



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103169470 A

(43) 申请公布日 2013. 06. 26

(21) 申请号 201310058658. 3

(22) 申请日 2013. 02. 25

(71) 申请人 北京师范大学

地址 100875 北京市海淀区新街口外大街
19 号

(72) 发明人 朱朝喆 刘伟杰 段炼

(74) 专利代理机构 北京汲智翼成知识产权代理
事务所（普通合伙）11381

代理人 陈曦 董烨飞

(51) Int. Cl.

A61B 5/0476 (2006. 01)

A61B 5/055 (2006. 01)

A61B 5/00 (2006. 01)

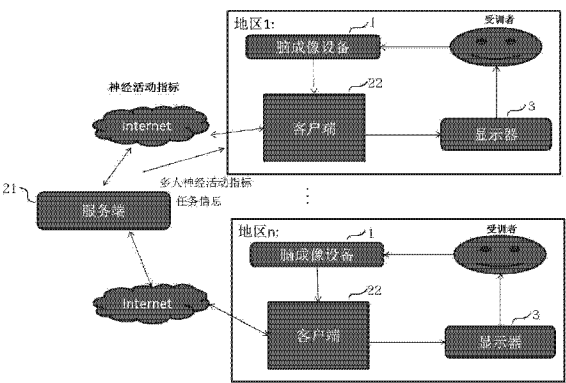
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

群体神经反馈训练方法及群体神经反馈训练系统

(57) 摘要

本发明公开了一种群体神经反馈训练方法及群体神经反馈训练系统。该群体神经反馈训练系统包括至少两台脑成像设备、至少三个中央处理单元和多个显示设备；其中，中央处理单元包括服务端处理单元和至少两个客户端处理单元，脑成像设备的输出端与对应客户端处理单元的输入端连接，客户端处理单元的输出端与对应显示设备的输入端连接，多个客户端处理单元分别与服务端处理单元连接。在该群体神经反馈训练系统中，客户端处理单元，用于获得当地受训者的大脑神经活动指标；服务端处理单元，用于获得群体受训者的大脑神经活动交互性指标。通过将该大脑神经活动交互性指标反馈给受训者，使其自主调节训练策略，可以达到改变该群体认知行为的目的。



1. 一种群体神经反馈训练方法,其特征在于包括如下步骤:

(1) 在多个受训者完成训练任务的同时,采集所述受训者的大脑神经活动数据;

(2) 分析所述步骤(1)中采集到的所述大脑神经活动数据,计算获得当地受训者的大脑神经活动指标;

(3) 分析全部受训者的大脑神经活动指标,并计算获得大脑神经活动交互性指标;

(4) 将所述大脑神经活动交互性指标作为反馈信息呈现给全部受训者;

(5) 受训者根据所述反馈信息调节自身大脑神经活动;

(6) 重复所述步骤(1)至步骤(5),直至所述训练任务结束。

2. 如权利要求1所述的多人神经反馈训练方法,其特征在于:

在所述步骤(3)中,所述大脑神经活动交互性指标是多名受训者的神经活动强度的差值、变异值、皮尔森相关系数以及相干系数中的任意一种;

其中, x 和 y 分别代表两名受训者的神经活动强度,则两名受训者的神经活动强度的差值等于 $x - y$;

$x_1, x_2, \dots, x_N$ 分别代表 N 名受训者的神经活动强度,则 N 名受训者的神经活动强度的变异值是神经活动强度的统计 M 阶矩,即所述神经活动强度的变异值等于 $\frac{\sum (x_i - \bar{x})^M}{N}$,其中,

x_i 表示 N 名受训者中第 i 人的神经活动强度, $\bar{x}$ 是 N 名受训者的神经活动强度的平均值;

x 和 y 分别代表两名受训者的神经活动强度,则所述神经活动强度的皮尔森相关系数等于 $\frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2}}$,多人情况下,两两分别计算双人的皮尔森相关系数,再取平均值;

x 和 y 分别代表两名受训者的神经活动强度,则所述神经活动强度的相干系数等于 $\frac{C(x, y)}{P(x, x)P(y, y)}$,其中 $C(x, y)$ 为 x 与 y 的互功率谱, $P(x, x)$ 与 $P(y, y)$ 分别为 x 的自功率谱和 y 的自功率谱;多人情形下,两两分别计算双人的相干系数,再取平均值。

3. 一种用于实现权利要求1所述的群体神经反馈训练方法的群体神经反馈训练系统,其特征在于:

包括至少两台脑成像设备、至少三个中央处理单元和多个显示设备;其中,所述中央处理单元包括一个服务端处理单元和至少两个客户端处理单元,所述脑成像设备的输出端与对应客户端处理单元的输入端连接,所述客户端处理单元的输出端与对应显示设备的输入端连接,多个所述客户端处理单元分别与所述服务端处理单元连接;

所述脑成像设备用于采集多个受训者的神经活动数据,并将采集到的所述神经活动数据传输给所述客户端处理单元;所述客户端处理单元用于结合训练任务分析所述神经活动数据,获得当地受训者的大脑神经活动指标,并将之传输至所述服务端处理单元;

所述服务端处理单元,用于分析全部受训者的大脑神经活动指标,计算获得大脑神经活动交互性指标,并将之传输至所述显示设备;所述显示设备用于向所述受训者呈现包括所述大脑神经活动交互性指标的反馈信息。

4. 如权利要求3所述的多人神经反馈训练系统,其特征在于:

所述客户端处理单元包括采集模块、解码模块和反馈模块；所述服务端处理单元包括任务模块和融合模块；

其中，所述任务模块用于基于所述训练任务生成任务流程，并控制其他模块的执行情况；所述采集模块用于实时从所述脑成像设备中获取受训者的所述神经活动数据，并将所述神经活动数据传输至所述解码模块；所述解码模块用于分析所述神经活动数据，计算获得当地受训者的大脑神经活动指标，并将之传输至所述融合模块；所述融合模块用于对全部受训者的所述大脑神经活动指标进行融合分析，获得全部受训者的所述大脑神经活动交互性指标，并将所述大脑神经活动交互性指标发送至所述反馈模块；所述反馈模块用于把所述大脑神经活动交互性指标反馈至所述显示设备。

5. 如权利要求 4 所述的多人神经反馈训练系统，其特征在于：

所述采集模块用于实时从所述脑成像设备中提取出当前时刻受训者的脑活动信号、任务相关标记和时间戳信息，并将所述脑活动信号、所述任务相关标记和所述时间戳信息传输至所述解码模块。

6. 如权利要求 5 所述的多人神经反馈训练系统，其特征在于：

所述训练任务包括交替进行的休息阶段和任务阶段，所述任务模块用于通知所述反馈模块交替进入休息阶段或者任务阶段；并且所述任务模块用于将所述休息阶段和所述任务阶段的时间开始点和结束时间点通知所述解码模块。

7. 如权利要求 6 所述的多人神经反馈训练系统，其特征在于：

所述解码模块用于对当地受训者的所述神经活动数据进行预处理；并从预处理得到的结果中提取出大脑特定功能系统的对应区域的平均信号强度，再根据来自所述任务模块的任务开始时间信息和任务结束时间信息，计算出所述大脑神经活动强度指标。

8. 如权利要求 7 所述的多人神经反馈训练系统，其特征在于：

所述融合模块用于把来自各个所述客户端处理单元的所述解码模块获得的全部受训者的大脑神经活动指标进行融合，获得全部受训者的大脑神经活动交互性指标，并将所述大脑神经活动交互性指标传输至各个客户端处理单元的反馈模块。

9. 如权利要求 8 所述的多人神经反馈训练系统，其特征在于：

所述反馈模块用于把所述大脑神经活动交互性指标以画面的形式反馈至所述显示设备。

10. 如权利要求 3 所述的多人神经反馈训练系统，其特征在于：

所述脑成像设备是脑电图成像设备或核磁共振成像设备或近红外光学脑成像设备中的任意一种。

群体神经反馈训练方法及群体神经反馈训练系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种神经反馈训练方法,尤其涉及一种面向群体的神经反馈训练方法。同时,本发明也涉及一种群体神经反馈训练系统。

背景技术

[0002] 个体神经反馈(即单人神经反馈)通过在线采集单个个体的大脑神经活动并反馈给其自身,使其能够自主地对大脑活动进行调节,达到改变其认知及行为的目的。通过对个体的特定大脑功能进行干预,从而实现对脑疾病患者的治疗和康复,或是使健康人的认知能力(如学习、记忆、运动等)得到提高。

[0003] 例如,研究者利用脑电图(EEG)或功能磁共振成像(fMRI),观测希望调节的目标脑区的神经活动指标,并将其通过视听觉等通道反馈给使用者,从而指导使用者尝试对该神经活动指标加以自主调节。通过一定时间的反复训练,使用者可以掌握这种自主调节能力。由于被调节的脑区的神经活动与特定认知功能存在关联,因此这种长期的训练可以促进相应认知能力的改善,或是对某些神经与精神疾病起到治疗作用。例如通过神经反馈调节视觉皮层的神经活动模式可以显著提高视知觉学习敏感度;而慢性痛患者则可以通过神经反馈调节前扣带皮层的神经活动来减轻疼痛等。

[0004] 在现有的神经反馈研究中,研究对象局限于个体或少数个体的大脑神经活动。而如果可以同时采集一群使用者的大脑神经活动,计算其神经活动的交互性,并将该交互性结果反馈给所有使用者,使其能够据此自主调节各自的神经活动,以改变彼此间的神经活动的交互性,从而产生相应认知和行为的改变,则可以达到改变群体社会认知与行为的目的。例如,通过调节一个群体的负责认知的脑功能区域的神经活动交互性,可以使得这个群体的认知更一致。另一方面,这种直接调节群体大脑神经活动交互性以带来群体行为上的改变的做法,对社会认知神经科学的研究提供了一种新的研究手段,能以一种更因果的方式揭示群体脑神经活动与社会认知的关系。而现有技术中,还未公开针对群体神经反馈训练的相关信息。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的首要技术问题在于提供一种群体神经反馈训练方法。

[0006] 本发明所要解决的另一技术问题在于提供一种群体神经反馈训练系统。

[0007] 为了实现上述的发明目的,本发明采用下述的技术方案:

[0008] 一种群体神经反馈训练方法,包括如下步骤:

[0009] (1) 在多个受训者完成训练任务的同时,采集所述受训者的大脑神经活动数据;

[0010] (2) 分析所述步骤(1)中采集到的所述大脑神经活动数据,计算获得当地受训者的大脑神经活动指标;

[0011] (3) 分析全部受训者的大脑神经活动指标,并计算获得大脑神经活动交互性指标;

[0012] (4) 将所述大脑神经活动交互性指标作为反馈信息呈现给全部受训者；

[0013] (5) 受训者根据所述反馈信息调节自身大脑神经活动；

[0014] (6) 重复所述步骤(1)至步骤(5)，直至所述训练任务结束。

[0015] 其中较优地，在所述步骤(3)中，所述大脑神经活动交互性指标是多名受训者的神经活动强度的差值、变异值、皮尔森相关系数以及相干系数中的任意一种；

[0016] 其中， x 和 y 分别代表两名受训者的神经活动强度，则两名受训者的神经活动强度的差值等于 $x - y$ ；

[0017] $x_1, x_2, \dots, x_N$ 分别代表 N 名受训者的神经活动强度，则 N 名受训者的神经活动强度的变异值是神经活动强度的统计 M 阶矩，即所述神经活动强度的变异值等于 $\frac{\sum (x_i - \bar{x})^M}{N}$ ，

其中， x_i 表示 N 名受训者中第 i 人的神经活动强度， $\bar{x}$ 是 N 名受训者的神经活动强度的平均值；

[0018] x 和 y 分别代表两名受训者的神经活动强度，则所述神经活动强度的皮尔森相关系数等于 $\frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2}}$ ，多人情况下，两两分别计算双人的皮尔森相关系数，再取平均值；

[0019] x 和 y 分别代表两名受训者的神经活动强度，则所述神经活动强度的相干系数等于 $\frac{C(x, y)}{P(x, x)P(y, y)}$ ，其中 $C(x, y)$ 为 x 与 y 的互功率谱， $P(x, x)$ 与 $P(y, y)$ 分别为 x 的自功率谱和 y 的自功率谱；多人情形下，两两分别计算双人的相干系数，再取平均值。

[0020] 一种用于实现上述群体神经反馈训练方法的群体神经反馈训练系统，包括至少两台脑成像设备、至少三个中央处理单元和多个显示设备；其中，所述中央处理单元包括一个服务端处理单元和至少两个客户端处理单元，所述脑成像设备的输出端与对应客户端处理单元的输入端连接，所述客户端处理单元的输出端与对应显示设备的输入端连接，多个所述客户端处理单元分别与所述服务端处理单元连接；

[0021] 所述脑成像设备用于采集多个受训者的神经活动数据，并将采集到的所述神经活动数据传输给所述客户端处理单元；所述客户端处理单元用于结合训练任务分析所述神经活动数据，获得当地受训者的大脑神经活动指标，并将之传输至所述服务端处理单元；

[0022] 所述服务端处理单元，用于分析全部受训者的大脑神经活动指标，计算获得大脑神经活动交互性指标，并将之传输至所述显示设备；所述显示设备用于向所述受训者呈现包括所述大脑神经活动交互性指标的反馈信息。

[0023] 进一步地，所述客户端处理单元包括采集模块、解码模块和反馈模块；所述服务端处理单元包括任务模块和融合模块；

[0024] 其中，所述任务模块用于基于所述训练任务生成任务流程，并控制其他模块的执行情况；所述采集模块用于实时从所述脑成像设备中获取受训者的所述神经活动数据，并将所述神经活动数据传输至所述解码模块；所述解码模块用于分析所述神经活动数据，计算获得当地受训者的大脑神经活动指标，并将之传输至所述融合模块；所述融合模块用于对全部受训者的所述大脑神经活动指标进行融合分析，获得全部受训者的所述大脑神经活

动交互性指标,并将所述大脑神经活动交互性指标发送至所述反馈模块;所述反馈模块用于把所述大脑神经活动交互性指标反馈至所述显示设备。

[0025] 其中较优地,所述采集模块用于实时从所述脑成像设备中提取出当前时刻受训者的脑活动信号、任务相关标记和时间戳信息,并将所述脑活动信号、所述任务相关标记和所述时间戳信息传输至所述解码模块。

[0026] 其中较优地,所述训练任务包括交替进行的休息阶段和任务阶段,所述任务模块用于通知所述反馈模块交替进入休息阶段或者任务阶段;并且所述任务模块用于将所述休息阶段和所述任务阶段的时间开始点和结束时间点通知所述解码模块。

[0027] 其中较优地,所述解码模块用于对当地受训者的所述神经活动数据进行预处理;并从预处理得到的结果中提取出大脑特定功能系统的对应区域的平均信号强度,再根据来自所述任务模块的任务开始时间信息和任务结束时间信息,计算出所述大脑神经活动强度指标。

[0028] 其中较优地,所述融合模块用于把来自各个所述客户端处理单元的所述解码模块获得的全部受训者的大脑神经活动指标进行融合,获得全部受训者的大脑神经活动交互性指标,并将所述大脑神经活动交互性指标传输至各个客户端处理单元的反馈模块。

[0029] 其中较优地,所述反馈模块用于把所述大脑神经活动交互性指标以画面的形式反馈至所述显示设备。

[0030] 其中较优地,所述脑成像设备是脑电图成像设备或核磁共振成像设备或近红外光学脑成像设备中的任意一种。

[0031] 本发明所提供的群体神经反馈训练方法及群体神经反馈训练系统,可以适用于跨越地理位置的包括几十甚至上百人的群体使用。该群体神经反馈训练系统,通过客户端处理单元,获得当地受训者的大脑神经活动指标;通过服务端处理单元,获得群体受训者的大脑神经活动交互性指标。并且,在该群体神经反馈训练系统中,通过显示设备实时将大脑神经活动交互性指标反馈给全部受训者,以使其可以根据反馈信息调节训练策略,使得彼此间的神经活动交互性得到训练,向目标模式发展。该群体神经反馈训练系统可用于训练群体的神经活动交互性,以达到改变该群体认知行为的目的。

附图说明

[0032] 图1是本发明所提供的群体神经反馈训练系统的整体结构示意图;

[0033] 图2是图1所示的整体结构中,客户端处理单元与服务端处理单元之间的连接关系示意图。

具体实施方式

[0034] 下面结合附图和具体实施例对本发明的技术内容做进一步的详细说明。

[0035] 本发明所提供的群体神经反馈训练系统和群体神经反馈训练方法,旨在通过采集群体受训者的神经活动强度,在线计算全部受训者的大脑神经活动交互性指标并将之反馈给受训者,从而使受训者能够根据获得的反馈信息调节训练策略,以使其彼此间的神经活动交互性得到训练,向目标模式发展,从而使得群体变得合作性更强。

[0036] 该群体神经反馈训练系统和群体神经反馈训练方法,通过受训者完成训练任务实

现训练目的。在受训者完成训练任务的过程中,通过脑成像设备分别实时捕获受训者大脑中特定功能系统的神经活动;通过多个中央处理单元,计算获得全部受训者的大脑神经活动交互性指标;并通过显示设备实时将该大脑神经活动交互性指标以友好的方式呈现给全部受训者。受训者根据获得的反馈信息调节训练策略,以使其特定功能系统的神经活动得到训练,从而向目标发展。该神经反馈训练方法可以适用于包括几十至几百人的跨地理位置的群体训练。

[0037] 具体来说,该群体神经反馈训练方法,通过下列步骤实现训练过程。步骤(1):在群体受训者完成训练任务的同时,采集受训者的大脑神经活动数据;步骤(2):客户端处理单元分析步骤(1)中采集到的大脑神经活动数据,计算获得当地受训者的大脑神经活动指标,并将之传输至服务端处理单元;步骤(3):服务端处理单元分析全部受训者的大脑神经活动指标,并计算获得大脑神经活动交互性指标;步骤(4):将大脑神经活动交互性指标作为反馈信息呈现给全部受训者;步骤(5):受训者根据反馈信息调节自身大脑神经活动;步骤(6):重复步骤(1)到步骤(5),直至训练任务结束。

[0038] 在该群体神经反馈训练方法中,在步骤(1)中,可以通过脑电图成像设备或核磁共振成像设备或近红外光学脑成像设备采集受训者的大脑神经活动数据。在步骤(2)中,通过分析脑成像设备原始数据提取出当前时刻的大脑神经活动数据、任务记号和时间戳信息,并结合训练任务的开始时间和结束时间,计算出大脑特定功能系统的神经活动强度指标。在该神经反馈训练方法中,训练活动包括交替进行的休息阶段和任务阶段,通过计算任务阶段相对于休息阶段的相对大脑神经活动,可以获得大脑特定功能系统的神经活动强度指标。其中较优地,在该神经反馈训练方法中,训练任务采用组块任务设计范式,通过采用不同的组块任务设计,研究者能够方便地使用该方法对受训者进行相关的神经反馈训练。

[0039] 在该群体神经反馈训练方法中,在步骤(3)中获得的大脑神经活动交互性指标可以是群体受训者的神经活动强度的差值、变异值、皮尔森相关系数以及相干系数中的任意一种。

[0040] 其中, x 和 y 分别代表两名受训者的神经活动强度,则两名受训者的神经活动强度的差值等于 $x - y$;

[0041] $x_1, x_2, \dots, x_N$ 分别代表 N 名受训者的神经活动强度,则 N 名受训者的神经活动强度的变异值是神经活动强度的统计 M 矩,即神经活动强度的变异值等于 $\frac{\sum (x_i - \bar{x})^M}{N}$,其中,

x_i 表示 N 名受训者中第 i 人的神经活动强度, $\bar{x}$ 是 N 名受训者的神经活动强度的平均值;

[0042] x 和 y 分别代表两名受训者的神经活动强度,则神经活动强度的皮尔森相关系数等于 $\frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2}}$,多人情况下,两两分别计算双人的皮尔森相关系数,再取平均值;

[0043] x 和 y 分别代表两名受训者的神经活动强度,则神经活动强度的相干系数等于 $\frac{C(x, y)}{P(x, x)P(y, y)}$,其中 $C(x, y)$ 为 x 与 y 的互功率谱, $P(x, x)$ 与 $P(y, y)$ 分别为 x 的自功率谱和 y 的自功率谱;多人情形下,两两分别计算双人的相干系数,再取平均值。

[0044] 在步骤(4)中,为了更直观、形象地显示群体受训者的大脑神经活动交互性指标,可以将该大脑神经活动交互性指标作为反馈信息以画面、声音等可视听、可感知的形式呈现给全部受训者。

[0045] 为了实现上述群体神经反馈训练方法,本发明同时还提供了群体神经反馈训练系统。

[0046] 如图 1 所示,该群体神经反馈训练系统,包括至少两台脑成像设备 1、至少三个中央处理单元和多个显示设备 3;其中,中央处理单元包括一个服务端处理单元 21 和至少两个客户端处理单元 22;服务器处理单元 21 与多个客户端处理单元 22 可以分别设置于不同的地区,并且,脑成像设备 1 的输出端与对应客户端处理单元 22 的输入端连接,客户端处理单元 22 的输出端与对应显示设备 3 的输入端连接,多个客户端处理单元 22 分别与服务端处理单元 21 通过互联网进行连接。

[0047] 在该群体神经反馈训练系统中,脑成像设备 1 用于采集多个受训者的神经活动数据,并将采集到的神经活动数据传输给客户端处理单元 22;客户端处理单元 22 用于结合训练任务分析神经活动数据,获得当地受训者的大脑神经活动指标,并将之传输至服务端处理单元 21;服务端处理单元 21,分析全部受训者的大脑神经活动指标,计算获得大脑神经活动交互性指标,并将之传输至显示设备 3;显示设备 3 用于向受训者呈现包括大脑神经活动交互性指标的反馈信息。在服务端处理单元 21 向显示设备 3 传输反馈信息的过程中,先将反馈信息回传至客户端处理单元 22,再由客户端处理单元 22 分别将该反馈信息传输至对应的显示设备 3。

[0048] 在该群体神经反馈训练系统中,脑成像设备 1 可以是脑电图(EEG)成像设备或功能核磁共振成像(fMRI)设备或近红外光学脑成像(fNIRS)设备中的任意一种。在本申请文件的实施例中,使用多台日立公司的 ETG-4000 近红外脑功能成像设备实现群体受训者的同时脑成像。每名受训者使用一台近红外脑功能成像设备记录脑信号,并将记录的脑信号传输至对应的客户端处理单元 22 进行处理。

[0049] 在使用过程中,多台脑成像设备 1 分别与多个客户端处理单元 22 对应连接。客户端处理单元 22 用于处理脑成像设备 1 采集的脑成像信号,并进行在线分析计算,获得受训者的大脑神经活动指标并传输至服务端处理单元 21。服务端处理单元 21 从所有受训者的个体大脑神经活动指标计算出全部受训者的大脑神经活动交互性指标,并将之传输至显示设备 3。该客户端处理单元 22 和服务端处理单元 21 可以用运行系统软件的电脑主机实现,显示设备 3 可以用 LCD 液晶显示屏或其他显示器配合语音设备等实现。

[0050] 如图 2 所示,在该群体神经反馈训练系统中,客户端处理单元 22 包括采集模块、解码模块和反馈模块;服务端处理单元 21 包括任务模块和融合模块。其中,任务模块用于基于训练任务生成任务流程,并控制其他模块的执行情况;采集模块用于实时从脑成像设备中获取受训者的神经活动数据,并将神经活动数据传输至解码模块;解码模块用于分析神经活动数据,计算获得当地受训者的大脑神经活动指标,并将之传输至融合模块,融合模块用于对全部受训者的大脑神经活动指标进行分析,获得全部受训者的大脑神经活动交互性指标;反馈模块用于把大脑神经活动交互性指标反馈至显示设备。

[0051] 在该群体神经反馈训练系统中,上述各功能模块的具体实现过程如下。

[0052] 任务模块,基于主试提供的组块任务设计参数,生成时间间隔序列和任务序列,并

维护一个定时器。训练任务包括交替进行的休息阶段和任务阶段,定时器按时间间隔序列里面的时间作为倒计时;当定时器计时完毕,根据任务序列修改当前的实验进行条件,并通知反馈模块进入休息阶段或者任务阶段;与此同时,将休息阶段和任务阶段的时间开始点和结束时间点通知解码模块,因为解码模块在计算相对血氧浓度值时需要获得休息阶段和任务阶段的时间开始点和结束时间点。

[0053] 采集模块,通过 TCP/IP 协议跟光学脑成像设备 1(如 ETG-4000 近红外脑功能成像设备)建立网络连接并实时接收神经活动数据,将接收到的神经活动数据按照预先设定的数据传输格式进行分析,提取出当前时刻的脑活动信号(如,氧合血红蛋白浓度、脱氧血红蛋白浓度)、任务记号和时间戳信息。

[0054] 具体来说,采集模块先接收 4 字节的 32 位整形数据,如果值为 12,则表示接下来的是一个格式如表 1 的数据包。其中,在该数据包中,血氧浓度数据分为两部分,前半部分内容为氧合血红蛋白浓度,后半部分内容为脱氧血红蛋白浓度,每个浓度值为一个 8 字节的单精度浮点数。采集模块将接收到的数据按照上述格式进行分析,提取出当前时刻的氧合血红蛋白浓度、脱氧血红蛋白浓度、任务标记和时间戳信息,并将上述数据发送至解码模块。

[0055]

大小(字节)	内容	数据类型
4	数据包编号	整型
4	数据包大小	整型
数据包大小 - 12	血氧浓度数据	单精度浮点数
2	数据标记	整型
10	时间戳	整型

[0056] 表 1 数据包中的数据格式

[0057] 解码模块,接收来自采集模块的神经活动数据,并对其进行滑动窗口平均滤波、氧合减脱氧血红蛋白浓度的预处理过程;考虑到生理噪声(心跳和呼吸)以及机器高频噪声的影响,滑动窗口平均滤波的窗长参数设定为 1 秒,氧合减脱氧血红蛋白浓度的预处理公式如下:

$$[0058] \quad \alpha = \sqrt{\frac{\sum x^2}{\sum y^2}} = \frac{\text{std}(x)}{\text{std}(y)}$$

$$[0059] \quad x_0 = \frac{1}{2}(x - \alpha y)$$

$$[0060] \quad y_0 = -\frac{1}{\alpha}x_0$$

[0061] 其中, x 是合氧血红蛋白浓度, y 是脱氧血红蛋白浓度, α 是两种血红蛋白浓度的标准差之比。 x_0 , y_0 分别是经过预处理的合氧血红蛋白浓度和脱氧血红蛋白浓度。

[0062] 然后,解码模块从预处理得到的结果中提取出特定脑区(大脑特定功能系统的对应区域)的平均信号强度,根据来自休息结束时计算获得的当时的血氧浓度值,计算出当前血氧浓度值相对与之的相对血氧浓度值。这个相对血氧浓度值即为大脑特定功能系统的神经活动强度。

[0063] 融合模块用于对从全部客户端处理单元的反馈模块中获取的神经活动强度指标进行融合分析,计算出大脑神经活动交互性指标,并将大脑神经活动交互性指标传输至各个客户端处理单元的反馈模块。

[0064] 融合模块,当前状态为任务阶段时,通过 TCP/IP 协议接收来自多个客户端处理单元的解码模块的个体受训者大脑神经活动数据及时间戳信息,并存放在各自的缓冲区。考虑到计算交互性指标的所用的个体神经活动指标必须是要同一时间获取的。模块会为两个缓冲区各自维护一个指针,指向最近用来计算过大脑神经活动交互性指标的位置的下一个位置,当两个位置都不为空时,即为已经接收到全部受训者的大脑神经活动强度指标,就利用这两名受训者的该时刻神经活动强度指标计算出全部受训者的大脑神经活动交互性指标,并分别把指针移向下一个位置。当前状态为休息阶段时,对于每个缓冲区到来的数据都不进行处理,同时各自的指针不断设置为指向缓冲区最后的位置的下一个位置。

[0065] 数据融合过程,由于存在网络时延、物理硬件条件等因素,需要解决多人信息同步问题,目的是确保计算所用的神经活动强度指标是在同一时间获取的。但考虑到受训者在延时反馈的情况也能成功地进行神经反馈训练,大脑神经活动交互性指标的反馈时机可以根据实际任务允许一定程度的延时。

[0066] 在该群体神经反馈训练系统中,通过内置于融合模块中的算法,获得大脑神经活动交互性指标,该大脑神经活动交互性指标可以是群体受训者的神经活动强度的差值、变异值、皮尔森相关系数以及相干系数中的任意一种。当然,也可以使用可以体现多名受训者的大脑神经活动交互性的其他指标进行反馈。

[0067] 在此,分别对多名受训者的神经活动强度的差值、变异值、皮尔森相关系数以及相干系数的获得过程进行说明。

[0068] 其中, x 和 y 分别代表两名受训者的神经活动强度,则两名受训者的神经活动强度的差值等于 $x - y$;

[0069] $x_1, x_2, \dots, x_N$ 分别代表 N 名受训者的神经活动强度,则 N 名受训者的神经活动强度的变异值是神经活动强度的统计 M 阶矩,即神经活动强度的变异值等于 $\frac{\sum (x_i - \bar{x})^M}{N}$, 其中,

x_i 表示 N 名受训者中第 i 人的神经活动强度, $\bar{x}$ 是 N 名受训者的神经活动强度的平均值 ;

[0070] x 和 y 分别代表两名受训者的神经活动强度,则神经活动强度的皮尔森相关系数

等于 $\frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2}}$, 多人情况下,两两分别计算双人的皮尔森相关系数,再取平均值 ;

[0071] x 和 y 分别代表两名受训者的神经活动强度,则神经活动强度的相干系数等于

$\frac{C(x, y)}{P(x, x)P(y, y)}$, 其中 $C(x, y)$ 为 x 与 y 的互功率谱, $P(x, x)$ 与 $P(y, y)$ 分别为 x 的自功率谱

和 y 的自功率谱 ; 多人情形下, 两两分别计算双人的相干系数, 再取平均值。

[0072] 反馈模块, 与融合模块通过 TCP 协议进行通信, 用于把融合模块计算获得的大脑神经活动交互性指标以画面的形式反馈至显示设备 3。反馈模块, 分为 2 个阶段循环出现 : 阶段 1 为休息阶段, 呈现休息提示信息, 此时受训者什么都不需要做, 放松身心 ; 阶段 2 为任务阶段, 反馈模块接收来自融合模块的大脑神经活动交互性指标, 并且通过游戏画面等形式友好的方式呈现给受训者。此时, 受训者按照预先给定的训练方式做出反应, 从而进一步控制游戏的走向。

[0073] 综上所述, 本发明提供的群体神经反馈训练方法及神经反馈训练系统, 在训练过程中通过多个脑成像设备同时采集多名群体受训者的神经活动数据, 在线计算其神经活动的交互性, 并将多名受训者的大脑特定功能系统的神经活动交互性指标反馈给受训者, 从而使受训者能够根据获得的反馈信息调节训练策略, 以使其彼此间的神经活动交互性得到训练, 向目标模式发展。该群体神经反馈训练系统适用于跨越地理位置的包括几十甚至上百人的群体使用, 可用于训练群体的神经活动交互性, 以达到改变该群体认知行为的目的。例如, 通过调节一个群体的负责认知的脑功能区域的神经活动交互性, 可以使得这个群体的认知更加一致。

[0074] 上面对本发明所提供的群体神经反馈训练方法及群体神经反馈训练系统进行了详细的介绍。对本领域的一般技术人员而言, 在不背离本发明实质精神的前提下对它所做的任何显而易见的改动, 都将构成对本发明专利权的侵犯, 将承担相应的法律责任。

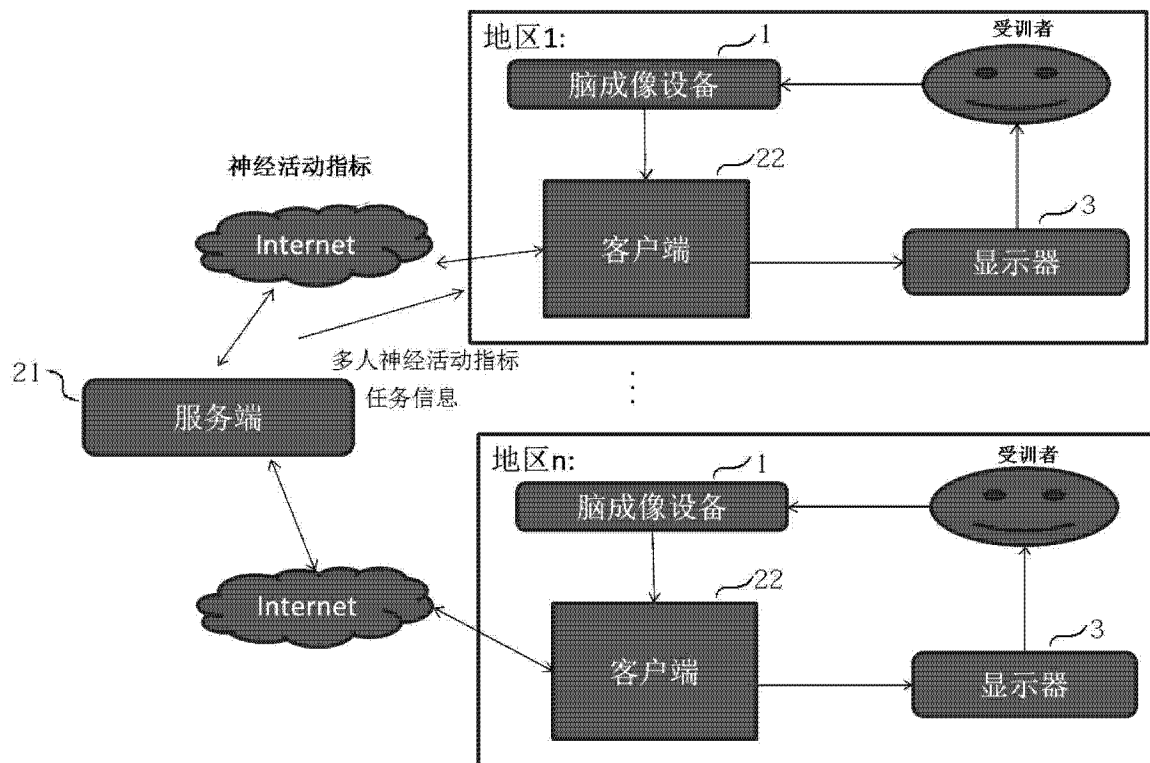


图 1

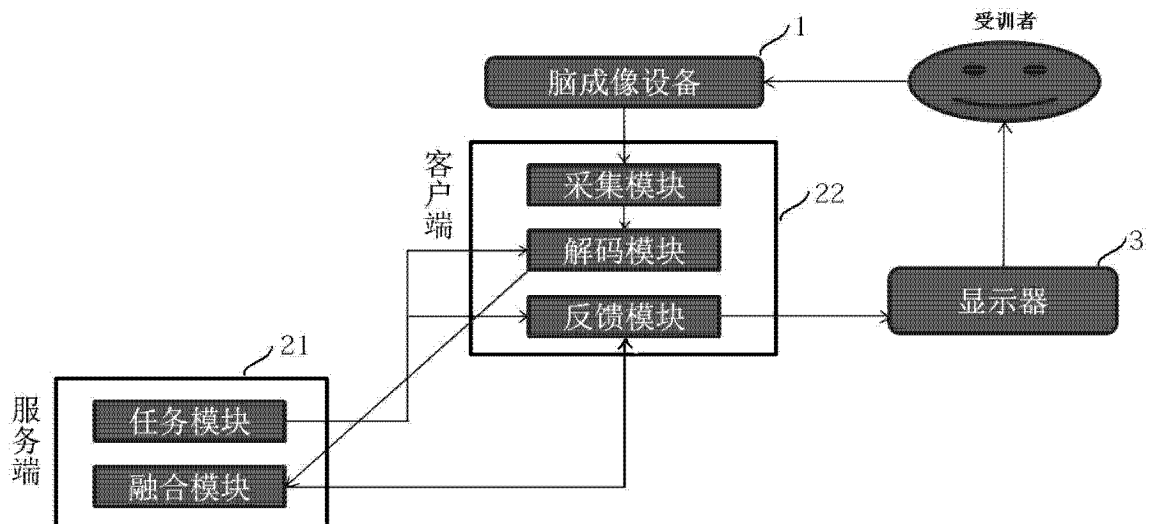


图 2

专利名称(译)	群体神经反馈训练方法及群体神经反馈训练系统		
公开(公告)号	CN103169470A	公开(公告)日	2013-06-26
申请号	CN201310058658.3	申请日	2013-02-25
[标]申请(专利权)人(译)	北京师范大学		
申请(专利权)人(译)	北京师范大学		
当前申请(专利权)人(译)	北京师范大学		
[标]发明人	朱朝喆 刘伟杰 段炼		
发明人	朱朝喆 刘伟杰 段炼		
IPC分类号	A61B5/0476 A61B5/055 A61B5/00		
代理人(译)	陈曦 董烨飞		
其他公开文献	CN103169470B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种群体神经反馈训练方法及群体神经反馈训练系统。该群体神经反馈训练系统包括至少两台脑成像设备、至少三个中央处理单元和多个显示设备；其中，中央处理单元包括服务端处理单元和至少两个客户端处理单元，脑成像设备的输出端与对应客户端处理单元的输入端连接，客户端处理单元的输出端与对应显示设备的输入端连接，多个客户端处理单元分别与服务端处理单元连接。在该群体神经反馈训练系统中，客户端处理单元，用于获得当地受训者的大脑神经活动指标；服务端处理单元，用于获得群体受训者的大脑神经活动交互性指标。通过将该大脑神经活动交互性指标反馈给受训者，使其自主调节训练策略，可以达到改变该群体认知行为的目的。

