**利用远端触觉反馈进行目标获取**

Leveraging Distal Vibrotactile Feedback for Target Acquisition

【论文内容】：在本文中，我们将通过放置在用户非主导手腕上的智能手表上的触觉刺激而产生的远侧反馈，作为用户手指下方交互位置触觉反馈的替代反馈机制。 我们通过在智能手机上完成的Fitts法则任务，比较了互动位置反馈和远端反馈的有效性。 结果表明，远端和互动位置反馈都可以减少目标获取中的错误，并且在统计上具有可比性，这表明当互动位置反馈不易获得时，远端触觉反馈是一种合适的选择。

【文中的4种反馈形式】：无反馈，填充反馈，中心反馈（其中1/4的目标提供了反馈，以引导参与者到达目标中心并减少错误 ），以及线路前沿反馈

【实验设备】：Sony Smartwatch 3+Nexus 7P

【实验】：最终实验设计包括四个触觉反馈条件：无延迟的智能手机反馈（交互位置），智能手机的反馈延迟39ms（交互位置延迟），佩戴在用户的智能手表上的反馈非主导手腕（远端）和控制状态（无反馈）。

•互动位置反馈，无延迟（C01）：当用户正确进入目标区域时，手机振动电机会立即激活并保持激活状态，直到用户抬起手指或将手指从该区域移开为止。这通常是基于振动的反馈在现代交互式触摸屏中的工作方式。

•具有延迟的交互位置反馈（C02）：当用户正确进入目标区域时，手机振动电机会在计算出的延迟时间（39ms）之后启动，并保持激活状态，直到用户抬起手指或将手指从触摸屏上移开为止。目标加上延迟时间。

•远端反馈（C03）：当用户正确进入目标区域时，消息将从手机发送到智能手表，以激活手表振动电机。直到用户抬起手指或将手指从该区域移开为止，这一直有效，这时将发送一条消息以停用手表的振动电机。

•无反馈（C04）：正确目标采集后无振动反馈。

**实验流程：**指示参与者选择以食指为起始位置的蓝色目标，然后将食指从蓝色目标移至红色目标，并在红色目标内抬起手指。每个定位任务中总共有5个圈子。显示屏右上角的文本反馈指示用户是否已成功完成定位任务。

完成每个条件后，将为参与者管理NASA任务负载指数（TLX）[13]，以评估每个界面的加权工作量得分。作为NASA TLX一部分评估的类别是身体需求，精神需求，时间需求，性能，努力和挫折感[13]。最后，在实验后，要求参与者将反馈技术（智能手机，手表或无）从最喜欢到最不喜欢进行排名。（具体看论文）

**假设：**

[H1]与没有反馈相比，反馈可以缩短定位时间。

[H2]与没有反馈相比，反馈降低了错误率。

[H3]与没有反馈相比，参与者更喜欢反馈条件，并且比观看反馈更喜欢电话反馈。

**结论：**

•H1认为反馈会减少定位时间。 但是，我们发现与无反馈条件相比，两种反馈条件（带延迟和观看功能的电话）的定位时间增加了。 尽管由于蓝牙延迟而导致这种情况出现，但由于反馈条件在统计上从来没有比没有反馈快，因此不支持H1。

•H2认为反馈会减少错误。 我们发现反馈确实减少了错误。 因此支持H2。

•H3假设，与无反馈相比，参与者更喜欢反馈，而观看反馈则更喜欢电话反馈。 根据用户的偏好，我们发现支持H3。

在Fitts的定律任务中，性能取决于速度精度的取舍。 具体来说，击中较小的目标需要更高的精度； 因此，交互时间更长[21]。 此外，即使在Fitts的法律任务范围内，偏向速度或准确性也会明显影响性能[2，21]。 检查以上假设，反馈的总体效果是使响应产生偏差[2]。 当反馈引导他们更准确地获取目标时，参与者速度较慢，但更为准确。 结果表明，反馈鼓励更慢，更精确的运动。

【再看】

1. 无论是使用振动还是其他形式的触觉刺激，这些反馈技术的设计都基于两个假设：首先，设备具有某种物理形式（例如，与增强现实相比，它不是虚拟投影）；其次，该设备只能由一个用户使用。
2. 人们可以想象用工程解决方案来分割触觉显示器[3]或人为刺激空中的手指[6，26]，但我们想知道是否还有其他形式的反馈，例如：可以在远端（在交互位置以外的位置）提供振动，以及该振动反馈是否可以支持目标获取任务。鉴于智能手机使用振动来传达目标获取信息，我们是否可以利用智能手表之类的便利设备在交互位置反馈不可行（例如共享显示器或虚拟显示器）时在交互过程中在另一个人体位置提供反馈？
3. 受Cockburn和Brewster在针对目标的多峰反馈效应中的作用[9]的激励，许多研究人员对触觉反馈可用于增强目标性能的各种方式进行了探讨。 Levesque等。 [20]和Casiez等。 [7]展示了表面摩擦相对于目标性能的优势。 Zhang和Harrison [36]的最新工作探索了如何最好地缓解一类触觉效果-电振动，其中交流电压改变了表面的“橡胶感”-从而最大程度地提高了瞄准性能。
4. 尽管在研究系统中已经探索了许多这些触觉效果，但商用智能手机上最常见的触觉反馈形式是振动[28]。这个领域的早期研究探索了如何最好地设计硬件来支持触觉反馈[27，29]，而最近的工作集中在触觉刺激的设计上[17，28]。
5. 为避免此问题，我们考虑将远端反馈作为交互位置反馈的替代方法。有一些理由认为与交互作用相关的手臂上腕部磨损反馈[15]可能会带来好处，因为当用户接触到某些东西时，基于腕部的振动会振动腕部和手部的骨骼并将触觉效应传递到相互作用的点。 Maeda等人利用这种骨骼传输的思想。 [22]描述了腕戴式振动的设计，以在交互过程中增强触觉效果，包括在虚拟环境中增强交互作用[23]。尚不清楚与互动距离更远的震动触觉效果是否有益。在虚拟或增强现实中，Kaul等人[16]里希特（Richter）等人研究了在VR或AR头戴设备中增加触觉效果以改善目标定位，并发现效果不是特别有效。 [30]研究了打字任务期间身体佩戴的触觉反馈的各种配置，发现性能得到了改善。
6. 我们不是第一个探索腕戴式触觉反馈的人：腕戴式触觉反馈的评估已被用于在触摸桌面上打字，并由McAdam和Brewster在用户输入臂上提供了腕戴式触觉输出[24]。 ，25]。在这项先前的工作中，使用管状绷带将执行器连接到用于互动的身体同一侧。

【重要引用】：