

palmVelocity 得到手掌速度的向量信息. 由于 Leap Motion 的坐标系与图像的坐标系存在差异, 因此若 X, Z 轴的向量数值在一定的阈值内且 X 轴上的向量数值递减, 则识别出手掌张开向右移动的手势; 若 X, Z 轴的向量数值在一定的阈值内且 X 轴上的向量数值递增, 则识别出手掌张开向左移动的手势.



图6 手势与手势关节对应图

2 实验

2.1 实验配置

实验用到了计算机 (Windows 7 系统) 一台和 Leap Motion 设备一套, 首先在计算机上安装好 Leap Motion 驱动程序, 将 Leap Motion 设备水平放置于无杂物的桌面上, 再将其与计算机连接, 设备指示灯显示黄色则表

明连接成功. 其中必须将 Leap Motion 设备放置在无障碍的桌面上, 设备上方无障碍是成功使用 Leap Motion 设备的基本条件.

本次实验选取了 20 名试验对象, 其中 10 名男性, 10 名女性, 均为右利手. 为方便数据统计, 20 名实验对象分组为 A、B、C、D、E 五组, 每组两男两女共四人, 分别编号为 A1 到 A4、B1 到 B4、C1 到 C4、D1 到 D4、E1 到 E4. 20 名实验对象中, 有 2 名在实验前接触过非接触式交互技术如 Kinect(对象 A2 和 C1). 共设计了三组实验, 分别对 Leap Motion 参数准确性、手势识别准确性、系统交互易用性进行测试. 为避免测试人员因疲劳感而产生的影响, 实验顺序按照如下图顺序进行:

在实验前, Leap Motion 设备放置在水平桌面上, 通过 USB 线和系统相连, 手势的操作均在 Leap Motion 上方中央区域进行.

2.2 Leap Motion 参数准确性评估

分别对 Leap Motion 返回的手指个数以及手部运动速度进行测试, 以评估 Leap Motion 对手部运动基本数据的获取的准确程度. 五组试验对象均进行了手指个数的测试, 测试形式为用右手放置不同的手指数. 每位测试人员分别对伸开 1-5 根手指的手势重复 50 次进行测试, 对比实际手指个数和系统利用 Leap Motion 的 Finger.number 值输出的手指个数. 在共计 1000 次的试验中, 仅有 97 次未能正确识别, 准确率 90.3%. 其中, 1 根手指无错误识别, 2 根手指的错误识别有 16 次, 3 根手指的错误识别有 20 次, 4 根手指的错误识别有 26 次, 5 根手指的错误识别有 35 次. 由此可知, Leap Motion 对少于三个手指的情况识别较为准确; 当手指个数为三个以上时, 误差较为明显. 而男女性别差异在手指个数的识别结果上无明显差异.

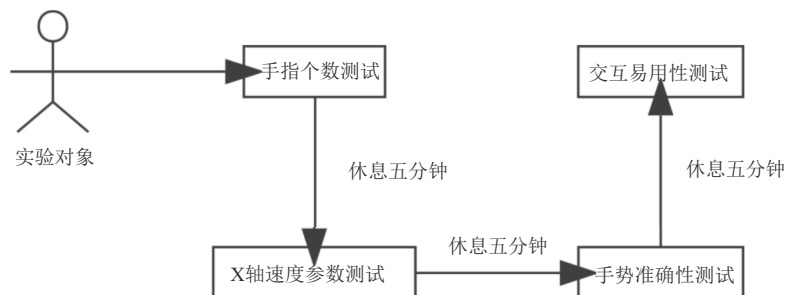


图7 实验顺序图

在对 X 轴速度参数的测试中, 随机选取了一组实验对象, 进行了 4 次测试, 分别以慢、适中、快、极快的速度下挥手通过 Leap Motion 的正上方的中央区域, 将数据取平均值, 得到如表 2 所示数据。

表 2 对 X 轴速度参数的测试

| | 实际挥手速度 | 返回的 X 轴速度分量 |
|---------|--------|-------------|
| 第 1 次测试 | 慢 | 21.7 |
| 第 2 次测试 | 适中 | 33.6 |
| 第 3 次测试 | 快 | 45.1 |
| 第 4 次测试 | 极快 | 41 |

由此, Leap Motion 传感器返回到的 X 轴速度分量与用户的挥手的速度在一定情况下成正比, 能够反应实际手势速度的差异。

2.3 手势识别准确性评估

五组试验对象进行了手势识别准确性的测试, 在没有提前对手势进行练习的情况下, 将手部置于 Leap Motion 上方区域并完成如下表格中的手势。各组的每名对象对每种手势重复测试 100 次, 即每种手势共实验 2000 次, 并将所得的数据进行整理汇总, 得出表 3。

表 3 各手势准确性评估表

| 手势名称 | 实验次数 | 准确识别次数 | 准确率 (%) |
|-------|------|--------|---------|
| 向左移动 | 2000 | 1654 | 82.7 |
| 向右移动 | 2000 | 1754 | 87.7 |
| 顺时针画圈 | 2000 | 1862 | 93.1 |
| 逆时针画圈 | 2000 | 1726 | 86.6 |
| 食指点击 | 2000 | 1268 | 63.4 |
| 中指点击 | 2000 | 1703 | 85.2 |

从多次实验的结果中看, 对于平移和旋转手势, Leap Motion 的识别率基本上能达到令人满意的程度, 但是对于食指和中指的点击, 由于手掌在自然张开的状态下, 食指的点击会影响到中指, 同样中指的点击也会影响到食指, 因此误差较大。其中中指的点击效果优于食指点击。

2.4 系统交互易用性评估

五组试验对象分别对手势识别系统的交互功能进行试用后, 对每一项手势易用性进行了打分评估。打分以操作者的主观感受为标准, 其中每一项满分为 10 分, 对得分取平均值得到如表 4。

表 4 交互易用性评估表

| 手势编号 | 手势功能 | 手势描述 | 测试小组平均评分 | | | | |
|------|---------|-----------------|----------|-----|-----|-----|-----|
| | | | A | B | C | D | E |
| 1 | 图像向左平移 | 手掌张开向左移动 | 8.4 | 9.5 | 9.1 | 8.5 | 8.7 |
| 2 | 图像向右平移 | 手掌张开向右移动 | 9.0 | 9.2 | 8.7 | 9.1 | 8.9 |
| 3 | 图像放大 | 手掌张开单击食指 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.4 |
| 4 | 图像缩小 | 手掌张开单击中指 | 7.4 | 8.0 | 7.1 | 6.9 | 7.8 |
| 5 | 图像顺时针旋转 | 只伸出食指, 并顺时针旋转画圆 | 9.5 | 8.0 | 9.1 | 9.0 | 9.2 |
| 6 | 图像逆时针旋转 | 只伸出食指, 并逆时针旋转画圆 | 8.4 | 8.1 | 8.5 | 8.5 | 8.7 |

大多数被试者对平移手势的评分较高, 但对于缩小和放大所对应的单击手指手势, 由于手指间的动作的互相影响, 交互的自然性略显不足, 易用性仍需加强, 相应的客观评分低于其他四种手势。其中有个别被试者反映对于缩放手势感觉不够自然, 分析后得知一个原因便是由于食指的点击不可避免的会影响到中指, 同样, 中指的点击也会影响到食指, 而 Leap Motion 设备将这几毫米动作当成了人体手指的移动, 从而造成了误差。后期为了解决这一问题, 讨论了两种可行的方案, 方案一是采用其他手势来实现缩放效果, 如手指的捏合; 方案二是优化算法, 将数据精确到手指的向量信息上。

2.5 系统总体评分

在完成对 Leap Motion 参数准确性、手势识别准

确性和交互易用性的测试后, 让被试者对系统的总体感受、反应速度、手势自然程度进行打分, 并写出不满意的手势。得到了如下的每一项满分为 100 分的数据表格如表 5。

表 5 实验评分表

| | 实验总体感受 | 系统反应速度 | 手势自然程度 | 最不满意的手势 |
|-----|--------|--------|--------|---------|
| A 组 | 91 | 87 | 82 | 单击手势 |
| B 组 | 81 | 92 | 84 | 单击手势 |
| C 组 | 84 | 87 | 82 | 旋转手势 |
| D 组 | 82 | 88 | 81 | 单击手势 |
| E 组 | 84 | 90 | 79 | 单击手势 |

在对系统的测试中, 对于六项手势所对应的六个动作, 绝大部分被试者能在未训练的前提下良好的实现。

3 结论和展望

针对手术室无菌环境要求非常高的现实需求,以及传统鼠标键盘等人机交互方式存在的需要定期消毒且无法在手术过程中进行操作等客观限制,本文对目前手术室中人机交互存在的问题进行了分析,提出基于体感设备 Leap Motion 的非接触式手势控制方案. 以 Leap Motion 作为数据采集源,利用 Leap Motion 的 API,形成一套精确度相对较高、易用性相对较强的无干扰化手术控制系统. 在现有的虚拟操作人机交互方法中,本文方法更具有现实意义,优势突出,且进一步促进了人机交互与手术结合领域的发展. 实验表明,目前该系统在无干扰特性上有着较大的优势,准确度与易用性上的表现也令人满意,同时也证明了 Leap Motion 设备获取指尖信息的可行性^[19]. 但目前对于某些手势(比如手指单击)的精确识别上仍存在不足,下一步的工作将继续深入研究手指关节和体感信息的提取方法和手势匹配算法,在现有的基础上通过双目摄像头进行深度成像,再根据双目信息利用匹配算法推算出深度,最后从深度图中得到三维手部模型^[20]. 与传统的鼠标相比较,手势控制有着更加灵活的操作性:在操作上无需接触,且手势的控制不受空间的限制,同时对手势控制的研究有着更加大的研究意义^[21]. 但在精细操作时,灵敏度和稳定性有待提高,这也是我们下一步的工作目标.

参考文献

- 1 刘付斌. 医学影像技术在医学影像诊断中的临床应用探究. 大家健康(上旬版), 2016, 10(3): 70.
- 2 杨克, 韩雪, 周宗铂. 增强现实技术在军事装备教学中的应用分析. 电脑知识与技术, 2017, 13(25): 112-113.
- 3 Juan CM, Toffetti G, Abad F, *et al.* Tangible cubes used as the user interface in an augmented reality game for edutainment. Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. Sousse, Tunisia. 2010. 599-603.
- 4 赵娜, 杨谊平. 增强现实技术与手术模拟. 中华医学丛刊, 2004, 4(4): 58-59.
- 5 钮艳华, 汪元美, 段会龙. 基于增强现实的外科手术导航技术. 中国医疗器械杂志, 2004, 28(1): 50-54.
- 6 De Crescenzo F, Fantini M, Persiani F, *et al.* Augmented reality for aircraft maintenance training and operations support. IEEE Computer Graphics and Applications, 2011, 31(1): 96-101. [doi: 10.1109/MCG.2011.4]
- 7 Helgason T, Gargiulo P, Jóhannesdóttir F, *et al.* Monitoring

- muscle growth and tissue changes induced by electrical stimulation of denervated degenerated muscles with CT and stereolithographic 3D modeling. Artificial Organs, 2005, 29(6): 440-443. [doi: 10.1111/aor.2005.29.issue-6]
- 8 Durrani AF, Preminger GM. Three-dimensional video imaging for endoscopic surgery. Computers in Biology and Medicine, 1995, 25(2): 237-247. [doi: 10.1016/0010-4825(95)00001-K]
- 9 Konstantinov IE, Van Arsdell GS, O'Blenes S, *et al.* Retroaortic innominate vein with coarctation of the aorta: Surgical repair and embryology review. The Annals of Thoracic Surgery, 2003, 75(3): 1014-1016. [doi: 10.1016/S0003-4975(02)04333-3]
- 10 李怀慧, 崔荣军, 李凯军, 等. 虚拟现实技术在护理教学中的应用探讨. 中国临床护理, 2010, 2(2): 152-153.
- 11 Mottelson A, Hornbæk K. Virtual reality studies outside the laboratory. Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology. Gothenburg, Sweden. 2017.
- 12 陈萍萍, 刘文红, 陈琪. 浅谈外来手术器械在手术室无菌质量的管理. 上海护理, 2017, 17(7).
- 13 Gantenbein D. Kinect launches a surgical revolution. A+A, 2013, (9): 14.
- 14 宋志坚, 邓薇薇, 李舫, 等. 一种基于平板电脑的手术导航用的体数据可视化方法: 中国, CN103908345B. 2017-02-08.
- 15 Martin-Khan M, Freeman S, Adam K, *et al.* The evolution of telehealth. Mobile e-Health. Cham: Springer, 2017: 173-198.
- 16 Xu XL, Sun MH, Sun XY, *et al.* Research and development of virtual instruments system based on depth camera. Proceedings of the 3rd International Conference of Pioneering Computer Scientists, Engineers and Educators. Changsha, China. 2017. 108-114.
- 17 Li WJ, Hsieh CY, Lin LF, *et al.* Hand gesture recognition for post-stroke rehabilitation using leap motion. 2017 International Conference on Applied System Innovation. Sapporo, Japan. 2017. 386-388.
- 18 周开店, 谢钧, 罗健欣. 基于 Leap Motion 指尖位置的手势提取和识别技术研究. 微型机与应用, 2017, 36(2): 48-51.
- 19 Guna J, Jakus G, Pogačnik M, *et al.* An analysis of the precision and reliability of the leap motion sensor and its suitability for static and dynamic tracking. Sensors, 2014, 14(2): 3702-3720. [doi: 10.3390/s140203702]
- 20 钱露, 樊迎春, 周明全, 等. 基于 Leap Motion 的三维模型草图检索. 图学学报, 2017, 38(2): 267-277. [doi: 10.11996/JG.j.2095-302X.2017020267]
- 21 周华春. 体感手势智能控制开发平台研究意义. 卷宗, 2014, (12): 398.