



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108523883 A

(43)申请公布日 2018.09.14

(21)申请号 201810225095.5

(22)申请日 2018.03.19

(71)申请人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路92号

(72)发明人 张力新 张珊珊 明东 王坤

陈龙 王仲朋 许敏鹏 何峰

(74)专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代

理事务所 12201

代理人 李林娟

(51)Int.Cl.

A61B 5/0476(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

G06K 9/62(2006.01)

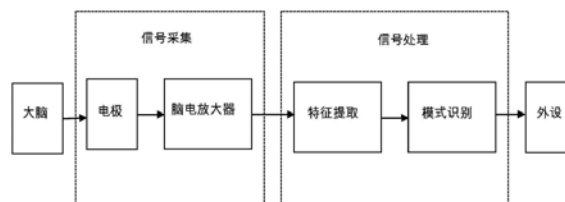
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种基于实际动作建模的左右食指连续运动想象识别系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于实际动作建模的左右食指连续运动想象识别系统,包括:左右食指连续按键动作,使用者根据电脑屏幕显示的左或右箭头,自主执行左手或右手的食指连续按键动作;采集使用者在执行动作时产生的脑电信号数据,读取脑电信号并对数据进行处理分析,得到分类结果;利用能得到较高分类正确率的特征建立分类模型用于识别连续想象按键动作,以评价使用者运动想象的方法和能力;为运动想象任务提供了训练方法和评价标准。本发明通过真实动作建立的运动意图识别模型对想象动作的分类性能进行观测,通过进一步的研究,可以得到更加完善的脑-机接口系统,有望获得可观的社会效益和经济效益。



1. 一种基于实际动作建模的左右食指连续运动想象识别系统,其特征在于,
左右食指连续按键动作,使用者根据电脑屏幕显示的左或右箭头,自主执行左手或右手的食指连续按键动作;

采集使用者在执行动作时产生的脑电信号数据,读取脑电信号并对数据进行处理分析,得到分类结果;

利用能得到较高分类正确率的特征建立分类模型用于识别连续想象按键动作,以评价使用者运动想象的方法和能力;为运动想象任务提供了训练方法和评价标准。

2. 根据权利要求1所述的一种基于实际动作建模的左右食指连续运动想象识别系统,其特征在于,所述运动想象识别系统包括:执行动作建模阶段:

受试者需要注视电脑屏幕,首先有2s的休息时间,然后根据屏幕出现的箭头提示根据自己的意愿在任意时间进行左或右手食指的连续按键动作,每个按键间隔1s,完成4次按键动作后休息2s;采集的400个样本经过信号处理用于建立想象动作分类的模型。

3. 根据权利要求1所述的一种基于实际动作建模的左右食指连续运动想象识别系统,其特征在于,所述运动想象识别系统还包括:想象动作测试阶段:

受试者同样需要注视电脑屏幕,然后根据屏幕出现的箭头提示进行想象左或右手食指的连续按键动作,范式与执行动作相同;采集的脑电信号通过之前建立的模式识别模型进行信号处理分类。

一种基于实际动作建模的左右食指连续运动想象识别系统

技术领域

[0001] 本发明涉及运动想象识别领域,尤其涉及一种基于实际动作建模的左右食指连续运动想象识别系统。

背景技术

[0002] 脑-机接口(Brain-Computer Interface,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,实现由人脑直接控制外界环境的目的。该定义由第一次脑-机接口国际会议给出。BCI系统能够通过判断大脑的活动模式来输出用户的指令意识。到目前为止,最常用的BCI系统大都是基于脑电信号。图1为一个完整的BCI系统示意图,由信号采集、信号处理、外部输出设备三部分组成。通过头皮电极或植入电极获得含有使用者控制意图的脑电信息,经过各种信号处理的手段提取脑电信息特征并进行模式识别,最后将之转化为控制外部设备的操作命令。

[0003] 研究表明MI(Motor imagery)和ME(Motor execution)能够激活相似的神经网络。MI是一种运动意图,可将其视为运动行为的心理认知过程,但没有任何实际动作的输出。一种普遍接受的观点是MI与运动规划/准备涉及相似的大脑区域/功能,运动的想象和执行能够在脑部功能区域引起相似的皮层活动。实际肢体动作或者想象动作均可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(例如alpha波、beta波和mu节律)同步减弱或者增强。上述现象被称之为事件相关去同步(Event-Related Desynchronization,ERD)以及事件相关同步(Event-Related Synchronization,ERS)。近年来有关想象动作的应用技术研究有显著进展,想象动作已应用于人机交互领域,成为了BCI控制的重要范式。相对于其它BCI范式,基于想象动作的脑-机接口可用于中风康复训练,促进偏瘫患者大脑损伤脑区的修复和运动能力的重建。

[0004] 值得注意的是,近年来,虽然已经有了一些成功的MI-BCI系统,实现了由想象运动到输出指令的转换。但大多数的MI系统都是通过采集想象动作时的脑电数据,进行特征提取和模式识别,只要两类或多类想象运动任务之间存在差异就能得到较好的分类效果。但是,使用者的运动想象是否正确我们无法判断和评价。MI与真实动作的动作规划/准备涉及相似的大脑区域/功能,因此可以利用真实动作执行过程中的脑电数据的特征建立运动意图识别模型来对想象运动进行观测评价,并起到指导作用。

发明内容

[0005] 本发明提供了一种基于实际动作建模的左右食指连续运动想象识别系统,本发明根据真实连续按键运动的脑电数据提取特征建立模型来识别想象连续按键运动,详见下文描述:

[0006] 一种基于实际动作建模的左右食指连续运动想象识别系统,

[0007] 左右食指连续按键动作,使用者根据电脑屏幕显示的左或右箭头,自主执行左手或右手的食指连续按键动作;

[0008] 采集使用者在执行动作时产生的脑电信号数据,读取脑电信号并对数据进行处理分析,得到分类结果;

[0009] 利用能得到较高分类正确率的特征建立分类模型用于识别连续想象按键动作,以评价使用者运动想象的方法和能力;为运动想象任务提供了训练方法和评价标准。

[0010] 所述运动想象识别系统包括:执行动作建模阶段:

[0011] 受试者需要注视电脑屏幕,首先有2s的休息时间,然后根据屏幕出现的箭头提示根据自己的意愿在任意时间进行左或右手食指的连续按键动作,每个按键间隔1s,完成4次按键动作后休息2s;采集的400个样本经过信号处理用于建立想象动作分类的模型。

[0012] 所述运动想象识别系统包括:想象动作测试阶段:

[0013] 受试者同样需要注视电脑屏幕,然后根据屏幕出现的箭头提示进行想象左或右手食指的连续按键动作,范式与执行动作相同;采集的脑电信号通过之前建立的模式识别模型进行信号处理分类。

[0014] 本发明提供的技术方案的有益效果是:

[0015] 1、本发明根据MI和ME能够激活相似的神经网络,可以通过真实动作建立的运动意图识别模型对想象动作的分类性能进行观测,以评价使用者运动想象的方法和能力;为运动想象任务提供了训练方法和评价标准;

[0016] 2、本发明解决目前MI-BCI模型建立过程中不能规范化的问题,通过进一步的研究,可以得到更加完善的脑-机接口系统,有望获得可观的社会效益和经济效益;

[0017] 3、本发明与传统的运动想象处理算法相比,更注重使用者运动想象任务的准确度和完成度;

[0018] 4、基于这种设计思路,本发明可以设计更多的实验范式,为MI-BCI系统大指令集操作奠定基础。

附图说明

[0019] 图1为脑机接口组成示意图;

[0020] 图2为一种基于实际动作建模的左右食指连续运动想象识别系统的结构示意图;

[0021] 图3为单个试次结构图。

具体实施方式

[0022] 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。

[0023] 实施例1

[0024] 想象动作指大脑仅有动作意图但不执行实际肢体动作,其心理或思维认知过程所激活脑区的神经元集群放电活动与执行真实动作时所产生的脑电(Electroencephalograph, EEG)信息特征有着高度的相似性。因此本发明实施例通过采集执行真实动作时产生的脑电信号数据,提取特征,建立运动意图识别模型,用于想象动作的分类识别。

[0025] 其技术流程是:本发明实施例设计一种新的实验动作范式,即左右食指连续按键动作。使用者根据电脑屏幕显示的左或右箭头,自主执行左手或右手的食指连续按键动作,

采集使用者在执行动作时产生的脑电信号数据,读取脑电信号并对数据进行处理分析,得到分类结果。利用能得到较高分类正确率的特征建立分类模型用于识别连续想象按键动作。

[0026] 本发明实施例的结构示意图如图2所示。使用者注视电脑屏幕的刺激界面,根据屏幕上出现的箭头指向进行左或右食指连续按键动作。与此同时使用64导联脑电采集系统采集脑电信号,使用Ag/AgCl电极(阻抗小于15000欧姆),所有导联的脑电信号以头顶为参考。脑电采样频率为1000Hz,滤波通带为0.5~100Hz,并采用50Hz陷波器去除工频干扰。

[0027] 数据预处理包括降采样至200Hz,去眼电和空间滤波。后续的数据处理提取相应的特征信号,从而将这些特征应用于模式识别,建立一个信号处理及分类模型。

[0028] 之后使用者注视电脑屏幕的刺激界面,根据箭头指向进行左或右手食指的想象按键动作,将采集到的脑电信号进行相同的预处理,并用之前建立好的特征提取和模式识别算法进行处理分析。

[0029] 实验过程前,需要对受试者进行连续按键动作训练,让受试者以1s为间隔进行按键。实验分为两个阶段:执行动作建模阶段,想象动作测试阶段。

[0030] 一、执行动作建模阶段:

[0031] 受试者需要注视电脑屏幕,首先有2s的休息时间,然后根据屏幕出现的箭头提示根据自己的意愿在任意时间进行左或右手食指的连续按键动作,每个按键间隔1s,完成4次按键动作后休息2s。采集的400个样本经过信号处理用于建立想象动作分类的模型。

[0032] 二、想象动作测试阶段:

[0033] 受试者同样需要注视电脑屏幕,然后根据屏幕出现的箭头提示进行想象左或右手食指的连续按键动作,范式与执行动作相同。采集的脑电信号通过之前建立的模式识别模型进行信号处理分类。

[0034] 实施例2

[0035] 下面结合具体的计算公式、实例对实施例1中的方案进行进一步地介绍,详见下文描述:

[0036] 一、脑电数据的特征提取

[0037] 预处理中,首先采用共平均参考(Common average reference, CAR)进行空间滤波。CAR方法是将原始EEG信号减去所有导联EEG信号的均值,如下式所示:

$$[0038] \quad V_i^{CAR} = V_i - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_j \quad (1)$$

[0039] 其中,n表示所使用的导联总数, V_i 表示第i个导联处的原始EEG信号, V_i^{CAR} 表示CAR滤波之后第i个导联处的EEG信号。

[0040] 二、共空间模式滤波

[0041] 共空间模式滤波(common spatial pattern, CSP)算法可构建空间滤波器,其最大化一类条件下数据相对于另一类条件下数据间差异的比率,通过这种方式,空间滤波器可以提取出EEG的成分波,这些成分在两种条件下差异最大。这种空间滤波器适用于BCI实现运动想象任务,其中被试者的意图可以在EEG成分波差异中从特定频段变化中推出。在基于运动想象的非植入式BCI系统中,利用CSP构建的新时间序列,取得了很好的分类结果。

[0042] 将单次任务实验的脑电数据表示为一个 $N \times T$ 维的矩阵E,其中N是脑电测量时的通

道数, T 是脑电采集时每个通道的采样点数, 则归一化的脑电数据协方差矩阵可以表示为:

$$[0043] \quad C = \frac{EE^t}{trEE^t} \quad (2)$$

[0044] 分别使用 C_l 和 C_r 代表想象左和右两种情况下的空间协方差矩阵, 它们可以通过计算每种实验的平均协方差矩阵来获得。合成的空间协方差矩阵可以表示为:

$$[0045] \quad C_c = C_l + C_r \quad (3)$$

[0046] 而 C_c 可以表示成 $C_c = U_c \lambda_c U_c^t$, 其中 U_c 是矩阵的特征向量, λ_c 是相应的特征值, 在这一变化过程中, 将特征值按照降序进行了排列, 其相应的特征向量也重新进行了排列。接下来应用主成分分析法, 求出白化变换:

$$[0047] \quad P = \sqrt{\lambda_c^{-1}} U_c^t \quad (4)$$

[0048] 则协方差矩阵 C_l 和 C_r 可以变换为:

$$[0049] \quad S_l = PC_l P^t, S_r = PC_r P^t \quad (5)$$

[0050] 其中, S_l 与 S_r 拥有共同的特征向量, 即如果 $S_l = B \lambda_l B^t$, 则 $S_r = B \lambda_r B^t$, 并且 $\lambda_l + \lambda_r = I$, 其中 B 为 S_l 与 S_r 的共同特征向量, I 为单位阵。由于两类矩阵的特征值相加总是为 1, 则 S_l 的最大特征值所对应的特征向量使 S_r 有最小的特征值, 反之亦然。

[0051] 将白化后的 EEG 信号投影在特征向量 B 的前 m 和后 m 列特征向量上, 就能够得出最佳的分类特征。投影矩阵 $W = B^t P$, 则单次任务实验的脑电数据 E 可以变换为 $Z = WE$ 。

[0052] 对于脑电特征的提取, 可以将投影后的信号 Z_p ($p=1, \dots, 2m$) 做如下变化后作为特征值。

$$[0053] \quad f_p = \lg \left(\frac{\text{var}(Z_p)}{\sum_{i=1}^{2m} \text{var}(Z_i)} \right) \quad (6)$$

[0054] 三、模式识别-支持向量机

[0055] 在模式识别的过程中使用的是支持向量机 (Support vector machines, SVM) 的方法。SVM 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, 通过构造最优超平面, 使得对未知样本的分类误差最小。在本发明中, 执行动作阶段的脑电数据经过了特征提取阶段之后, 我们将这些从样本中提取到的特征用来训练 SVM 分类器, 训练后得到一个 model; 在想象动作测试阶段, 利用建立好的 model 实时对于未知模式类型的运动想象进行分类。

[0056] SVM 是基于统计学习理论的一种机器学习方法, 它通过适当的非线性映射将输入向量映射到一个高维的特征空间, 使得数据 (属于两类) 总能被一个超平面分割。所谓最优分类面就是要求分类面不但能将两类数据正确分开, 而且使分类间隔最大。

[0057] 综上所述, 本发明实施例设计了基于实际动作建模的左右食指连续运动想象识别系统。该项发明能够指导使用者正确学习运动想象方法并评价其运动想象能力。通过进一步研究可以得到更大指令集的 MI-BCI 系统, 在电子娱乐、工业控制等领域, 有望获得可观的社会效益和经济效益。

[0058] 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。

[0059] 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仅仅为了描述,不代表实施例的优劣。

[0060] 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。

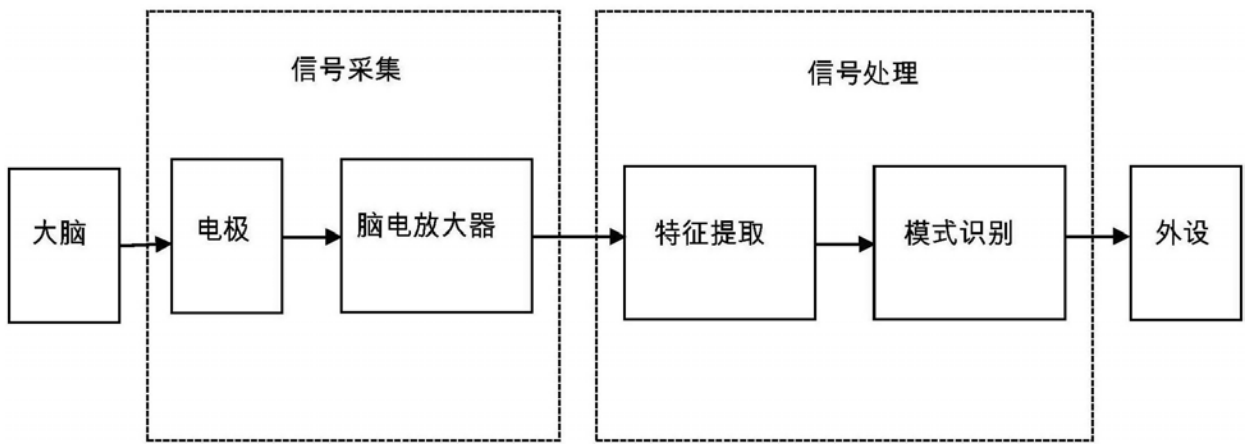


图1

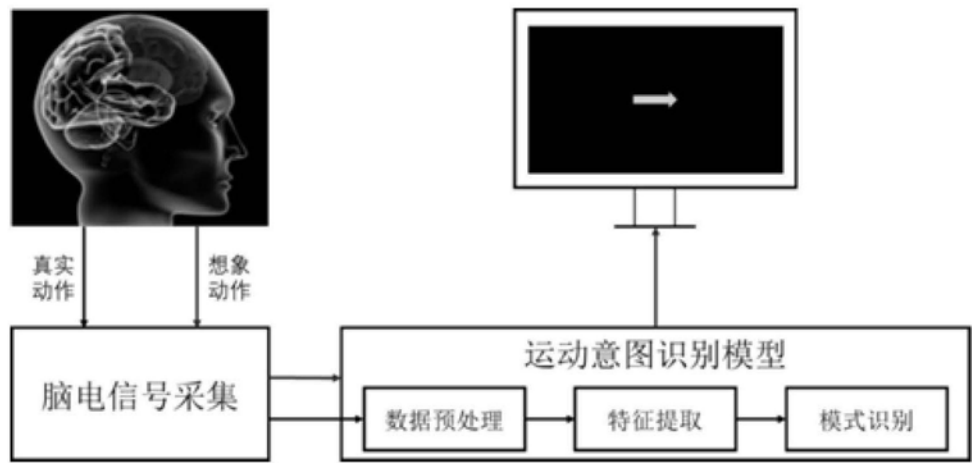


图2

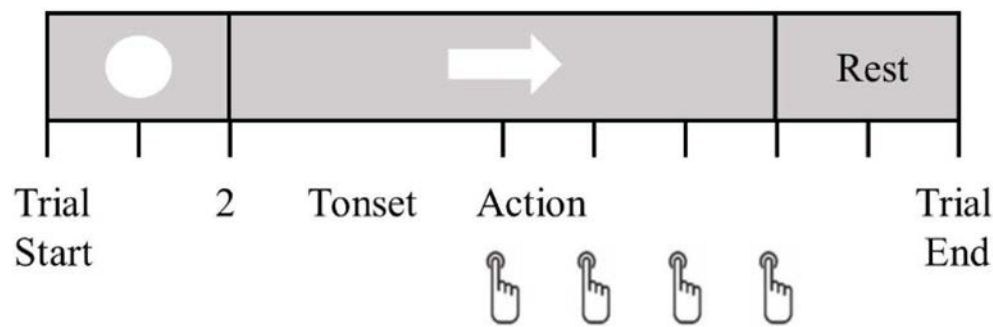


图3

专利名称(译)	一种基于实际动作建模的左右食指连续运动想象识别系统		
公开(公告)号	CN108523883A	公开(公告)日	2018-09-14
申请号	CN201810225095.5	申请日	2018-03-19
[标]申请(专利权)人(译)	天津大学		
申请(专利权)人(译)	天津大学		
当前申请(专利权)人(译)	天津大学		
[标]发明人	张力新 张珊珊 明东 王坤 陈龙 王仲朋 许敏鹏 何峰		
发明人	张力新 张珊珊 明东 王坤 陈龙 王仲朋 许敏鹏 何峰		
IPC分类号	A61B5/0476 A61B5/00 G06K9/62		
CPC分类号	A61B5/0476 A61B5/725 A61B5/7267 G06K9/6269		
代理人(译)	李林娟		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种基于实际动作建模的左右食指连续运动想象识别系统，包括：左右食指连续按键动作，使用者根据电脑屏幕显示的左或右箭头，自主执行左手或右手的食指连续按键动作；采集使用者在执行动作时产生的脑电信号数据，读取脑电信号并对数据进行处理分析，得到分类结果；利用能得到较高分类正确率的特征建立分类模型用于识别连续想象按键动作，以评价使用者运动想象的方法和能力；为运动想象任务提供了训练方法和评价标准。本发明通过真实动作建立的运动意图识别模型对想象动作的分类性能进行观测，通过进一步的研究，可以得到更加完善的脑-机接口系统，有望获得可观的社会效益和经济效益。

