

文章编号:1007-2780(2011)02-0216-04

电容式多点触摸屏的器件设计及算法实现

李兵兵,黄子强

(电子科技大学 光电信息学院, 四川 成都 610054, E-mail:ice_stone1986@163.com)

摘 要: 对电容式多点触摸技术进行了初步研究,探索了苹果公司多点触摸技术的实现方法,设计了简易可行的器件结构,并开辟了相应的多点触摸算法。该方案虽无法和真正意义上的多点触摸相媲美,但具有结构简单、成本低且易于实现等优点。

关 键 词: 投射电容式; 多点触摸; 简单可行

中图分类号: TP334; TN27 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20112602.0216

Device Design and Algorithm Implementation of Capacitive Multi-Touch Screen

LI Bing-bing, HUANG Zi-qiang

(Institute of Optoelectronic Information, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China, E-mail: ice_stone1986@163.com)

Abstract: This paper preliminarily studies the capacitive multi-touch technology and analyzes how Apple achieve multi-touch technology. Through these, this paper designs brief and feasible device structures and opens up the corresponding multi-touch algorithm. Although the program cannot be comparable with true multi-point touch, its striking features are simple, feasible, easy to implement and low cost.

Key words: projected-capacitive; multi-point touch; simple and feasible

1 引 言

苹果公司的 iPhone 和 iPod 触摸屏凭借其出色的多点触摸功能所提供的前所未有的用户体验,在手机行业异军突起,成为一支新秀^[1-2]。如今多点触摸技术正逐步扩展到手机、电视、控制台等多个领域,但是目前的多点触摸屏都是基于苹果公司的专利实现,其设计的电容触摸屏器件结构采用交互电容型。交互电容型触摸屏有相互隔离的驱动线和检测线,每行和每列交叉点都需单独扫描检测,扫描次数是行数和列数的乘积。例如,一个 10 根行线、15 根列线所构成的触摸屏,使用自电容型的轴坐标方式,需要扫描的次数为

25 次,而多点触摸识别位置方式则需要 150 次,导致交互电容型触摸屏在引电极时要求精细,在制作工艺上很难实现。另外,由于受专利的限制,现在的双点触摸识别算法也不明朗。

本文对几种电容式触摸屏原理进行了分析,设法找到一个在制作工艺、触点算法上容易实现且能够达到效果的全新电容触摸屏。

2 电容触摸屏的原理及器件设计

2.1 几种电容触摸屏的原理及区别

目前比较流行的电容触摸屏主要采用的是表面电容式触摸原理^[3-10]。表面电容式触摸屏的感应屏是一块 4 层复合玻璃屏,玻璃屏的内表面和

夹层各涂有一层导电层,最外层是一薄层砂土玻璃保护层。当用手指触摸在感应屏上的时候,人体的电场让手指和触摸屏表面形成一个耦合电容,对于高频电流来说,电容是直接导体,于是手指从接触点吸走一个很小的电流。这个电流分别从触摸屏的四角上的电极中流出,并且流经这 4 个电极的电流与手指到四角的距离成正比,控制器通过对这 4 个电流比例的精确计算,得出触摸点的位置。但是表面电容式触摸屏有一些局限性,它只能识别一个手指或者一次触摸;另外,考虑到电极的尺寸,表面电容式触摸屏并不适用于小尺寸屏幕(如那些用在手持式平台上的屏幕)。

投射电容式触摸屏利用的是触摸屏电极发射出的静电场线进行感应。一般用于投射电容传感技术的电容类型有两种:自我电容和交互电容。自我电容又称绝对电容,是广为采用的一种方法。它把被感觉的物体作为电容的另一个极板,该物体在传感电极和被传感电极之间感应出电荷,从而被感觉到,所测量的电荷存储在结果电容耦合中。交互电容又叫做跨越电容,它是通过相邻电极的耦合产生的电容。当被感觉物体靠近从一个电极到另一个电极的电场线时,交互电容的改变会被感觉到,从而测算出位置。在上述两种类型的投射电容式传感器中,传感电容可以按照一定方法进行设计,以便在任何给定时间内都可以探测到手指的触摸,该触摸并不局限于一根手指,也可以是多根手指。

2.2 电容触摸屏的器件设计

苹果公司在 iPhone 和 iPod 触摸屏中采用的是交互电容技术。该交互电容型触摸屏有相互隔离的驱动线和检测线,控制器使用的传感设计是驱动 Y 轴上的每一条线,一次驱动一条。对于每一条 Y 轴线,控制器测量该线和每一条 X 轴线的交叉电容。但是,这种技术需引电极数过多,在工艺上要求精细,且在环境噪声影响方面比自我电容技术更敏感。

本设计采用自我电容技术,投射电容触摸屏分 3 层,两层分别用于沿 X 和 Y 轴的感测,另一层用于屏蔽 LCD 模块本身产生的噪声。如图 1 所示,蓝色和红色部分即为上面两个感应层,最低层在图中没有显示,半透明部分为手指示意。手指和感应层构成基本电容。每个感应层是一组电

容单元的集合,每个电容单元由菱形结构组成。上下两层电容单元垂直交叉,分别针对 X 和 Y 轴,以便确定触点位置,感应层采用菱形结构,把 X 和 Y 电极轨迹的交叉面积降至最小。在尺寸设计方面,导电物体应接触或耦合至少一个以上电容单元。密度越高,触摸的空间分辨率也越高。但为了使坐标定位算法上极易实现,建议导电物体最多同时能接触两个电容单元。假设手指的有效触摸面积为 $10\text{ mm} \times 10\text{ mm}$,根据以上两条规则,在设计电容触摸单元尺寸时应满足 $5\text{ mm} < L < 10\text{ mm}$ (L 为菱形的对角线长度)。

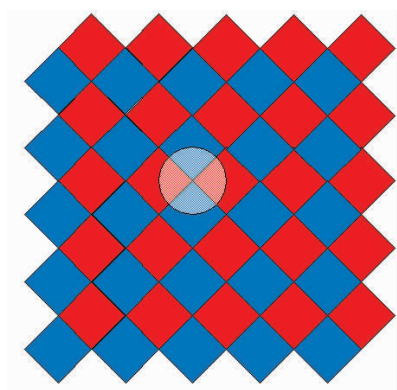


图 1 投射电容式触摸屏布局示意图

Fig. 1 Layout diagram of projected capacitive touch screen

3 单点触摸到多点触摸的算法设计

所谓的多点触摸技术就是指能同时对多个触摸点进行正确的识别和定位,独立判断每个触摸点的操作意义,并实现相应功能的技术,其关键在于多点定位和手势识别。借由多点触摸技术提供的手势识别功能,人们可以用两个手指完成图片旋转、缩放等功能;也可以在一块大的显示面板上实现多人同时操作。

3.1 多点定位

在触摸屏的结构设计上有这样的规律:当手指触摸时(最多覆盖两个单元),在横向和纵向移动时相邻电容单元被覆盖面积,总和是一定的,某一电容单元就会减少或增加一定的面积,相应地另一电容单元就会增加或减少一定的面积,而覆盖面积的变化间接引起电容值的变化,根据相邻电容单元间的差动电容变化就可以确定触摸物体的质心位置。该触点算法是在实际测试数据后得到验证的。在触点位置算法设计上,可以根据电

容计数差值对触摸屏的灵敏度、分辨率以及抗干扰等设置相应的算法调整。

不失一般性,在实现了两点触摸的基础上可以实现 3 点、4 点乃至更多点的触摸定位,当然更多点的触摸定位势必给定位算法带来复杂性。本文就两点触摸进行了探讨与实现。两点触摸确定位置的最大难度是在每个轴上找到两个电容变化极大值,其确定方法为:比较电容单元跟相邻两电容单元的大小,若该值大于相邻两电容单元变化值即为极大值,且大于灵敏度允许的范围,即认为找到第一有效极大值,再用相同的比较方法找到第二有效极大值。当然在触摸屏两边界处,只需比较相邻电容单元的变化值大小取较大者即为有效极大值。另外在此过程中应时刻考虑该极大值对应的电容单元是否已达到电容单元总数,以便确定是否还需再寻找有效极大值。找到有效极大值点后,再利用相邻电容单元间的差动电容变化确定触点的位置即可。经分析,两点触摸具有以下 3 种可能性:

(1)在每个轴上都能找到两个有效极大值点。该种情况在定位触摸的两点坐标时,其中每点在 X、Y 两轴上都占据两个触摸单元,故利于该相邻电容单元间的差动电容变化即可分别在 X、Y 两轴方向上找到两个点坐标 x_1 、 x_2 和 y_1 、 y_2 ,很容易确定触摸两点的坐标位置。

(2)在一个轴上能找到两有效极大值点,在另一个轴上却只能找到一个有效极大值。假设其中一种情况,X 方向上两点触摸分别占据两个触摸单元,Y 方向上两点触摸单元有重叠的部分。在确定坐标时,X 方向上也采用情况(1)的算法即可找到 x_1 、 x_2 ,而 Y 轴上需使用该极大值两次,分别跟相邻两边的电容变化值做比较确定坐标位置 y_1 、 y_2 。

(3)在每个轴上只能找到一个有效极大值点。该情况即为单点触摸。在计算触点位置时,比较左右相邻电容单元的大小,取较大者作为触点定位的数据纳入计算即可。

3.2 手势识别

多点触摸技术同时由坐标采集和转换技术及手势识别技术构成,缺一不可。但是,无论采用何种结构的多点触摸屏,最后生成的坐标数据结构都一样。而手势识别仅仅是对生成的坐标数据进

行综合处理,故其基本算法可以适用于任何结构的触摸屏,属于数据的后期处理。本设计的目的仅仅是提供一个可以对多个触摸点进行正确识别的触摸平台,因此,对于手势识别的问题,只做简单探讨。

手势识别的含义没有固定的标准,同样的动作依照不同的应用程序可以触发不同的操作,故在此仅对如何识别两种最基本的动作——延长和旋转进行说明。“延长”其实就是对两点间的距离进行比较,“旋转”就是对两点所确定的直线相对于水平参考线的夹角大小进行比较。为了减小计算量,直接对距离的水平及夹角的正切值进行比较。其好处是不需要对点的移动细节进行考察,而仅需直接比较不同时刻两点所成直线的状态即可。图 2 为基本手势识别的示意图。时刻一测得两点坐标: A、B;时刻二测得两点坐标: A'、B'。角度变化 α 大于阈值,则判定发生旋转操作;长度变化 d 大于阈值,则判定发生缩放操作。

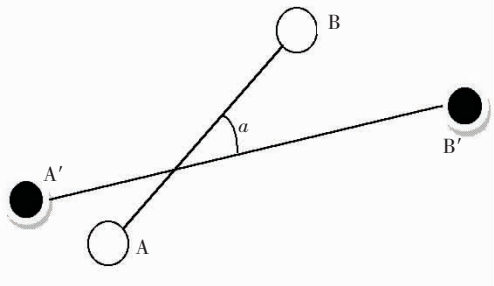


图 2 基本手势识别
Fig. 2 Basic gesture recognition

4 效果演示

通过串口将采样得到的最终数据发送到 PC 机上,在 PC 上利用 MATLAB 软件进行触点坐标追踪图形演示。从图 3 中的演示效果可以看到,单点、多点触摸都真实地反映了触摸行为,证明了该多点触摸技术的可行性。但图 3 中的触摸轨迹还是存在一定的畸变和断裂的现象,为解决这一问题,可以考虑对坐标数据采取滤波合并、平滑处理,提高触摸屏加工工艺,增加相关的校准算法以及在手势识别算法中根据相应的手势忽略或插入合理的数据等方法加以改进。

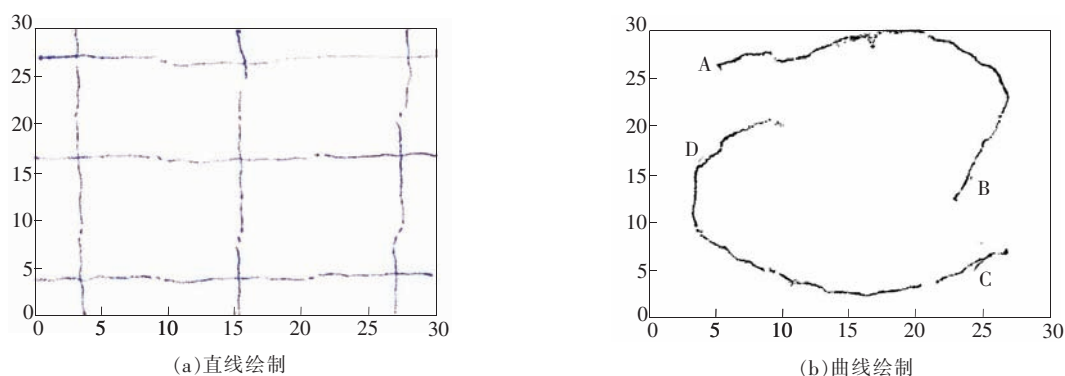


图 3 触点追踪效果演示

Fig. 3 Touch-up results demonstration

5 结 论

对电容式触摸技术进行了讨论,设计了基于自电容式多点触摸技术的多点触摸屏,并成功制

作出了实验样品。使用 MATLAB 对触摸屏进行了数学建模,证明了该多点触摸技术的可行性。虽然在触摸屏的精准度上还达不到商业化的要求,不过足以作为一种可行性的示范。

参 考 文 献:

- [1] 孙杨,张永栋,朱燕林. 单层 ITO 多点电容触摸屏的设计 [J]. 液晶与显示, 2010, 25(4):551-553.
- [2] 白石,王延峰,黄敏,等. LCD 触控感应技术发展趋势 [J]. 液晶与显示, 2010, 25(4):572-575.
- [3] 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):15-19.
- [4] Philipp H. 触摸屏设计日益简化投射式电容触摸屏前景广阔 [J]. 中国电子商情(基础电子), 2009, (9):26-29.
- [5] 张雪峰. 触摸屏技术浅谈 [J]. 现代物理知识, 2008, 16(3):43-45.
- [6] 郑赞. 触摸屏多点触摸技术揭秘 [J]. 电子产品世界, 2008, (11):121-124.
- [7] 曲海波,陈莉. 触摸屏技术的原理及应用 [J]. 中国教育技术装备, 2006, (11):49-51.
- [8] Philipp H. 不断发展的触摸屏技术 [J]. 世界电子元器件, 2008, (4):22-26.
- [9] 胥京宇. 向可编程方案供应商转型主打电容触摸技术 [J]. 世界电子元器件, 2010, (5):78-79.
- [10] 丛秋波. 电容性触摸屏控制器提供高可靠性双触摸点功能 [J]. 电子设计技术, 2008, 15(12):14-17.