

文章编号:1007-2780(2010)06-0812-05

一种电容式触摸屏和 LCD 之间的像素映射方法

胡思捷,耿卫东*,商广辉,金 庆
(南开大学 光电子所,天津 300071)

摘 要:介绍了电容式触摸屏的工作原理及其特点,研究了触摸屏的数据处理算法,提出了一种电容式触摸屏和 LCD 间像素映射的方法。通过映射时的坐标系修正,并引入补偿参数进行边缘补偿,有效解决了电容式触摸屏系统中的边缘误差问题,经过软件的测试,达到了很好的用户体验。

关 键 词: 电容式触摸屏;像素映射;边缘误差

中图分类号: TN27 **文献标识码:** A

Method of Pixel Mapping Between Capacitive Touch Screen and LCD

HU Si-jie, GENG Wei-dong*, SHANG Guang-hui, JIN Qing
(Institute of Photo-Electronics Thin Film Devices and Technique of Nankai University, Tianjin 300071, China)

Abstract: The basic principles and characteristics of capacitive touch screen were introduced. The touch-screen data processing algorithms were researched and one method was presented about the pixel mapping between capacitive touch screen and LCD. The edge error problem of the capacitive touch screen system was solved by coordinate correction and the edge compensation parameters. Software test results show that a good user experience has been achieved.

Key words: capacitive touch screen; pixel mapping; edge error

1 引 言

现在触摸屏已广泛应用于 PDA 和手机等手持设备中。触摸屏输入克服了键盘输入繁琐的缺点,逐渐成为手持设备的主流人机交互接口^[1-5]。

长久以来触摸屏应用领域都是电阻式触摸屏的天下,直到 iPhone 手机的出现,其多点触摸技术将电容式触摸屏的使用提升到一个全新的高度^[6]。随着触屏手机的不断升温,越来越多的手机厂商开始投入研发生产大尺寸触屏手机,屏幕尺寸一般在 8.1 cm(3.2 in)以上,显示分辨率已经高达 WVGA(800×480)级别,而电容式触摸屏

技术同时也受到了这些手机厂商的青睐。

为了达到用户在使用大尺寸、高分辨率、电容式触摸屏手机时良好的用户体验,本文在研究了电容式触摸屏的工作原理及数据处理算法的基础上,对参考文献[7]中提出的触摸屏和 LCD 间坐标变换的方法进行了改进,提出了一种适用于电容式触摸屏和 LCD 像素间映射的方法,通过映射时的坐标系修正,并引入补偿参数进行边缘补偿,有效解决了电容式触摸屏系统中的边缘误差问题,从而确保在触摸屏上感应到用户的触摸点就是用户所指的点,包括边缘和 4 个角落。

收稿日期:2010-04-09; 修订日期:2010-04-20

基金项目:天津市自然科学基金资助项目(No. 033600711);天津市科委攻关项目(No. 033187011)

作者简介:胡思捷(1984—),男,浙江慈溪人,硕士研究生,主要从事平板显示技术、平板显示器驱动电路设计及研究工作。

* 通讯联系人, E-mail: gengwd@nankai. edu. cn

2 电容式触摸屏原理

目前电子设备常用的触摸屏技术共分 5 大类,即电阻式、表面电容式、投射电容式、表面声波式与红外线式等。前 3 种触摸屏技术因为装置体积较小,精密度相对可以做得更高,因此适用于体积小巧的便携式装置或者消费性电子产品;后两种技术做出的触摸屏不是太昂贵就是体积太大,因此不适合上述应用^[8]。

电阻式技术必须依靠手指按压而使触控屏幕的机构层产生电气接触。这种方法对于不固定的手指滑动和手势识别存在许多不便。此外,电阻式触控屏幕的多层机械结构也很容易出现磨损现象。

表面电容式技术架构简单,只需一面 ITO 层即可实现,而且此 ITO 层不需特殊感测通道设计,周边只需接 4 条信号线和接地线即可,生产难度及成本都可降低。这种结构中,系统会在 ITO 层产生一个均匀电场,当手指接触面板会出现电容充电效应,面板上的透明电极与手指间形成电容耦合,进而产生电容变化,控制器只要测量 4 个角落的电流强度,就可依电流大小计算接触位置。表面电容式触摸屏虽然生产容易,但需进行校准工作,抗干扰性能差。由于无法实现多点触控功能且电极尺寸过大,并不适合小尺寸手持设备设计。

投射电容式触摸技术是实现多点触控的希望所在,它需要一个或多个精心设计的、被刻蚀的 ITO 层,这些 ITO 层通过刻蚀形成多个水平和垂直电极(图 1)^[9],所有这些电极都由一个电容式感应芯片来驱动。该芯片既能将数据传送到一个主处理器,也能自己处理触摸点的 XY 轴位置。

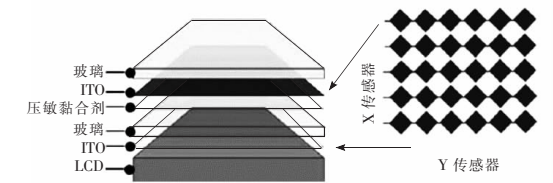


图 1 投射电容式触摸屏物理结构
Fig. 1 Physical structure of projected capacitive touch-screen

通常水平和垂直电极都通过单端感应方法来驱动,也就是说一行和一列的驱动电路没有什么

区别,这被称为“单端”感应。在一些方法中,一根轴通过一套 AC 信号来驱动,而穿过触摸屏的响应则通过其他轴上的电极感测出来,这被称为“横穿式”感应,因为电场是以横穿的方式通过上层面板的电介层从一个电极组(如行)传递到另一个电极组(如列),其原理及电路如图 2 所示。该方案的优点是布线较少,而且能同时识别和区分多个触点之间的差异。单端电路也可感测多个触点,不过由于信号本身模糊,故不能区分。此外,“横穿式”感应方案还有速度快和功耗低的优势,因为其能同时测量一条驱动线路上的所有节点,所以可减少 50% 的采集周期数。这种双电极式结构具有自我屏蔽外部噪声的功能,在一定功率级上可提高信号稳定性。

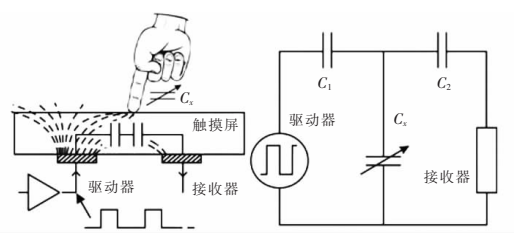


图 2 “横穿式”感应方式电路示意图
Fig. 2 Circuit diagram of “across-style” sensing

为了确定触摸点的 XY 坐标,首先测量 X 电极和 Y 电极之间信号的变化量,再经过实时数学运算处理这些改变后的实际信号电平。

3 电容式触摸屏和 LCD 之间的像素映射

3.1 概述

对于触摸屏来说,电容式触摸屏模块(CTPM)和液晶显示模块(LCM)间的坐标系必须很好地统一起来,以达到良好的用户体验。CTPM 和 LCM 间的坐标系是完全不同,LCM 的像素坐标一般由它的分辨率决定,比如,一块 WVGA 屏的分辨率为 800×480 ,也就是说有 800 行,每行 480 个 RGB 像素,一个具体位置可以由 X 和 Y 方向上像素点 (x, y) 来确定。而 CTPM 则是根据其 X 和 Y 的方向上的原始物理尺寸来确定坐标系的,两坐标系间的一个合理的映射方法可以保证输入和输出操作的正确性。

图 3 是一个以 LCM 作为显示单元,CTPM 作为用户输入单元的便携式设备的结构。

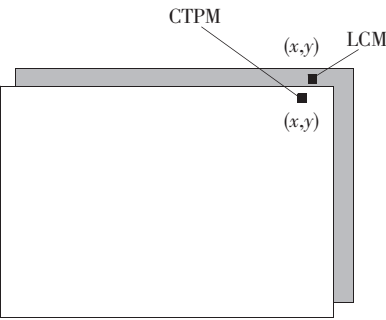


图 3 CTPM 和 LCM 的像素映射关系

Fig. 3 Pixel mapping between the CTPM and LCM

CTPM 位于 LCM 的正上方,用户用手指触摸 CTPM 的上表面,从 LCM 得到图像信息。因为 CTPM 和 LCM 存在不同的坐标系,这就需要 一个 CTPM 和 LCM 间的像素映射方法来确保在 CTPM 上感应到用户的触摸点就是用户所指的点^[10]。

3.2 CTPM 的坐标系

全触屏设备的 LCD 一般有一个比较大的物理分辨率。LCD 上的位置可以用其行列像素 (x,y) 来定位坐标。虽然 CTPM 没有那么多的像素点,但是仍旧可以通过计算“X-Y”坐标来对触摸位置进行定位。

CTMP 一般有 $M+N$ (M 列 N 行)个物理电容触摸传感器。这 $M+N$ 个相互交错的传感器组成了 $M\times N$ 个电容感应点,当用户的手指接近触摸屏时,其电容会随之改变。传感器的间隔(也就是相邻行或列间的距离)通常在几个毫米左右,这个间隔距离决定了触摸屏的物理分辨率 $M\times N$ 。触摸点的精确位置计算是通过一个插值算法来实现的,设触摸点的精确位置为 (X_T,Y_T) ,则有:

$$X_T = \frac{\sum_{p \in T} (C_p \times x_p)}{\sum_{p \in T} C_F}, \quad Y_T = \frac{\sum_{p \in T} (C_F \times y_F)}{\sum_{F \in T} C_F}$$

(1)

式(1)可以实现一个更高的分辨率 $M\times N\times J^2$, J 是插值系数。例如,一块 9.4 cm(3.7 in)的触摸屏,有 17 行 9 列,如果 $J=64$,那么分辨率就等于 $17\times 9\times 64^2=1\,088\times 576$ 。

触摸屏的表面可以划分为两个区域,感应区和非感应区。 $M\times N$ 的物理像素位于感应区,就

是图 4 中的网格部分;非感应区就是图 3 中网格外的灰色区域。

对尺寸小于 10.2 cm(4 in)的触控式屏幕而言,非感应区两侧边宽不应低于 3 mm,而尾端边宽不应低于 10 mm。预留这一边宽的目的是用来隐藏连接 ITO 结构与控制电路的不透明银导线以及控制电路本身。

感应区覆盖有传感器单元(ITO),非感应区没有覆盖 ITO。所以,从 $(0,0)$ 到 $(MJ-1,NJ-1)$ 的所有坐标点都只在感应区域上,只有感应区以内的触摸点可以被感应,以外的就无法感应到。LCM 的显示区不能大于 CTPM 的感应区,以保证用户可以通过 CTPM 看到所有可能的显示图像。

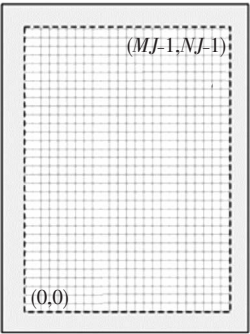


图 4 感应区与非感应区

Fig. 4 Sensing area and the non-sensing area

3.3 像素映射

电容式触摸屏系统中,一个很严重的问题就是边缘误差的产生:其一是因为触摸感应位置在电容的几何中心,如图 5 所示,导致无法检测到虚线框以外的区域;其二是由于边界触摸区域不完整,角落更加严重,如图 6 所示。因此,就需要在

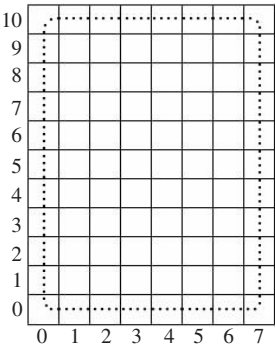


图 5 电容的几何中心

Fig. 5 Center of the capacitance

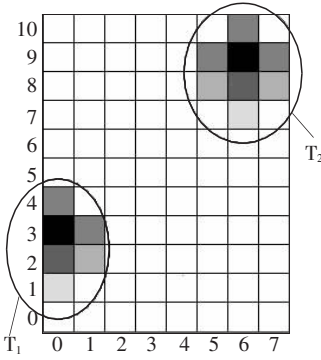


图 6 边界触摸区域不完整

Fig. 6 Incomplete touch border region

映射时进行坐标系修正,并引入补偿参数进行边缘补偿。硬件工艺上的前提就是要使 CTPM 的尺寸大于 LCM。

设检测到 CTPM 上的一个触摸位置为 $(p, q)_T$, 下标 T 代表触摸。用 $(x, y)_L$ 代表 LCM 上的点。映射的目的是为了确定两个坐标系间的对应关系。引入补偿系数之后,两个坐标系可以用以下的关系式来表示:

$$x = K_x \times (p - a), y = K_y \times (q - b) \quad (2)$$

通过式(2)可以看到,映射关系由比例系数 K_x 和 K_y 决定,同时与补偿系数 a, b 有关。

首先要确定的是 CTPM 和 LCM 的相对位置。假设左下角作为坐标原点,那么 CTPM 的原点就是 $(0, 0)_T$, LCM 的原点是 $(0, 0)_L$ 。补偿系数 a, b 即为两原点间 X 和 Y 方向上的距离。也就是说, $(a, b)_T$ 应该和 $(0, 0)_L$ 重合。

设 CTPM 有 M 列 N 行,相邻列和行间的距离为 D_{PX} 和 D_{PY} ,插值系数为 J ,这样 CTPM 的坐标系就是从原点 $(0, 0)_T$ 到右上角的 $(MJ - 1, NJ - 1)_T$ 。

LCM 的分辨率设为 $G \times H$,其坐标系就是从原点 $(0, 0)_L$ 到右上角的 $(G - 1, H - 1)_L$ 。CTPM 和 LCM 之间右上角 X、Y 方向的距离设为 c 和 d 。CTPM 上的 $(MJ - 1 - c, NJ - 1 - d)_T$ 应该刚好和 LCM 上的 $(G - 1, H - 1)_L$ 重合,如图 7 所示。

由此可以得到以下两个映射关系:

$$(a, b)_T \rightarrow (0, 0)_L$$

$$(MJ - 1 - c, NJ - 1 - d)_T \rightarrow (G - 1, H - 1)_L$$

(3)

通过图 7 所示的两个坐标系,可以比较容易

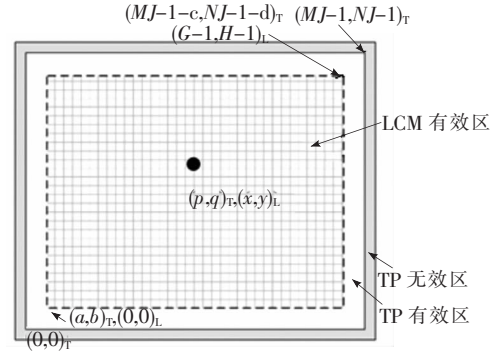


图 7 CTPM 和 LCM 之间的坐标映射

Fig. 7 Coordinate mapping between CTPM and LCM

地计算出比例系数:

$$K_x = \frac{G - 1}{JM - 1 - c - a}, K_y = \frac{H - 1}{JN - 1 - d - b} \quad (4)$$

式(4)中,参数 a, b, c, d 为常数,由 CTPM 和 LCM 的相对位置和尺寸决定;参数 G 和 H 为 LCM 的像素分辨率; M 和 N 为 CTPM 的列数与行数。当 LCM 和 CTPM 与其相对位置、尺寸确定下来之后,所有参数就定下来了, K_x 和 K_y 也就能随之计算得到。

当 CTPM 和 LCM 的尺寸相同时,即 $a = b = c = d = 0$,等式就可以化简为:

$$K_x = \frac{G - 1}{JM - 1}, K_y = \frac{H - 1}{JN - 1} \quad (5)$$

$$x = K_x \times p, y = K_y \times q$$

最后一个问题就是如何确定 a, b, c, d 的值。设 X 和 Y 方向上相邻列和行间的距离为 D_{PX} 和 D_{PY} ,CTPM 和 LCM 间的边缘距离为 A, B, C, D ,补偿系数 a, b, c, d 就可以通过以下公式得到:

$$a = A / D_{PX} \times J, b = B / D_{PY} \times J, c = C / D_{PX} \times J, d = D / D_{PY} \times J \quad (6)$$

4 软件测试

实现环境:基于 QSD8250 芯片组的全触屏手机开发板,EDT 公司投射电容式触摸屏,三星公

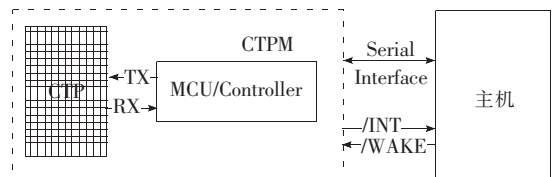


图 8 CTPM 模块与主机的连接

Fig. 8 Connection between CTPM and HOST

司 800×480 分辨率的 OLED,使用 Android 操作系统。CTPM 与主机的连接方法如图 8 所示。PC 机通过串口对触摸屏的 MCU 进行烧写。

对本文提出的电容式触摸屏和 LCD 间像素映射的方法分别进行 Linear test(图 9 左)、Touch

area test(图 9 中)、Dead Zone test(图 9 右),能在屏幕的任何区域获取正确的位置,包括边缘及 4 个角落,达到很好的用户体验。

5 结 论

电容式触摸屏的应用既有硬件工艺及控制电路的问题,也有软件处理方法问题。因此,要想使电容式触摸屏的使用取得良好效果,必须通过软硬件配合发挥作用。本文的电容式触摸屏和 LCD 间像素映射的方法有效解决了边缘误差问题,初步取得了较好的应用效果。但是要想达到更好的用户体验,需要进一步处理触摸点的抖动,包括手指的抖动与电容数据的噪声,并进行坐标平滑等一系列软硬件的处理。

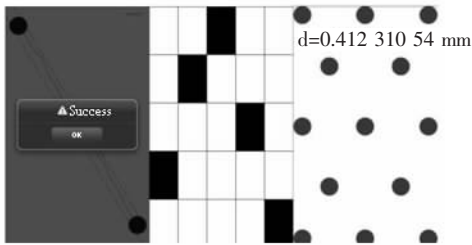


图 9 软件测试结果
Fig. 9 Results of software test

参 考 文 献:

[1] 李安寿,张东来,王超. 基于 Windows CE 的混合动力汽车动画界面显示系统设计 [J]. 液晶与显示,2009,24(6): 850-854.

[2] 黄亮,杨景常. 基于 SOPC 的 TFT 触摸屏显示系统设计 [J]. 液晶与显示,2009,24(5):718-722.

[3] 朱清慧,张凤蕊. 基于 Proteus 的虚拟液晶触摸屏设计与应用 [J]. 液晶与显示,2009,24(4):562-566.

[4] 纪宁宁,孙灵燕. S3C2440A 驱动 RGB 接口 TFTLCD 的研究 [J]. 液晶与显示,2008,23(1):96-101.

[5] 杜德. 基于触摸屏的数码一体机人机界面设计与实现 [J]. 液晶与显示,2007,22(2):217-221.

[6] Steve H, Strickon J A, Huppi B Q. Multipoint Touchscreen:U. S. Patent, 2006/0097991 [P]. 2006-05-11.

[7] 龚丽娟. 触摸屏数据处理算法研究及实现 [J]. 微计算机信息,2006,22(9-2):130-132.

[8] Philipp H. 不断发展的触摸屏技术 [J]. 世界电子元器件,2008,(4):22-24.

[9] Philipp H. 触摸屏设计日益简化投射式电容触摸屏前景广阔 [J]. 基础电子,2009,(9):26-28.

[10] 宋学瑞. 触摸屏数据处理算法 [J]. 计算机工程,2008,34(23):255-257.