

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017 年 5 月 26 日 (26.05.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/084416 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06F 3/01 (2006.01) *G06K 9/62* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/098167
- (22) 国际申请日: 2016 年 9 月 6 日 (06.09.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510788585.2 2015 年 11 月 17 日 (17.11.2015) CN
- (71) 申请人: 天津大学 (TIANJIN UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国天津市南开区卫津路 92 号天津大学,
Tianjin 300072 (CN)。
- (72) 发明人: 明东 (MING, Dong); 中国天津市南开区卫
津路 92 号天津大学, Tianjin 300072 (CN)。王仲朋
(WANG, Zhongpeng); 中国天津市南开区卫津路 92
号天津大学, Tianjin 300072 (CN)。陈龙 (CHEN,
Long); 中国天津市南开区卫津路 92 号天津大学,

Tianjin 300072 (CN)。顾斌 (GU, Bin); 中国天津市
南开区卫津路 92 号天津大学, Tianjin 300072 (CN)。
王坤 (WANG, Kun); 中国天津市南开区卫津路 92
号天津大学, Tianjin 300072 (CN)。何峰 (HE,
Feng); 中国天津市南开区卫津路 92 号天津大学,
Tianjin 300072 (CN)。蔡宏志 (QI, Hongzhi); 中国天
津市南开区卫津路 92 号天津大学, Tianjin 300072
(CN)。许敏鹏 (XU, Minpeng); 中国天津市南开区
卫津路 92 号天津大学, Tianjin 300072 (CN)。周鹏
(ZHOU, Peng); 中国天津市南开区卫津路 92 号天津
大学, Tianjin 300072 (CN)。

(74) 代理人: 天津市北洋有限责任专利代理事务所
(BEI & OCEAN); 中国天津市南开区鞍山西道时代
公寓 A 座 603 室, Tianjin 300193 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保
护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS,

[见续页]

(54) Title: FEEDBACK SYSTEM BASED ON MOTOR IMAGERY BRAIN-COMPUTER INTERFACE

(54) 发明名称: 一种基于运动想象脑-机接口的反馈系统

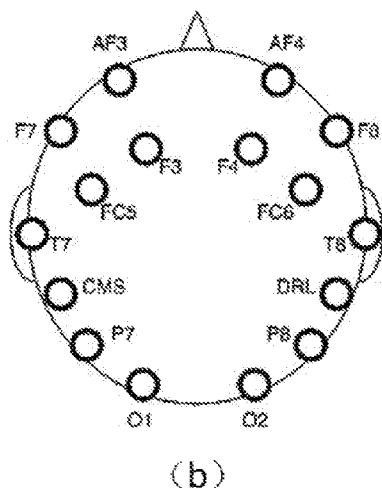


图 1

(57) Abstract: A feedback system based on a motor imagery brain-computer interface. The feedback system comprises: a feedback module (1), an electroencephalogram collector (2), a wireless transmission module (3) and a terminal device (4), wherein the feedback module (1) is used for compiling a feedback interface; the electroencephalogram collector (2) is used for collecting a motion-related lead electroencephalogram signal; the electroencephalogram signal is detected by a scalp electrode, is amplified and filtered through the electroencephalogram collector (2), and then is transmitted by the wireless transmission module (3) to the terminal device (4); and the terminal device (4) is used for performing data processing on the electroencephalogram signal to extract a motor imagery characteristic signal, wherein the motor imagery characteristic signal is used for forming a visual feedback after pattern recognition to control the feedback interface, thereby constituting a closed-loop control system. The system better conforms to a normal thinking and action control process and is close to a practical interaction application, and is expected to provide a key technical guarantee for a novel MI-BCI.

(57) 摘要: 一种基于运动想象脑-机接口的反馈系统, 反馈系统包括: 反馈模块 (1)、脑电采集器 (2)、无线传输模块 (3) 及终端设备 (4); 反馈模块 (1), 用于编写反馈界面; 脑电采集器 (2), 用于采集与运动相关导联的脑电信号; 脑电信号由头皮电极探测后经过脑电采集器 (2) 放大、滤波后通过无线传输模块 (3) 传输至所述终端设备 (4); 终端设备 (4), 用于对脑电信号进行数据处理提取运动想象特征信号, 运动想象特征信号用于模式识别后形成视觉反馈, 控制反馈界面, 构成一个闭环控制系统。上述系统, 更符合正常思维行动控制过程和接近实际交互应用, 有望为新型 MI-BCI 提供关键技术保障。



JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

(84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种基于运动想象脑-机接口的反馈系统

技术领域

本发明涉及脑-机接口领域，尤其涉及一种基于运动想象脑-机接口的反馈系统。

5

背景技术

第一次脑-机接口国际会议给出的 BCI（脑-机接口）的定义是：“BCI 是一种不依赖于大脑外围神经与肌肉正常输出通道的通讯控制系统。”目前的研究成果中，它主要是通过采集和分析不同状态下人的脑电信号，然后使用一定的工程技术手段在人脑与计算机或其它电子设备之间建立起直接的交流和控制通道，从而实现一种全新的信息交换与控制技术，可以为残疾人特别是那些丧失了基本肢体运动功能但思维正常的病人提供一种与外界进行信息交流与控制的途径。即可以不需语言或肢体动作，直接通过控制脑电来表达意愿或操纵外界设备。为此，BCI 技术也越来越受到重视。

在 BCI 的研究中，运动想象作为一种主动式人机交互范式，更加符合正常人大脑思维活动方式，在一定程度的训练后，使用者便可进行在线 MI-BCI（Motor imagery-brain computer interface，运动想象脑-机接口）系统的交互控制。此外，系统控制信号源一般使用来自于使用者运动想象过程中头皮脑电的能量特征，可进行一段较长时间段的累加或优化来控制指令输出，有较强的可操作性。

基于上述优点可以看出，对于运动想象的深入研究及开发一种实用型便携式的 MI-BCI 系统有助于更加清楚地了解人类大脑，实现真正的人机交互，具有很强的理论与应用价值。

然而，目前大多数 MI-BCI 设计是一个开环系统，即只存在使用者运动想象到指令输出一条单向的控制通路，缺乏指令输出后的反馈通路，进而降低了系统的普适性及用户体验。

发明内容

本发明提供了一种基于运动想象脑-机接口的反馈系统，将 MI-BCI 系统指令输出及意念控制过程变得可视化，提高用户体验，详见下文描述：

一种基于运动想象脑-机接口的反馈系统，所述反馈系统包括：反馈模块、脑电采集器、无线传输模块及终端设备；

所述反馈模块，用于编写反馈界面；

所述脑电采集器，用于采集与运动相关导联的脑电信号；所述脑电信号由头皮电极探测后经过脑电采集器放大、滤波后通过所述无线传输模块传输至所述终端设备；

所述终端设备，用于对脑电信号进行数据处理提取运动想象特征信号，运动想象特征信号用于模式识别后形成视觉反馈，控制反馈界面，构成一个闭环控制系统。

5 其中，所述终端设备包括：初始反馈模块，

达到初始判定阈值，则输出目标指令反馈结果，否则不触发目标指令反馈；

经利用积累的数据建立共空间模式加支持向量机模型，作为初始模型，并获取决策值阈值；

10 使用者进入反馈训练阶段，不断更新初始模型，并根据决策值阈值提高初始模型的适用性。

其中，所述终端设备包括：在线反馈模块，

对每次采集的脑电数据进行脑电的特征提取与分类识别；

若检测到使用者运动想象特征对应的决策值大于决策值阈值，则输出目标指令反馈结果；反之，若未检测到使用者的想象动作，则不触发反馈。

15 其中，所述反馈界面为游戏反馈界面。

本发明提供的技术方案的有益效果是：

1、本发明设计了基于运动想象脑-机接口技术下的反馈控制系统，利用视觉反馈的形式，能够动态、在线地实现使用者运动想象过程的可视化，克服了传统 MI-BCI 系统单向控制缺陷，可更好引导使用者的运动想象方式，更接近实际应用，有望为新型 MI-BCI 系统设计提供关键技术保障，也为脑-机接口尽快步入大范围应用阶段奠定基础。

2、本发明与传统 MI-BCI 系统相比，更符合正常思维行动控制过程和接近实际交互应用，有望为新型 MI-BCI 提供关键技术保障。

3、该项发明可以用于残疾人康复、电子娱乐、工业控制、航天工程等领域，进一步研究可以得到完善的脑-机接口系统，有望获得可观的社会效益和经济效益。

25

附图说明

图 1 (a) 为系统设计框图；

图 1 (b) 为脑电采集导联分布图；

图 2 为系统在线实验过程图；

30 图 3 为在线数据处理流程图；

图 4 为线性可分的分离超平面示意图。

具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面对本发明实施方式作进一步地详细描述。

基于背景技术中存在的缺点，设计一种同时面向 MI-BCI 系统调节和使用者自适应想象模式的反馈控制方式，在指令输出端口与使用者之间建立一条反馈通路，令运动想象过程变得可视化，更好地引导其进行意念控制，达到“身随意动，思行合一”的运动想象系统体验效果，对于 MI-BCI 系统的实用化研究具有重大的意义。

正常人在实际肢体动作或者想象动作，引起皮层运动中枢中大量神经元活动状态的改变，从而使得脑电信号中的某些频率成分同步减弱或者增强，该信号特征被称为事件相关去同步/同步（event-related (de)synchronization, ERD/ERS）。ERD/ERS 是出现在感觉运动皮层特定频带的信号，主要集中在 alpha 节律（8~13Hz）和 beta 节律（14~30Hz）。通过使用运动想象诱发的脑电信号，ERD/ERS 能够直接反映使用者的主观运动意识，且想象动作符合大脑正常思维活动的状态，该类 BCI 不易让使用者感到疲劳。

实施例 1

本发明实施例提供了一种基于运动想象脑-机接口的反馈系统，系统用于设计用户运动想象反馈的在线实验，搭建好实验所需的脑电信号采集装置，然后采集操作者脑电信号数据，将其存储后再进行一定的预处理、特征提取、分类识别，参见图 1（a），该反馈系统包括：反馈模块 1、脑电采集器 2、无线传输模块 3 及终端设备 4。

反馈模块 1，用于编写反馈界面。

具体实现时，该反馈界面可以在 Matlab 平台下编写设计，可进行目标任务、想象次数、等参数的设置。本发明实施例对参数的设置不做限制，可以根据实际应用中的需要进行设定。

脑电采集器 2，用于采集与运动相关导联的脑电信号。

即，使用者安静地坐于距屏幕约 1m（具体的取值根据实际应用中的环境进行设定，本发明实施例对此不做限制）的靠椅上，注视反馈界面，进行运动想象（想象左手或右手抬起）。在此过程中使用者的脑电会产生相应的变化：脑电信号在大脑皮层产生，由头皮电极探测后经过脑电采集器 2 放大、滤波后通过无线传输模块 3 传输至终端设备 4。

无线传输模块 3，用于将脑电信号传输至终端设备 1。

终端设备 4，用于对脑电信号进行数据处理提取运动想象特征信号，该运动想象特征信号用于模式识别形成视觉反馈，构成一个闭环控制系统。

即，终端设备 4 对运动想象特征信号进行解码，输出目标指令反馈结果至虚拟串口，
5 控制反馈界面，进而形成了相应的视觉反馈，引导使用者利用更优的想象方式实现更好的控制，从而构成一个闭环控制系统。

综上所述，本发明实施例通过上述的设备、模块将 MI-BCI 系统指令输出及意念控制过程变得可视化，提高了用户体验。

10 实施例 2

下面结合具体的例子、附图对实施例 1 中的方案进行详细的描述，详见下文：

脑电采集器 2 采集与运动相关导联（共 14 通道，即 AF3、AF4、F3、F4、F7、F8、FC5、FC6、T7、T8、P7、P8、O1、O2，参见图 1（b））的脑电信号。

终端设备 4 又包括初始反馈模块和在线反馈模块，其中，初始反馈模块具体的实验过
15 程如图 2 所示：

1）在没有初始模型的情形下采集实时脑电，使用者首先静息 30s，并根据后 20s 数据 ERD 能量值生成初始判定阈值；

2）进入 20s 的 MI 反馈界面训练，达到初始判定阈值则输出目标指令反馈结果，否则不触发目标指令反馈；

20 即，通过该步骤的操作反馈系统形成了一次视觉反馈。

3）经过两轮上述过程，利用积累的数据建立共空间模式+支持向量机（CSP+SVM）模型，作为初始模型，并形成更可信的决策值阈值判定标准；

此时可以将共空间模式+支持向量机模型作为再次实验的初始模型。

4）使用者同样静息 30s，进入 20s 反馈训练阶段，利用新数据不断更新初始模型，并
25 且根据决策值阈值来量化，进一步提高初始模型的适用性。

即，通过该步骤的操作反馈系统又形成了视觉反馈。

在以具有普适性的基础模型或基于个体在之前的训练中得到的模型下，CSP+SVM 模型正确率虽然不高但仍能满足基础控制要求，随着后期数据积累，在线实时进行数据和初始模型的自适应更新，从而提高正确率。其优点为在保证在线更新建模的正确率的前提下能够减少训练时间，提高训练效率。
30

进一步，在线反馈模块采用的在线数据处理流程如图 3 所示：

1) 在线实验过程中，使用者面前的计算机会显示反馈控制界面，并提示使用者进行动作想象；

2) 从第一次采集到 2s 的数据开始，以 1s 的时间滑动窗每次采集当前 2s 的脑电数据
5 进行脑电的特征提取与分类识别；

其中，具体的时间取值根据实际应用中的需要进行设定，本发明实施例仅以上述数据为例进行说明，但不做具体的限制。

3) 若检测到使用者运动想象特征对应的 SVM 决策值大于决策值阈值，则输出目标指令反馈结果；反之，若未检测到使用者的想象动作，则不触发反馈。

10 综上所述，本发明实施例通过上述的设备、模块将 MI-BCI 系统指令输出及意念控制过程变得可视化，提高了用户体验。

实施例 3

下面结合具体的例子、计算公式对实施例 1、2 中的方案进行详细的描述，详见下文：

15 1、ERD 能量特征计算

对于运动想象 ERD/ERS 信号的处理通常使用功率谱时频分析，短时傅里叶分析是目前常用的时频分析方法之一，它假设脑电信号具有一定程度的短时平稳性，也即是在一个有限的时间窗内信号的频谱分布式不变的。在实施例 2 中无初始模型情况下，利用短时傅里叶变换对运动想象脑电进行处理，得到 ERD 能量值的实时变化情况，与初始判定阈值
20 相比较决定是否触发目标指令。

2、二分类共空间模式和支持向量机

当实施例 2 中的数据累积到达一定的数量要求时，便可以利用基于已有数据建立系统校准模型的方式对后面的反馈过程进行更有效可信的指令控制，即 CSP+SVM 建模。

共空间模式(Common Spatial Pattern, CSP)最初是一种对于二分类数据进行多导联空间
25 滤波的技术。CSP 首先应用于脑电信号异常检测，后来应用于区分运动相关的脑电模式。CSP 算法的目的是设计空间滤波器，原始脑电信号在滤波处理之后产生新的时间序列，使其方差能够最优区分与想象动作相关的两类脑电信号。

设计与某个特定任务相关的空间滤波器，从而提取出与特定任务相关的信号源分量，剔除无关的分量和噪声等。该空间滤波器能够最大化两类信号的差异，在最大化一类状态
30 方差的同时最小化另一类状态的方差。

$$X_{CSP} = W^T * X \quad (1)$$

式中, X_{CSP} 为原始脑电信号, X 经过滤波之后得到的信号, W 为所求滤波器矩阵, 经过大量数据递归训练可以得到最优的滤波器矩阵 W , 进而建立一种空间滤波模式。之后便可以利用所求滤波器矩阵将原始脑电数据进行同样处理, 提取出滤波后信号作为支持向量机的输入。

针对运动想象训练样本数较少的特点, 选用支持向量机 (Support Vector Machine, SVM) 作为分类工具。支持向量机是近年来在模式识别与机器学习领域中出现的新工具, 以统计学习理论为基础, 有效地避免经典学习方法中过学习、维数灾难、局部极小等传统分类存在的问题, 在小样本条件下仍然具有良好的泛化能力。它通过构造最优超平面, 使得对未知样本的分类误差最小。基本算法原理如下:

首先从线性可分问题的角度出发来理解支持向量机。可由图 4 所示的例子加以说明, 两类待分样本分别使用黑点和圆圈表示, 从图 4 中可以发现, 分类面可以有很多, 但是能够使得两类样本分类间隔最大的分类面只有一个。图 4 中较粗的那一条线就是具有最大分类间隔的分类面, 称为最优分类面。最优分类面最小化了结构风险, 且具有更优的推广能力, 支持向量机目的就是寻找使得两类样本分类间隔最大的最优分类面。

同样在足够数据样本的训练校准后便可以得到这样一个分类面, 也就是用于后面分类识别的系统模型 (model), 在不断有数据积累的条件下, 该模型也可以有条件的更新, 即为模型更新过程。

模式识别的过程如下: 将已有原始脑电数据经过 CSP 空间滤波, 并将滤波后数据样本送入 SVM 分类器进行模型训练, 训练后得到一个 CSP+SVM 的 model, 然后再利用这个 model 来对未知模式类型的想象动作进行分类, 得到的结果 (即决策值) 即为未知模式想象动作的模式识别结果, 与决策值阈值相比较决定是否触发目标反馈指令。

3、视觉反馈环节

当输出运动想象的 ERD 能量值或决策值大于设定阈值时, 则触发目标反馈。每次反馈结束会进行系统评分, 评估使用者对系统控制的质量。

本发明设计了一种基于运动想象脑-机接口的反馈控制方法, 不仅可判断使用者“想象”或者“静息”两种状态, 而且针对使用者参与程度引入视觉反馈, 进而量化使用者对系统反馈控制的难度, 提高使用者的参与度, 贴近实际应用。可以用于残疾人康复、电子娱乐、工业控制、航天工程等领域, 进一步研究可以得到完善的脑-机接口系统, 有望获得可观的社会效益和经济效益。

实施例 4

本方法以反馈游戏界面控制为例说明，该反馈界面可以在 Matlab 平台下编写设计，可进行目标任务、想象次数、游戏难度等参数的设置。

- 5 本发明实施例对参数的设置不做限制，可以根据实际应用中的需要进行设定。最终反馈界面将根据使用者目标想象动作任务的成功触发情况给出评分。

具体的在线实验过程如图 2 所示：

1) 在没有初始模型的情形下采集实时脑电，使用者首先静息 30s，并根据后 20s 数据 ERD 能量值生成初始判定阈值；

- 10 2) 进入 20s 的 MI 游戏反馈界面训练，达到初始判定阈值则输出目标指令反馈结果（小球向目标区域一侧移动一次），否则不触发目标指令反馈（小球只做径向下落运动）。

即，通过该步骤的操作游戏反馈系统形成了一次视觉反馈。

3) 经过两轮上述过程，利用积累的数据建立共空间模式+支持向量机（CSP+SVM）模型，作为初始模型，并形成更可信的决策值阈值判定标准；

- 15 此时可以将共空间模式+支持向量机模型作为再次实验的初始模型。

4) 使用者同样静息 30s，进入 20s 反馈训练阶段，利用新数据不断更新初始模型，并且根据决策值阈值来量化游戏难度，更具人性化，进一步提高初始模型的适用性。

即，通过该步骤的操作游戏反馈系统又形成了视觉反馈。

进一步采用的在线数据处理流程如图 3 所示：

- 20 1) 在线实验过程中，使用者面前的计算机会显示游戏反馈控制界面，并提示使用者进行动作想象；

2) 从第一次采集到 2s 的数据开始，以 1s 的时间滑动窗每次采集当前 2s 的脑电数据进行脑电的特征提取与分类识别；

- 25 其中，具体的时间取值根据实际应用中的需要进行设定，本发明实施例仅以上述数据为例进行说明，但不做具体的限制。

3) 若检测到使用者运动想象特征对应的 SVM 决策值（decision value）大于决策值阈值，则触发游戏反馈界面指令（小球向目标区域一侧运动一次）；反之，若未检测到使用者的想象动作，则不触发目标反馈（小球只做径向下落运动）。

- 30 以游戏反馈界面控制为例说明，反馈控制对象即为运动想象过程中移动的小球，形成视觉反馈。当输出运动想象的 ERD 能量值或决策值大于设定阈值时，则触发目标反馈，

小球径向下落的同时向底部目标区域横向运动一次，否则只做径向下落运动。每次反馈游戏结束会根据游戏难度及目标反馈触发次数进行系统评分，评估使用者对系统控制的质量。当然也可以根据不同使用者具体情况设置理想的游戏难度及次数，提高用户体验。

综上所述，本发明实施例通过上述的设备、模块将 MI-BCI 系统指令输出及意念控制
5 过程变得可视化，提高了用户体验。

本发明实施例对各器件的型号除做特殊说明的以外，其他器件的型号不做限制，只要能完成上述功能的器件均可。

本领域技术人员可以理解附图只是一个优选实施例的示意图，上述本发明实施例序号
10 仅仅为了描述，不代表实施例的优劣。

以上所述仅为本发明的较佳实施例，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权利要求

1、一种基于运动想象脑-机接口的反馈系统，所述反馈系统包括：反馈模块、脑电采集器、无线传输模块及终端设备；其特征在于，

所述反馈模块，用于编写反馈界面；

5 所述脑电采集器，用于采集与运动相关导联的脑电信号；所述脑电信号由头皮电极探测后经过脑电采集器放大、滤波后通过所述无线传输模块传输至所述终端设备；

所述终端设备，用于对脑电信号进行数据处理提取运动想象特征信号，运动想象特征信号用于模式识别后形成视觉反馈，控制反馈界面，构成一个闭环控制系统。

10 2、根据权利要求 1 所述的一种基于运动想象脑-机接口的反馈系统，其特征在于，所述终端设备包括：初始反馈模块，

达到初始判定阈值，则输出目标指令反馈结果，否则不触发目标指令反馈；

经利用积累的数据建立共空间模式加支持向量机模型，作为初始模型，并获取决策值阈值；

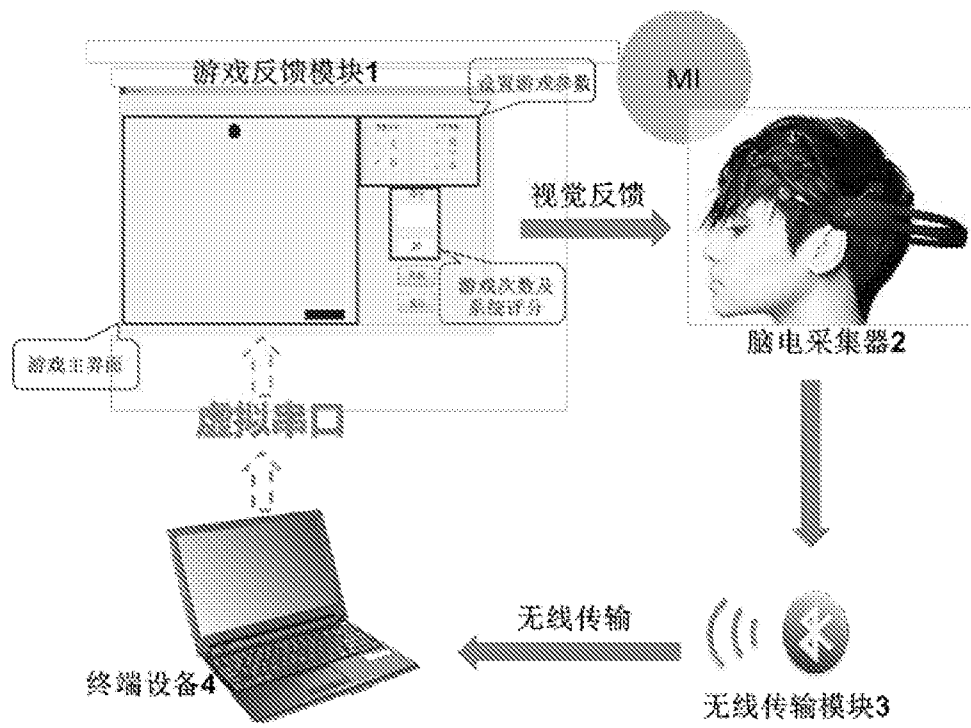
15 使用者进入反馈训练阶段，不断更新初始模型，并根据决策值阈值提高初始模型的适用性。

3、根据权利要求 2 所述的一种基于运动想象脑-机接口的反馈系统，其特征在于，所述终端设备包括：在线反馈模块，

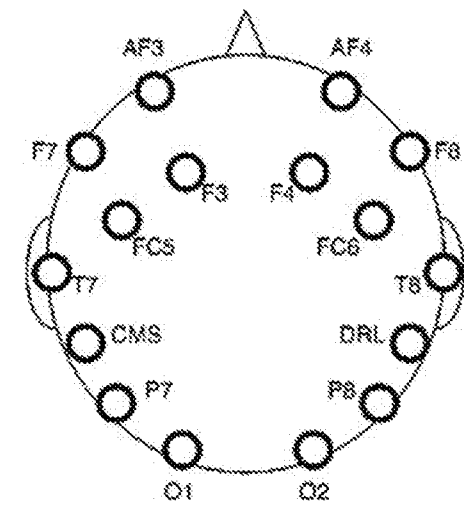
20 对每次采集的脑电数据进行脑电的特征提取与分类识别；

若检测到使用者运动想象特征对应的决策值大于决策值阈值，则输出目标指令反馈结果；反之，若未检测到使用者的想象动作，则不触发反馈。

4、根据权利要求 1 所述的一种基于运动想象脑-机接口的反馈系统，其特征在于，所
25 述反馈界面为游戏反馈界面。



(a)



(b)

图 1

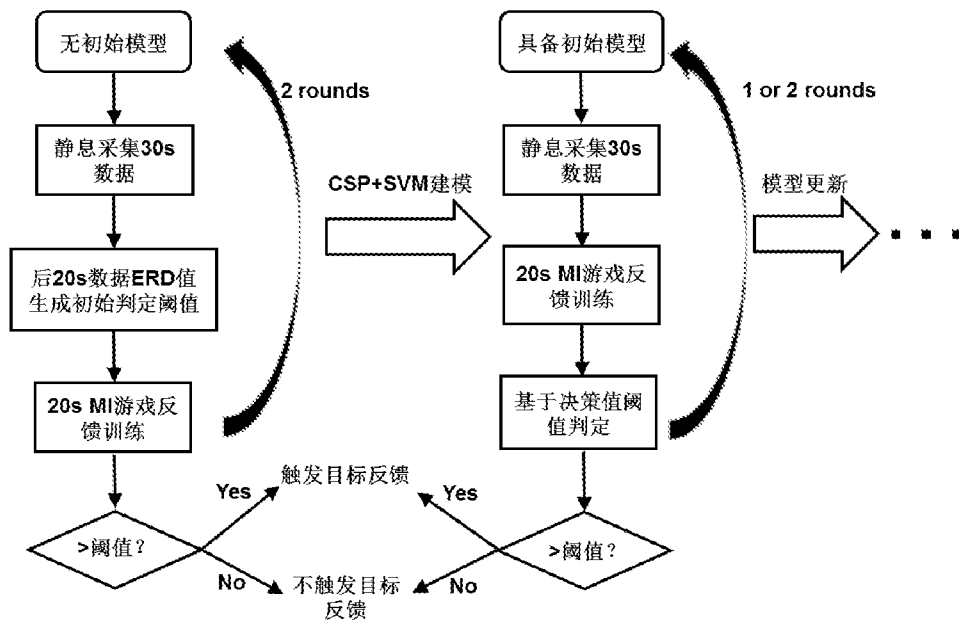


图 2

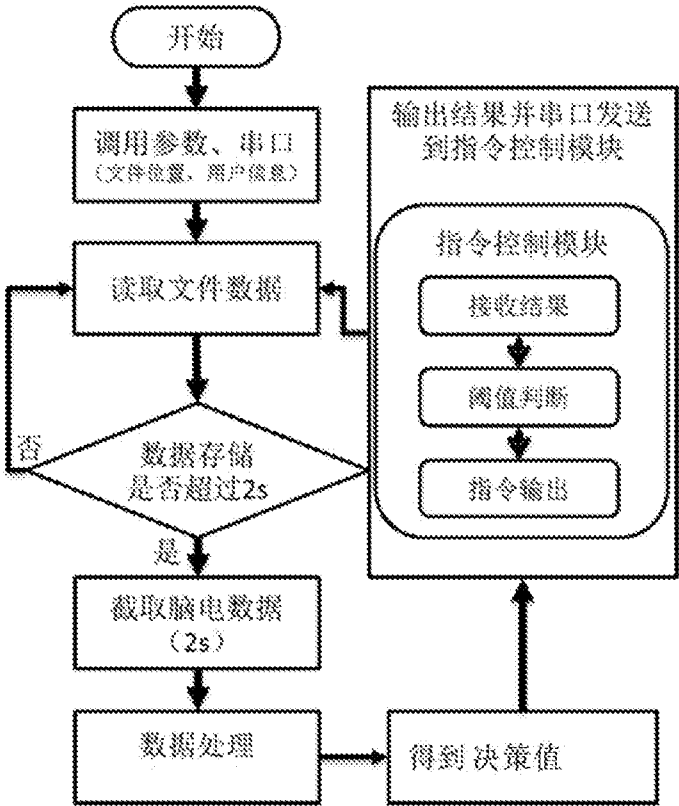


图 3

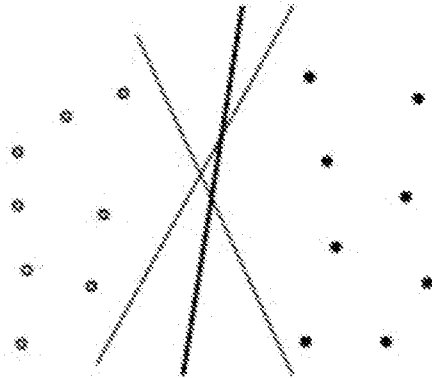


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/098167

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 3/01 (2006.01) i; G06K 9/62 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F; G06K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: motor imagery, imaginary movement, brain-computer, common space, support vector machine, closed loop; motor, imagery, MI, brain, computer, machine, interface, BCI, common, spatial, pattern, SVM, threshold, feedback, close, loop

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 102866775 A (TONGJI UNIVERSITY), 09 January 2013 (09.01.2013), description, paragraphs [0057]-[0071] and [0106], and figures 1-4	1-4
X	CN 103300852 A (XIDIAN UNIVERSITY), 18 September 2013 (18.09.2013), description, paragraphs [0049]-[0114], and figure 1	1-4
PX	CN 105468143 A (TIANJIN UNIVERSITY), 06 April 2016 (06.04.2016), claims 1-4	1-4
A	CN 102629156 A (SHANGHAI UNIVERSITY), 08 August 2012 (08.08.2012), the whole document	1-4
A	US 2011028827 A1 (SITARAM, R. et al.), 03 February 2011 (03.02.2011), the whole document	1-4
A	CN 101923392 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY), 22 December 2010 (22.12.2010), the whole document	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 23 November 2016 (23.11.2016)	Date of mailing of the international search report 12 December 2016 (12.12.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer LI, Xinrui Telephone No.: (86-10) 53318346

International application No.
PCT/CN2016/098167

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

A. 主题的分类 G06F 3/01 (2006.01)i; G06K 9/62 (2006.01)i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																							
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) G06F; G06K 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) WPI, EPDOC, CNPAT, CNKI: 运动想象, 想象动作, 脑机, 共空间, 支持向量机, 阈值, 反馈, 闭环; motor, imagery, MI, brain, computer, machine, interface, BCI, common, spatial, pattern, SVM, threshold, feedback, close, loop																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 102866775 A (同济大学) 2013年 1月 9日 (2013 - 01 - 09) 说明书第[0057]-[0071], [0106]段, 图1-4</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 103300852 A (西安电子科技大学) 2013年 9月 18日 (2013 - 09 - 18) 说明书第[0049]-[0114]段, 图1</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 105468143 A (天津大学) 2016年 4月 6日 (2016 - 04 - 06) 权利要求1-4</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102629156 A (上海大学) 2012年 8月 8日 (2012 - 08 - 08) 全文</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2011028827 A1 (SITARAM, RANGANATHA等) 2011年 2月 3日 (2011 - 02 - 03) 全文</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101923392 A (上海交通大学) 2010年 12月 22日 (2010 - 12 - 22) 全文</td> <td>1-4</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 102866775 A (同济大学) 2013年 1月 9日 (2013 - 01 - 09) 说明书第[0057]-[0071], [0106]段, 图1-4	1-4	X	CN 103300852 A (西安电子科技大学) 2013年 9月 18日 (2013 - 09 - 18) 说明书第[0049]-[0114]段, 图1	1-4	PX	CN 105468143 A (天津大学) 2016年 4月 6日 (2016 - 04 - 06) 权利要求1-4	1-4	A	CN 102629156 A (上海大学) 2012年 8月 8日 (2012 - 08 - 08) 全文	1-4	A	US 2011028827 A1 (SITARAM, RANGANATHA等) 2011年 2月 3日 (2011 - 02 - 03) 全文	1-4	A	CN 101923392 A (上海交通大学) 2010年 12月 22日 (2010 - 12 - 22) 全文	1-4
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
X	CN 102866775 A (同济大学) 2013年 1月 9日 (2013 - 01 - 09) 说明书第[0057]-[0071], [0106]段, 图1-4	1-4																					
X	CN 103300852 A (西安电子科技大学) 2013年 9月 18日 (2013 - 09 - 18) 说明书第[0049]-[0114]段, 图1	1-4																					
PX	CN 105468143 A (天津大学) 2016年 4月 6日 (2016 - 04 - 06) 权利要求1-4	1-4																					
A	CN 102629156 A (上海大学) 2012年 8月 8日 (2012 - 08 - 08) 全文	1-4																					
A	US 2011028827 A1 (SITARAM, RANGANATHA等) 2011年 2月 3日 (2011 - 02 - 03) 全文	1-4																					
A	CN 101923392 A (上海交通大学) 2010年 12月 22日 (2010 - 12 - 22) 全文	1-4																					
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																							
国际检索实际完成的日期 2016年 11月 23日		国际检索报告邮寄日期 2016年 12月 12日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 李新瑞 电话号码 (86-10)53318346																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/098167

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	102866775	A	2013年 1月 9日	无	
CN	103300852	A	2013年 9月 18日	无	
CN	105468143	A	2016年 4月 6日	无	
CN	102629156	A	2012年 8月 8日	无	
US	2011028827	A1	2011年 2月 3日	无	
CN	101923392	A	2010年 12月 22日	无	