

自适应气泡光标——基于用户的点击增强技术*

王琦君¹ 金昕沁¹ 王 丽² 徐凤刚² 葛列众^{**1}

(¹ 浙江理工大学 心理学系, 杭州, 310018) (² 中国航天员科研训练中心 人因工程实验室, 北京, 100094)

摘 要 本研究选取了气泡光标这种典型的点击增强技术作为研究对象, 从用户操作习惯和特点出发, 提出基于频次算法的和基于时间算法的自适应气泡光标, 并试图通过实验研究来探索这两款自适应气泡光标的影响作用。结果显示: (1) 基于频次算法的和基于时间算法的自适应气泡光标在操作绩效和主观评价上均显著优于气泡光标; (2) 两款自适应气泡光标在操作绩效和主观评价上无显著差异。本研究的结果为点击增强技术的设计优化提供了新的设计思路。

关键词 点击增强 气泡光标 自适应

1 前言

点击操作是图形用户界面中的基本操作方式, 指的是用户采用鼠标等指点设备对界面中特定视觉操作对象(菜单选择项、图符等)的指点或拖拽的操作过程。近年来, 研究者针对点击操作的特征进行了大量的研究, 提出了多种点击增强技术(Baudisch et al., 2003; Blanch, Guiard, & Beaudouin-Lafon, 2004; Grossman & Balakrishnan, 2005; Guiard, Blanch, & Beaudouin-Lafon, 2004; Hasan, Grossman, & Irani, 2011; Yu et al., 2010)。这些点击增强技术均在不同程度上提高了用户的操作绩效, 其中, 气泡光标是一类较为典型、成熟的技术。

气泡光标由 Grossman 和 Balakrishnan 在 2005 年提出, 如下图 1 所示, 气泡光标的外观呈现为圆形。应用该技术时, 系统基于目标的空间分布, 为每个目标划分出相应的有效点击区域(如图 1 中实心目标所在虚线封闭区域)。当气泡光标的圆心点进入某个目标所在有效点击区域内, 光标半径将增大直至覆盖区域内的唯一目标, 表示选中该目标(图 1 中所示实心圆)。此时, 操作者可对该目标实施指点等操作。Grossman 和 Balakrishnan 对气泡光标和传统尖点光标条件下的操作绩效进行了比较, 结果显示, 气泡光标在点击时间和正确率指标上均优于尖点光标。

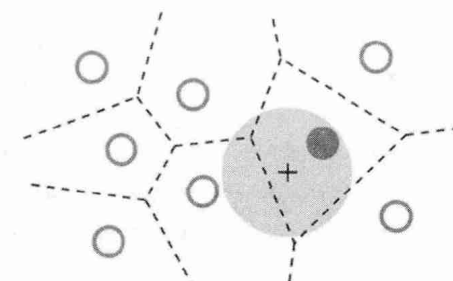


图 1 气泡光标示意图 (Grossman & Balakrishnan, 2005)

气泡光标技术的优势吸引了大量的后续研究者。有研究者针对气泡光标的特点和应用进行了研究。例如, Findlater 等 (2010) 的研究发现, 当运动障碍者使用该技术进行小目标选取时, 该技术更有优势。Tsandilas (2007) 将气泡光标应用到普通菜单中, 提出气泡菜单, 结果显示, 气泡菜单在任务的总体完成时间和平均反应时间上均优于普通菜单。而 Moffatt 和 McGrenere (2010) 则结合了气泡光标与恒点击技术 (steady clicks techniques), 并由实验结果发现, 两种技术的结合可有效降低被试 (尤其是老年) 在触控笔交互界面中的点击操作错误。也有研究者则关注如何进一步优化气泡光标。例如, Laukkanen, Isokoski 和 Riih  (2008) 在气泡光标的基础上提出了锥形和惰性气泡光标 (cone and the lazy bubble) 研究结果显示, 惰性光标和锥形光标在点击速度、点击错误率和主观评价上均未体现出优势。Mott 和 Wobbrock (2014) 的研究发现, 随着选取目

* 本研究得到 2015 年装备预先研究基金项目 (9140C770202150C77317) 和航天员科研训练中心飞天基金 (FTKY201509) 的资助。

** 通讯作者: 葛列众。E-mail: glzh@vip.163.com

DOI:10.16719/j.cnki.1671-6981.20170103

标变小和密集, 气泡光标的优势将逐渐降低直至等同于传统光标。针对这个局限性, 研究者提出了气泡透镜技术 (bubble lens), 并通过实验验证了新技术的有效性。

由此可见, 气泡光标技术的设计思路不仅具有相对稳定的有效性, 而且还可以与其他界面技术结合进一步提高界面交互效率。然而, 该技术依然存在值得优化的地方, 例如, 由气泡光标的设计原理可知, 当目标的物理分布确定后, 各个目标相应的有效点击区域即被确定, 且在整个操作过程中保持恒定不变。这意味着对不同用户而言, 特定操作目标的可激活区域是恒定的, 并不因用户的操作习惯或个体偏好等因素的不同而变化。这种恒定的可激活区域既不利于光标运动空间资源的有效利用, 也无法满足用户高效使用复杂产品的需求。

作为用户与界面的一种交互方式, 自适应技术可以根据用户行为自动改变界面布局、功能等元素 (王璟, 2011), 从而提高用户的操作绩效和使用体验。喻纯和史元春 (2012) 在卫星光标的基础上设计了一款自适应卫星光标。交互过程中, 这种自适应卫星光标可以通过最近策略为用户选择下一步可能点击的目标集合。进一步的实验证明, 用户更喜欢这种使用自适应卫星光标, 而且操作效率也较高。Su, Au 和 Lau (2014) 也曾提出一款名为 IFC (implicit fan cursor) 的自适应光标。IFC 光标拥有一个扇形的可点击区域, 扇形面积和光标的移动速度有关。用户移动鼠标的速度越快, 光标的扇形点击区域就越大。实验结果显示, 用户使用 IFC 完成任务的时间要低于使用气泡光标的时间。

追溯以往研究可知, 相比传统的尖点光标, 气泡光标技术是一种有效的点击增强技术, 还可以应用于菜单等日常交互界面。同时, 不少研究者针对气泡光标技术的交互显示及应用局限性方面进行了探究, 得到了一定的进展。但由气泡光标的设计思路可知, 该技术缺乏对用户操作特点的考虑, 而此方面目前尚无直接的研究。另外一方面, 已有的研究表明点击增强技术引入自适应技术后, 可以提高操作绩效。

综上所述, 本研究引入自适应技术, 设计了新型的自适应气泡光标, 并与 Grossman 和 Balakrishnan (2005) 提出的气泡光标进行了实验比较, 以验证这种基于用户操作特点的自适应气泡光标的有效性。我们希望这种新型自适应气泡光标,

能够克服传统气泡光标技术没有考虑用户操作特点的不足, 从而优化气泡光标的设计, 为丰富和完善其它点击增强技术提供了一种新的设计思路。

2 自适应气泡光标的设计和验证

2.1 自适应气泡光标的设计

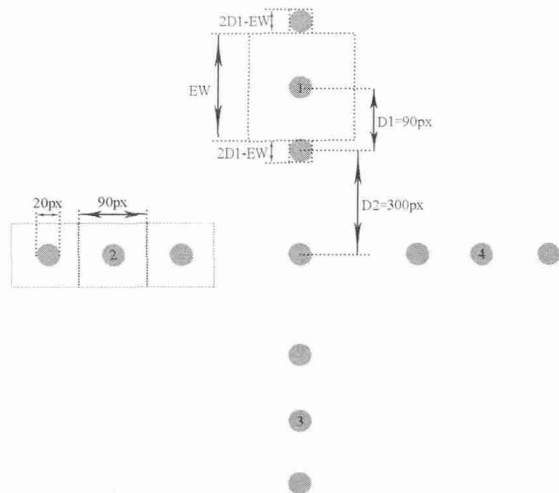
实验中, 气泡光标的实现算法与 Grossman 和 Balakrishnan (2005) 研究中的算法一致。在此基础上, 本研究结合被试的点击操作频率和时间特性, 设计了基于时间和基于频次的两种目前常用的自适应算法的自适应气泡光标 (王璟, 2011; 喻纯, 史元春, 2012)。这两款自适应光标的外形和实现原理与气泡光标基本一致, 不同的是, 在自适应气泡光标的设计中, 每个操作目标的有效点击区域大小不再固定, 而是根据自适应算法而发生变化。

2.1.1 基于频次算法的自适应气泡光标

对于基于频次算法的自适应气泡光标来说, 目标有效点击区域大小取决于被试点击目标的频次。目标的点击频次越高, 相应地目标有效点击区域越大。实验中, 我们参照相关研究 (王璟, 2011; Findlater & McGrenere, 2008) 中确定项目选择频次的方法, 基于 Zipf 分布生成四个候选目标的被点击频次, 并兼顾实验总时间, 确定最终频次由高到低依次为: 48、24、8、2, 即用户总共需要点击 82 次。每次启动程序, 候选目标与指定频次之间进行随机匹配, 从而避免目标位置和点击频次之间产生不必要的关联。

如下图 2 所示, 考虑到实验设备的屏幕尺寸和界面中实心圆之间的间距 (90 像素), 目标的有效点击区域初始边长 (实验中称之为 effective width, 简称 EW) 设定为 90 像素。另一方面, 随着点击频次增加, 目标的 EW 将逐级放大, 而实心圆之间的恒定距离将导致周边干扰目标的 EW 缩小 (但必须大于等于目标本身直径 20 像素)。因此, 目标的 EW 最大可设置为 160 像素。针对上文所述的四个等级点击频次, 本研究在 90~160 之间选取四个等级 EW 与之形成对应关系。具体如下: 当某个目标被点击频次达到 2 次时, 该目标的 EW 将自动调整为 100 像素, 当点击频次达到 8 次时, 目标的 EW 进一步调整为 120 像素, 依次类推, 达到 24 次点击时, EW 为 140 像素, 达到 48 次时, EW 为 160 像素。由此, 四个目标之间因被点击频次的不同, 相应的 EW 不同, 从而模拟当不同目标具有不同点击频次

需求时,相应的可点击性产生变化,从而满足用户的需求。



D1: 三个目标圆心之间的两两距离; D2: 屏幕中心圆和第一个目标圆的距离

EW: 目标圆的有效点击区域边长(目标圆前后两个干扰圆的EW为 $2D1-EW$)

图2 有效点击区域尺寸变化示意图

2.1.2 基于时间算法的自适应气泡光标

对于基于时间算法的自适应气泡光标来说,目标有效点击区域大小取决于目标最近一次被点击和上一次被点击的时间间隔。点击的时间间隔越短,相应地目标的有效点击区域越大。交互过程中,系统将自动记录四个候选目标的最近被点击时间,并依据最近策略进行先后排序,为其分配不同等级的EW。与基于频次算法的气泡光标技术一致,基于时间算法中所采用的四个等级有效点击区域同样设置为:100、120、140和160像素。最近一次被成功点击的目标的EW将调整为160像素,在这之前的另一个目标的EW为140像素,依此类推,另外两个目标的EW分别为120像素和100像素。因此,当连续点击同一个目标时,该目标的EW将始终保持最大,当被试改变点击对象时,当前被点击目标的EW自动调整为最大,相应的前一操作对象的EW将缩小调整,从而来模拟满足用户某一段时间内的操作需求。

2.2 自适应气泡光标的验证实验

本实验的目的是考察两种自适应气泡光标对用户点击操作绩效和主观评价的影响作用。

2.2.1 被试

选取在校本科生和研究生60人(男性27人,女性33人),平均年龄为21.4岁($SD=2.09$)。所有被试均为右利手,视力或者矫正视力正常。其中,

约66%被试每天使用鼠标小于2小时,21%被试每天使用鼠标在2~5小时之间,14%被试每天使用鼠标超过5小时。

所有被试被随机分配到三种实验条件下,其中气泡光标20人(男性8人,女性12人),平均年龄为21.5岁($SD=2.14$);基于频次的自适应气泡光标20人(男性8人,女性12人),平均年龄为21.4岁($SD=2.30$);基于时间的自适应气泡光标20人(男性11人,女性9人),平均年龄为21.2岁($SD=1.90$)。

2.2.2 设备和程序

Sony笔记本一台,外接一个22英寸宽屏平板液晶显示器,分辨率为 1680×1050 像素,用于运行实验程序。实验程序是在MFC框架下使用C++语言编写而成,界面如图2所示,界面中心的实心圆为任务起始点(红色),起始点的上下左右四个方向等距之处分别有三个灰色实心圆。实验过程中,被试统一使用一款常规的鼠标(型号:联想MOL9UL)进行点击操作,鼠标各参数属性均为默认状态。

2.2.3 变量和设计

本实验为单因素3水平(光标类型:气泡光标、基于频次算法的自适应气泡光标和基于时间算法的自适应气泡光标)被试间设计。

因变量包括点击操作完成时间、点击正确率和主观评价。点击操作完成时间是指用户点击起始点到成功点击目标之间的时间。点击正确率指的是用户成功点击目标的次数与点击总次数的比值。主观评价主要参考Laukkanen等(2008)的研究中所使用的评价问题,围绕“反应速度”、“操作难易度”、“外形舒适度”、“易学性”和“整体偏好”5个方面进行7点评分(7分表示完全同意,1分表示完全不同意)。其中,“难易度”问题为反向评分,分值越高表示操作该光标越困难。

2.2.4 实验任务

本实验的任务为被试使用随机分配到的光标尽可能快而准确的点击屏幕上随机出现的黄色目标圆。每一次任务开始,被试需要先点击界面中心的起始点作为任务计时起始,同时红色实心圆在点击后变为灰色,上图2中标注数字的四个灰色实心圆为候选目标(其余灰色实心圆作为干扰目标,无法被点击),程序将随机选取其中一个变为黄色。被试使用鼠标移动光标直至成功点击黄色实心圆后计时结束,表示单次点击任务结束。当被试点击错误,窗

口左上角将出现“点击错误”字样。

2.2.5 实验流程

三类光标情况下的实验流程相同。首先，用户阅读并签署知情同意书，填写信息表。主试通过显示屏向用户呈现指导语，使其清楚实验的总体流程和要求。接着，被试进行30次光标使用练习。然后，被试进行正式实验，完成82次目标点击任务。最后，被试对当前使用的光标进行主观评价。整个实验时

间为15分钟。

2.3 结果分析

实验结果由SPSS 17.0软件包分析处理获得。对各变量水平中3个标准差外的异常值进行剔除处理，数据的总体有效率约98.6%。三类光标条件下的实验结果如下表1所示。

分别对点击操作绩效（正确率、完成时间）进行单因素方差分析。结果表明，三类光标条件

表1 三种光标条件下的点击正确率、点击操作完成时间和主观评价结果 ($M \pm SD$)

| | 气泡光标 | 基于频次算法的 自适应气泡光标 | 基于时间算法的 自适应气泡光标 |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 点击正确率 (%) | 99.0 \pm 1.6 | 99.4 \pm .7 | 98.5 \pm 1.7 |
| 点击操作完成时间 (ms) | 1205.7 \pm 280.0 | 1010.2 \pm 265.0 | 1010.6 \pm 208.1 |
| 反应速度 | 5.8 \pm .54 | 6.2 \pm .42 | 6.1 \pm .60 |
| 操作难易度 | 3.1 \pm 1.07 | 2.3 \pm 1.08 | 2.9 \pm 1.53 |
| 外形舒适度 | 4.6 \pm 1.15 | 4.8 \pm 1.25 | 4.8 \pm 1.02 |
| 易学性 | 6.4 \pm .51 | 6.7 \pm .58 | 6.3 \pm .86 |
| 整体偏好 | 4.4 \pm 1.18 | 5.3 \pm 1.08 | 5.3 \pm .66 |

下的点击操作正确率之间不存在显著差异， $F(2, 56)=1.883$ ， $p=.162$ ，点击完成时间之间存在显著差异， $F(2, 57)=3.976$ ， $p<.05$ ， $\eta^2=.122$ 。事后检验(LSD)结果表明，使用频次算法自适应气泡光标时的点击完成时间显著短于使用气泡光标时的完成时间($p<.05$)，使用时间算法自适应气泡光标时点击完成时间显著短于使用气泡光标时的完成时间($p<.05$)，两款自适应气泡光标下的完成时间之间差异不显著($p=.995$)。

分别对主观评价中的五个问题(“反应速度”、“操作难易度”、“外形舒适度”、“易学性”和“整体偏好”)进行单因素方差分析。结果表明，三类光标对被试的主观评价存在显著影响，主要表现在：整体偏好度指标上，三类光标之间的主观评价存在显著差异， $F(2, 57)=6.022$ ， $p<.01$ ， $\eta^2=.174$ ，反应速度指标上，三类光标之间的评价差异存在边缘显著($F(2, 55)=3.093$ ， $p=.053$ ， $\eta^2=.101$)。但在操作难易度($p=.125$)、外形舒适度($p=.816$)和易学性($p=.213$)指标上，三类光标之间差异不显著。事后检验(LSD)结果表明，基于频次算法的自适应气泡光标在反应速度、操作难易度、整体偏好指标上的评价显著优于气泡光标($ps<.05$)，基于时间算法的自适应气泡光标在整体偏好指标上的评价显著优于气泡光标($p<.05$)，两款自适应气泡光标

在各项评价指标上差异均不显著($ps>.05$)。

上述结果表明，基于频次算法的自适应气泡光标显著提高了点击操作绩效，缩短了点击完成时间，并在反应速度、操作难易度、整体偏好指标上得到了更好的评价。基于时间算法的自适应气泡光标同样显著提高了点击操作绩效，缩短了点击完成时间，并在整体偏好指标上得到了更好的评价。

3 讨论

本研究的实验结果表明，新的自适应气泡光标进一步提升了点击操作绩效，优化了气泡光标。相比于气泡光标，两款自适应气泡光标均有效缩短了点击完成时间，并在多项主观评价指标上得到了更优的评价。在自适应气泡光标中，目标的有效点击区域大小不仅取决于目标的物理分布，还取决于用户的点击操作频次/点击操作时间。随着系统对用户操作特性的了解，不同目标的操作可及性等逐步适应用户的需求和心理模型，从而使得用户不仅付出的努力更少，且不需要特别的知识技能。这一点在“操作难易度”主观评价结果上也得到了有效的印证。

与以往同类研究相比，Mott和Wobbrock(2014)提出的气泡透镜技术，当目标尺寸和间距增大到一定程度时，其优势便不再存在，甚至因额外的视觉

变化产生负作用。Laukkanen 等 (2008) 试图对气泡光标技术的交互显示进行优化, 但新技术并未在客观绩效和主观评价方面体现出优势。而 Su 等 (2014) 基于用户操作特性 (光标移动速度) 设计的新光标, 相比于气泡光标, 缩小了点击操作时间, 但未达到显著优势。这表明, 仅仅从显示上优化气泡光标, 还不足以使点击操作绩效得到有效的提升, 但从用户的操作特点来优化或设计新的点击技术则是一种有效的设计思路。喻纯和史元春 (2012) 的研究结果证明了这种设计思路的有效性, 但研究中所采用的自适应算法 (基于最近策略对用户可能点击目标集的预测), 在预测正确率达到 80% 时, 才能体现出自适应技术的优势。这表明, 从复杂的用户操作特性上选取一种或多种有效的设计依据是点击增强技术的设计关键。本研究结果显示, 基于用户操作频次和基于用户操作时间特性是两种有效的设计依据, 并且使用门槛低, 具有更广泛的应用和研究空间。

我们的研究未发现基于频次算法和基于时间算法的自适应气泡光标之间的差异。这可能与本实验的单一操作情景有关。我们设想, 这两款光标可适用于不同的情景。基于频次算法的自适应气泡光标更适用于公共应用环境 (如银行、图书馆等) 中的终端系统。在这些情景中, 用户的操作具有集中和重复的特点, 如图书借阅系统中的搜索按钮等。而基于时间算法的自适应气泡光标则更适用于私人应用终端中。在这些情景中, 用户的操作具有更强的时间先后依赖性, 如用户上一次使用的文档等。因此, 在不同情景下使用相应的自适应气泡光标, 可最大程度的体现出光标各自的优势。当然, 这种设想需要由后续的研究进一步证实。

值得注意的是, 本研究中的自适应气泡光标在“外形舒适度”方面的评价并不高。作者以为, 本研究提出的自适应气泡光标主要从光标的内在算法对传统气泡光标进行了优化, 然而在外形特点上, 依然具有较为明显而动态的视觉特征, 而这点上亦有可能影响一部分被试的操作体验, 从而降低整体满意度水平。这表明, 对光标的视觉特征的影响作用进行研究, 有望进一步提升本研究提出的自适应气泡光标的用户主观体验。

总之, 未来的研究需要进一步深入挖掘用户操作特点, 整合多种自适应算法, 来完善和加强这种基于用户特点的点击增强技术。除此之外, 点击增强技术的视觉特征、应用情境以及人群特征的影响

作用也是未来研究需要关注的问题。

4 结论

本研究得到以下结论:

(1) 基于频次算法的和基于时间算法的自适应气泡光标在操作绩效和主观偏好上均显著优于气泡光标。

(2) 两款自适应气泡光标在操作绩效和主观评价上没有明显的差异, 但两者各有其独特的使用范围。

(3) 基于用户操作特点的设计思路是优化现有点击增强技术和创新的有效途径。

参考文献

- 王璟. (2011). 手机菜单类型的工效学研究. 浙江理工大学硕士学位论文.
- 喻纯, 史元春. (2012). 基于自适应光标的图形用户界面输入效率优化. 软件学报, 23(9), 2522-2532.
- Baudisch, P., Cutrell, E., Robbins, D., Czerwinski, M., Tandler, P., Bederson, B., & Zierlinger, A. (2003). Drag-and-pop and drag-and-pick: Techniques for accessing remote screen content on touch- and pen-operated systems. In M. Rauterberg, M. Menozzi, & J. Wesson (Eds.), *Human-computer Interaction* (pp. 57-64). Amsterdam: IOS Press.
- Blanch, R., Guiard, Y., & Beaudouin-Lafon, M. (2004). Semantic pointing: Improving target acquisition with control-display ratio adaptation. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, New York, USA.
- Findlater, L., & McGrenere, J. (2008). Impact of screen size on performance, awareness, and user satisfaction with adaptive graphical user interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, New York, USA.
- Findlater, L., Jansen, A., Shinohara, K., Dixon, M., Kamb, P., Rakita, J., & Wobbrock, J. O. (2010). Enhanced area cursors: Reducing fine pointing demands for people with motor impairments. In *Proceedings of the 23rd annual ACM symposium on user interface software and technology*. New York, USA.
- Grossman, T., & Balakrishnan, R. (2005). The bubble cursor: Enhancing target acquisition by dynamic resizing of the cursor's activation area. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, New York, USA.
- Guiard, Y., Blanch, R., & Beaudouin-Lafon, M. (2004). Object pointing: A complement to bitmap pointing in GUIs. In *Proceedings of graphics interface 2004, Ontario, Canada: Canadian Human-Computer Communications Society*.
- Hasan, K., Grossman, T., & Irani, P. (2011). Comet and target ghost: Techniques for selecting moving targets. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*. New York, USA.
- Laukkanen, J., Isokoski, P., & Riih , K. J. (2008). The cone and the lazy bubble: Two efficient alternatives between the point cursor and the bubble cursor. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, New York, USA.
- Moffatt, K., & McGrenere, J. (2010). Steadied-bubbles: Combining techniques

- to address pen-based pointing errors for younger and older adults. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems, New York, USA*.
- Mott, M. E., & Wobbrock, J. O. (2014). Beating the bubble: Using kinematic triggering in the bubble lens for acquiring small, dense targets. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems, New York, USA*.
- Su, X., Au, O. K. C., & Lau, R. W. (2014). The implicit fan cursor: A velocity dependent area cursor. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems, New York, USA*.
- Tsandilas, T. (2007). Bubbling menus: A selective mechanism for accessing hierarchical drop-down menus. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems, New York, USA*.
- Yu, C., Shi, Y. C., Balakrishnan, R., Meng, X. L., Suo, Y., Fan, M. M., & Qin, Y. Q. (2010). The satellite cursor: Achieving MAGIC pointing without gaze tracking using multiple cursors. In *Proceedings of the 23rd annual ACM symposium on user interface software and technology, New York, USA*.

The Adaptive Bubble Cursor—Pointing Augmented Technique Based on Users' Operation

Wang Qijun¹, Jin Xinqin¹, Wang Li², Xu Fenggang², Ge Liezhong¹

(¹Department of Psychology, Zhejiang Sci -Tech University, Hangzhou, 310018)

(²China Astronaut Research and Training Center, Laboratory of Human Factors Engineering, Beijing, 100094)

Abstract Mouse pointing is a basic operation in the graphical user interface. In order to improve the users' pointing performance, the current study developed two kinds of adaptive cursors based on the bubble cursor (Grossman & Balakrishnan, 2005, April), which is the currently the fastest-known general pointing technique. Moreover, we carried out an empirical experiment to verify the effect of these two adaptive cursors (compared with the bubble cursor).

The current study consists of two parts. The first one describes the development of the two adaptive cursors. The effective width of the new cursors could be changed dynamically according to the different adaptive algorithm, as shown in Fig. 2. This study adopted two typical adaptive algorithms: one chose the most used item as the adaptive item, and the other chose the most recent-used item. Based on these two adaptive algorithms, we respectively named the new cursors the frequency adaptive bubble cursor and the time adaptive bubble cursor.

The second part is an empirical experiment. The experiment testbed was developed in C++. All sessions were run on a 1680 × 1050 22 inch widescreen monitor connected to the Sony laptop. The mouse used during the experiment was a Lenovo MOL9UL mouse connected over USB, and the parameters were all set to the default. The experiment was a single factor between-subjects design with 3 levels (cursor type: bubble cursor, frequency adaptive bubble cursor and time adaptive bubble cursor). The dependent variables were accuracy, operation time, and user's satisfaction evaluation. The satisfaction questionnaire was based on a study (Laukkanen et al., 2008). There were five aspects of evaluation: speed, operation difficulty, appearance fitness, learnability and overall preference. Sixty right-handed adults participated in the current study (33 females and 27 males), and randomly assigned to the 3 levels of cursor type. For each group, participants were asked to finish 82 times of pointing tasks with a mouse as accurately as possible, which the accuracy and the time were recorded. After the pointing tasks, participants' subjective evaluation was performed.

All data were processed by SPSS 17.0. The mean and standard deviation of the three cursor types' performance and satisfaction evaluation were shown in Table 1. The ANOVA results showed: (1) Participants pointing with two adaptive cursors were faster than those with the bubble cursor ($p < .05$). (2) There was no significant difference between the two adaptive cursors both in the performance and subjective evaluation ($p > .05$). (3) Participants felt more comfortable with the frequency adaptive cursor than the bubble cursor in terms of speed and operation difficulty ($p < .05$). And on the overall preference, these two adaptive cursors were better than the bubble cursor ($p < .05$).

The results taken together indicated that the two adaptive cursors were better than the bubble cursor. However, there was no significant difference between the two adaptive cursors. According to the real-life experience, we could infer that, different adaptive cursors could be used in different scenarios, which means that our study would help to improve the pointing performance for different people and different environment. In summary, these findings provide empirical evidences for the development and optimization of the pointing augmented technique.

Key words pointing augmented, bubble cursor, adaptive