



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109009099 A

(43)申请公布日 2018.12.18

(21)申请号 201810794998.5

(22)申请日 2018.07.19

(71)申请人 燕山大学

地址 066004 河北省秦皇岛市海港区河北大街西段438号

(72)发明人 梁振虎 李健楠 邵帅 李小隍

(74)专利代理机构 秦皇岛一诚知识产权事务所
(普通合伙) 13116

代理人 李合印

(51)Int.Cl.

A61B 5/0476(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

A61M 5/20(2006.01)

A61M 5/31(2006.01)

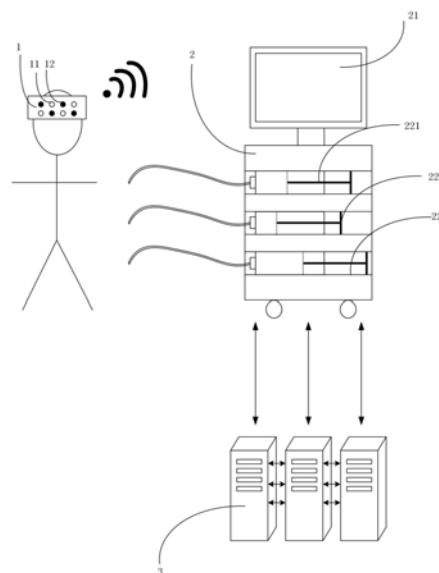
权利要求书2页 说明书5页 附图7页

(54)发明名称

一种基于EEG-NIRS的智能麻醉系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于EEG-NIRS的智能麻醉系统,包括头戴式信号采集模块,麻醉自动控制模块,数据存储模块;头戴式信号采集模块包括近红外光源驱动部分、采集部分、控制与WIFI通信部分,对EEG信号和NIRS信号进行同步采集,通过WIFI通信将预处理过的EEG和NIRS信号传递给麻醉自动控制模块;麻醉自动控制模块具有麻醉指标动态监测、反馈控制器计算患者所需药量和注射速度、深度神经网络优化、多通道麻醉药物注射等功能;数据存储模块能够动态记录麻醉手术数据信息及关键节点,并上传至服务器。本发明同时采集EEG和NIRS信号,对术中患者的镇静、镇痛、肌松等指标进行动态监测,准确控制麻醉药剂的输注速度和输注量,大幅提升医疗资源利用率,降低医疗设备的使用成本。



1. 一种基于EEG-NIRS的智能麻醉系统,其特征在于:所述系统包括头戴式信号采集模块、麻醉自动控制模块、数据存储模块;

所述的头戴式信号采集模块包括近红外光源驱动部分、采集部分、控制与WIFI通信部分,能够对EEG信号和NIRS信号进行同步采集,通过WIFI通信技术将预处理过的EEG和NIRS信号传递给麻醉自动控制模块;

所述麻醉自动控制模块包含参数动态监测模块和麻醉药物注射模块,参数动态检测模块具有麻醉指标提取、麻醉指标动态监测、语音提醒、PKPD病人模型、深度神经网络优化功能;麻醉药物注射模块包括反馈控制器、参数优化模块、RS232串口通信、丙泊酚注射泵、瑞芬太尼注射泵、阿曲库铵注射泵;

所述的数据存储模块能够动态记录麻醉手术数据信息及关键节点,数据存储模块通过无线通信技术与麻醉自动控制模块相连,对术中麻醉数据进行记录和存储并上传至服务器。

2. 根据权利要求1所述的一种基于EEG-NIRS的智能麻醉系统,其特征在于:所述的头戴式信号采集模块由脑电电极、近红外探头、嵌入式系统组成;脑电电极有三个,包括一个参考极和两个采集端,用于采集前额脑电信息;近红外探头由两个LED发光管和两个接收管组成,用于获取前额的近红外光净辐射后的强度;嵌入式系统负责光源驱动信号的产生、脑电与近红外光强信号的放大与模数转换和麻醉机器人模块无线通信。

3. 根据权利要求1所述的一种基于EEG-NIRS的智能麻醉系统,其特征在于:所述的麻醉自动控制模块通过WIFI通信得到EEG/NIRS原始信号;对EEG信号的特征提取得到镇静深度指标,对NIRS信号的多尺度分析得到镇痛深度指标,对EEG信号进行频谱分析和量化提取得到肌肉松弛度指标;通过镇静、镇痛及肌松的参数指标在麻醉自动控制模块中的嵌入,结合反馈控制器实现对麻醉药剂实时需求量的计算,进而通过麻醉药物注射模块对患者进行麻醉药物注射。

4. 根据权利要求3所述的一种基于EEG-NIRS的智能麻醉系统,其特征在于:所述镇静深度参数HLS是通过RPE、SFS、MPF、BetaRatio这四种基本指标、结合病人具体的年龄、身高体重基本信息,通过深度卷积神经网络(CNN)学习后,得到属于智能麻醉机器人的镇静指标的镇静等级表(HLS),麻醉深度评分范围从0(脑死亡)到10(完全清醒),增量为0.1;其中,0-3代表麻醉过深,3-6代表麻醉抑制状态,6-8为镇静状态,8-10为清醒状态。

5. 根据权利要求3所述的一种基于EEG-NIRS的智能麻醉系统,其特征在于:所述镇痛深度参数NAF是通过原始NIRS信号进行多尺度小波分解及其反变换后,得到在不同尺度下的细节分量,从而得到HRV,MAP,HbO2(Hb)信息,然后对上述参数在时域上进行特征提取并运用参数模型谱估计法建立模型及对应的谱曲线进行拟合,经过参数调试和模型阶数的确定得到属于智能麻醉机器人的镇痛参数指标镇痛等级表(ALS),ALS每隔5s计算一次,镇痛评分范围从-10(非常疼痛)到10(无痛觉),增量为1。

6. 根据权利要求3所述的一种基于EEG-NIRS的智能麻醉系统,其特征在于:所述肌松参数RPSD是通过计算在采集的EEG信号中提取大于40Hz的频段的能量与总能量的比例的大小,及肌电分量的相对功率谱密度,评估病人肌肉松弛度。

7. 根据权利要求3所述的一种基于EEG-NIRS的智能麻醉系统,其特征在于:所述麻醉自动控制模块中的镇痛/镇静反馈控制器,通过麻醉自动控制模块获得RPE参数,计算出镇静

参数HLS,然后进行镇静药物丸注,等待镇静参数指标(HLS) <8.0 时,进行有PKPD模型计算出的与人体代谢平衡的维持剂量,同时将当前生理指标,参数指标带入模型预测控制器,完成麻醉自动控制;同时,通过麻醉自动控制模块获得HRV参数,计算出镇痛参数ALS,通过对K1、K2的修订,将得到的剂量和生理信息传给镇痛注射泵,完成镇痛的自动精确给药。

8.根据权利要求3所述的一种基于EEG-NIRS的智能麻醉系统,其特征在于:所述麻醉自动控制模块中的肌松反馈控制器,采用基于在线与离线数据融合的数据驱动的控制。

一种基于EEG-NIRS的智能麻醉系统

技术领域

[0001] 本发明涉及智能麻醉控制领域,尤其涉及一种基于EEG-NIRS信号、能够实现术中麻醉自动精确给药、生命体征监测、安全监测预警的智能麻醉系统。

背景技术

[0002] 目前在临床麻醉手术中,全麻手术量大幅增加,而麻醉医生数量却明显不足,造成了麻醉医生工作压力过大,手术风险增加的问题。同时,由于人手的固有操作误差也不可避免造成了麻醉药物输注不精确的问题。因此如何利用现代科技成果减小麻醉医师工作量和提升麻醉药输注精度变得刻不容缓。

[0003] 在全身麻醉过程中,要做到安全合理的麻醉,麻醉深度监测与控制都很重要。术中麻醉深度监测经常使用三种指标,即镇静、镇痛和肌肉松弛度。因此,镇静、镇痛和肌松三部分的监测应该是围麻醉期麻醉深度监测的主要内容。对于临床上的麻醉而言,关于镇静的监测研究最多,其中通过BIS监测指导术中控制不同的麻醉深度最为常见普遍。在肌松监测方面,通过相关肌松监测设备了解应用肌松药后机体神经肌肉传递功能的阻滞程度和恢复状况,提高了肌松药临床应用的安全性和合理性。在镇痛方面,由于镇痛药物对大脑作用受体与镇静药物不同,从EEG上很难提取单一的镇痛水平。因此,关于镇痛的监测主要有心率变异性(HRV)、平均动脉血压(MAP)等来判断伤害刺激对自主神经系统(ANS)的影响,从而预测机体对伤害性刺激的反应。

[0004] 尽管现在关于麻醉监测和闭环控制方面的研究已经很多,但由于BIS、TOF、ANI等监测设备均独立配置,医疗资源并没有很好的整合到一起实现信息自动反馈与互通,麻醉药物的自动控制多为单一指标。同时由于各监测设备之间数据兼容性差,各种监护连接线错综复杂,国内临床手术无法实现多维度,多参数的自动控制。

发明内容

[0005] 本发明目的在于提供一种能够实现对术中患者的镇静、镇痛、肌松等方面的指标进行监测,并准确的控制麻醉药剂的输注速度和输注量,实现多维度的术中麻醉自动精确给药的基于EEG-NIRS的智能麻醉系统。

[0006] 为实现上述目的,采用了以下技术方案:本发明所述系统包括头戴式信号采集模块、麻醉自动控制模块、数据存储模块;

[0007] 所述的头戴式信号采集模块包括近红外光源驱动部分、采集部分、控制与WIFI通信部分,能够对EEG信号和NIRS信号进行同步采集,通过WIFI通信技术将预处理过的EEG和NIRS信号传递给麻醉自动控制模块;

[0008] 所述麻醉自动控制模块包含参数动态监测模块和麻醉药物注射模块,参数动态检测模块具有麻醉指标提取、麻醉指标动态监测、语音提醒、PKPD病人模型、深度神经网络优化功能;麻醉药物注射模块包括反馈控制器、参数优化模块、RS232串口通信、丙泊酚注射泵、瑞芬太尼注射泵、阿曲库铵注射泵;

[0009] 所述的数据存储模块能够动态记录麻醉手术数据信息及关键节点,数据存储模块通过无线通信技术与麻醉自动控制模块相连,对术中麻醉数据进行记录和存储并上传至服务器。

[0010] 进一步的,所述的头戴式信号采集模块由脑电电极、近红外探头、嵌入式系统组成;脑电电极有三个,包括一个参考极和两个采集端,用于采集前额脑电信息;近红外探头由两个LED发光管和两个接收管组成,用于获取前额的近红外光净辐射后的强度;嵌入式系统负责光源驱动信号的产生、脑电与近红外光强信号的放大与模数转换和麻醉机器人模块无线通信。

[0011] 进一步的,所述的麻醉自动控制模块通过WIFI通信得到EEG/NIRS原始信号;对EEG信号的特征提取得到镇静深度指标,对NIRS信号的多尺度分析得到镇痛深度指标,对EEG信号进行频谱分析和量化提取得到肌肉松弛度指标;通过镇静、镇痛及肌松的参数指标在麻醉自动控制模块中的嵌入,结合反馈控制器实现对麻醉药剂实时需求量的计算,进而通过麻醉药物注射模块对患者进行麻醉药物注射。

[0012] 进一步的,所述镇静深度参数HLS是通过对RPE、SFS、MPF、BetaRatio这四种基本指标、结合病人具体的年龄、身高体重基本信息,通过深度卷积神经网络(CNN)学习后,得到属于智能麻醉机器人的镇静指标的镇静等级表(HLS),麻醉深度评分范围从0(脑死亡)到10(完全清醒),增量为0.1;其中,0-3代表麻醉过深,3-6代表麻醉抑制状态,6-8为镇静状态,8-10为清醒状态。术中麻醉的最佳目标值为3-6。

[0013] 进一步的,所述镇痛深度参数NAF是通过对原始NIRS信号进行多尺度小波分解及其反变换后,得到在不同尺度下的细节分量,从而得到HRV,MAP,HbO₂(Hb)信息,然后对上述参数在时域上进行特征提取并运用参数模型谱估计法建立模型及对应的谱曲线进行拟合,经过参数调试和模型阶数的确定得到属于智能麻醉机器人的镇痛参数指标镇痛等级表(ALS),ALS每隔5s计算一次,镇痛评分范围从-10(非常疼痛)到10(无痛觉),增量为1。最佳目标值在-3到3。

[0014] 进一步的,所述肌松参数RPSD是通过计算在采集的EEG信号中提取大于40Hz的频段的能量与总能量的比例的大小,及肌电分量的相对功率谱密度,评估病人肌肉松弛度。

[0015] 进一步的,所述麻醉自动控制模块中的镇痛/镇静反馈控制器,本发明采用镇痛/镇静联合控制的方式进行麻醉控制。从实用性和可靠性角度出发本发明采用的是模型预测控制;通过麻醉自动控制模块获得RPE参数,计算出镇静参数HLS,然后进行镇静药物丸注,等待镇静参数指标(HLS)<8.0时,进行有PKPD模型计算出的与人体代谢平衡的维持剂量,同时将当前生理指标,参数指标带入模型预测控制器,完成麻醉自动控制;同时,通过麻醉自动控制模块获得HRV参数,计算出镇痛参数ALS,通过对K1、K2的修订,将得到的剂量和生理信息传给镇痛注射泵,完成镇痛的自动精确给药。

[0016] 进一步的,所述麻醉自动控制模块中的肌松反馈控制器,采用基于在线与离线数据融合的数据驱动的控制。在当前的数据驱动的控制方法中,迭代学习控制(ILC控制)能够较好的利用在线和离线数据进行控制。同时,ILC理论相对完善,它直接逼近控制信号,而非参数正定的,在实际中得到了广泛的应用。

[0017] 与现有技术相比,本发明具有如下优点:

[0018] 1、实现了镇静、镇痛、肌松多个指标合并监测,大幅度提升医疗资源利用率,降低

医疗设备使用成本。

[0019] 2、使用独立研发的信号采集设备和参数指标,摆脱了传统麻醉深度监测指标的算法不公开及指标不确定的问题。

[0020] 3、多个参数在同一设备中进行麻醉监测,能够更加精准的评估镇痛/镇静/肌松的刺激程度。

[0021] 4、人工控制与自动控制结合的麻醉控制系统大大减轻麻醉师的工作负荷,提升手术安全性,使其能将更多精力投入到更重要的手术决策中。

附图说明

[0022] 图1为本发明的结构框架示意图。

[0023] 图2为本发明的EEG-NIRS系统结构图。

[0024] 图3为本发明的智能麻醉机器人的工作流程图。

[0025] 图4为本发明的模型预测控制示意图。

[0026] 图5为本发明的镇静药物控制流程图。

[0027] 图6为本发明的镇痛药物控制流程图。

[0028] 图7为本发明的数据驱动控制示意图。

[0029] 附图标号:1-头戴式信号采集模块、2-麻醉自动控制模块、3-数据存储模块、11-EEG信号、12-NIRS信号、21-参数动态监测模块、221-镇静药物(丙泊酚)注射泵、222-镇痛药物(瑞芬太尼)注射泵、223-肌松药物(阿曲库铵)注射泵。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图对本发明做进一步说明:

[0031] 如图1所示,本发明包括头戴式信号采集模块1,麻醉自动控制模块2,数据存储模块3;

[0032] 所述的头戴式信号采集模块包括近红外光源驱动部分、采集部分、控制与WIFI通信部分组成,能够对EEG(11)信号和NIRS(12)信号进行同步采集,通过WIFI通信将预处理过的EEG和NIRS信号传递给麻醉自动控制模块。所述的麻醉自动控制模块包含具有麻醉指标提取、麻醉指标动态监测、语音提醒、PKPD病人模型、深度神经网络优化等部分的参数动态监测模块(21),具有反馈控制器、参数优化、RS232串口通信、镇静药物(丙泊酚)注射泵(221)、镇痛药物(瑞芬太尼)注射泵(222),肌松药物(阿曲库铵)注射泵(223)的麻醉药物注射模块。所述的数据存储模块能够动态记录麻醉手术数据信息及关键节点,并上传至服务器。

[0033] 所述的头戴式信号采集模块,如图2所示,主要由脑电电极、近红外探头、嵌入式系统组成。脑电电极有三个,包括一个参考极,两个采集端,用于采集前额脑电信息;近红外探头由两个LED发光管和两个接收管组成,用于获取前额的近红外光净辐射后的强度;嵌入式系统负责光源驱动信号的产生、脑电与近红外光强信号的放大与模数转换和麻醉机器人模块无线通信。

[0034] 所述的麻醉自动控制模块包含参数动态监测模块和药物注射模块。如图3所示,为智能麻醉机器人的工作流程。麻醉自动控制模块通过WIFI通信得到EEG/NIRS原始信号;对

EEG信号的特征提取得到镇静深度指标,对NIRS信号的多尺度分析得到镇痛深度指标,对EEG信号进行频谱分析和量化提取得到肌肉松弛度指标。通过镇静、镇痛及肌松的参数指标在麻醉自动控制模块中的嵌入,结合反馈控制器实现对麻醉药剂实时需求量的计算,进而通过麻醉药物注射模块对患者进行麻醉药物注射。

[0035] 所述的镇静参数指标为从采集的EEG信号中提取时域和频域指标:Renyi排序熵(RPE), β 比率(BetaRatio),同步快慢比(SFS),中频谱密度(MPF)这四种基本指标,结合病人具体的年龄,身高体重等基本信息,通过深度卷积神经网络(CNN)学习后,得到属于智能麻醉机器人的镇静指标的镇静等级表(HLS),麻醉深度评分范围从0(脑死亡)到10(完全清醒),增量为0.1。0-3代表麻醉过深,3-6代表麻醉抑制状态,6-8为镇静状态,8-10为清醒状态。术中麻醉的最佳目标值为3-6。

[0036] RPE具体算法如下:

$$[0037] \quad RPE_n = \frac{\log \sum_{j=1}^{m!} p_j^a}{(1-a) * \ln(m!)} \quad (1)$$

[0038] 式中, p_j 代表概率分布, a 是概率选择系数, m 为嵌入维数, $m!$ 表示排序模式共有 $m!$ 种。

[0039] β 比率具体算法如下:

$$[0040] \quad \text{BetaRatio} = \log(P_{30-47\text{Hz}}/P_{11-20\text{Hz}}) \quad (2)$$

[0041] MPF具体算法如下:

$$[0042] \quad P_t = \sum_{i=0}^{\infty} P_i \quad (3)$$

$$[0043] \quad \sum_{i=0}^{MPF} p_i = 0.5P_t \quad (4)$$

[0044] SFS具体算法如下:

$$[0045] \quad \text{SFS} = \log(P_{0.5-47\text{Hz}}/P_{40-47\text{Hz}}) \quad (5)$$

[0046] 所述的镇痛参数指标为从NIRS信号中对能体现体现镇痛信息的成分进行提取。在NIRS测量信号中,包含脉搏波,呼吸波,Mayer波等,而不同的波形处于不同频段,所以我们可以通过Savitzky-Golay平滑滤波器进行滤波,进而取得我们所需要的波段。对于脉搏波,不同的人脉搏波差异比较大,但一般在麻醉状态下频率较低,经过实验取 $N=2$, $L=7$ 时可以有效保留脉搏信息,同时能有效去除信号中的高频干扰。将心率所在的尺度6的细节分量(0.78-1.56Hz)提出后在尺度的细节分量进行小波反变换得到脑部的心率的信息,据此可以得到该段信号中包含心率的变化(HRV)情况。用类似的方式得到HbO2和Hb相对浓度的变化及平均动脉血压(MAP)信息,然后对HRV,MAP,HbO2(Hb)等参数在时域上进行特征提取,并运用参数模型谱估计法建立模型及对应的谱曲线进行拟合,经过参数调试和模型阶数的确定得到属于智能麻醉机器人的镇痛参数指标镇痛等级表(ALS),ALS每隔5s计算一次,镇痛评分范围从-10(非常疼痛)到10(无痛觉),增量为1。最佳目标值在-3到3。其中关于瑞芬太尼的剂量计算如下:

$$[0047] \quad \text{Dose}_{\text{remi}} = \text{previousDose}_{\text{remi}} \times K1 \times K2 \quad (6)$$

[0048] 其中, $\text{Dose}_{\text{remi}}$ 代表当前瑞芬太尼剂量, $\text{previousDose}_{\text{remi}}$ 代表前一次计算的瑞芬太

尼的剂量, K1是ALS的过去值和现在值成比例的系数, 而K2是取决于手术阶段的系数。

[0049] 所述的肌松参数, 本发明通过相对功率谱密度 (RPSD) 进行术中肌松程度的监测, 即根据肌电分量占总能量的比例的大小, 来判断病人的肌肉松弛度。RSPD的具体计算方式如下:

$$[0050] \quad RPSD(f_1, f_2) = \frac{p(f_1, f_2)}{p(1, 47)} \times 100\% \quad (7)$$

[0051] $p(\cdot)$ 代表能量, RPSD($\cdot$) 代表相对功率谱密度。这里的 f_1 和 f_2 分别代表低频率和高频率。 $p(1, 47)$ 代表EEG信号从1Hz-47Hz包含五种子带宽(delta波, theta波, alpha波, gamma波)的能量。根据上述方法, 提取出肌电信号所在频段($\geq 40\text{Hz}$)后, 通过计算肌电分量的相对功率谱密度(RPSD), 即可准确评估病人肌肉松弛度。

[0052] 针对镇静和镇痛药物的控制, 本发明采用镇痛/镇静联合控制的方式进行麻醉控制。如图4所示, 从实用性和可靠性角度出发本发明采用的是模型预测控制。模型预测算法的核心是: 每个采样周期内, 基于系统的当前状态及预测模型, 找出最优控制元素作为下一个输入。通过在线反复优化计算并滚动实施的控制作用和模型误差的反馈矫正。如图5所示, 通过麻醉自动控制模块获得RPE等参数, 计算出镇静参数HLS, 然后进行镇静药物丸注, 等待镇静参数指标(HLS) < 8.0 时, 进行有PKPD模型计算出的与人体代谢平衡的维持剂量, 同时将当前生理指标, 参数指标带入模型预测控制器, 完成麻醉自动控制。同时, 如图6所示, 通过麻醉自动控制模块获得HRV等参数, 计算出镇痛参数ALS, 通过对K1, K2的修订, 将得到的剂量和生理信息传给镇痛注射泵, 进一步完成镇痛的自动精确给药。

[0053] 针对肌松药物的控制, 本发明中采用基于在线与离线数据融合的数据驱动的控制, 如图7所示。数据驱动控制忽略了被控对象内在的机制模型, 直接通过受控系统的在线和离线数据实现控制。在当前的数据驱动的控制方法中, 迭代学习控制(ILC控制)能够较好的利用在线和离线数据进行控制。同时, ILC理论相对完善, 它直接逼近控制信号, 而非参数正定的, 在实际中得到了广泛的应用。

[0054] 所述的麻醉药物注射模块主要由三个独立的注射泵组成, 由麻醉自动控制模块完成对镇静药物(丙泊酚), 镇痛药物(瑞芬太尼), 肌松药物(阿曲库铵)的输注速度及输注剂量的控制。每个独立的注射泵由LCD液晶屏显示装置, 注射器活塞推杆运动驱动装置(包含步进电机、丝杠传动装置及驱动线路)、注射泵嵌入式系统, 状态监测装置及供电电源装置等部分组成。由麻醉自动控制模块计算出实时的药剂输注速率, 控制药物注射系统进行自动精确给药。

[0055] 所述的数据存储模块主要对术中麻醉数据进行记录和存储, 以便进行麻醉算法的更新和改进。

[0056] 以上所述的实施例仅仅是对本发明的优选实施方式进行描述, 并非对本发明的范围进行限定, 在不脱离本发明设计精神的前提下, 本领域普通技术人员对本发明的技术方案做出的各种变形和改进, 均应落入本发明权利要求书确定的保护范围内。

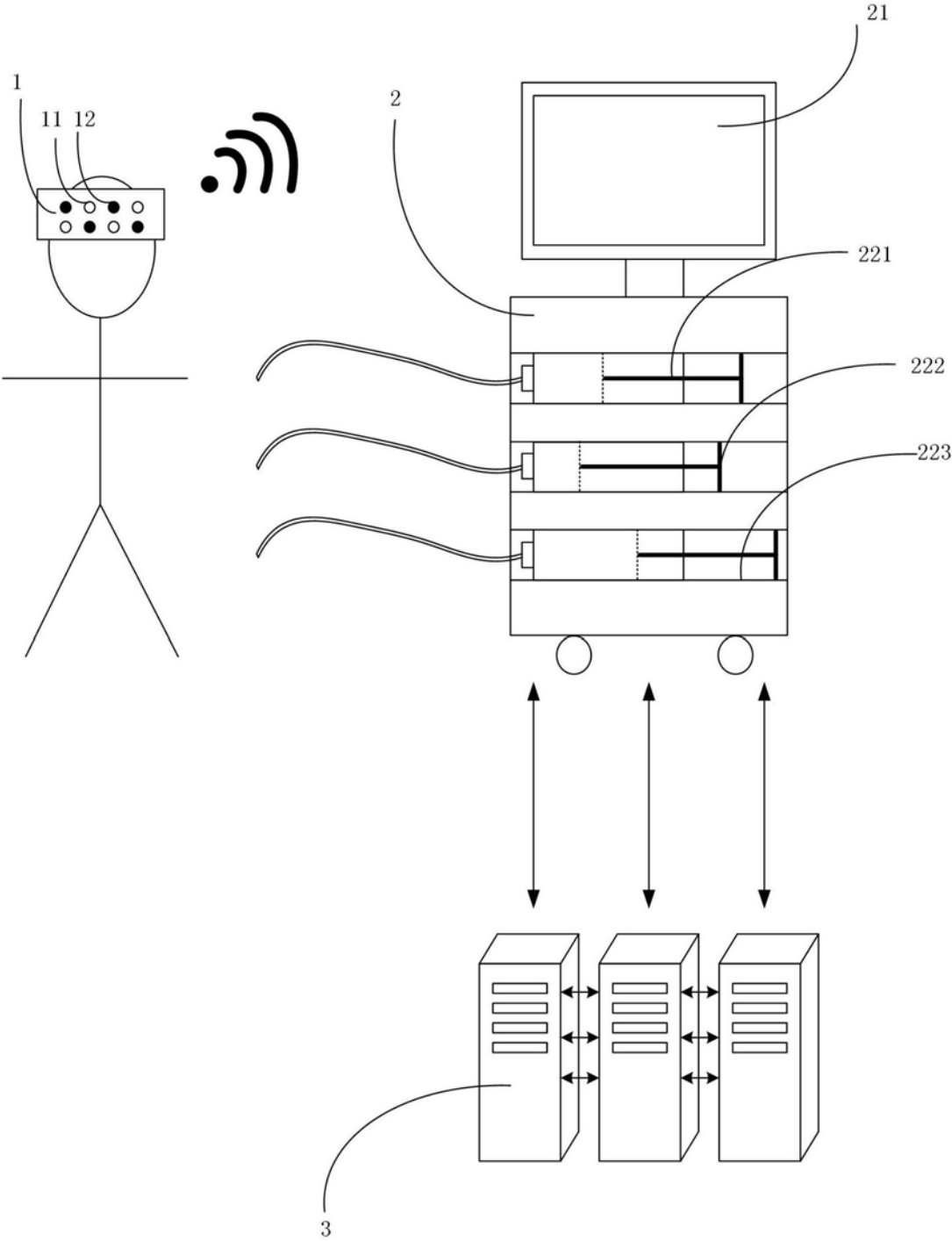


图1

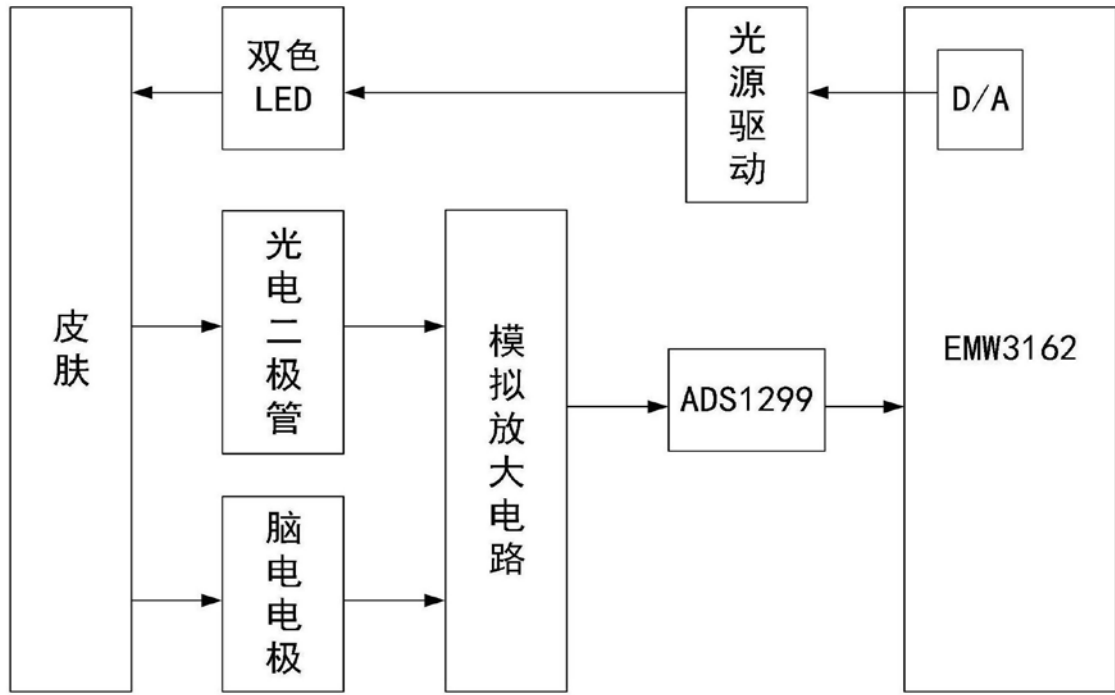


图2

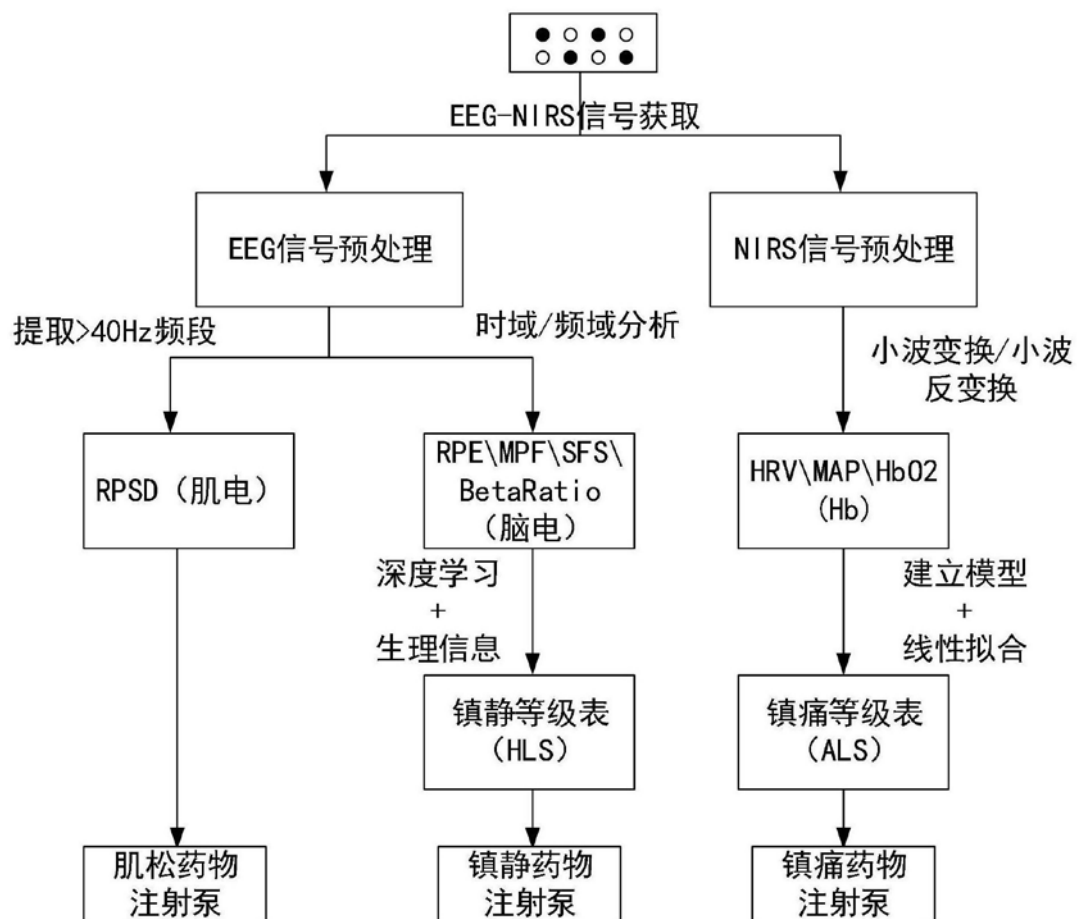


图3

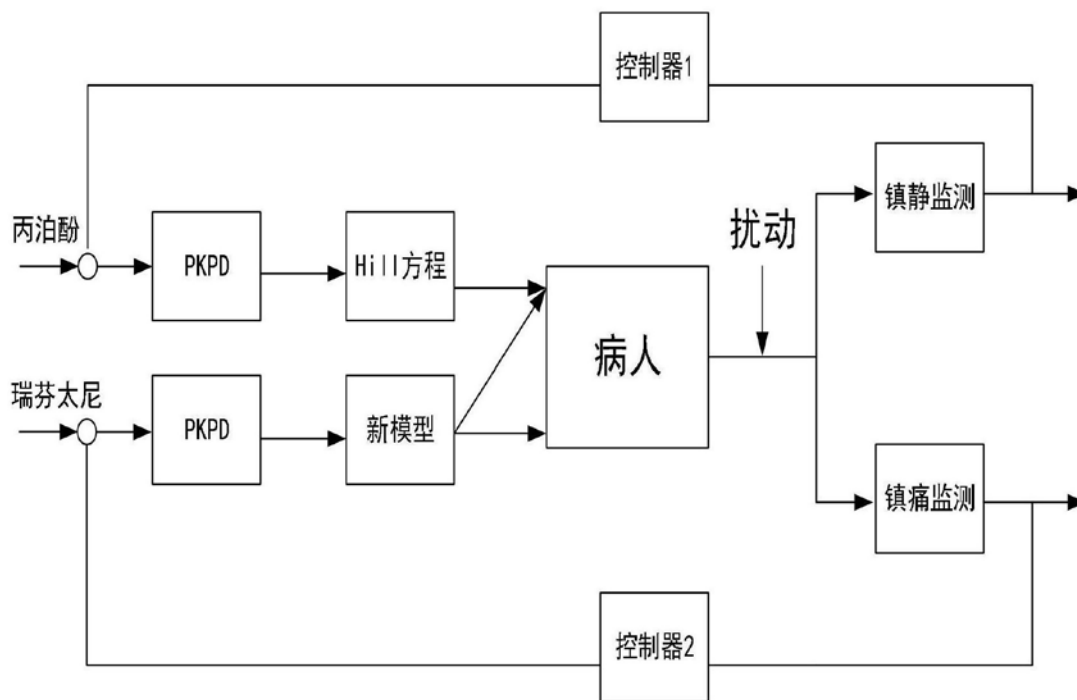


图4

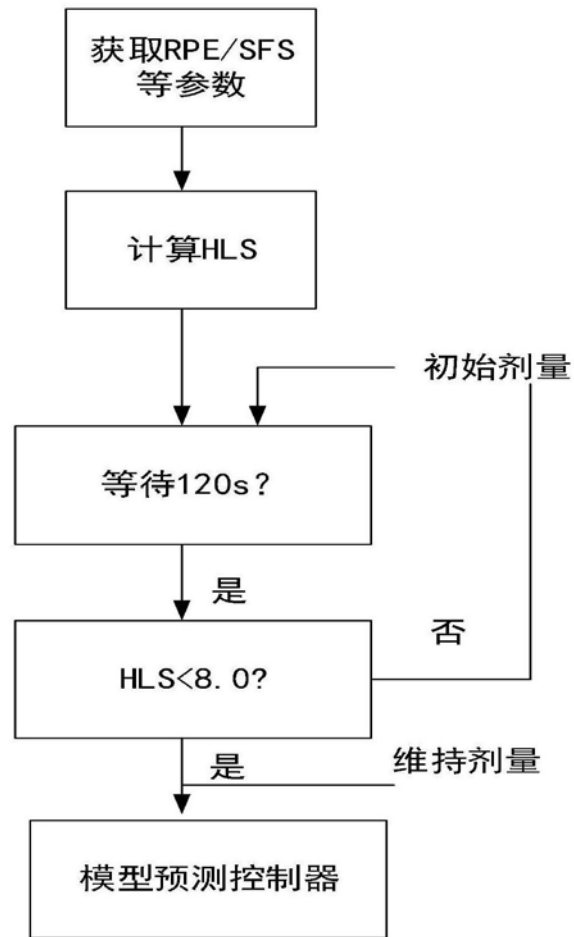


图5

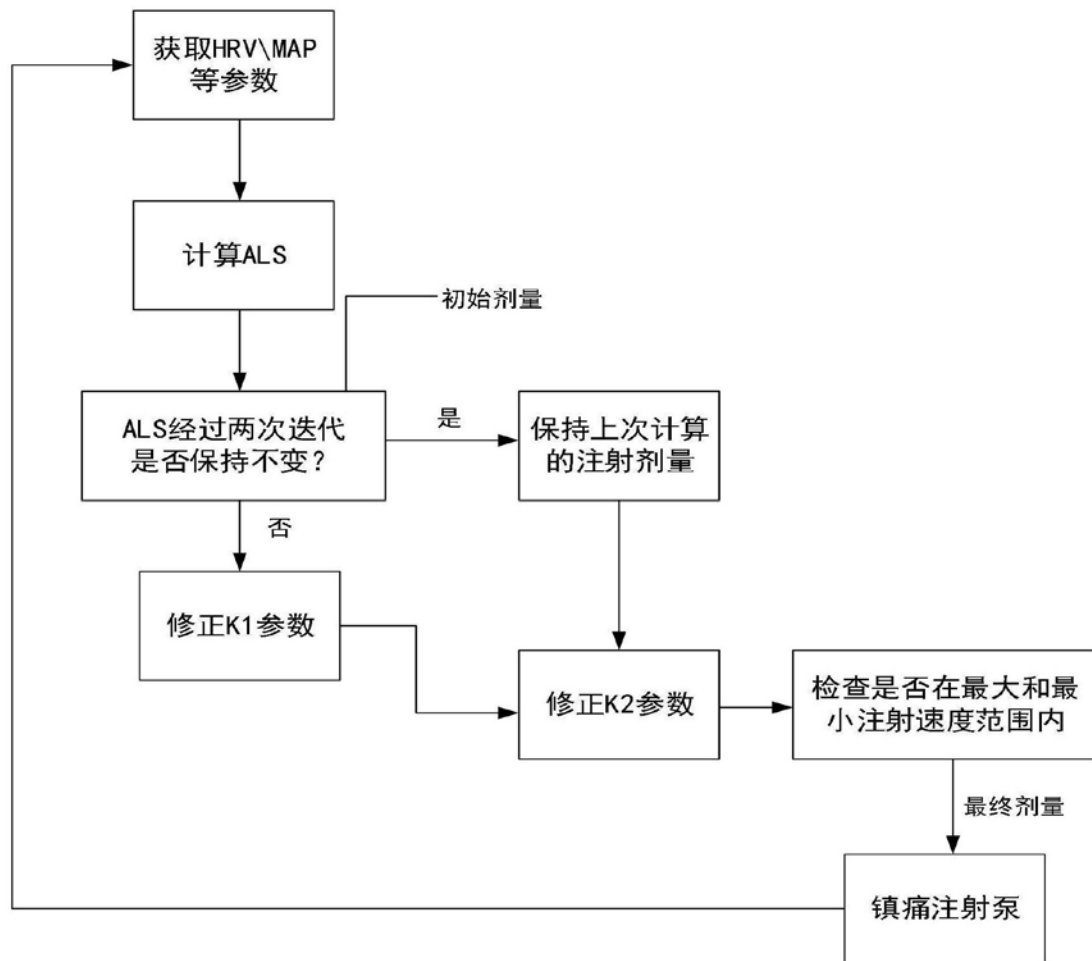


图6

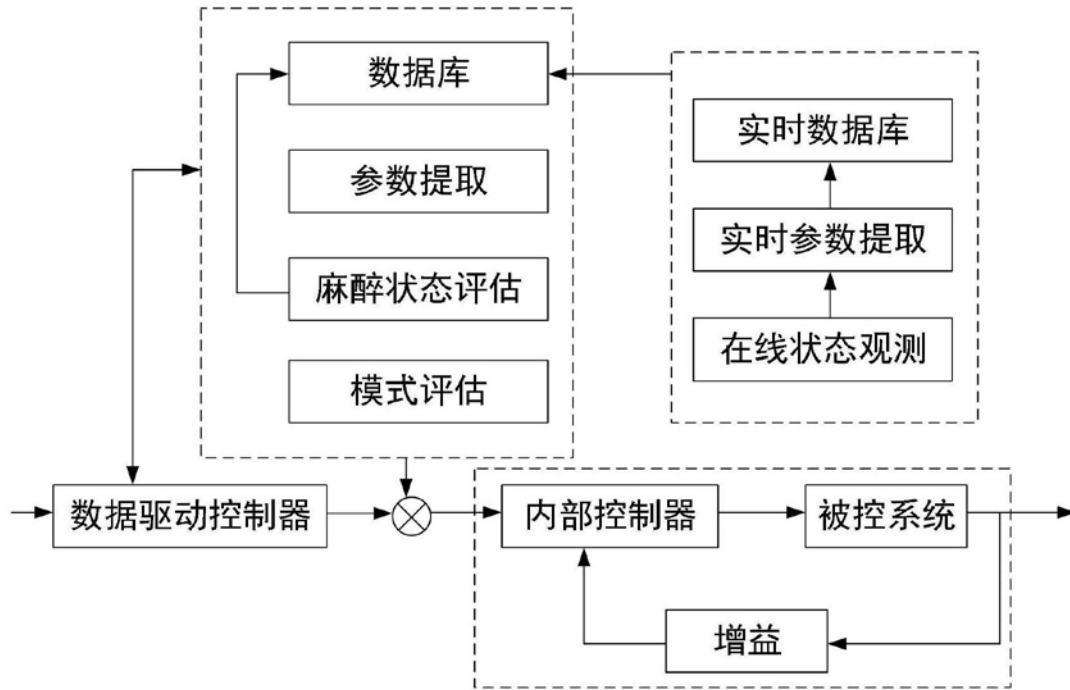


图7

专利名称(译)	一种基于EEG-NIRS的智能麻醉系统		
公开(公告)号	CN109009099A	公开(公告)日	2018-12-18
申请号	CN201810794998.5	申请日	2018-07-19
[标]申请(专利权)人(译)	燕山大学		
申请(专利权)人(译)	燕山大学		
当前申请(专利权)人(译)	燕山大学		
[标]发明人	梁振虎 李健楠 邵帅 李小俚		
发明人	梁振虎 李健楠 邵帅 李小俚		
IPC分类号	A61B5/0476 A61B5/00 A61M5/20 A61M5/31		
CPC分类号	A61B5/4821 A61B5/0476 A61B5/6803 A61B5/7235 A61M5/20 A61M5/31 A61M2202/048 A61M2205/3334 A61M2230/04 A61M2230/005 A61M2202/0007		
代理人(译)	李合印		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种基于EEG-NIRS的智能麻醉系统，包括头戴式信号采集模块，麻醉自动控制模块，数据存储模块；头戴式信号采集模块包括近红外光源驱动部分、采集部分、控制与WIFI通信部分，对EEG信号和NIRS信号进行同步采集，通过WIFI通信将预处理过的EEG和NIRS信号传递给麻醉自动控制模块；麻醉自动控制模块具有麻醉指标动态监测、反馈控制器计算患者所需药量和注射速度、深度神经网络优化、多通道麻醉药物注射等功能；数据存储模块能够动态记录麻醉手术数据信息及关键节点，并上传至服务器。本发明同时采集EEG和NIRS信号，对术中患者的镇静、镇痛、肌松等指标进行动态监测，准确控制麻醉药剂的输注速度和输注量，大幅提升医疗资源利用率，降低医疗设备的使用成本。

