

# 一种利用拇指控制的触屏手机虚拟键盘 按键提取方法<sup>①</sup>

李攀 秦拯 (湖南大学 软件工程 湖南 长沙 410082)

**摘要:** 通过分析现有触屏手机虚拟键盘的按键提取方法及拇指的生理活动特性, 提出一种新的虚拟键盘按键提取方法。该方法结合提示框显示触摸点周围的按键信息, 在首次点击错误的情况下采用滑动分析方法再次选择正确的目标按键。这样, 在降低错误按键选择率的基础上还保证了正确按键选择的输入速度。理论分析和实验结果表明, 这种方法有效解决了在目标按键密度较大且按键面积较小的情况下, 使用拇指选择按键所带来的覆盖性问题和定位模糊问题。

**关键词:** 人机交互; 触摸屏手机; 虚拟键盘; 按键提取

## Thumb Controlled Key Extraction Method of Virtual Keyboard for Touch-Screen Mobile

LI Pan, QIN Zheng (College of Software, Hunan University, Changsha, Hunan 410082, China)

**Abstract:** Through analysis of existing key extraction methods of virtual keyboard for touch-screen mobile and physiological characteristics of thumb, a new extraction method of virtual keyboard was proposed. This method combines prompt box shows the information of buttons around the touch points, In the case of the first click has failed to acquire the target key, it use the sliding analysis to get the right target key. In this way, the error rate of the key selection was reduced and the speed of the correct choice was guaranteed. Theoretical analysis and experimental results show that this approach resolved the problem of Coverage and location ambiguity which was caused by using thumb to acquire the target key when the density of the target button is great and the button size is relatively small.

**Keywords:** human-computer interaction; touch-screen phone; virtual keyboard; key extraction

触屏技术是未来手机行业发展的关键技术。相对物理键盘手机, 字符输入一直都是触屏手机表现不能让用户满意的部分。随着触屏技术的发展, 人们抛弃了在触摸屏上采用触笔, 而是更喜欢用手指来直接触摸虚拟按键而选择命令。

## 1 引言

Canalys 公司数据显示, 2009 年第四季度, 55% 的智能手机采用触摸屏。2009 年, 触摸屏智能手机出货量为 7500 万部, 相当于 2008 年出货量的 2 倍多。毫无疑问, 直接在屏幕上的操控比通过物理键盘

的操控, 要更加方便快捷, 更加符合人机交互的逻辑。触屏技术被认为是未来手机行业发展的核心技术之一<sup>[1]</sup>。现有的触摸屏技术正在经历着从触笔操作到拇指操作的变化。由于使用触笔操作不但需要更多的时间而且还需要另一只手的辅助, 越来越多的人愿意选择他们的拇指来控制触屏手机。虽然这种方式带来了操作上的方便, 它也增加目标定位的时间以及目标提取(Target Acquisition)的错误率。造成这种现象的原因主要有以下两个方面:

- (1) 拇指在按下时对屏幕上提取目标的覆盖;
- (2) 拇指在定义选择点时的模糊性。

<sup>①</sup> 基金项目:湖南省自然科学基金项目(09JJ3124);广东省科技计划项目(0711020400157)

收稿时间:2010-03-15;收到修改稿时间:2010-04-12

当用户在完成字符输入等系列性任务(Serial task)时,这种误操作将使控制效率进一步下降。据研究显示,使用单手拇指在触屏上完成离散性任务时触摸目标的大小不应当小于 9.2mm;在完成系列性任务时,触摸目标的大小不应当小于 9.6mm<sup>[2]</sup>。由于手机产品自身在大小上的严格限制,单纯增加按键面积的方法很难满足手机界面元素丰富多彩的要求。本文提出一种基于拇指移动方向的虚拟键盘按键提取方法。该方法利用扩展的提示框技术,当用户按下时在触摸点的上方显示触摸点及其周边八个方向上的按键信息。然后利用拇指抬起时的移动方向分析技术对按键操作进一步的修正。如果按键太小导致首次点击选择错误,用户可在手指抬起时利用移动方向和提示框信息再次选择正确的按键。这种方法在正常点击的情况下增加按键区域提示信息,但并不增加按键的选择复杂度。因此,它在降低错误按键选择率的基础上还保证了正确按键选择的输入速度。

## 2 相关工作

触屏技术是未来手机行业发展的关键技术。相对物理键盘手机,字符输入一直都是触屏手机表现不能让用户满意的部分。有种单手触摸屏输入技术把键盘上众多的输入元素根据功能分成数字模组、字母模组、汉字模组、标点符号模组及功能选取模组,通过单一模组的少数按键的显示,可大幅简化手写屏幕上按键数量,并令按键面积加大<sup>[3]</sup>。由于字符输入的内容大多都包含各种各样的输入元素,在实际的使用过程中需要频繁地在各功能模组之间切换。这种操作降低了输入效率而且增加了系统的调度负担。另外一种方法把输入元素集中到 12 个按键上,每个按键代表多个输入元素<sup>[4]</sup>。按键数目的减少,按键的面积可以达到单手输入时的大小要求。这种输入方法在每次输入元素时都需要导航键的辅助才能准确定位到目标元素。这使按键输入速度无法与直接点击输入相比。

## 3 按键提取方法设计

### 3.1 覆盖性问题和定位模糊问题

相对使用触笔操作,拇指与触屏的接触面积要大很多。如图 1 所示:

覆盖性问题:当选择键盘上某一目标按键时,拇指与触屏的接触区域将覆盖目标及其周围的按键。因

此,用户将不能准确判断当前按键是否就是所需要的目标按键。



图 1 拇指按键示意图

定位模糊问题:比起触笔,拇指与触屏的接触区域要大很多。有效的触摸点将是触摸区域中的任何一点,用户很难将有效触摸点与目标按键对应起来。

### 3.2 按键提取流程设计

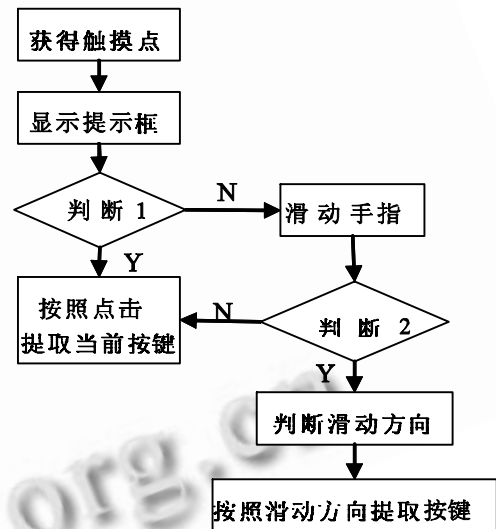


图 2 按键提取流程设计图

我们利用提示框技术,当用户按下时在触摸点的上方显示触摸点及其周边八个方向上的按键信息。用户通过提示框确认当前所选按键是否为目标按键。在此基础上利用拇指抬起时的移动方向分析技术对按键操作进一步的修正。如果由于按键太小导致首次点击选择错误,用户可在手指抬起时利用移动方向和提示框信息重新选择正确的按键。这种方法在正常点击的情况下增加按键区域提示信息,但并不增加按键的选择复杂度。因此,它在降低错误按键选择率的基础上还保证了正确按键选择的输入速度。

判断 1: 用户通过提示框确认当前所选按键是否为目标按键

判断 2: 滑动距离是否大于设定的阈值。用以防止拇指抬起时无意的小范围滑动造成误操作。

### 3.3 提示框设计

针对使用拇指操作虚拟键盘时所产生的覆盖性问题, 我们使用提示框显示触摸点所对应的当前按键及其周围按键信息。如图 3 所示:

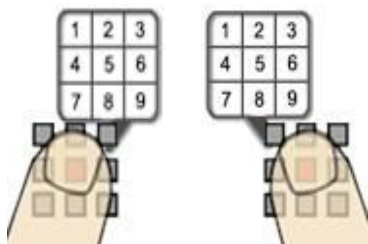


图 3 拇指按下时的提示框

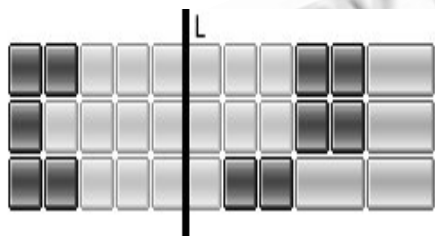


图 4 虚拟键盘结构示意图

提示框中第 5 格为触摸点所对应的当前所选按键, 其余为当前所选按键周围八个方向上的按键信息。图 4 所示为虚拟键盘的按键结构图, 直线 L 把键盘分为左右两部分。当触摸点在左边区域时, 提示框在拇指的右上方; 当触摸点在右边区域时, 提示框在拇指的左上方。这种方法可以使提示框尽量显示在屏幕中间区域, 减少提示框的活动范围, 从而避免提示框的频繁晃动导致用户注意力的分散。

由于拇指生理活动能力的限制, 图 4 所示黑色按键为拇指较难触及的按键。用户可以利用滑动提取目标按键。这种方法减少拇指的点击活动范围, 提高了输入效率。

### 3.4 拇指移动方向判断

当首次选择按键错误时, 用户需要通过手指向某一个方向滑动来选择周边字符中正确的一个。由于受生理活动特性的限制, 拇指在选择某些特定方向的目标时会产生比较高的失误率<sup>[5]</sup>。表 1 是拇指在各个方

向上选择的平均错误率:

表 1 拇指在特定方向上滑动选择的错误率

	E	NE	N	NW	W	SW	S	SE
错误率 (%)	22	26	23	35	30	30	22	26

由表 1 可以看出拇指在选择 NW、SE 方向上的目标时错误率高于其他方向, 在对角线方向上的错误率明显高于水平和垂直方向。

设每个方向上的错误率为  $E_i$  ( $i=1,2,\dots,8$ ), 则每个方向上的错误率占总错误率的比重为:  $P_i = E_i / (\sum_{i=1,\dots,8} E_i)$ 。以水平和垂直四个方向上  $P_i$  的

为系数乘以  $45^\circ$  得到这四个方向上的范围张角(以方向轴为角平分线)。其余各个象限内的角度为对角方向上的范围张角。

滑动结束时, 以初始触摸点为坐标原点, 手指离开虚拟键盘区域时的触摸点为终点, 计算实际的滑动角度。选择滑动角度对应方向上的按键为目标提取按键。

由于可以在拇指按下后通过滑动再次选择当前按键周围八个方向上的其他按键, 用户在按下时只要求触摸点落在目标按键及其周围几个按键的范围内。这种方法解决了拇指控制虚拟键盘的定位模糊问题。

## 4 按键提取方法实现

### 4.1 触摸点的获取

从程序的角度来看, MTK 平台的触摸屏的操作方式分为三级: 硬件级、驱动级、MMI(人机交互)级:

硬件级: 由触摸屏硬件产生, 大部分情况下硬件只会产生一种操作方式, 至于具体是按下还是抬起由驱动自己判断。

驱动级: 驱动收到硬件通知后, 先依据前一次操作以确定当前是点下还是放开(点下后一定是放开, 放开后一定是点下), 若是点下则启动定时器, 然后以一定频率产生另外的操作如“移动”、“长按”、“重复”等等。每生成一个新的操作, 驱动都会立即从硬件读取触摸点的当前坐标, 然后将操作方式与触摸点坐标一起保存起来, 并通知 MMI 尽快处理。

MMI 级: 基本上与驱动级操作一一对应。

### 4.2 显示提示框及按键提取

如图 5 所示: 在获得驱动层触摸点消息后, 系统

MMI 层调用 MMI 层坐标转换函数提取驱动层发送的触摸点位置信息并转化为 MMI 层的位置信息。消息转换函数提取触摸点消息并根据消息状态执行相应的操作。如果系统所发事件是按下事件 (MMI\_PEN\_EVENT\_DOWN)，系统根据触摸点坐标及虚拟键盘区域信息调用当前按键信息提取函数获得被选按键及其周围八个方向上的按键信息。虚拟键盘区域信息包括按键信息和按键分布信息。然后，调用提示框函数显示当前按键及其周围按键信息。如果系统所发事件是移动事件 (MMI\_PEN\_EVENT\_MOVE)，系统根据拇指滑动方向及当前所选按键信息提取新的按键。如果系统所发事件是抬起事件 (MMI\_PEN\_EVENT\_UP)，系统确认当前所选按键并把按键所对应的字符信息存储在当前所选按键信息结构体中。

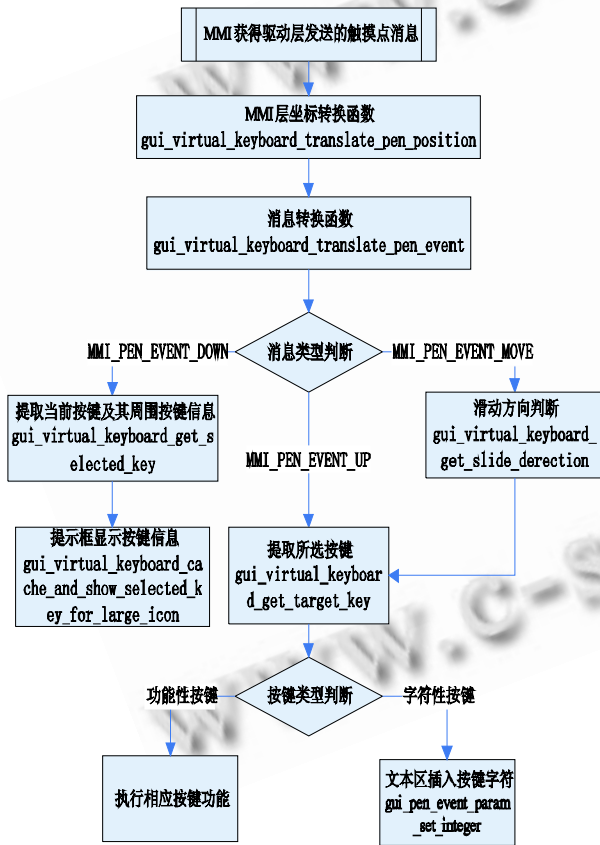


图 5 按键显示及提取流程图

最后系统根据当前所选按键信息结构体的位置信息判断。如果当前按键是功能性按键，则执行相应的按键功能；如果当前按键是字符按键，系统把相应的字符插入到输入字符序列中。

### 5 实验与分析

图 6 所示为本文所提虚拟键盘按键提取方法在 MTK 平台上的效果图。



图 6 按键效果图

定义以下评估按键提取方法优劣的指标：

按键提取错误率 EP：输入过程中错误按键数目 NC 与按键总数目 N 的比值， $NC/N$ 。

输入速率 V：输入时间 T 与输入字符数 CN 之间的比值， $T/CN$ 。

MTK 平台自带的两种按键提取方法。它们分别是高亮和简单提示框(只显示当前选择按键)为提示信息的点击式按键提取方法。我们把以高亮为提示信息的点击式按键提取方法记为输入法 1，以简单提示框为提示信息的按键提取方法记为输入法 2。本文所提按键提取方法记为输入法 3。

实验 1：分别使用 MTK 平台自带的两种虚拟键盘按键提取方法及本文所提的按键提取方法输入本文摘要部分的英文版。统计在各种按键提取方法下的按键错误率。本文摘要部分的英文版由 667 个字符和 26 个空格组成。

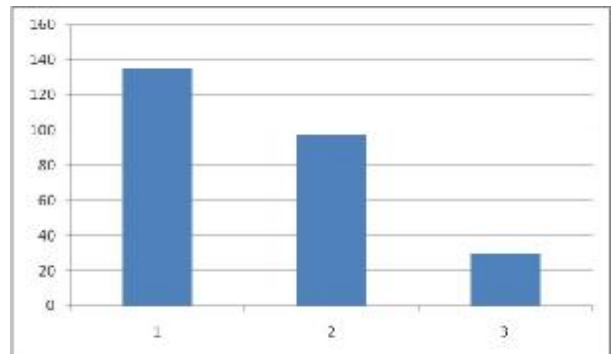


图 7 错误按键统计

由图 7 可以看出在错误率方面, 本文所提按键提取方法比 MTK 默认的两中提取方法分别降低了 60.7%和 41.5%。

实验 2: 分别使用 MTK 平台自带的两种虚拟键盘按键提取方法及本文所提的按键提取方法输入本文标题部分的中文版和英文版。统计在各种按键提取方法下的输入时间。本文的标题部分中文版由 16 个汉字组成, 英文版由 58 个字母及八个空格组成。

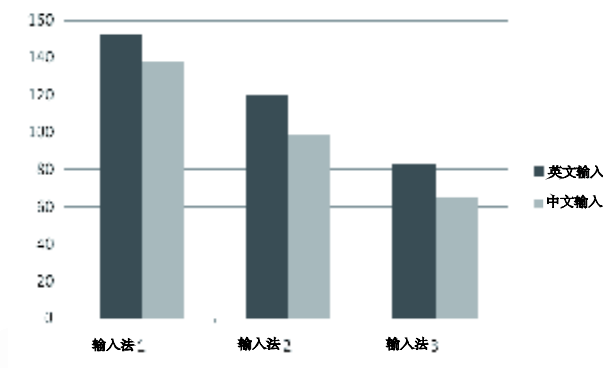


图 8 中、英文状态下的输入时间统计

由图 8 看出, 本文所述按键提取方法在中文状态下的输入时间相对 MTK 默认的两中提取方法分别缩短了 48.8%和 30.5%; 在英文状态下的输入时间则分别缩短了 42.1%和 26.9%。因为本文均采用相同的字符来统计输入时间, 所以输入速度与输入时间完全成反比。

由此可以看出本文所提方法的输入速度及精确度均明显高于 MTK 自带的按键提取方法。

## 6 结束语

本文针对现有触屏手机按键提取方法在使用拇指操作虚拟键盘时所体现出来的不足, 在 MTK 平台上设计并实现了一种新的按键提取方法。它利用提示框显示触摸点周围的按键信息, 并在首次点击错误的情况下利用滑动分析方法再次选择正确的目标按键。这种方法在正常点击的情况下增加按键区域提示信息, 但并不增加按键的选择复杂度。因此, 它在降低错误按键选择率的基础上还保证了正确按键选择的输入速度。通过理论分析和实验测试证明, 这种虚拟键盘按键提取方法能有效提高字符输入速度并降低按键提取错误率, 提高了用户使用拇指控制手机的效率。

### 参考文献

- 1 Jones, Marsden. 移动设备交互设计. 奚丹. 北京: 电子工业出版社, 2008:89—97.
- 2 Parhi P, Karlson AK, Bederson BB. Target size study for one-handed thumb use on small touchscreen devices. Proceedings of Mobile HCI'06, ACM Press, 2006:203—210.
- 3 赖振兴, 张斌. 在手机的手写屏幕上实现单手输入的方法. H04M1/23, CN200410017226.9, 2005-09-28.
- 4 钟沂东, 吴政维. 用于触摸屏的输入法. G06F3/048, CN 200810027637, 2008-09-17.
- 5 Yatani K, Partridge K, Bern M, Newman W, Escape M. a target selection technique for mobile touch-screen devices. Proceedings of the 26th Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2008), NY: ACM, 2008:285—294.