

基于 Leap Motion 的手势控制技术初探^①

黄俊, 景红

(西南交通大学 信息科学与技术学院, 成都 610031)

摘要: 最新体感设备 Leap Motion 的面世提供给用户一种全新的体验, 即通过跟踪探测动态手势可以进行体感游戏、虚拟演奏、凌空绘画等的非接触式人机交互。文章首先对 Leap Motion 的技术特点进行介绍, 并对同类型设备进行对比总结, 介绍了 Leap Motion 的相关应用和发展前景。文章分析了 Leap Motion 的原理和技术基础, 然后提出基于 Leap Motion 的手势控制技术, 最后以一个基于 Unity 3D 的手势控制虚拟场景中的物品运动的具体实例, 对 Leap Motion 手势控制技术的实现进行了细节介绍。

关键词: Leap Motion; 手势控制; 人机交互

Gesture Control Research Based on Leap Motion

HUANG Jun, JING Hong

(School of Information Science and Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: The latest somatosensory device Leap Motion detects dynamic gesture to provide users a new experience, such as the somatosensory games, virtual playing, volley painting and other non-contact human-computer interaction. Firstly, this paper focuses on the technology characteristics of Leap Motion and compares with another similar device, then introduces some applications based on Leap Motion and prospects for development. This paper analyzes the theory and technology of Leap Motion, and defines the gesture control technology based on Leap Motion. Finally, this paper gives a specific example of gesture control virtual objects in the scene movement based on Unity 3D, which makes a detail introduction about the implementation of gesture control techniques using Leap Motion.

Key words: Leap Motion; gesture control; human-computer interaction

1 引言

人机交互技术是指通过计算机输入、输出设备来实现人与计算机“对话”的技术。传统人机交互很大程度上依赖于鼠标、键盘、触摸屏, 这种接触式交互已经无法满足更多需求, 因此非接触式人机交互^[1]应运而生。

人机交互在现阶段的目标就是让用户更便捷、更自然的使用计算机。通俗的说, 更自然的方式就是能够使用我们日常生活交流习惯来和机器交流, 比如自然语言、肢体语言等, 其转换到计算机的方式上也就是语音识别操作技术和手势识别操作技术^[1]。就目前虚拟现实和穿戴技术的发展情况而言, 手势识别操作更加容易被实现。

手势是人手或者手和手臂结合所产生的各种姿势和动作, 包括静态手势和动态手势两种。静态手势对应三维空间的一个点, 而动态手势对应三维参数空间的一个运动轨迹^[2]。Leap Motion 的出现加速了手势控制技术的发展, 它不仅可以追踪手掌精确识别手势变化, 而且响应速度也快, 并且提供多种应用程序接口, 支持多种语言编程。

基于 Leap Motion 的手势控制技术包括: 手势追踪, 手势识别和手势输出这三个过程。

2 Leap Motion特点

Leap Motion Controller(简称 Leap Motion)是目前最新流行的体感设备之一。

^① 收稿时间:2015-01-18;收到修改稿时间:2015-04-02

Leap Motion 的体积仅有普通优盘大小, 采用 USB 接口连接计算机. 支持 Windows、Linux 和 Mac OS 多操作系统, 可以面向 C++, C#, Java, JavaScript, Object-C, Python 等语言进行更高级的应用程序的开发, 本身也可以作为一个插件在别的平台上使用, 例如 Visual Studio 2010, Unity 3D 等.

Leap Motion 对用户手掌的 9 块骨头、29 个关节进行探测, 可以识别毫米级别的极短位移量, 可以探测用户的手指、手掌、手腕, 也可以探测类似手指的实体(如铅笔、钢笔等). Leap Motion 的有效探测范围在 25 到 600 毫米(呈倒立四棱锥体状)^[3]. 最新版本的 Leap Motion 对即使身体某些部位不在控制器的接受范围内也可以将手指、手掌、手臂作为一个整体来跟踪, 允许用户手势突然出现大幅变动, 它整个探测过程都是快速跟踪, 再通过三维坐标实时模拟出手势模型^[4], 如图 1 所示.

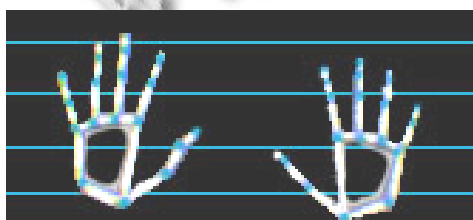


图 1 三维手势模拟示意图

Leap Motion 采用两个超广角相机的快门传感器, 运行速度高达 120 帧每秒, 它舍弃传统传感器单独处理每一个像素的方式, 而是一次性采集所有的像素, 然后再对这些像素进行后续处理, 通过大量数据计算和检测基础来做到对设备功能的稳定控制. Leap Motion 可以识别出的手势包括: 手掌闭合、张开、画圈、划线、点触等.

相比 Kinect 来说, Leap Motion 在近距离范围内识别用户手势动作的精度更高, 处理数据速度更快速, 是一种更专业化, 更小型化, 更具有针对性的体感设备.

3 Leap Motion 的应用领域

Leap Motion 的应用和实验性应用正在快速发展, 通过下面几个领域已经出现了的应用来探讨 Leap Motion 未来的发展前景.

(1) 手语识别领域

手语识别技术一直都是计算机研究的热点, 目标是让更多聋哑人可以和正常人交流. Leap Motion 对手势动作的精确识别以及快速的处理能够为手语翻译软件提供很好的技术支持. 基于 Leap Motion 技术, 美国公司已经开发出一款手语识别系统 Motion Savvy. 此外, 葡萄牙设计师正在研究一款 Leap Reader 产品, 将利用 Leap Motion 技术来开发出一种可穿戴式的手语翻译装置, 为使用手语和不懂手语的人提供了方便.

(2) 虚拟应用领域

虚拟现实(Virtual Reality, 简称 VR)是利用计算机模拟产生一个三维空间的虚拟世界, 提供视觉、听觉、触觉等感官的模拟, 它使得用户与其中各种对象的相互作用就如同在现实世界中的一样^[5]. Leap Motion 的 VR 应用, 如 GetVu, 它是一款使用 Leap Motion 开发的增强现实设备, 通过 Android 手机可让佩戴者同虚拟物体进行接触; 也可以将 Leap Motion 应用在虚拟外科手术模拟、虚拟物理实验, 虚拟花枝修剪, 3D 建模等方面.

(3) 体感应用领域

体感应用最早始于 1983 年, 经过 30 多年的发展, 操控方式逐渐由依赖感测外设备向感测肢体动作过渡^[6]. 目前, 国内外基于 Leap Motion 开发并且成功面世的体感应用已经多达数十种. 例如凌空绘画应用 Corel Draw, 不仅能识别用户的双手, 还能识别用户手中的笔, 还有在虚拟场景内利用手势实现虚拟钢琴的演奏, 以及切水果和飞机大战等热门游戏.

(4) 机械手控制领域

Leap Motion 精确的手势动作识别使其在机械手遥控领域有很大发展空间. 目前 Mirror Training 公司已经研制出了一套机械手臂拆卸炸弹的设备, 这款设备在同类型产品中更加敏捷, 能够快速同步手势, 能够极大程度上保证拆弹人员的生命安全. 此外, 还可以应用在控制外科医生的机器手臂, 实现手势控制机器手臂执行手术, 可用于远程搜救情况.

(5) 计算机应用领域

Leap Motion 的能够极大减少计算机用户对鼠标和键盘等外设的依赖, 利用手势和计算机进行交互是轻量级和普遍的应用方式. Leap Motion 已和惠普达成合作, 其手动控制技术能让人通过手势直接和电脑“对话”, 比如对图片进行缩放、移动、旋转等操作, 而且电脑系统的识别距离能够精确到百分之一毫米.

4 Leap Motion原理和技术

4.1 Leap Motion 工作原理

Leap Motion 控制器设备主要由两个高帧率摄像头、LED 灯, 红外滤光器和一片 USB3.0 芯片组成。Leap Motion 利用滤光器将自然光线过滤成红外线, 在设备上方形成一个虚拟的平面光线网; 当目标对象发生移动时, 就会引起红外线反射而返回目标对象所在位置和移动方向。双高清摄像头立体拍摄得到的高分辨率图像, 模拟双目视觉, 利用三角测量法对空间物体进行三维坐标定位, 将产生的数据通过 USB 传回电脑进行后续处理。

4.2 基于计算机视觉的手势跟踪和识别算法

计算机视觉是综合图像处理, 数学几何, 信号处理, 模式识别等技术使计算机通过二维图像认知三维环境信息的能力^[7]。

计算机视觉技术是手势跟踪和识别采用的是主流方法, Leap Motion 和 Kinect 都采用了这种技术, 但是算法实现的原理不同。Kinect 采用的是结构光的原理, 而 Leap Motion 采用的是双目立体视觉原理得到三维深度。传统的基于计算机视觉的手势跟踪和识别算法在手势运动速度过快以及受到大面积相似背景颜色干扰时, 容易丢失跟踪目标, 而且环境灯光明暗变化也会影响识别的准确性。Leap Motion 利用 LED 灯对光源进行补充, 并且采用红外线探测, 能够减少环境光和背景颜色的干扰, 与 Kinect 相比, 它对环境系统的依赖很小。

4.2.1 基于双目立体视觉的手势识别技术

人在轮流闭合左右眼时, 可以发现同一物体的位置会发生偏移, 这就是视差。Leap Motion 利用双摄像头的控制器模拟人眼, 采用这种立体视觉原理, 就能够对空间物体进行坐标定位。三角测量法是定位目标空间位置最常用的方法, 通过双摄像头固定的基线距离, 控制器能快速计算出物体的空间距离。

手势识别过程一般由手势图像获取、手势分割、手势特征提取、手势识别四部分组成。基于计算机视觉的手势识别算法有基于模板匹配的算法、基于神经网络的算法和基于隐马尔可夫模型的算法等^[8]。

4.2.2 TBD 技术

Leap Motion 在追踪手势的时候, 主要采用了 TBD 技术。TBD 技术主要用于跟踪指尖和笔尖等对象在三维空间中的坐标, 典型的 TBD 技术算法包括动态规划、时空域匹配滤波器、递推贝叶斯滤波等算法。

TBD 技术将重心放在检测目标是否出现在传感器的检测范围内, 假设目标在 K 时刻出现, 就用 $\delta k=1$ 表示, 相反目标没有出现时, $\delta k=0$ 。成像传感器将前 k 帧序列图像作为量测, 表示为 $z_{1:k}=\{z_1, z_2, \dots, z_k\}$ 。把传感器扫描的平面划分为大小为 $\Delta x \times \Delta y$ 分辨单元^[9]。对于采样时刻 k , 任一分辨单元 (i, j) 分别记录一个量测 $z_k(i, j)$, 那么第 k 次量测 z_k 可以表示为式 1 和式 2, 即:

$$Z_k^{(i,j)} = I_k(i,j)(x,y) + nk(i,j) \quad \delta k = 1 \quad (1)$$

$$Z_k^{(i,j)} = nk(i,j) \quad \delta k = 0 \quad (2)$$

式(1)中: $I_k^{(i,j)}(x,y)$ 为 k 时刻当目标位于质心 (x,y) 时像素 (i,j) 的强度, $n_k^{(i,j)}$ 为量测噪声。

4.3 景深提取

物点成像时, 由于像差导致成像光束不能会聚于一点, 形成一个扩散的圆形投影, 称之为弥散圆。摄像机的焦点前后都存在一个弥散圆, 弥散圆的直径很小, 在视野范围内呈现模糊现象, 肉眼无法辨认, 因此称这个不能辨认的弥散圆为容许弥散圆^[10]。而两个容许弥散圆之间的距离就叫景深。计算机领域上的景深提取一般作用于三维场景中的物体。

景深提取最常用的方法即基于双目视觉的景深提取算法, 用多个摄像机对同一场景的对象在不同角度进行拍摄, 获取两幅有视差的图像, 然后将图像进行预处理得到灰度图, 再对两幅灰度图进行立体匹配获取图像间的视差信息, 最后结合摄像机标定的数据, 将视差信息转化成真实世界的深度数据, 即真实世界的景深^[11]。Leap Motion 设备也是基于这个原理, 采用双摄像头拍摄用户的手势, 得到近距离的景深数据。

5 手势控制虚拟物体运动演示系统

5.1 框架设计

基于 Leap Motion 的手势控制虚拟物体运动的实例选择 Unity 3D 作为实现平台。用户输入手势, Leap Motion 开启设备, 通过摄像头检测用户手势输入, 追踪手势动作, 从视频信息中提取手势开始到结束的帧数据, 计算出计算机可识别的手势模型。手势控制过程如图 2 所示。

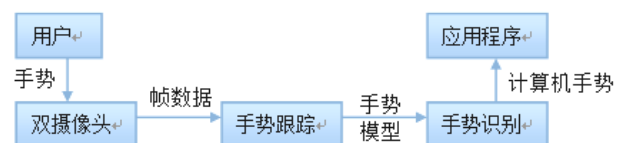


图 2 基于 Leap Motion 的手势控制过程

基于 Unity 3D 虚拟场景, 利用手势控制球体运动, 模拟小球撞击木块堆积的墙体的运动过程描述: 手势模型转换成 Leap 向量, 再根据右手笛卡尔系坐标, 将向量进行 x,y,z 轴的分解, 获取 3 组 Leap 数据, 再将这组数据转换进行 Unity 单位转换, 成为可识别的向量, 再利用 Unity 的物理引擎模拟出虚拟世界中的一个作用力, 使具有重力和质量的刚体球运动.

5.2 Leap Motion 的软件系统

Leap Motion 检测到手掌或者手指等目标对象的时候, 其软件系统还会自动为这个对象分配一个独一无二的标识符. 这个标识符在设备的视野范围内如果持续检测到目标对象存在就保持不变. 如果目标超出有效视野范围, 整个追踪过程出现丢失或者失而复得的情况, Leap Motion 便会重新为目标对象分配一个新的标识符, 同时将旧的标识符失效. 手势检测的流程如图 3 所示.

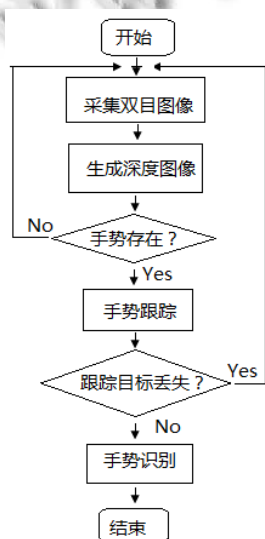


图 3 手势检测算法流程图

Leap Motion 将检测到的手对象的物理特征表示为不同的属性, 如表 1 所示.

表 1 手对象属性表

属性	意义
Palm Position	手掌中心坐标(以毫米为单位计量)
Palm Velocity	手掌速率(毫米/每秒)
Palm Normal	手掌平面的垂直向量, 向量方向指向手掌侧
Direction	方向向量, 由手心指向手指
Sphere Center	手掌内侧弧面球心
Sphere Radius	弧面球半径

Leap Motion 每一帧都会刷新检测, 并且每一帧的帧数据都会被记录, 通过前后帧不同的数据之差, 可以计算出帧运动的信息. 帧数据主要由表 2 中的元素组成.

表 2 帧数据的组成元素表

变量	意义
Rotation Axis	旋转的坐标(方向向量)
Rotation Angle	顺时针旋转角度(基于笛卡尔坐标系)
Rotation Matrix	旋转的矩阵变换
Scale Factor	缩放因子
Translation	线性位移(向量)

5.3 演示系统关键技术

Leap Motion 检测真实世界的用户手势, 包括方向和速度等的度量值, 而 Unity 3D 是一个虚拟的世界, 两者的空间单位不统一, 需要进行转换. 首先定义 Unity 3D 和 Leap Motion 的空间单位匹配扩展类 ScaleExtension, 将 Leap 声明为向量空间, 在该空间内定义单位转换函数.

① 单位转换函数

```

public static Vector3 ToUnityTrans (this Vector lv)
{ return Offset(Scaled(FlippedZ( lv )));}
private static Vector3 FlippedZ( Vector v )
{ return new Vector3( v.x, v.y, -v.z ); }
private static Vector3 Scaled( Vector3 v )
{ return new Vector3( v.x * InputScale.x,
v.y * InputScale.y, v.z * InputScale.z ); }
private static Vector3 Offset( Vector3 v )
{ return v + InputOffset; }
  
```

基于 Leap Motion 的软件系统, 实现手势控制技术还需要获取手势, 获取帧数据, 手势输出等函数.

② 获取手势函数

```

public float GetHandGesture(string user_gesture){
float leapMotionData = GetLeapData(user_gesture);
return leapMotionData;}
  
```

③ 获取帧数据函数

```

Private float GetLeapData(string user_gesture){
if(_hand != null){
Vector3 PalmDirection = new Vector3(0,0,0);
PalmDirection = _hand.PalmPosition.ToUnity();
if(user_gesture ==
"Swipe")leapMotionData=PalmDirection.z;
  
```

```
}}
```

④ 手势输出“力”函数

```
void Update () {
if(leapIsEnabled){
float _distance =
LDCLeapControl.getHandInput("Swipe");
if(IsSwipe(_distance)) {
rigidbody.AddForce(0,0,100);
leapIsEnabled=false;}
}}
```

5.4 手势控制目标对象运动测试

将 Leap Motion 接入电脑, 正面向上平放, 探测面有 3 个红色小点, 表示控制器开启, 并且使绿色显示灯朝向用户自己. 运行 unity 程序, 用户将手放在 Leap Motion 上方 25 毫米-600 毫米之间, 按照箭头方向挥手(即: Swipe), 如图 4 所示, 虚拟世界中的球将受到一个向前的力, 如图 5 所示, 由物理学可知, 物体将获得一个初速度, 然后做匀减速运动, 最终将木块墙体击倒, 效果如图 6 所示.



图 4 Leap Motion 设备图



图 5 虚拟世界球示意图



图 6 虚拟球撞击墙体示意图

5 结束语

手势交互是虚拟现实多通道接口的重要组成部分. Leap Motion 作为目前对手势识别最好的设备, 能够极大程度上满足更多手势交互的需求. Leap Motion 的发展还很短暂, 对手势识别还存在一些技术上的弱点, 比如对被部分遮挡手势的识别较弱, 抗遮挡手势跟踪算法将是文章后续研究的方向. 文中的实例只演示了一种手势对虚拟物体的控制, 属于初步探讨阶段. Leap Motion 目前只是作为一个外接辅助设备, 但是随着虚拟现实, 增强现实和体感技术的发展, 非接触式人机交互的需求将越来越大, 基于 Leap Motion 技术的手势交互将成为更加值得深入研究的热点.

参考文献

- 1 Nguyen VT. Enhancing Touchless Interaction with the Leap Motion using a Haptic Glove [Thesis]. University of Eastern Finland, 2014.
- 2 李建珍, 官海萍. 手势计算技术的发展研究——2012 年新媒体联盟 NMC《地平线报告》启示. 电化教育研究, 2012(11): 39-43, 16.
- 3 陈童, 王妍, 赵琦. 基于 Leap Motion 的中国古琴声画结合交互设计研究. 文艺评论, 2014(9): 77-81.
- 4 Karthick P, Prathiba N. Transforming indian sign language into text using Leap Motion. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 2014, (4): 10906-10910.
- 5 宋乃亮, 特荣夫, 冯甦中. 虚拟现实技术在科普教育中的研究与实现. 科普研究, 2010(5): 29-33.
- 6 王俊杰, 王培勇, 徐坚, 元文学. 体力活动干预新方式——体感游戏的起源、发展及应用. 西安体育学院学报, 2014(2): 98-100.
- 7 陈丹. 计算机视觉技术的发展及应用. 电脑知识与技术, 2008, (4): 2449-2450, 2452.
- 8 何云龙. 基于双目立体视觉的手势识别技术[学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2013.
- 9 张惠娟, 梁彦, 程咏梅, 潘泉, 张洪才. 运动弱小目标先跟踪后检测技术的研究进展. 红外技术, 2006, 28(7).
- 10 马进涛, 陈瑞, 林喜荣. 基于弥散圆的虹膜图像采集自动调焦方法. 电视技术, 2009, (S2): 214-216.
- 11 邓小玲, 倪江群, 李震, 代芬. 多特征融合的低景深图像前景提取算法. 自动化学报, 2013, (6): 846-851.