文章编号:1005-1228(2017)06-0040-03

手机空间振动触觉系统的硬件设计与实现

彭　梅,褚少微
(浙江传媒学院,杭州　310018)

摘　要:文章针对智能手机上触觉反馈单一的问题设计了一种利用多振动片实现手机空间触觉感知的系统。使用了 2 × 2 = 4 个微型振动片贴在手机后壳上，当手握持手机时通过给 4 个不同位置的振动片施加控制信号来表达不同的触感语义。通过对 6 名用户的实验优化设计了振动片的相对位置、振动时长和振动时间间隔等参数。本系统可为手机提供丰富的触觉反馈样式,为后续的手机触感交互提供了基础。

关键词:触觉;振动;Arduino;人机交互;盲用
中图分类号:TN929.536,TP391.9　　**文献标识码:**A

Development of a Spatial Tactile System for Smartphones

PENG Mei, CHU Shao-wei
(Zhejiang University of Media and Communications,Hangzhou,310018,China)

Abstract: This paper proposes a system for realizing spatial tactile sensation on smartphones by using multi-vibration actuators. There were 2×2=4 micro-vibration actuators attached to the back of the phone. While user holding the phone, the four different positions of the vibration actuators can impose a control signal to express the different spatial sensations to palm. The relative position, the duration of vibration and the time interval of vibration are designed based on the experiment of six users. The system can provide a rich tactile interaction design for mobile phones, providing a basis for future mobile phone haptic interactions.

Key words: tactile; vibrotactile; Arduino; human computer interaction;blind use

振动触觉是手机上实现非视觉交互的重要手段，主要应用于如:消息提醒、增强视觉交互体验,以及盲用交互等方面[1,2]。然而,当前主流的手机触觉装置只提供单一的反馈源,振动马达使整个手机一起振动。而使得触觉语义表达只能够通过对振动的时长，振动间隔参数等进行线性编码,效率较低。同时,对用户来讲线性编码的触觉学习难度较大,识别正确率也不高[3]。

本文针对手机上振动触感源单一的问题，设计了利用多振动片实现空间触觉的方法。通过在手机后面添加两行两列的微型振动片来为手机提供具有空间方位触觉再现的技术。原型系统使用了四枚直径为 10 毫米的微型振动片，通过 Arduino 硬件开发板进行驱动和实时控制的功能。

在原型系统的设计中，对影响用户交互的关键问题,如:振动片之间的距离、用户可感知的振动片最短振动时间，以及振动片之间振动切换的最优间隔时长等参数进行了用户实验。通过对 6 名用户的量化评估确定了较优的系统设计方案。

本文提出的触觉装置以及实验结果可为设计多功能的手机触觉交互界面提供重要的参考。

1　硬件系统设计与开发

原型系统如图 1 所示。手机后面贴上了两行两列共四枚振动片。振动片与 Arduino 开发板相连,Arduino 开发板可以通过 USB 与电脑相连实现供电和驱动控制。四枚振动片与 Arduino 开发板的连接线路图如图 1 中右面所示。

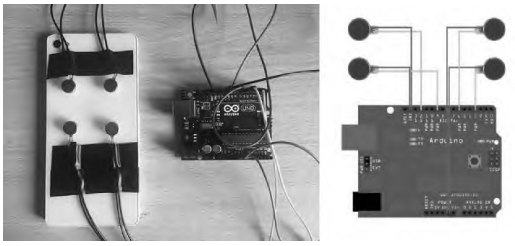

图 1　原型系统包括四个扁平式振动片以及驱动振动片的 Arduino 开发板

收稿日期:2017-07-03
作者简介:彭梅(1996-),女,云南人,在读大学生,学士,主要研究方向:人机交互技术;褚少微(1982-),男,辽宁人,讲师,博士,主要研究方向:人机交互技术。

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

采用了圆形扁平式振动片，型号为 XY1027L,工作电压 3V,工作电流 100mA。振动片直径为 10mm,厚度为 2.7mm。单枚售价约为 5 元。如图 2 左所示。

图 2　扁平式振动片;振动片与手机后壳之间用海绵泡沫垫高做缓冲

振动片被贴在手机背面，并用海绵泡沫垫高约 5 毫米,如图 2 右所示。采用海绵泡沫即可以缓冲振动片振动对手机冲击,减少振动噪音;同时当单手握持手机时,手掌也可以直接接触到四枚振动片,从而更好的导致到振动触感。

2　振动片位置的设计

设计采用两行两列四个振动片程序空间触感。研究表明四个振动片相比于五个呈十字排列或九个呈三行三列排列具有相似或更高的用户触觉识别效率[4]。对于设计两行两列排列的四个振动片，其中的关键问题是如何确定它们之间的空间相对位置。理想的状态是振动片之间的间距越小越好，因为占用设备的空间越小易于做系统集成。但太小的间距不易于用户识别判断不同振动片产生振动触觉的相对位置。相反,如果振动片的相对距离过大不但会占据较大的设备空间,同时也可能超出用户手掌的大小而使得无法使用。因此,测定合适的振动片之间的相对位置是设计的关键问题。如图 3 所示。

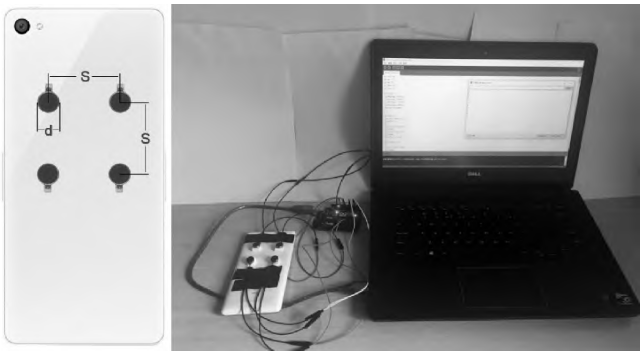

图 3　振动片的尺寸及相对距离,原型测试系统全貌

主要结合用户实验测定合适的振动片之间的相对距离。共测试了不同间距对用户识别准确度的影响,S=2、2.5、3、3.5 厘米。实验过程中要求用户用右手握住手机,手掌贴住振动片。系统随机对一个振动片给出一个 100 毫秒的振动，用户根据感知到的触感位置向实验人员说出是哪个方位的振动片产生了振动。共有 6 名大学生参加了实验，其中三名为女生，平均年龄为 20.3 岁(SD = 0.7)。

实验的总次数为:6 次不同位置的振动×4 个不同间距×6 个用户 =144 次。

实验结果如图 4 所示。对振动片产生的空间触觉的识别正确率随着振动片之间的间距加大而增加。当 S=3.5 厘米时,识别正确率最高达 100%。当 s=3 厘米时识别正确率达 97.2%(SD=6.2)。当 S<3 厘米后识别正确率快速下降，当 s=2 时识别正确率为 77.8%(SD = 13.7)。

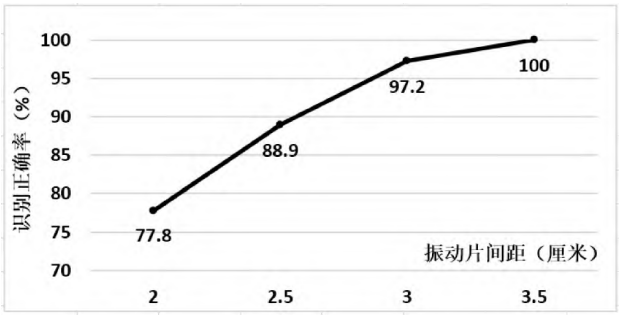

图 4　识别正确率

3　振动参数的设计

在确定了振动片之间的间距后，我们进一步测定了振动片振动的时长 T 和振动片振动切换的时间间隔 I 对用户体验的影响。用户能够感知到更短的振动片振动时长 T,则同一时间内能够感知的触感编码越多,编码效率越高。但更短的振动时长 T 会导致用户识别的正确率降低。所以我们需要通过用户实验测定该数值。

另外一方面，振动片之间振动切换的时间间隔 I 也对用户体验有重要影响。当 I 数值越小时,同一时间内能够感知的触感编码越多,编码效率越高。但更短的时间间隔 I 会导致用户识别的正确率降低。同时,振动时长 T 也会对振动切换的时间间隔 I 产生影响。当 T 数值更大时,用户更易感知定位振动片的空间位置,则 I 值可以较小;相反,如果 T 数值较小时,用户不易感知定位振动片的空间位置，那么增大 I 值可以提高感知的识别正确率。因此两个参数相互影响,我们设计了不同 T 值和 I 值的组合 T=75、100、125 毫秒,I=150、175、200 毫秒,来测定较优的数值参数。

实验设备和实验用户与上一节相同。

实验过程中要求用户用右手握住手机，手掌贴住振动片。系统随机产生一个由四个振动片之间振动切换 4 次的振动触感序列样式。用户根据感知到的触感样式向实验人员说出振动片振动切换的序列，实验人员记录是否与系统给出的振动序列样式一致作为检验识别正确率的依据。

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

实验的总次数为:3 种振动时长 × 3 种振动片切换时间间隔 × 6 个触感样式 × 6 个用户 = 324 次。

实验结果如图 5 所示。识别正确率整体随着振动时长和振动切换时间间隔的增大而增加。当 I = 200 毫秒、T=100 或 125 毫秒时识别正确率最高，达 91.7%（SD=10）。

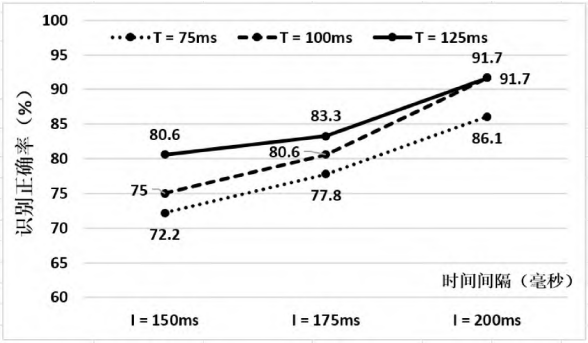

图 5 不同振动时间和切换时间间隔的识别正确率

4 结束语

本文提出采用多振动片的方法在手机上实现空间触觉再现系统。设计了两行两列共 4 个微型振动片贴附在手机后壳上，当手握持手机时通过给 4 个不同位置的振动片施加控制信号来实现空间触觉感知。针对设计中振动片的相对位置、振动时长和振动片之间振动切换的时间间隔等关键问题，通过对 6 名用户的实验进行了优化设计。实验结果表明振动片之间较优的距离为 3 厘米；振动时长和时间间隔分别为 100 和 200 毫秒可以取得 91%以上的触感识别正确率。后续的研究中我们将进一步针对空间触觉进行编码，探讨触感字符和数字的呈现方案，设计手机空间触觉交互界面等。

参考文献：

[1] Csapó, á., Wersényi, G., Nagy, H., et al. A survey of assistive technologies and applications for blind users on mobile platforms: a review and foundation for research [J]. Journal on Multimodal User Interfaces, 2015, 9(4): 275–286

[2] Saket, B., Prasojo, C., Huang, Y., et al. Designing an effective vibration–based notification interface for mobile phones [C]. //Proceedings of the Conference on Computer Supported Cooperative Work. 2013: 149–1504

[3] Alqudah, Z., Doush, I., Alkhateeb, F., et al. Utilizing Mobile Devices' Tactile Feedback for Presenting Braille Characters: An Optimized Approach for Fast Reading and Long Battery Life[J]. Interacting with Computers, 2014, 26(1): 63–74

[4] Liao, Y.–C., Chen, Y.–L., Lo, J.–Y., et al. EdgeVib: Effective Alphanumeric Character Output Using a Wrist–Worn Tactile Display [C] //Proceedings of the Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology. Tokyo, Japan, ACM, 2016: 595–601

（上接第 32 页）

籍文字的检索，为人们以后对西夏文字的研究提供了极大地方便。另外，西夏文样本数据库的建立仍属于起步阶段，应该利用大数据等相关技术进一步完善和扩充西夏文样本库，为字符识别测试提供相关的保障，加快西夏文数字化的快速发展。

参考文献：

[1] Tianshun W. The Battle History of Western Xia [M]. Ningxia People's Press, 1993.

[2] Tangut script. Available [EB/OL]. https://en.wikipedia.org/wiki/Tangut_script.

[3] 冯雪俊. 西夏文《大方广佛华严经·十定品》译释[D]. 陕西师范大学, 2013.

[4] 史金波. 西夏文概述[A]. 中国民族古文字研究[C], 1980.

[5] 马希荣, 王行愚. 西夏文字识别中的图像预处理 [J]. 计算机工程与应用, 2002(02): 48–50.

[6] 彭溦汐, 赵冠先, 王志前. 基于图像识别系统的灰度化算法研究与效率分析[J].电子世界, 2014(07): 105.

[7] 吴建华, 李迟生, 周卫星. 中值滤波与均值滤波的去噪性能比较[J]. 南昌大学学报(工科版), 1998 (01): 33–36+62.

[8] 薛亚许, 李宁. 基于 MATLAB 的指纹图像二值化及细化[J]. 平顶山学院学报, 2012(02): 74–76.

[9] 何志勇, 孙立宁, 陈立国. Otsu 准则下分割阈值的快速计算[J]. 电子学报, 2013(02): 267–272.

[10] 马希荣, 王行愚. 西夏文字特征提取的研究 [J]. 计算机工程与应用, 2002(13): 38–41.

[11] 张鑫. 脱机手写维吾尔文本图像中粘连字符定位及分割[D]. 新疆大学, 2015.

[12] Fanwen L. Tangut–Chinese Dictionary[M]. Beijing: China social sciences press,2008.

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net