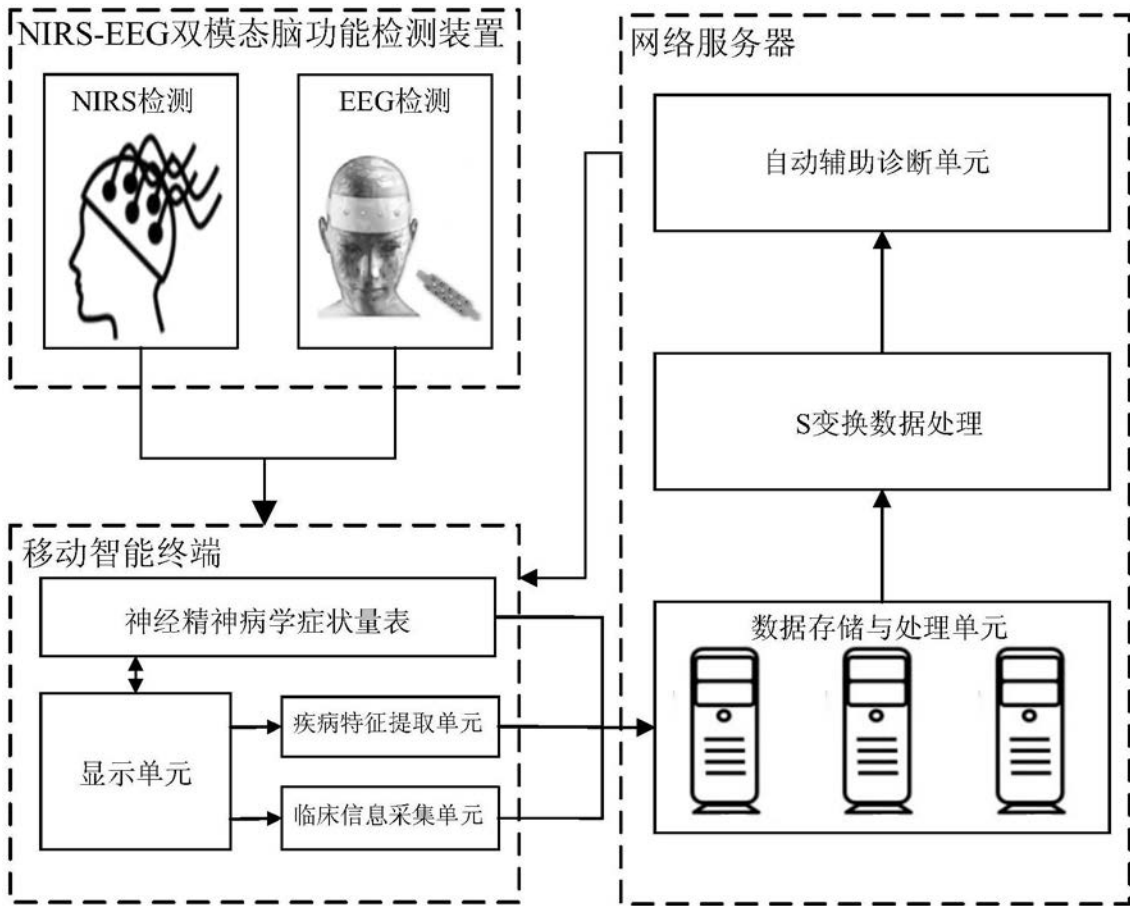


图1

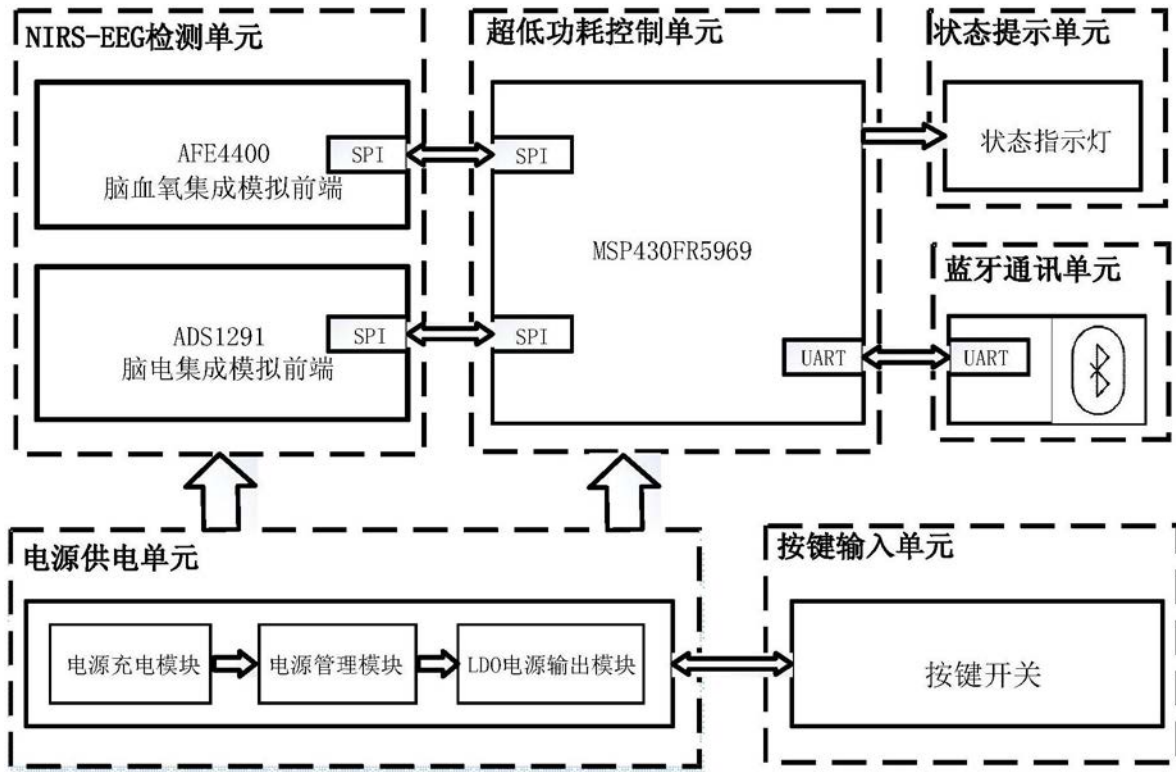


图2

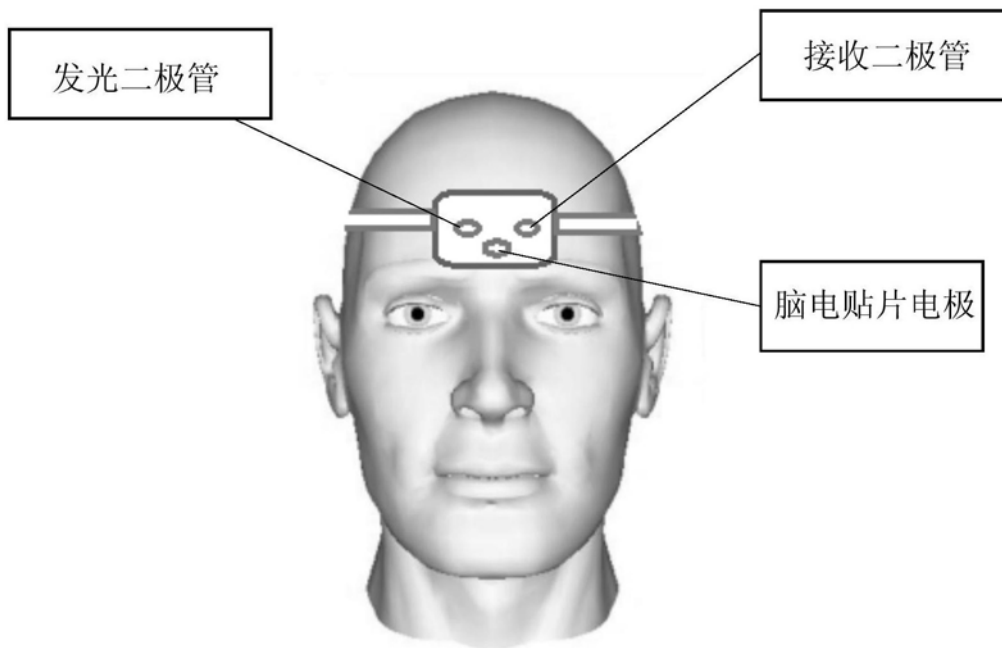


图3

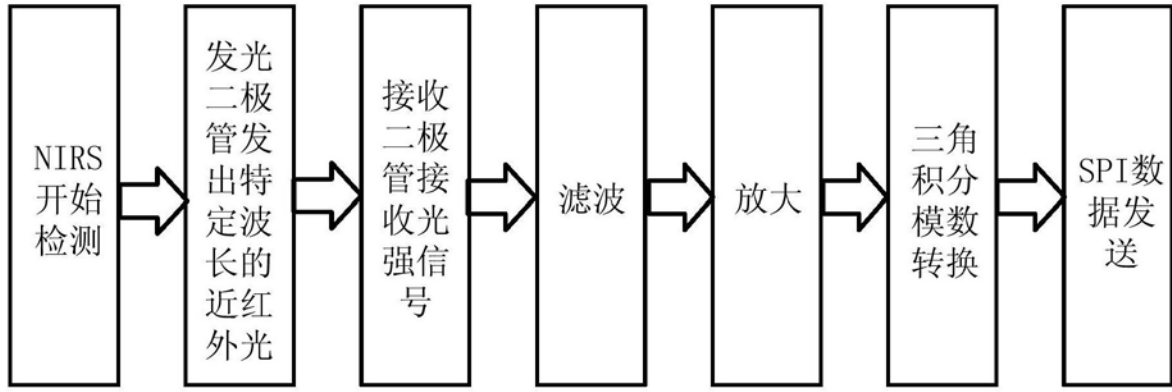


图4

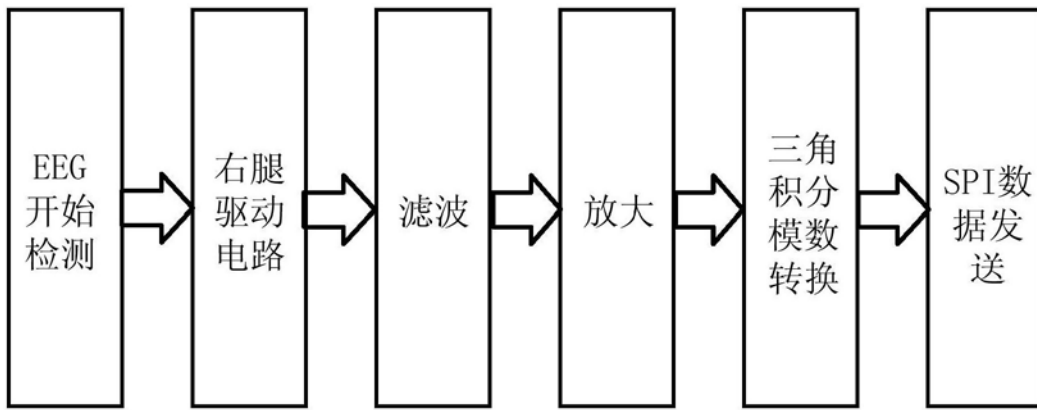


图5

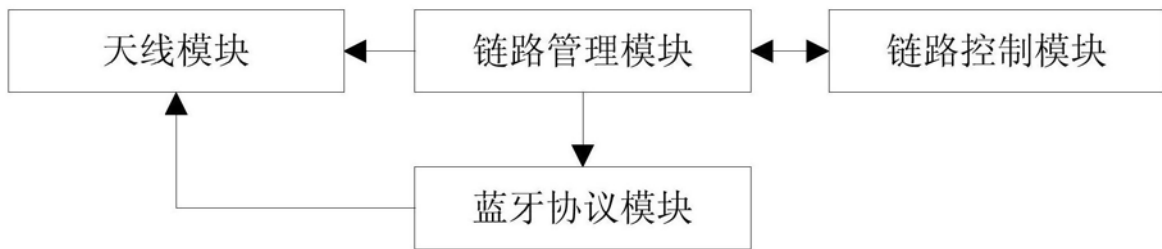


图6

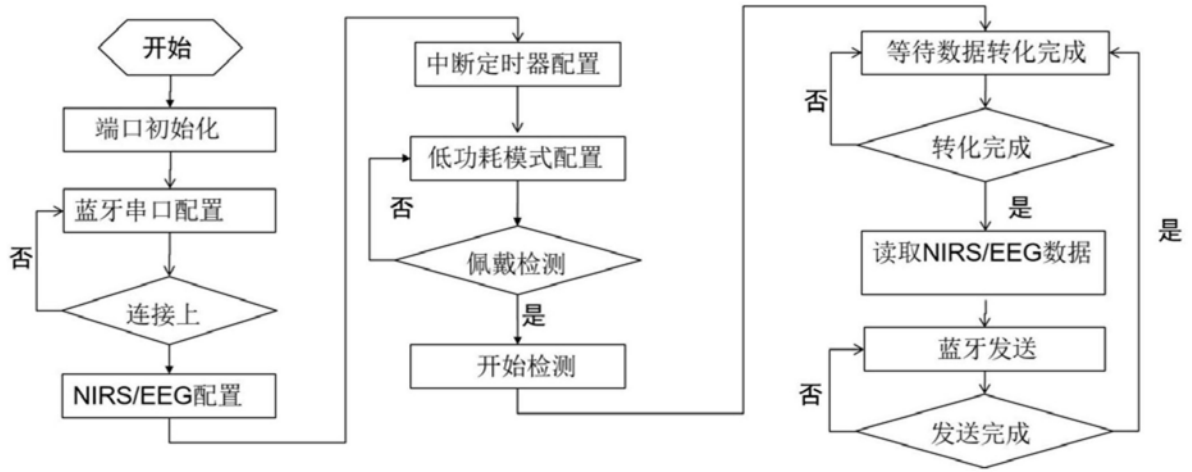


图7

专利名称(译)	基于可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN105816170B</a>	公开(公告)日	2019-03-01
申请号	CN201610308819.3	申请日	2016-05-10
[标]申请(专利权)人(译)	广东省医疗器械研究所 华南理工大学 广州双悠生物科技有限责任公司		
申请(专利权)人(译)	广东省医疗器械研究所 华南理工大学 广州双悠生物科技有限责任公司		
当前申请(专利权)人(译)	广东省医疗器械研究所 华南理工大学 广州双悠生物科技有限责任公司		
[标]发明人	朱滨 吴凯 李承炜 杨勇哲 韩俊南		
发明人	朱滨 吴凯 李承炜 杨勇哲 韩俊南		
IPC分类号	A61B5/0476 A61B5/00 A61B5/1455 A61B5/16		
CPC分类号	A61B5/002 A61B5/0075 A61B5/0476 A61B5/14551 A61B5/165 A61B5/4064 A61B5/4088 A61B5/4806 A61B5/6802 A61B5/7225		
审查员(译)	王传利		
其他公开文献	CN105816170A		
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可穿戴式NIRS-EEG的精神分裂症早期检测评估系统，包括NIRS-EEG双模态脑功能检测装置、移动智能终端以及网络服务器；所述NIRS-EEG双模态脑功能检测装置采用NIRS与EEG技术实时获取精神分裂症患者或健康人的脑功能信息，并通过蓝牙信号将脑功能信息发送到移动智能终端，移动智能终端通过移动互联网将数据上传到网络服务器进行数据处理，网络服务器将处理后的数据进行存储并生成相应的诊断结果，反馈给移动智能终端进行数据波形显示。本发明系统检测评估结果准确，功耗极低，便于快速、便携地对精神分裂症患者进行早期检测和疾病预警，同时为精神分裂症患者的护理做出更科学合理的指导，从而减轻精神分裂症患者及其家属的痛苦和心理负担。

