



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108108654 A

(43)申请公布日 2018.06.01

(21)申请号 201710848790.2

A61B 5/00(2006.01)

(22)申请日 2017.09.19

(71)申请人 东华大学

地址 200050 上海市长宁区延安西路1882号

(72)发明人 杨钟亮 陈育苗 文杨靓 赵丹
陆玄青 贾淼 石进珍

(74)专利代理机构 上海申汇专利代理有限公司
31001

代理人 翁若莹 柏子冀

(51)Int.Cl.

G06K 9/00(2006.01)

G06F 3/01(2006.01)

A61B 5/0492(2006.01)

A61B 5/0488(2006.01)

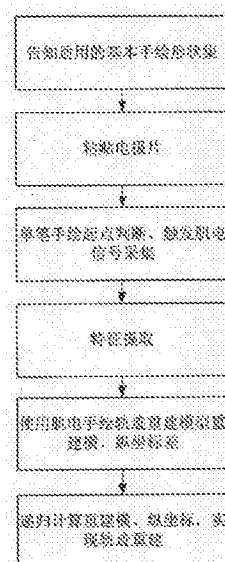
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种基于多通道表面肌电信号的手绘轨迹重建方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于多通道表面肌电信号的手绘轨迹重建方法,可达到重建原始绘图轨迹的效果。本发明中的预测模型以坐标差而非原始坐标为目标向量,动态地反映了肌肉动作,与肌电信号的变化形成直接的因果关系,提高了重建精度;以拇指肌肉按压启动按钮的动作作为肌电信号采集的触发动作,应用自然;仅用表面肌电信号和绘图轨迹的非线性横、纵坐标回归模型,简洁高效,在肌电信号识别领域表现出了很大的应用潜力,对康复工程、计算机辅助设计、机器人控制等领域的研究具有一定的参考意义。



1. 一种基于多通道表面肌电信号的手绘轨迹重建方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、建立基本手绘形状集;

步骤2、在受试者的实验肌肉所对应的皮肤位置贴上电极片,实验肌肉包含触发肌肉与功能肌肉,其中触发肌肉为拇收肌,用于绘画动作起点判断,功能肌肉为三角肌、桡侧伸腕短肌、肱三头肌、指伸肌、桡侧腕屈肌、尺侧腕伸肌与肱二头肌,用于特征提取与进一步的轨迹重建;

步骤3、受试者从基本手绘形状集中选取一副基本绘画形态开始进行手绘,手绘开始时,受试者用拇指按压电子笔的启动按钮并保持该动作,此时拇收肌的肌电信号发生剧烈起伏,通过该肌电信号通道判断出手绘动作的起点,并触发与功能肌肉对应的七个通道的肌电信号有效记录;

步骤4、在绘制过程中,将手绘动作的起点设为特征提取的起点,此后每 Δt 连续进行提取功能肌肉的表面肌电信号,根据每 Δt 的表面肌电信号计算出一个肌电均方根值作为特征值;

步骤5、将特征值代入肌电手绘轨迹重建模型,相应地计算输出横、纵坐标上 N 前后的重建坐标差,其中,所述肌电手绘轨迹重建模型的获取方法包括以下步骤:

步骤5.1、追踪受试者每一次绘画试验中的绘图轨迹,以 Δt 为间隔收集各个时刻下的绘画轨迹坐标,并进行坐标形式转换,将原始坐标转换为坐标差的形式, i 时刻的坐标可以表示为 (x_i, y_i) , $i-1$ 时刻的坐标可以表示为 (x_{i-1}, y_{i-1}) , 则 i 时刻与 $i-1$ 时刻的坐标差 $(\Delta x_i, \Delta y_i)$ 计算为:

$$\Delta x_i = x_i - x_{i-1}, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$\Delta y_i = y_i - y_{i-1}, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

步骤5.2、同时跟踪采集表面肌电信号,从中提取特征值,分析窗口的特征提取时间间隔同为 Δt ,连续分析窗口相邻且不相交;

步骤5.3、以转换得到的坐标差为目标向量、以步骤5.2中提取的特征为输入向量,应用基因表达式编程算法,建立横、纵坐标的非线性肌电轨迹重建模型;

步骤6、以 $(0, 0)$ 为坐标原点,根据重建的坐标差,递归地算得每经过 Δt 的前后各时刻的预测坐标,最终连续为重建的绘图轨迹,绘制完成时,释放电子笔的启动按钮,停止肌电信号的追踪与采集。

2. 如权利要求1所述的一种基于多通道表面肌电信号的手绘轨迹重建方法,其特征在于,在所述步骤1中,基本手绘形状集包含12种基本的单笔形状,分别为直线、竖线、斜线、反斜线、拱形、倒拱形、圆形、椭圆形、反向水平线、反向竖线、反向斜线与反向反斜线。

3. 如权利要求1所述的一种基于多通道表面肌电信号的手绘轨迹重建方法,其特征在于,在所述步骤2中,在粘贴电极片之前,将实验肌肉所对应的皮肤位置的毛发剃除,使用酒精擦拭皮肤,使得皮肤阻抗控制在一定范围内,采用双极联法,将两片表面电极片沿肌纤维行走方向平行放置,地极粘贴在实验肌肉所对应的皮肤位置附近,作为参考电极,由肌肉纤维产生的肌电信号通过电极片采集,再通过传感器放大和过滤,最后由编码器转换为数字信号传入到电脑软件进行处理、显示和记录。

4. 如权利要求1所述的一种基于多通道表面肌电信号的手绘轨迹重建方法,其特征在于,在所述步骤3中,采用阈值判断的方法判断出手绘动作的起点,具体包括以下步骤:

当触发拇收肌的肌电幅值大于等于 $B\mu V$ 时,此后Cms内产生的最大峰值位置便设为一次手绘动作的起点。

5.如权利要求1所述的一种基于多通道表面肌电信号的手绘轨迹重建方法,其特征在于,在所述步骤4中,采用邻近窗口技术进行特征提取,分析窗口的特征提取时间间隔同为 Ams ,即将分析窗口的长度设为 Ams ,步长也设为 Ams ,连续分析窗口相邻且不相交,通过公式

$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_i^2}$ 计算出均方根值作为特征值,式中, RMS 代表均方根值, V_i 代表第 i 个采样点的电压, N 代表采样点的个数。

6.如权利要求1所述的一种基于多通道表面肌电信号的手绘轨迹重建方法,其特征在于,在所述步骤5中,横坐标上 Nms 前后的 i 时刻的横坐标差值为 $\Delta \hat{x}_i$,则有:

$$\begin{aligned} \Delta \hat{x}_i = & \sin \left(d_5 - d_1 - \frac{d_5}{d_4} + d_4 - 1.74 + \frac{2.09d_2 - 4.37}{d_5} \right) + 4.3 + d_7 - d_1 + \\ & \frac{d_7}{\exp \left(\left(\exp \left(\frac{\cos(d_1 + d_4 + 42.63)}{d_7} \right) \right)^2 \right)} - \frac{d_2 \sin(d_3 + 8.89 - d_5)}{d_7} - d_4 - \frac{\exp(\sin(\sqrt{d_1}))(d_2 - 3.53)^2}{62.73} + \\ & \cos \left(2d_1 - 0.45 + \frac{1}{d_3} \right) + \sin(d_7) + \cos(d_1 + 7.63 - \cos(\cos(d_3) + 2d_5) - d_5) - \\ & d_6 + d_2 + d_5 - d_3 \end{aligned}$$

式中, d_1 代表桡侧伸腕短肌的特征值, d_2 代表指伸肌的特征值, d_3 代表尺侧腕伸肌的特征值, d_4 代表桡侧腕屈肌的特征值, d_5 代表肱三头肌的特征值, d_6 代表肱二头肌的特征值, d_7 代表三角肌的特征值;

纵坐标上 Nms 前后的 i 时刻的纵坐标差值为 $\Delta \hat{y}_i$,则有:

$$\begin{aligned} \Delta \hat{y}_i = & \frac{d_1 \sin d_1}{\exp(\sin(-0.36d_6) + 12.21d_2)} - 2d_6 + 2d_1 + d_7 - \sin(d_2 + 0.96) + \\ & \sin \left(d_1 - d_5 - \left(\exp \left(-\frac{0.78d_5}{d_3} + \sin(d_7) \right) \right)^2 \right) + \cos \left(\left(\frac{d_3 - d_6 + 6.67}{-0.09d_2} \right)^2 \right) - 8.33 + \frac{1}{d_7} \end{aligned}$$

7.如权利要求6所述的一种基于多通道表面肌电信号的手绘轨迹重建方法,其特征在于,在所述步骤6中, i 时刻的预测坐标 $(\hat{x}_i, \hat{y}_i)$,则有:

$$\hat{x}_i = \Delta \hat{x}_i + \hat{x}_{i-1}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$\hat{y}_i = \Delta \hat{y}_i + \hat{y}_{i-1}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

式中, $(\hat{x}_{i-1}, \hat{y}_{i-1})$ 为 $i-1$ 时刻的预测坐标。

一种基于多通道表面肌电信号的手绘轨迹重建方法

技术领域

[0001] 本发明涉及肌电信号识别领域,特别是涉及一种基于多通道表面肌电信号的手绘轨迹重建方法。

背景技术

[0002] 绘画是人类的一项基本技能,随着计算机及其周边设备的推广,通过交互式电子写字板来绘画相对便捷,应用广泛,但一些研究者发现,在电子写字板上绘画并不如在纸上绘画来得自然,目前的计算机辅助绘图系统一定程度上抑制了设计的自由性。众所周知,绘画是神经系统和上肢神经肌肉活动之间复杂的相互作用,因此,肌电信号驱动的交互技术可以应用于基于手势的更精确的交互式数字绘图工具的设计。

[0003] 表面肌电信号是仪器采集的由于肌肉收缩产生的电信号,通过对表面肌电信号的转换处理、分析利用,可以应用于康复工程、生物医学工程、机器人控制、计算机图形设计等人机工程领域。

[0004] 公知的肌电信号识别当前对于手绘、手写等精细动作识别相对较少,且存在较多的技术难点导致无法实现实际应用,近年来美国有研究人员采用卡尔曼滤波与维纳滤波的方法实现从多通道表面肌电信号重建0-9的手写数字。然而,当前尚未有研究人员提出一套行之有效的基于多通道表面肌电信号的手绘轨迹重建方法。

发明内容

[0005] 本发明的目的是:针对现有交互式数字绘图工具在交互流畅度上的不足,应用肌电信号驱动的交互技术,提出一种手绘轨迹重建方法。

[0006] 为了达到上述目的,本发明的技术方案是提供了一种基于多通道表面肌电信号的手绘轨迹重建方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0007] 步骤1、建立基本手绘形状集;

[0008] 步骤2、在受试者的实验肌肉所对应的皮肤位置贴上电极片,实验肌肉包含触发肌肉与功能肌肉,其中触发肌肉为拇收肌,用于绘画动作起点判断,功能肌肉为三角肌、桡侧伸腕短肌、肱三头肌、指伸肌、桡侧腕屈肌、尺侧腕伸肌与肱二头肌,用于特征提取与进一步的轨迹重建;

[0009] 步骤3、受试者从基本手绘形状集中选取一副基本绘画形态开始进行手绘,手绘开始时,受试者用拇指按压电子笔的启动按钮并保持该动作,此时拇收肌的肌电信号发生剧烈起伏,通过该肌电信号通道判断出手绘动作的起点,并触发与功能肌肉对应的七个通道的肌电信号有效记录;

[0010] 步骤4、在绘制过程中,将手绘动作的起点设为特征提取的起点,此后每 Δt 连续进行提取功能肌肉的表面肌电信号,根据每 Δt 的表面肌电信号计算出一个肌电均方根值作为特征值;

[0011] 步骤5、将特征值代入肌电手绘轨迹重建模型,相应地计算输出横、纵坐标上 N 个

前后的重建坐标差,其中,所述肌电手绘轨迹重建模型的获取方法包括 以下步骤:

[0012] 步骤5.1、追踪受试者每一次绘画试验中的绘图轨迹,以Ams为间隔收集各 一个时刻下的绘画轨迹坐标,并进行坐标形式转换,将原始坐标转换为坐标差的形式,i时刻的坐标可以表示为 (x_i, y_i) ,i-1时刻的坐标可以表示为 (x_{i-1}, y_{i-1}) ,则 i时刻与i-1时刻的坐标差 $(\Delta x_i, \Delta y_i)$ 计算为:

[0013] $\Delta x_i = x_i - x_{i-1}, i = 1, 2, 3, \dots, n$

[0014] $\Delta y_i = y_i - y_{i-1}, i = 1, 2, 3, \dots, n$

[0015] 步骤5.2、同时跟踪采集表面肌电信号,从中提取特征值,分析窗口的特征 提取时间间隔同为Ams,连续分析窗口相邻且不相交;

[0016] 步骤5.3、以转换得到的坐标差为目标向量、以步骤5.2中提取的特征为输入向量,应用基因表达式编程算法,建立横、纵坐标的非线性肌电轨迹重建模型;

[0017] 步骤6、以(0,0)为坐标原点,根据重建的坐标差,递归地算得每经过Ams 的前后各时刻的预测坐标,最终连续为重建的绘图轨迹,绘制完成时,释放电子 笔的启动按钮,停止肌电信号的追踪与采集。

[0018] 优选地,在所述步骤1中,基本手绘形状集包含12种基本的单笔形状,分 别为直线、竖线、斜线、反斜线、拱形、倒拱形、圆形、椭圆形、反向水平线、反向竖线、反向斜线与反向反斜线。

[0019] 优选地,在所述步骤2中,在粘贴电极片之前,将实验肌肉所对应的皮肤位 置的毛发剃除,使用酒精擦拭皮肤,使得皮肤阻抗控制在一定范围内,采用双极 联法,将两片表面电极片沿肌纤维行走方向平行放置,地极粘贴在实验肌肉所对 应的皮肤位置附近,作为参考电极,由肌肉纤维产生的肌电信号通过电极片采集, 再通过传感器放大和过滤,最后由编码器转换为数字信号传入到电脑软件进行处 理、显示和记录。

[0020] 优选地,在所述步骤3中,采用阈值判断的方法判断出手绘动作的起点,具 体包括以下步骤:

[0021] 当触发拇收肌的肌电幅值大于等于B μ V时,此后Cms内产生的最大峰值位置 便设为一次手绘动作的起点。

[0022] 优选地,在所述步骤4中,采用邻近窗口技术进行特征提取,分析窗口的特 征提取时间间隔同为Ams,即将分析窗口的长度设为Ams,步长也设为Ams,连 续分析窗口相邻且不相交,通过公式 $RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_i^2}$ 计算出均方根值作为特征 值,式中,RMS代表均方根值, V_i

代表第i个采样点的电压,N代表采样点的个数。

[0023] 优选地,在所述步骤5中,横坐标上Nms前后的i时刻的横坐标差值为 $\Delta \hat{x}_i$,则有:

$$\begin{aligned}
 \Delta \hat{x}_i = & \sin \left(d_5 - d_1 - \frac{d_5}{d_4} + d_4 - 1.74 + \frac{2.09d_2 - 4.37}{d_5} \right) + 4.3 + d_7 - d_1 + \\
 & \frac{d_7}{\exp \left(\left(\exp \left(\frac{\cos(d_1 + d_4 + 42.63)}{d_7} \right) \right)^2 \right)} - \frac{d_2 \sin(d_2 + 8.89 - d_5)}{d_7} - d_4 - \frac{\exp(\sin(\sqrt{d_1}))(d_2 - 3.53)^2}{62.73} + \\
 & \cos \left(2d_1 - 0.45 + \frac{1}{d_3} \right) + \sin(d_7) + \cos(d_1 + 7.63 - \cos(\cos(d_3) + 2d_5) - d_5) - \\
 & d_6 + d_2 + d_5 - d_3
 \end{aligned}$$

[0025] 式中, d_1 代表桡侧伸腕短肌的特征值, d_2 代表指伸肌的特征值, d_3 代表尺侧腕伸肌的特征值, d_4 代表桡侧腕屈肌的特征值, d_5 代表肱三头肌的特征值, d_6 代表肱二头肌的特征值, d_7 代表三角肌的特征值;

[0026] 纵坐标上Nms前后的i时刻的纵坐标差值为 $\Delta\hat{y}_i$,则有:

$$\Delta\hat{y}_i = \frac{d_1 \sin d_1}{\exp(\sin(-0.36d_6)+12.21d_2)} - 2d_6 + 2d_1 + d_7 - \sin(d_2 + 0.96) +$$

[0027] $\sin\left(d_1 - d_5 - \left(\exp\left(-\frac{0.78d_5}{d_3} + \sin(d_7)\right)\right)^2\right) + \cos\left(\left(\frac{d_3-d_6+6.67}{-0.09d_2}\right)^2\right) - 8.33 + \frac{1}{d_7}.$

[0028] 优选地,在所述步骤6中,i时刻的预测坐标 $(\hat{x}_i, \hat{y}_i)$,则有:

$$[0029] \quad \hat{x}_i = \Delta\hat{x}_i + \hat{x}_{i-1}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$[0030] \quad \hat{y}_i = \Delta\hat{y}_i + \hat{y}_{i-1}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

[0031] 式中, $(\hat{x}_{i-1}, \hat{y}_{i-1})$ 为f-1时刻的预测坐标。

[0032] 本发明的有益效果:利用肌电信号驱动的交互技术,多通道追踪表面肌电信号,通过六个步骤实现了基于多通道表面肌电信号的手绘轨迹重建,是肌电信号识别技术的延伸,为交互式数字绘图工具的改进提供了一种有效渠道,也对康复工程、计算机辅助设计、机器人控制等领域的研究具有一定的参考意义。

附图说明

[0033] 图1为六步骤轨迹重建方法的原理图;

[0034] 图2为实验中所涉及的十二个基础图形;

[0035] 图3A及图3B为肌电电极的肌肉粘贴位置;

[0036] 图4电子笔启动按钮位置;

[0037] 图5握笔绘画姿势;

[0038] 图6重建出的部分手绘轨迹。

具体实施方式

[0039] 为使本发明更明显易懂,兹以优选实施例,并配合附图作详细说明如下。

[0040] 本发明提出了一种基于多通道表面肌电信号的手绘轨迹重建方法,如图1所示,本发明总共包含六个步骤,该方法的具体实施步骤如下:

[0041] 1、选择合适的受试者,本实验中选择了五名男性志愿者参与研究,所有受试者惯用右手,试告知受试者该轨迹重建方法适用的基本手绘形状集,并要求被试从该形态集的范围内选取基本绘画形态进行手绘。总共选择了十二个基本笔画图形,如图2所示,这些图形虽然形状各异,包含的八方向链码基本向量可以构成任意的复杂图形。

[0042] 2、受者的实验肌肉所对应的皮肤位置贴上电极片,实验肌肉包含触发肌肉与功能肌肉两类,其中触发肌肉为拇收肌,用于绘画动作起点判断,功能肌肉为三角肌、桡侧伸腕短肌、肱三头肌、指伸肌、桡侧腕屈肌、尺侧腕伸肌与肱二头肌七种,用于特征提取与进一步的轨迹重建,将肌电电极贴在右肢上,如图3A及图3B所示。

[0043] 3、受试者用拇指按压电子笔的启动按钮并保持该动作,此时拇收肌的肌电信号发生剧烈起伏,通过该肌电信号通道判断出手绘动作的起点,并触发余下七个通道的肌电

信号有效记录,绘制完成时释放按钮,停止肌电信号的追踪与采集。电子笔的启动按钮位置如图4所示,握笔绘画姿势如图5所示。

[0044] 4、将手绘动作的起点设为特征提取的起点,此后每50ms连续进行表面肌电信号提取,每50ms的肌电信号计算出一个肌电均方根值作为特征值;

[0045] 5、将提取的表面肌电信号均方根值(RMS)代入肌电手绘轨迹重建模型,相应地计算输出横、纵坐标上50ms前后的重建坐标差($\Delta\hat{x}, \Delta\hat{y}$)。横坐标差值的计算公式为:

$$\Delta\hat{x}_i = \sin\left(d_5 - d_1 - \frac{d_5}{d_4} + d_4 - 1.74 + \frac{2.09d_2 - 4.37}{d_5}\right) + 4.3 + d_7 - d_1 + \frac{d_7}{\exp\left(\left(\exp\left(\frac{\cos(d_1 + d_4 + 42.63)}{d_7}\right)\right)^2\right)} - \frac{d_2 \sin(d_3 + 8.89 - d_5)}{d_7} - d_4 - \frac{\exp(\sin(\sqrt{d_1}))(d_2 - 3.53)^2}{62.73} +$$

$$\cos\left(2d_1 - 0.45 + \frac{1}{d_3}\right) + \sin d_7 + \cos(d_1 + 7.63 - \cos(\cos(d_3) + 2d_5) - d_5) -$$

$d_6 + d_2 + d_5 - d_3$, 式中, d_1 代表桡侧伸腕短肌的RMS值, d_2 代表指伸肌的RMS值, d_3 代表尺侧腕伸肌的RMS值, d_4 代表桡侧腕屈肌的RMS值, d_5 代表肱三头肌的RMS值, d_6 代表肱二头肌的RMS值, d_7 代表三角肌的RMS值, $\Delta\hat{x}_i$ 代表算得的横坐标的差值。纵坐标差值的计算公式为:

$$\Delta\hat{y}_i = \frac{d_1 \sin d_1}{\exp(\sin(-0.36d_6) + 12.21d_2)} - 2d_6 + 2d_1 + d_7 - \sin(d_2 + 0.96) + \sin\left(d_1 - d_5 - \left(\exp\left(-\frac{0.78d_5}{d_3} + \sin(d_7)\right)\right)^2\right) + \cos\left(\left(\frac{d_3 - d_6 + 6.67}{-0.09d_2}\right)^2\right) - 8.33 + \frac{1}{d_7},$$

式中, $\Delta\hat{y}_i$ 代表算得的纵坐标的差值。

[0046] 6、以(0,0)为坐标原点,根据重建的坐标差,递归地算得每经过50ms的前后各时刻的预测坐标($\hat{x}_i, \hat{y}_i$),从而连贯成预测的绘图轨迹。

[0047] 根据上述六个步骤重建出的部分手绘轨迹如图6所示,根据该图可以发现该方法可以有效重建出这12个基本单笔手绘形态,重建得的形态辨识度与区分度也较高。

[0048] 经过实验验证,本发明可以较快捷地从肌电信号中重建出手绘形态轨迹,而且操作程序简单、快捷及准确,为基于多通道表面肌电信号的手绘轨迹重建提供了一个新的方法,为解决肌电信号识别与重建奠定了基础。

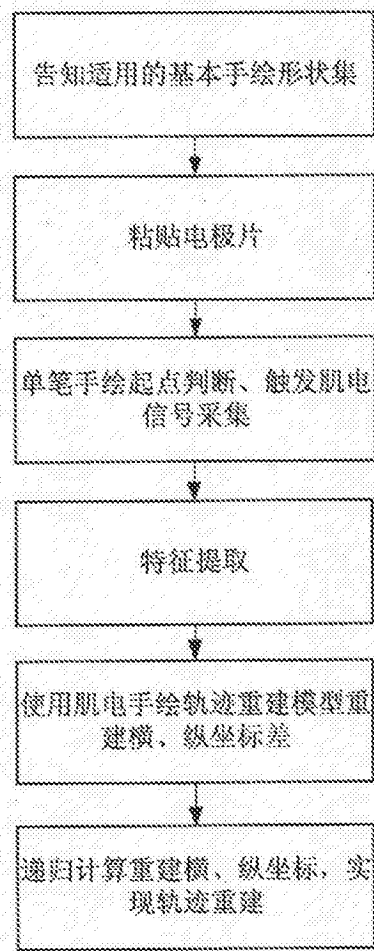


图1

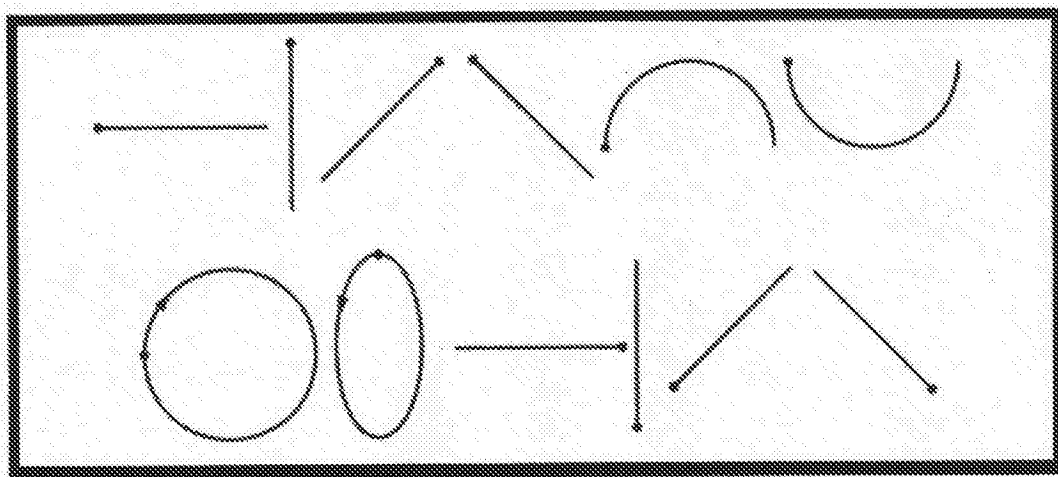


图2

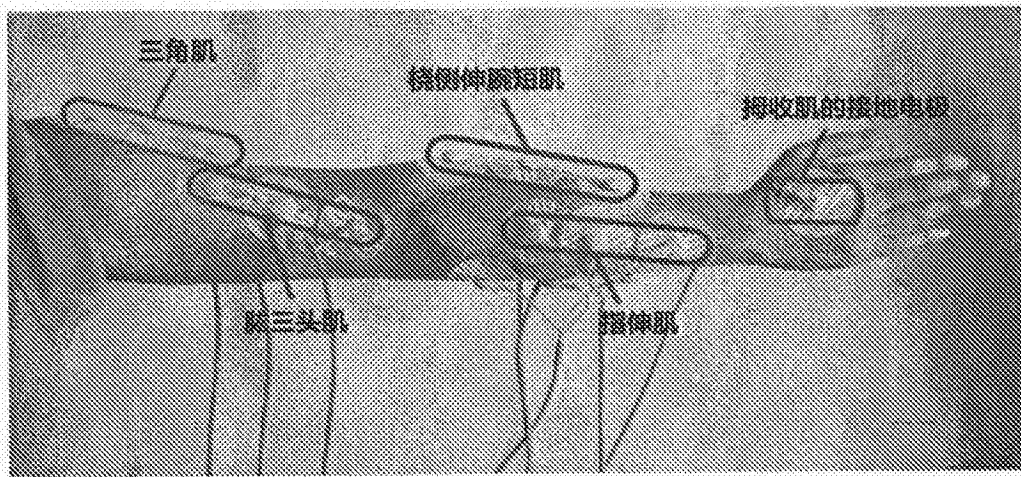


图3A

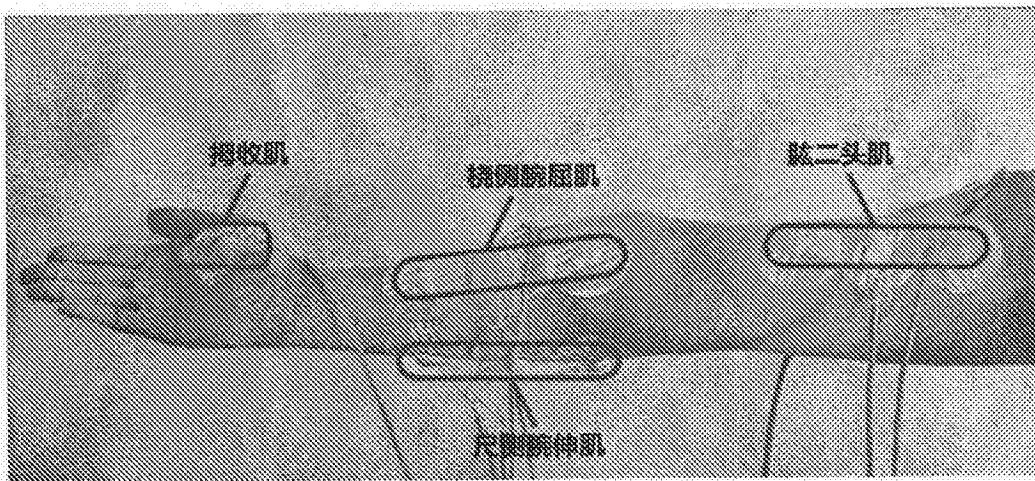


图3B

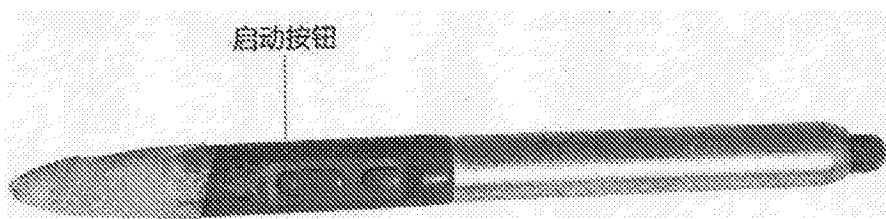


图4



图5

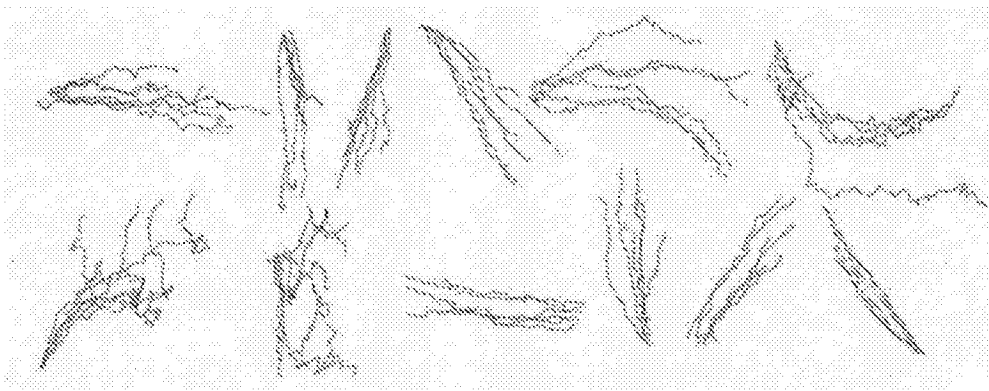


图6

专利名称(译)	一种基于多通道表面肌电信号的手绘轨迹重建方法		
公开(公告)号	CN108108654A	公开(公告)日	2018-06-01
申请号	CN2017110848790.2	申请日	2017-09-19
[标]申请(专利权)人(译)	东华大学		
申请(专利权)人(译)	东华大学		
当前申请(专利权)人(译)	东华大学		
[标]发明人	杨钟亮 陈育苗 文杨靓 赵丹 陆玄青 贾淼 石进珍		
发明人	杨钟亮 陈育苗 文杨靓 赵丹 陆玄青 贾淼 石进珍		
IPC分类号	G06K9/00 G06F3/01 A61B5/0492 A61B5/0488 A61B5/00		
CPC分类号	G06K9/00523 A61B5/0488 A61B5/0492 A61B5/72 G06F3/015		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及一种基于多通道表面肌电信号的手绘轨迹重建方法，可达到重建原始绘图轨迹的效果。本发明中的预测模型以坐标差而非原始坐标为目标向量，动态地反映了肌肉动作，与肌电信号的变化形成直接的因果关系，提高了重建精度；以拇指肌肉按压启动按钮的动作作为肌电信号采集的触发动作，应用自然；仅用表面肌电信号和绘图轨迹的非线性横、纵坐标回归模型，简洁高效，在肌电信号识别领域表现出了很大的应用潜力，对康复工程、计算机辅助设计、机器人控制等领域的研究具有一定的参考意义。

