

文章编号:1007-2780(2013)01-0082-05

用于投射式电容触摸屏中的爬山搜索算法研究

沈 奕, 吕岳敏

(汕头超声显示器有限公司, 广东 汕头 515041, E-mail: yishen@goworld-lcd.com)

摘 要: 为了提高其检测频率及灵敏度而将爬山搜索算法应用在投射式电容触摸屏感应电极的电容检测上。利用计算机程序的控制以及一定的检测电路, 在一高精度的投射式电容触摸屏上实现了普通或改进的爬山搜索算法。对程序运行过程的分析可知, 相比于传统的检测方法, 采用爬山搜索算法可以将高精度投射式电容触摸屏的检测频率提高几倍, 而相对于普通的爬山搜索算法, 采用改进的爬山搜索算法还可以提高投射式电容触摸屏的抗局部干扰能力。最后, 采用划线法的灵敏度测试也表明, 爬山搜索算法可以有效地提高投射式电容触摸屏检测灵敏度。

关 键 词: 电容触摸屏; 爬山搜索算法; 检测频率; 灵敏度

中图分类号: TN27 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20132801.0082

Mountain-Climb Searching Algorithm Used in Projective Capacitive Touch-Screen

SHEN Yi, LV Yue-min

(Shantou Goworld Display Co., Ltd., Shantou 515041, China, E-mail: yishen@goworld-lcd.com)

Abstract: Aiming at improving the detecting frequency and sensitivity, mountain-climb searching algorithm was used in projective capacitive touch-screen for the capacitance measuring of the sensor-electrodes. With the control of computer programs and some detecting circuits, the ordinary mountain-climb searching algorithm and the optimized one were realized on a precise projective capacitive touch-screen. The analysis of the program running process indicates that, with the mountain-climb searching algorithm, the detecting frequency of a precise projective capacitive touch-screen can be improved for at less several times compared with the tradition detecting methods. Except this, the optimized mountain-climb searching algorithm can also improved the anti local disturb capability of the touch-screen. Test of sensitivity by line-drawing methods also indicates that the mountain-climb searching algorithm can effectively improve the detecting sensitivity of projective capacitive touch-screen.

Key words: capacitive touch-screen; mountain-climb searching algorithm; detecting frequency; sensitivity

1 引 言

自 2007 年苹果公司的 iphone 推出之后, 投

射式电容触摸屏已广泛地应用在手机、平板电脑等多种消费类电子产品上^[1-3]。一般来说, 投射式电容触摸屏在感应区域上布置有多个分别按 X、

收稿日期: 2012-04-28; 修订日期: 2012-10-12

作者简介: 沈奕(1974—), 男, 广东潮州人, 硕士, 教授级高级工程师, 从事平板显示与触控器件的研究工作。

Y 方向排列而相互交叉的感应电极,并通过检测这些感应电极的对地电容变化来得知手指在触摸屏上的触摸动作^[4-6]。这种电容触摸屏的传统的检测方法,一般是采用“遍历”的方式对这些感应电极进行逐个检测而反馈出触摸位置的,然而,随着消费类电子产品的发展,触摸屏的尺寸和精度都在不断地提高,其感应电极的数量越来越多,例如,对于电极尺寸为 1 mm 左右的高精度投射式电容触摸屏,如果依然采用这种传统的检测方法,则会导致每一检测帧所需的时间增多,降低了触摸屏的检测频率和灵敏度。

另一方面,在自动化控制领域,作为一种智能计算方法,爬山搜索算法已被应用在多种电子设备的信号检测中^[7-9]。我们发现,爬山搜索算法也可以应用在投射式电容触摸屏中,以提高其检测灵敏度,为此,我们将探讨爬山搜索算法在投射式电容触摸屏中的应用。采用爬山搜索算法,可以有效地提高投射式电容触摸屏的检测效率,使得触摸屏在感应电极增多的情况下,也可以具有足够高的检测频率和灵敏度。

2 爬山搜索算法介绍

通过一定的智能判断,爬山搜索算法可以在多个解构成的解集中高效地搜索出正确的解,而投射式电容触摸屏则需要多个感应电极的集合中检测出手指所触摸的感应电极,因此,可以将爬山搜索算法应用在投射式电容触摸屏中,以提高投射式电容触摸屏的检测效率。爬山搜索算法一般有普通算法,以及人们为了适合各种应用而改进的改进算法^[5-6]。

2.1 普通的爬山搜索算法

普通的爬山搜索算法的原理如下:

(1)从起始位置 x_0 开始,先以一个较大的步长 L 选取一个序列 $\{x_0, x_0 + L, x_0 + 2L, \dots, x_0 + nL, \dots\}$ 进行检测,在搜索过程中,不断对当前位置与下一位置的检测值进行实时比较,如果下一位置的检测值大于当前位置的检测值,则表示检测值在逐渐增大,搜索的方向正确,继续以该方向进行搜索;

(2)当下一位置的检测值小于当前位置的检测值时,则表示已经越过了目标位置,此时结束第一次搜索,并减小步长进行反方向的下一次搜索;同理,当检测值再次出现减小现象时,又再次减小

L 进行反方向的下一次搜索;

(3)如此反复搜索,直到步长减小到设定值,返回最后一次搜索得到的最大值位置作为结果。

图 3 表示一次普通爬山搜索算法的搜索过程,其中,箭头表示搜索的方向,A、B 和 C 表示扫描信号出现减小的位置,D 表示扫描到最后得到的最终结果。

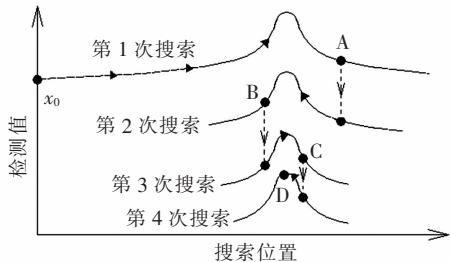


图 1 普通爬山搜索算法

Fig. 1 Ordinary mountain-climb searching algorithm

2.2 改进的爬山搜索算法

虽然普通的爬山搜索算法可以高效地搜索出正确的解,但是,如图 2 所示,在投射式电容触摸屏中,由于在远离触摸点的区间,不同感应电极间的对地电容变化非常小,如果在该区间出现一定的局部干扰,则会使得检测值出现一定的局部极值 A,如果采用普通的爬山搜索算法,系统容易将局部极值 A 认为是正确解,而无法找到正确解 B。

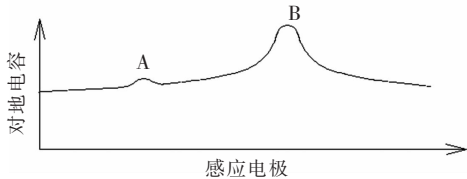


图 2 局部干扰示意图

Fig. 2 Diagram of a local disturb

为了克服上述问题,这里采用了一种改进的爬山搜索算法,其原理如下:

(1)从起始位置 x_0 开始,先以一个较大的步长 L 选取一个序列 $\{x_0, x_0 + L, x_0 + 2L, \dots, x_0 + nL, \dots\}$ 进行全面搜索,并记下其最大值位置;

(2)再以最大值位置的前一站作为出发点、后一站作为为终点,减少步长,选取第二个序列进行第二次全面搜索,记下其最大值位置;

(3)如此反复搜索,直到步长 L 减小到设定

值,结束搜索并返回最后一次搜索的最大值位置为最终结果。

图 3 表示一次改进的爬山搜索算法的搜索过程,其中 A 为第 1 次搜索得到的最大值位置,B、C 分别为第 2 序列的出发点和终点,D 为第 2 次搜索得到的最大值位置,继续缩小步长 L 进行搜索,最终在第 4 次搜索得到最终结果 E。

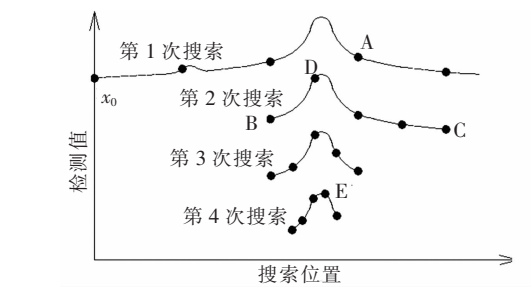


图 3 改进的爬山搜索算法

Fig. 3 Optimized mountain-climb searching algorithm

这种改进的爬山搜索算法能有效排除局部极值导致的误判断,使系统能较为准确可靠地找出全局的最大值,因此应用在投射式电容触摸屏上,可以防止一定的局部干扰。

3 实验设计

3.1 实验装置的设计

实验采用如图 4 所示的高精度投射式电容触摸屏,其具有 $X_0 - X_{128}$ 共 129 个 X 感应电极,每个 X 感应电极的宽度仅为 1 mm。为了使结果更加清晰,我们仅以 X 方向电极进行研究,并利用计算机对其检测过程进行控制。实验装置如图 5 所示,其中,检测单元连接到每个感应电极,其可以在计算机的指令控制下检测感应电极的对地电容,并通过数据接口将检测的结果输入到计算机

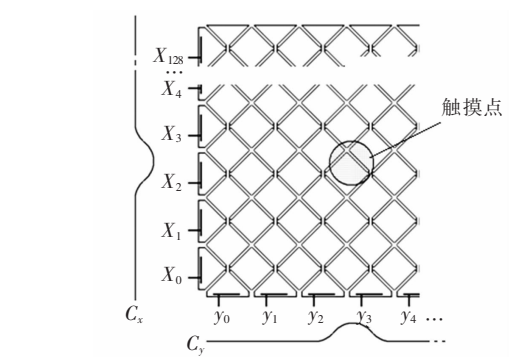


图 4 投射式电容触摸屏的电极

Fig. 4 Diagram of the electrodes of capacitive touch-screen

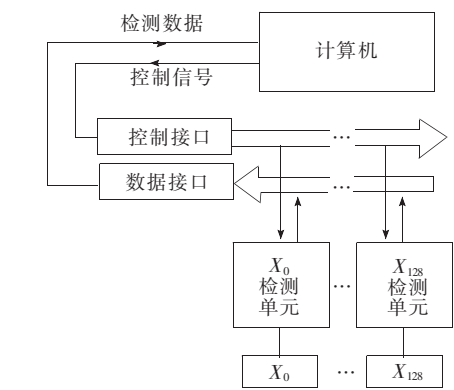


图 5 实验装置示意图

Fig. 5 Diagram of the experimental apparatus

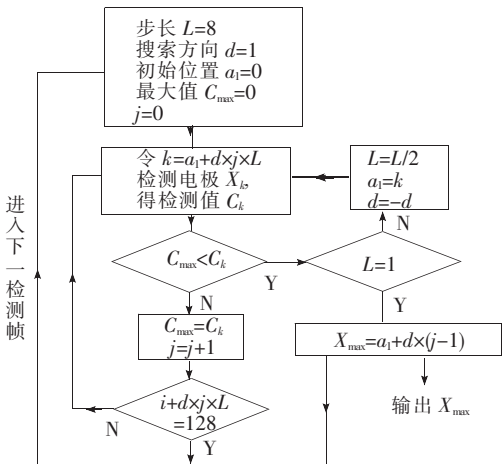


图 6 普通爬山搜索算法的程序流程图

Fig. 6 Program flow chart of the ordinary mountain-climb searching algorithm

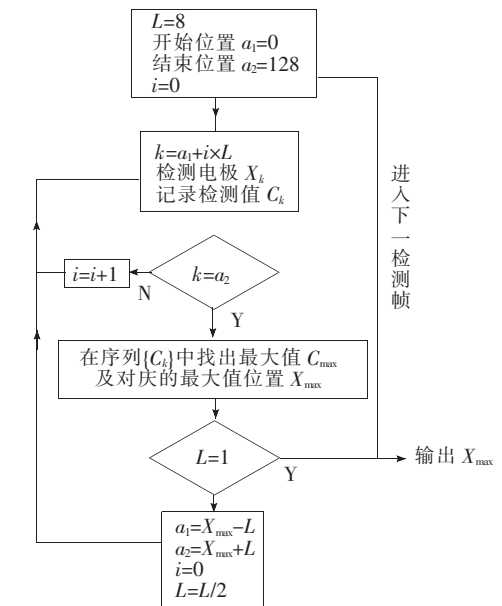


图 7 改进的爬山搜索算法的程序流程图

Fig. 7 Program flow chart of the optimized mountain-climb searching algorithm

中。因此,可以通过编程在该电容触摸屏上实现传统的、以及采用上述两种爬山搜索算法的检测,而通过程序运行记录,则可以了解触摸屏的整个检测过程。为了方便,在实验中,我们设定每次检测的时间为 1 ms。

3.2 程序设计

为实现上述的爬山搜索算法,设计如图 6、7 所示的程序,其中,搜索步长 L 按照 $8 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 1$ 的等比方式递减。

4 检测过程分析

4.1 普通爬山搜索算法

在计算机上运行普通爬山搜索算法程序,随机选取 X_{27} 位置作为触摸点放置一末端直径为 1 mm 的接地铜柱以模拟手指的触摸。通过计算机的程序运行记录,可以得知每一检测帧内的检测过程如下:

(1)以步长 $L=8$ 进行第 1 次搜索,被检测的电极依次为 $X_0 \rightarrow X_8 \rightarrow X_{16} \rightarrow X_{24} \rightarrow X_{32}$,在 X_{32} 处检测值开始降低,停止第 1 次搜索,共有 5 次检测;

(2)减小步长到 $L=4$ 进行第 2 次搜索,被检测的电极依次为 $X_{32} \rightarrow X_{28} \rightarrow X_{24}$,在 X_{24} 处检测值开始降低,停止第 2 次搜索,共有 3 次检测;

(3)进一步减小步长 $L=2$ 进行第 3 次搜索,被检测的电极依次为 $X_{24} \rightarrow X_{26} \rightarrow X_{28}$,在 X_{28} 处检测值开始降低,停止第 3 次搜索,共有 3 次检测;

(4)更进一步减小步长 $L=1$ 进行第 4 次搜索,被检测的电极依次为 $X_{28} \rightarrow X_{27} \rightarrow X_{26}$,在 X_{26} 处检测值开始降低,停止第 4 次搜索,由于步长 L 已经降低到了 1,输出最终的结果 X_{27} ,共有 3 次检测。整个过程共需 $5+3+3+3=14$ 次检测。

为了验证触摸屏的抗干扰性,我们还刻意地在 X_{15} 位置放置一个直径为 0.5 mm 的小钢珠以模拟一定的局部干扰,再次选择 X_{27} 作为触摸点,通过计算机的程序运行记录可以看出,100 次程序循环输出的结果中,有 94 次为 X_{15} ,仅有 6 次为 X_{27} ,可以看出,在存在局部干扰的情况下,系统非常容易出现误判。

4.2 改进的爬山搜索算法

运行图 7 所示的改进的爬山搜索算法,同样选取 X_{27} 位置作为触摸点,通过计算机的程序运行记录,可以得知每一检测帧内的检测过程如下:

(1)以步长 $L=8$ 进行第 1 次搜索,被检测的

电极依次为 $X_0 \rightarrow X_8 \rightarrow \dots \rightarrow X_{128}$ 在 X_{24} 位置检测到最大值 $C_{\max}$,完成第 1 次搜索,共有 18 次检测;

(2)减小步长到 $L=4$ 进行第 2 次搜索,被检测的电极依次为 $X_{16} \rightarrow X_{20} \rightarrow X_{24} \rightarrow X_{28} \rightarrow X_{32}$,在 X_{28} 位置检测到最大值 $C_{\max}$,完成第 2 次搜索,共有 5 次检测;

(3)进一步减小步长 $L=2$ 进行第 3 次搜索,被检测的电极依次为 $X_{24} \rightarrow X_{26} \rightarrow X_{28} \rightarrow X_{30} \rightarrow X_{32}$,在 X_{26} 位置检测到最大值 $C_{\max}$,完成第 3 次搜索,共有 5 次检测;

(4)更进一步减小步长 $L=1$ 进行第 4 次搜索,被检测的电极依次为 $X_{24} \rightarrow X_{25} \rightarrow X_{26} \rightarrow X_{27} \rightarrow X_{28}$,在 X_{27} 位置检测到最大值 $C_{\max}$,完成第 4 次搜索,由于步长 L 已经降低到了 1,输出最终的结果 X_{27} ,共有 5 次检测。整个过程共需 $18+5+5+5=33$ 次检测。

同样,我们刻意地在 X_{15} 位置放置小钢珠以模拟一定的局部干扰,再次选择 X_{27} 作为触摸点,通过计算机的程序运行记录可以看出,100 次程序循环的输出结果全部都为 X_{27} ,因此可以认为,存在局部干扰的情况下,系统并不会出现如普通爬山搜索算法的误判。

4.3 小结

容易得知,如果采用传统的检测方法,上述高精度投射式电容触摸屏每一检测帧需要进行 129 次检测,需要 129 ms 的检测时间,检测频率只有 7.8 Hz。而由上面的过程分析可知,相对于传统的检测方法,采用两种爬山搜索算法,每一检测帧的检测次数都明显地减少了。如果对这两种算法做进一步的分析,我们还可知,采用普通的爬山搜索算法,其每一检测帧的检测次数为 11~33 次,其检测频率为 31.2~91.9 Hz,而改进的爬山搜索算法每一检测帧的检测次数为 33 次,检测频率为 31.2 Hz。因此,无论采用普通的爬山搜索算法或是改进的爬山搜索算法,都可以将检测频率提高几倍。通过实验的对比也可以看出,采用改进的爬山搜索算法,相对于普通的爬山搜索算法,还可以提高投射式电容触摸屏的抗局部干扰能力。

5 灵敏度测试

为了进一步验证采用爬山搜索算法后灵敏度

的提高,我们采用划线法,以上述铜柱按 5 cm/s 速度在触摸屏上划线(从 X_{40} 到 X_{100}),并且利用计算机记录并观察检测到的触摸点,结果如图 8 所示,可以看出,采用普通的爬山搜索算法,由于具有足够高的检测频率,因此铜柱划过时,几乎所有感应电极都可以及时地检测到铜柱的触摸动作,结果得到一条密集度与电极密度接近的触摸点轨迹,其表示较高的检测灵敏度;采用改进的爬

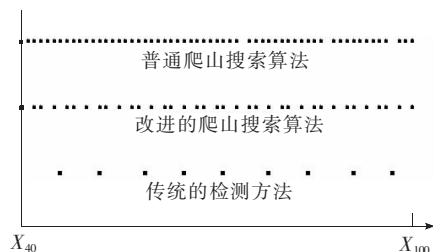


图 8 计算机记录的触摸点轨迹

Fig. 8 Computer records of the track of touch dots

山搜索算法,其触摸点轨迹的密度稍低;而采用传统的检测方法,由于检测频率非常低的原因,铜柱划过时,很多电极错过了对铜柱的检测,因此得到一条非常稀疏的触摸点轨迹,其表示较低检测灵敏度。通过对比可以看出,无论采用普通的或是改进的爬山搜索算法,都可以有效地提高投射式电容触摸屏的检测灵敏度。

6 结 论

将爬山搜索算法应用在投射式电容触摸屏的感应电极检测中,无论是普通的爬山搜索算法,还是改进的爬山搜索算法,都可以明显地提高投射式电容触摸屏的检测效率,由此带来了检测频率以及检测灵敏度的提高。相对于普通的爬山搜索算法,采用改进的爬山搜索算法,还可以提高投射式电容触摸屏的抗局部干扰能力。

参 考 文 献:

- [1] John Feland, 赵立晴. 触摸未来:投射电容式触摸屏引领新市场 [J]. 现代显示, 2009, (4):15-18.
- [2] 李兵兵, 黄子珍. 电容式多点触摸屏的器件设计及算法实现 [J]. 液晶与显示, 2011, 26(2):750-753.
- [3] 赵爱玲, 王丙军, 侯君, 等. 基于 PSD 的新型触摸屏板技术 [J]. 液晶与显示, 2011, 26(6):216-219.
- [4] 蔡添进, 张成龙, 陈建忠, 等. 大尺寸投射电容式触摸屏的扫描装置及扫描方法:CN, 200910195483 [P]. 2011-04-20.
- [5] 游荣鑫, 王彦涵. 浅谈投射式电容触摸屏设计 [J]. 现代显示, 2011, (9):30-33.
- [6] 李文生, 邓春健, 吕燚. 基于触摸显示屏的人机交互手势分析 [J]. 液晶与显示, 2011, 26(2):194-199.
- [7] 刘涛, 赵武, 马晓龙, 等. 一种带有限位功能的步进电机控制器 [J]. 电子技术应用, 2011, 37(6):48-51.
- [8] 郑玉珍. 自动对焦中的优化爬山搜索算法 [J]. 浙江科技学院学报, 2005, 17(3):171-174.
- [9] 宫光勇, 何文忠, 高旭辉. 红外系统中自动调焦爬山搜索算法的优化设计 [J]. 激光与红外, 2007, 11:1213-1215.