

# 刺绣 CAD 中一种随机针码的生成算法研究

刘 坤, 罗予频, 杨士元

(清华大学自动化系, 北京 100084)

**摘要:** 针对刺绣 CAD 中的一种随机针码提出了一种新的生成算法。和已有的算法相比, 该算法生成的针码间距均匀, 针码之间交叉较少, 刺绣图案再现了原始图像的特征, 达到了较好的刺绣效果。

**关键词:** 随机针码; 刺绣 CAD; 交叉

## Research on Approach of Generating Random Stitch in Embroidery CAD

LIU Kun, LUO Yupin, YANG Shiyuan

(Department of Automation, Tsinghua University, Beijing 100084)

**【Abstract】** A new algorithm is proposed to generate random stitch in embroidery CAD system. Compared with other methods, the distances between the stitches generated by the algorithm are uniform and it can get few intersections between the stitches. The design embroidered by the algorithm embodies the character of the original image better and satisfactory embroidery effects have been obtained.

**【Key words】** Random stitch; Embroidery CAD; Intersection

刺绣是中国的一项传统手工艺, 目前单纯靠手工刺绣无法满足需求, 而利用刺绣CAD系统可以自由地设计刺绣图案, 还可以对刺绣效果进行仿真和预览<sup>[1]</sup>。因此市场上涌现出很多刺绣软件, 例如中国的天木、德国的Madeira、澳大利亚的Wilcom等。同时, 与之配套的各种针码生成算法也被开发出来, 供用户自由选择。

随机针码是这些针码中的一种, 它主要利用针码的疏密程度来反映图像中各区域灰度的不同, 它的针码长度和针码间的相对位置具有一定的随机性, 刺绣效果类似于绘画中的渲染层次。其中文献[2]使用了一种基于最近邻的方法生成针码, 但这种方法产生的针码之间存在较多交叉。因此, 本文提出了一种新的针码生成算法, 用它可以减少针码间的交叉, 达到较好的刺绣效果。

### 1 针码填充

对于任意一幅输入图像, 首先对其进行图像分割和边缘检测等处理, 得到表示图像各个区域的封闭多边形<sup>[3-5]</sup>, 例如在图 1(a)所示的封闭区域内进行针码填充后的效果如图 1(b)所示。

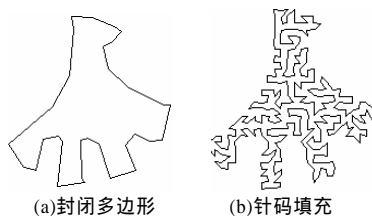


图1 刺绣针码填充

在给定的封闭多边形内进行针码填充的要求如下:

- (1) 针码的疏密程度能反映区域的灰度且针码间距均匀。
- (2) 针码的长度和针码间的相对位置具有一定的随机性。
- (3) 同一个区域内的针码首尾顺次相连。
- (4) 针码之间尽量避免产生交叉。这里称相互交叉的针码

为交叉线, 如图 2 中情况 1 所示;

(5) 针码应在给定的封闭区域内。跳到区域外的针码称为飞线, 如图 2 中情况 2 所示。

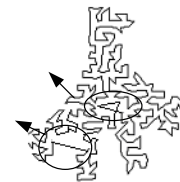


图2 交叉线和飞线示例

为了使生成的针码疏密程度能够反映区域的灰度级, 首先在该区域内生成一些随机点, 利用随机点的点数的多少来反映该区域的灰度级, 再将随机点连接起来。由于点的位置是随机的, 连接这些随机点后生成的针码的长度和针码间的相对位置也必然具有随机性。难点在于如何在保证这些随机点首尾顺次相连的同时, 尽量避免交叉线和飞线的出现, 这也是本算法的核心。

#### 1.1 随机点生成

首先在给定的区域内生成一些规则的正方形网格。网格的宽度和该区域的灰度成正比, 即越亮的区域内生成的网格间距越大; 反之区域越暗, 其内部生成的网格越密。再把每个网格点的坐标加上一个随机的扰动作为生成的随机点的坐标值。还可以通过控制随机点偏离规则网格点的远近程度来进一步调整随机点的分布。

#### 1.2 针码生成算法

在给定区域内产生随机点之后, 需结合对针码的要求将

**作者简介:** 刘 坤(1980—), 女, 博士生, 主研方向: 计算几何, 计算机视觉和模式识别; 罗予频, 教授; 杨士元, 教授、博导

**收稿日期:** 2005-12-31 **E-mail:** liukun03@mails.tsinghua.edu.cn

这些随机点连接起来。文献[4]使用了一种最近邻方法完成了对随机点的连接。其思路就是从某一个随机点出发,依次从剩余随机点中找到与它最近的点连接,直到所有的随机点都被连起来。例如对于图 3(a)中矩形区域内的 9 个随机点,若从点 1 出发,依次找最近点,则随机点的连接顺序为 1->4->5->8->9->6->3->2->7。连接效果见图 3(b)。

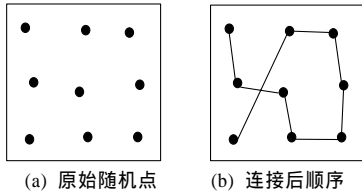


图 3 最近邻方法效果示例

其中以点 2、7 为端点的线段和点 4、5 连接的线段出现了交叉。若这些随机点所在的区域为凹多边形,还可能会产生飞线。基于这种情况,本文提出了下面的算法来对随机点进行连接,规则如下:

步骤 1 在给定区域内构造一个初始多边形  $G$ ,要求其各边均在给定的封闭区域内,并且除了首末端点外没有其他交点。通常从随机点中选取 3 个较近的点构成一个初始三角形。

步骤 2 找到离多边形  $G$  最近的随机点  $p$ 。其中多边形的每条边都存在一个与其最近的随机点,与各边最近的随机点分别为  $p_1, \dots, p_k$ , 对应的距离分别为  $d_1, \dots, d_k$ 。定义  $d_1, \dots, d_k$  中的最小值所对应的随机点  $p$  为离多边形最近的随机点。

步骤 3 对于随机点  $p$ , 从初始多边形中找到与之距离最近的边  $e$ 。其中点  $p$  到边  $e$  的距离定义为点到线段的距离,即过点  $p$  作到线段  $e$  的垂线,当垂足落在线段  $e$  上时,称边  $e$  为点  $p$  的可见边,这时取点  $p$  到线段  $e$  所在直线的距离作为点  $p$  到线段  $e$  的距离,否则,取点  $p$  到线段  $e$  的两个端点中较近的距离为点  $p$  到线段  $e$  的距离,此时称边  $e$  为点  $p$  的不可见边。

步骤 4 把边  $e$  拆成两条新的线段。将随机点  $p$  分别与线段  $e$  的两个端点相连接形成两条新的线段,同时将原边  $e$  删除。此时点  $p$  成为  $G$  的一个顶点,多边形  $G$  的边数加一。

步骤 5 返回到步骤 2, 直至所有随机点都连接起来。

其中,对于某个随机点  $p$ , 当与它距离最近的边不只是一条时,要尽量选择  $p$  的可见边进行拆分。如果存在两条最近边对点  $p$  都不可见,且这两条边是相邻边时,需要比较点  $p$  和两条边的公共交点的连线与这两条边的夹角大小,选择与之夹角较小的边进行拆分。例如对于图 4(a)中的点  $P$ , 它的两条最近边为线段  $AB$  和  $BC$ , 线段  $AB$  和  $BC$  存在公共交点  $B$ , 其中线段  $PB$  和线段  $AB$  的夹角为  $\alpha$ , 线段  $PB$  和线段  $BC$  的夹角为  $\beta$ , 选择小角  $\alpha$  对应的  $AB$  边进行拆分,效果如图 4(b)所示,否则连接效果如图 4(c)所示,边  $PC$  与边  $AB$  会产生交叉。

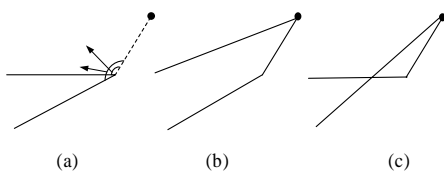


图 4 最近边的选择

总结随机点的连接过程,如下所述。

(1) 选定一初始多边形  $G$ 。存在随机点集合  $P$ ,  $P=\{p_i, i=1, 2, \dots, m\}$ 。从中选出若干点组成初始多边形  $G$ , 多边形

的边界为  $E$ ,  $E=\{e_i, i=1, 2, \dots, n\}$ ;

(2) 确定下一个要连接的随机点  $p_k$ 。与  $G$  中各边最近的随机点为  $p_{k1}, \dots, p_{kn}$ , 相应的最近距离分别为  $d_{k1}, \dots, d_{kn}$ 。  $d_{k1}, \dots, d_{kn}$  中的最小值对应的随机点为  $p_k$ ;

(3) 找到与点  $p_k$  最近的边  $e_k$ ;

(4) 将  $e_k$  的两个端点分别和点  $p_k$  连接, 同时将  $e_k$  和  $p_k$  分别从  $E$  和  $P$  中删除。此时  $E=\{e_i, i=1, 2, \dots, n+1\}$ ;  $P=\{p_i, i=1, 2, \dots, m-1\}$ ;

(5) 判断  $P$  是否为空, 若  $P$  非空, 转到步骤(2), 若  $P$  为空, 则表明  $P$  中所有点都已被连接完毕, 结束。

下面举例说明单个点的连接过程。设图 5(a)所示的三角形  $ABC$  为初始多边形, 与边  $AB, BC, AC$  对应的最近的随机点分别为点  $P_1, P_2, P_3$ , 相应的距离分别为  $d_1, d_2, d_3$ , 选择最小值  $d_3$  对应的随机点  $P_3$  为下一个欲连接的随机点, 将点  $P_3$  与它的最近边  $BC$  的两个端点分别相连, 同时将  $BC$  边从  $G$  中删去。此时  $G$  如图 5(b)所示。就完成了对单个点的连接。

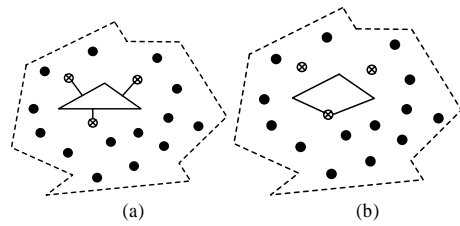


图 5 单个随机点的连接

对于图 3(a)中的 9 个随机点, 假定初始多边形为由图 6(a)所示的随机点 1, 4, 7 组成的三角形, 离此多边形最近的点为点 5, 以点 4, 7 为端点的线段是初始多边形中与点 5 最近的线段。连接点 5, 4 和点 5, 7 组成两条新的线段, 删除由点 4, 7 组成的线段后效果见图 6(b)。再按照同样的方法, 依次连接点 8, 9, 2, 6, 3, 2, 最后 9 点的连接顺序依次为 1->4->5->2->3->6->9->8->7, 见图 6(c)。

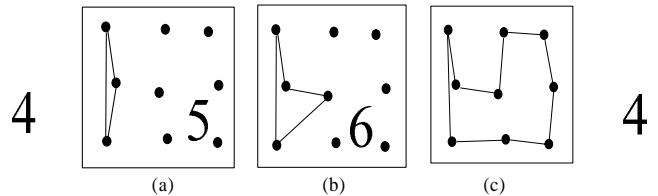


图 6 随机点连接过程示例

## 2 试验结果与结论

利用本文的算法针码填充后得到的刺绣效果如图 7、图 8 所示。其中图 7(a)、图 8(a)为原始输入图像, 图 7(b)、图 8(b)为针码填充后的刺绣效果。表 1 为图 7、图 8 生成不同的针码时产生的交叉数与交叉率(交叉针码数/总针码数)及消耗的时间(奔 900 处理器, 384MB 内存)。

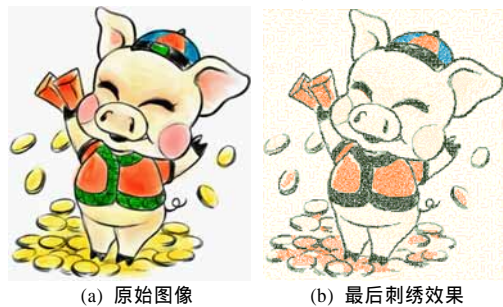


图 7 针码生成效果示例 1



图 8 针码生成效果示例 2

表 1 生成针码数目和交叉数

| 输入图像   | 针码总数   | 交叉数 | 交叉率   | 消耗时间(ms) |
|--------|--------|-----|-------|----------|
| 图 7(a) | 6 512  | 6   | 0.92‰ | 9 140    |
|        | 9 478  | 10  | 1.05‰ | 12 126   |
|        | 12 548 | 13  | 1.04‰ | 15 528   |
| 图 8(a) | 8 124  | 7   | 0.85‰ | 10 524   |
|        | 10 245 | 10  | 0.97‰ | 13 458   |
|        | 13 241 | 16  | 1.2‰  | 16 789   |

(上接第 260 页)

程序；如果是输入法功能键(如输入码清除键)，则清空输入码，并隐藏 WCompose 窗口和 WCand 窗口；如果是其它类虚键，则通过系统接口层回传给使用输入法的应用程序。需要强调的是如果是无物理键盘的手持设备，是由输入接口层提供输入界面，然后在输入处理层中转换为规范的虚键消息后传递到系统接口层，其余处理完全相同。

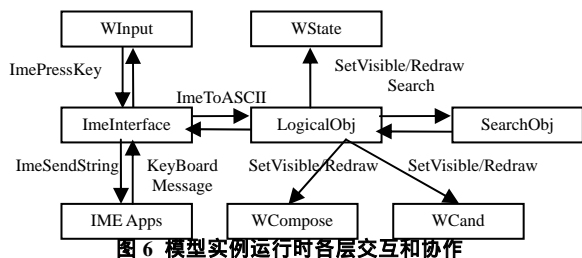


图 6 模型实例运行时各层交互和协作

#### 4 结束语

手持设备的汉字输入现状决定了前述目前迫切需要解决的问题<sup>[6]</sup>。本文提出了一个手持设备的汉字通用输入模型，对手持设备的汉字输入问题的解决有一定的借鉴作用。目前，

(上接第 279 页)

品的设计带来事半功倍的效果。Eclipse 良好的扩展性也使 ReDe 的扩展性方便易用，它本身的工具给 ReDe 的开发管理维护带来方便，但是 Eclipse 作为一个框架，过分地限制了设计人员的设计空间。Eclipse 建立在 Java 虚拟机之上，也使得基于 Eclipse 开发的嵌入式 IDE 必须建立在 Java 虚拟机之上，这样给 IDE 的运行速度带来稍许影响，另外第 3 方工具的开发必须在 Eclipse 环境下进行，这要求第 3 方工具开发者必须了解 Eclipse 插件开发的知识。

#### 3 小结

由于 Eclipse 成熟、健壮和优雅的设计，Eclipse 的可扩展性框架给嵌入式 IDE 的开发带来了全新的动力，给开发者提供了一个全新的平台。在基于 Eclipse 可扩展性框架的产品的开发时，开发者并不需要去了解 Eclipse 的实现细节，只需

从上面的试验结果可以看出，本算法利用针码的疏密体现了原始图像中各个区域灰度的变化，生成的针码间距均匀，和其他算法相比，本算法生成的针码中交叉线和飞线较少，算法速度较快，具有较好的鲁棒性。

#### 参考文献

- 1 宋晓丹, 罗子频, 武藤幸好等. 刺绣仿真建模与实现[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2001, 13 (10): 876-881.
- 2 陆 刚, 赵延雯, 吴世林. 一种基于图像分割的绣花针法生成算法[J]. 武汉科技学院学报, 2001, 14(4): 21-24.
- 3 陆 刚. 基于图形图像处理的个人绣花 CAD 系统的开发[D]. 武汉: 华中科技大学, 2002.
- 4 Castleman K R. 朱志刚译. 数字图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 1998.
- 5 刘 峻. 基于知识的编程系统[J]. 计算机应用研究, 2000, 17(6): 73-78.

本模型已经可以支持目前流行的手持设备操作系统，包括 Windows CE 系列、Symbian、Embedded Linux 和 Palm OS 等。采用本模型开发的输入系统已经在香港发行。

#### 参考文献

- 1 中华人民共和国信息产业部. 2004 年 1-12 月份通信行业运行状况 [EB/OL]. <http://www.mii.gov.cn/mii/hyzw/tongji/tongjifenxi1-12.htm>. 2005.
- 2 周克兰, 张玉华. 汉字数码输入法功能的分析与研究[C]. 2002 年汉字输入技术与应用研讨会论文集. 温州: 中国中文信息学会, 2002: 34-37.
- 3 朱巧明, 李培峰, 钱培德. 基于 Windows9x/2000/NT 平台汉字输入法的设计[J]. 小型微型计算机系统, 2000, 21(11): 1217-1220.
- 4 李培峰, 朱巧明, 钱培德. Linux 下的汉字输入法设计技术[J]. 计算机应用, 2002, 22(6): 88-90.
- 5 李培峰, 朱巧明, 钱培德. 多文种环境下汉字内码识别算法的研究[J]. 中文信息学报, 2004, 18(2): 73-79.
- 6 华绍和, 高精鍊, 张燕成. 数码文字输入重在系统解决方案[C]. 汉字数字码输入技术应用高峰论坛论文集. 2004: 1-6.

专注产品本身的功能，同时这种产品又继承了 Eclipse 的可扩展性框架而使其具有良好的扩展性，为以后的产品扩展打下基础。基于 Eclipse 的可扩展性框架，开发者可以轻松地开发出高质量的产品，如前所说，这种框架已得到很多应用。

#### 参考文献

- 1 Gamma E, Beck K. Contributing to Eclipse: Principles, Patterns, and Plug-ins[M]. Addison Wesley, 2003.
- 2 Birsan D. On Plug-ins and Extensible Architectures[Z]. <http://www.acmqueue.org/>.
- 3 Johnson R E. Components, Frameworks, Patterns[J]. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, 1997, 22(3): 10-17.
- 4 刘培宁. 基于 Eclipse RCP 的应用系统的研究和分析[D]. 上海: 华东计算技术研究所, 2005.