

TypeBoard: Identifying Unintentional Touch on Force-Sensitive Touchscreen Keyboard

ANONYMITY, address, Country

用户在触屏键盘上打字时，触摸屏幕即触发点击事件。因此，触屏用户不能像在物理键盘上一样通过触摸来align fingers positions[xx]，也不能将手指休息在键盘上，影响了触屏打字的效率和舒适度。在这篇论文中，我们提出了TypeBoard，一款带压力屏键盘上的防误触算法，我们也研究了用户使用TypeBoard时的打字行为。用户的打字行为和防误触能力之间是相互影响的，比如，在防误触的触屏键盘上，用户会更倾向于将手指休息在触碰上，造成更多的、更多样的非有意触摸点；而更多的、更多样的非有意触碰点会对防误触提出更高的要求。为此，我们通过迭代的数据采集和机器学习方法来设计了TypeBoard防误触算法。在一个使用TypeBoard写日记的评测实验中，用户的非有意触点个数占触点总数的xx.x%，我们的算法能在点击事件发生100 ms的时间内以xx.x%的准确率判断出其输入意图，而相关工作中基于压力和时间阈值的方法[xx]的识别准确率只有xx.x%，且必须在release以后做出判断。这份工作说明，第一，压敏触屏键盘有能力准确地、低延迟地防止用户休息、轻触等行为造成的误触。第二，用户在有效防误触的键盘上打字时，其用户行为会发生改变，比如手指休息的行为会显著增加。第三，防误触键盘和传统触碰键盘相比，能够防止用户疲劳，提高用户体验，且显著降低了输入任务的完成时间。

CCS Concepts: • Computer systems organization → Embedded systems; Redundancy; Robotics; • Networks → Network reliability.

Additional Key Words and Phrases: Smart watch, text entry, touch input.

ACM Reference Format:

anonymity. 2018. TypeBoard: Identifying Unintentional Touch on Force-Sensitive Touchscreen Keyboard. *Proc. ACM Meas. Anal. Comput. Syst.* 37, 4, Article 111 (August 2018), 4 pages. <https://doi.org/10.1145/1122445.1122456>

1 INTRODUCTION

目前，手机已经成为了最成功的便携式设备[xx]，手机上的触摸输入也代替个人电脑的键盘和鼠标成为最常用的输入方式。然而，在办公的场景下，经常需要完成大量的文本输入任务，此时物理键盘与触屏键盘相比仍然有着无可比拟的优势。先前的实验表面，普通用户在物理键盘上的平均打字速度为xx.x-WPM，而在触屏键盘上只有xx.x-WPM。xxx指出，物理键盘上的按键有三种状态，分别是released, touched和pressed，而触屏键盘上的按键只有released和pressed两个状态，而物理键盘上多出来的touched状态是其中之一所以高效的重要原因[xx]。首先，用户可以通过touched状态align自己的fingers，从而完成盲打；第二，从touched到pressed这个过程的物理反馈给用户提供了更强的确认感，对输入效率有着微弱而显著的帮助；第三，用户可以将手指休息在键帽上，从而一定程度上避免疲劳。

为了弥补触屏键盘上touched状态的缺失问题，我们提出了TypeBoard，一个基于压敏触屏键盘的防误触算法，能够区分打字触摸和非有意触摸。如此一来，我们就可以将打字触摸视为物理键盘上的pressed状态，将其它触摸理解为touched状态。在正确区分打字触摸和非有意触摸的前提下，先前工作有不少方法可用于补足触屏键盘和物理键盘之间的gap，例如，触屏键盘上可以加上可变形的纹理，来帮助用户align-fingers[xx]。

Author's address: anonymity, anonymity@anonymity.com, address, P.O. Box 1212, Dublin, Ohio, Country, 43017-6221.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from permissions@acm.org.

© 2018 Association for Computing Machinery.

2476-1249/2018/8-ART111 \$15.00

<https://doi.org/10.1145/1122445.1122456>

在触屏键盘上区分打字触摸和非有意触摸并不是我们的首创。在2013年, TapBoard就曾经提出将快速的Tapping动作看作打字, 而将其它触摸事件视为误触。TapBoard通过触摸时间和位移的阈值来判断误触, 然后以一个誊写的实验证明了用户可以适应该输入方式, 且不影响用户在触屏上打字的输入效率。这一方法有不少缺陷: 首先, 仅通过阈值方法来防误触的准确率不高; 第二, 由于TapBoard将触摸时间作为误触的判据, 它只能在手指released时做出判断, 而正常的键盘会在pressed以后立刻做出判断, 这会影响输入效率和用户体验[xx]; 第三, 触屏键盘的防误触能力会影响用户的行为模式, 比如, 用户在防误触能力强的触屏上打字时, 可能会更自然、更频繁地将手指休息在键盘上。由于TapBoard先设立了规则, 再让用户去适应, 因此无法探索用户在自然状态下的输入行为。

在这份工作中, 我们希望探索用户在防误触触屏键盘上自然的打字行为, 并根据用户的行为模式, 来设计一款鲁棒的防误触触屏键盘。用户行为和防误触算法是一个chicken-and-egg-conundrum, 因此我们采用迭代的方式来求解防误触算法。最后, 我们希望评测防误触算法在体验和效率上对触屏打字的改进。为了解决解答这些问题, 我们组织了三个用户实验, 分别用于回答以下三个研究问题。

- (1) **RQ1):** 用户在一个想象中的防误触触屏键盘上的打字行为如何? 我们组织实验一收集了用户在一个没有反馈的触摸板上打字的数据, 用户在打字时想象该键盘能够完美地防止误触。每个用户在四种真实场景下完成文本输入任务。由于触摸板没有任何的反馈, 用户不能真的打字, 而是想象字母上屏了。在用户完成输入任务后, 她需要标注触摸板的每次报点, 标注过程中可以调出实验录屏作为参考。实验一共采集了xx个数据点, 其中误触点占xx%, 远大于我们在正常触屏上的误触数量。实验一是TypeBoard算法的first-iteration, 我们开发了一个机器学习的方法来区分打字触摸和误触, 准确率达到了xx.x%, 识别延迟时点击后xx毫秒。作为比较, 先前工作中基于触摸时间和距离阈值的方法[xx]在该数据集上的准确率仅为xx.x%, 且只能在手指抬起时识别。我们针对fail-cases人工分析了错误原因, 总结出用户打字时误触的行为规律, 并针对这些规律优化了机器学习提取的特征。
- (2) **RQ2):** 用户在防误触触屏键盘上的打字行为如何? 在实验一以后, 我们已经得到了初版的TypeBoard防误触算法, 我们组织实验二收集了用户在该防误触键盘上打字的数据, 键盘会对用户的打字触摸给出反馈(声音反馈+字母上屏), 而不对误触作出反馈。用户同样在四种真实场景下完成文本输入任务, 在每个用户完成实验以后, 我们都会更新数据集, 重新训练防误触算法, 从而迭代地去实现一个鲁棒地防误触算法。由于实验二的标注难度降低(用户只需标注机器学习判错的数据点), 我们采集了比实验一更多的xx个数据点。其中误触点占xx%, 显著高于实验一的误触点数量, 这说明真正的防误触算法会提高用户对触屏的信任感, 使误触点数量增加。在该数据集上, 我们的算法的识别准确率达到xx.x%, 进一步拉大了与baseline (xx.x%) 的差距。与实验一一样, 我们针对fail-cases人工分析了错误原因, 新增了用户打字时误触的行为规律, 也更新了机器学习提取的特征。
- (3) **RQ3):** 防误触键盘对用户体验和效率有何影响? 防误触键盘上加上纹理反馈有何影响? 我们组织了实验三, 在多个输入任务下对比了TypeBoard和普通触屏键盘的用户体验和输入效率, 我们发现TypeBoard在写日记、填问卷等任务下显著提升了用户体验, 降低了疲劳, 而在誊写任务下和普通触屏键盘没有差异。实验三同时对比了在有无纹理反馈两种设置下用户的行为规律, 和TypeBoard性能变化, 结果发现, 纹理反馈使得用户更频繁地将手指放置在触摸屏上, 误触点数大大增加, 在这一极端的数据集下, 我们的算法准确率为xx.x%, 而baseline的准确率仅为xx.x%。纹理反馈大大提升了用户的输入效率, 观察实验视频我们发现, 这一提升可能是因为防误触算法+纹理反馈合力使能了用户在触屏键盘上的盲打。

这份工作有三个贡献点: 第一, TypeBoard准确地、低延迟地区分了触屏打字时的typing和误触。第二, 在TypeBoard的支持下, 我们理解并总结了用户在防误触触屏键盘上的输入行为, 我们公开了该数据集。第三, 我们通过评测实验证明, TypeBoard与传统触屏键盘相比, 提高了输入效率, 降低了用户疲劳程度, 提高了用户体验。此外, 我们还讨论了人机交互研究领域中存在的一个普遍的问题, 即

用户行为和技术实现之间相互影响的现象是广泛存在的，而大部分的先前工作都忽略了这一效应的存在[xx]，它值得更多的关注。

2 RELATED WORK

1. 触屏上的防误触算法

防误触的算法可以按两种方法分类，一是按正例的类型分类，二是按输入模态分类。

正例可以是广义的触摸输入，也可以是特定的任务，如打字、触屏笔写字等等；输入的模态可以是传统的触摸屏，也可以在触碰上加装压力、xx等信息。甚至是结合了肢体语言、眼动、头动等触屏之外的信息。

在这份工作中，我们考虑用带有压力的触摸屏，来实现打字任务下的防误触问题。一方面，这一问题是很重要的，因为大多数触屏输入法还没有防误触算法，使得用户输入的效率与自然性受到影响；另一方面，这一收窄过的问题是理论上可解的，在我们的试验中，有xx.x%的数据是可以人工标注的，只要我们使用机器学习去接近这一准确率，该技术就能实现。

与先前工作不同的是，我们这份工作首次考虑到了技术和用户行为之间的影响，有的工作在采集数据时不给出反馈，或者是给出了未经防误触算法过滤的反馈，这都不能正确反映用户在最终技术上的心理模型。在这份工作中，我们采用迭代式的方法，重复地采集用户数据和优化机器学习算法，最终总结出用户在一个“近乎完美防误触键盘”上打字的行为，并根据此用户行为，设计了一款“近乎完美防误触的键盘”。

TapBoard和我们的最像。但它有不少缺陷。另外，TapBoard在实验设计上有一个错误，他们通过一个基于誊写任务的对比实验，证明了TapBoard的输入效率和传统触屏键盘无异，这是以偏概全的。我们通过Pilot-study发现，在誊写等快速打字的任务中，用户很少将手指休息在触屏上，因此TapBoard无法证明用户在写日记等任务中不会因为手指的休息造成误触问题。

2. 触屏键盘上支持防误触的好处

(1) 有机会弥补触屏键盘上没有触摸状态的问题

物理键盘上有release/touch/press三态，而触屏键盘上只有release/press两态。touch状态在物理键盘上承担着重要的作用，具体有三点：1、物理键盘上的触觉纹理可以让用户不看键盘的情况下对齐手指，从而支持盲打；2、键帽能够给用户提供触觉反馈，确认一次点击操作，这不仅增强了用户体验，也显著地提升了打字速度；3、在物理键盘上，用户可以将手指休息在键位上，降低了疲劳程度。触屏键盘上touch状态的缺少，使得触屏上的打字效率显著低于物理键盘打字的效率。

有不少工作尝试弥补物理键盘和触屏键盘之间的gap。xx通过加装xx硬件，提供了纹理信息，达到了xx效果。xx通过加装xx硬件，提供了用户在打字时的触觉反馈，达到了xx的效果。xx采用简单的时间和距离阈值方法来区分打字和误触，从而允许用户将手指休息在触屏键盘上。然而，以上对触屏键盘的体验提升，都是以能够正确区分打字和误触为前提的。而还没有哪份工作做到了很高的识别准确率，这也是我们这份工作的重要动机。

(2) 在touchscreen上无缝区分keyboard和其它有意输入

如果能够在touchscreen上identify-typing-action，就可以仅使用触摸屏的同一块区域，同时支持文本输入和其它交互，如触摸屏控制鼠标pointing，又如其它的一些手势命令等等。TapBoard2能够有效地将打字的触摸事件和pointing的触摸事件正确区分，使得同一块触摸屏及支持了文本输入，又支持了触摸板控制鼠标。xx将手掌的误触作为输入通道。

还可以区分typing和stylus输入

[2014-PenUnint]

[2014-PenMightier]

[2014-PalmRejection]

[Exploring and Understanding Unintended Touch during Direct Pen Interaction]

(3) 将原本应该是误触的触碰利用为输入信息

Matulic et al. [2017-HandContact] extended hand interactions from fingertips to the whole hand in hand-shape based interaction. Tabletop interaction can be enriched by considering whole hands as input instead of only fingertips. We describe a generalised, reproducible computer vision algorithm to recognise hand contact shapes, with support for arm rejection, as well as dynamic properties like finger movement and hover. A controlled experiment shows the algorithm can detect seven different contact shapes (such as fist, flat palm and spread hand) with roughly 91% average accuracy.如果能将type点击事件和手掌的触摸事件区分开来，就可以支持hand contact shape所支持的交互方式。

Zhang et al. [77] proposed to leverage various hand postures such as using the palm to augment pen and touch interactions.

[2018-PalmTouch]

将大鱼际的误触作为模式切换。

We present PalmTouch, an additional input modality that differentiates between touches of fingers and the palm. We present different use cases for PalmTouch, including the use as a shortcut and for improving reachability. We have developed a model that differentiates between finger and palm touch with an accuracy of 99.53% in realistic scenarios.

[??] 比如处理漂移问题。

3 STUDY 1: USER BEHAVIOR ON IMAGINARY TYPEBOARD

4 STUDY 2: USER BEHAVIOR ON TYPEBOARD

5 STUDY 3: EVALUATION ON TYPEBOARD