

# 基于 PPT 跟踪器和 Cyber 手套的虚拟手交互

陈广文<sup>a</sup>, 杨文珍, 吴新丽<sup>b</sup>, 秦 聪<sup>a</sup>, 黄 欣<sup>a</sup>

(浙江理工大学, a. 信息学院; b. 机械与自动控制学院, 杭州 310018)

**摘 要:** 提出了一种基于 PPT(precision position tracker)跟踪器和 Cyber 手套的虚拟手交互方法,该方法先是通过 PPT 跟踪器获取人手的空间方位和移动数据以及通过 Cyber 手套获取手指各关节的运动数据;接着构建相应的数据结构,关联数据手套、位置跟踪器和虚拟手,驱动虚拟手操作,实现虚拟手在 3D 虚拟环境中的自然交互。实验结果表明此方法可以实时地获取数据手套运动数据并控制虚拟手操作,视觉效果良好,交互行为直观。

**关键词:** 虚拟手;跟踪器;数据手套;人机交互

**中图分类号:** TP391.7 **文献标志码:** A

## 0 引 言

虚拟手交互是虚拟现实人机交互的重要方式<sup>[1-3]</sup>,传统的虚拟手交互技术大多是通过鼠标、键盘等设备,按照预先定义好的语义规则实现操作,这种操作的实时性较差,且与真实的环境差距较大,交互的质量较低,操作效果不流畅<sup>[4]</sup>。

在虚拟现实环境中,通过数据手套、位置跟踪器等外部设备把人手操作的信息输入到计算机,由主从控制系统实现虚拟手在虚拟环境中触摸、移动、抓取或释放虚拟物体<sup>[5]</sup>,从而可以实现自然高效的人机交互,用户可以在交互过程中体验到操作的沉浸感和直观性<sup>[6-7]</sup>。

本文提出了一种基于跟踪器和数据手套的虚拟手交互方法。通过 PPT 跟踪器获取人手的空间方位和移动数据,以及通过 Cyber 手套获取人手指各关节的运动数据,设计虚拟手的操作行为,实现主从控制的虚拟手在 3D 虚拟环境中的交互,表现出良好的交互效果。

## 1 虚拟手交互的数据获取

虚拟手交互需要获取驱动虚拟手移动和翻转的位移和方位数据,以及驱动虚拟手指各关节运动的手指关节角度数据。本文通过 PPT 跟踪器采集人手的位移和方位数据,Cyber 手套采集手指关节角度数据。

### 1.1 基于 PPT 跟踪器的数据获取

人手的位移和方位数据由美国 WorldViz 公司的 PPT-2 跟踪系统获取。它主要由主机、2 台捕捉镜头、主动式 LED marker 和电缆等组成。PPT 跟踪器可测量动态的、实时的空间三维坐标和方位(偏行角、俯仰角、滚动角)数据。当接收传感器(LED marker)在空间移动时,PPT 能够精确地计算出其位置和方位。完成系统的标定之后,PPT-2 跟踪系统实时监控着 LED marker 状态。其工作原理如图 1 所示。当打开 LED marker,且将其移动到捕捉镜头的视线内,捕捉镜头将获取的 LED marker 数据,通过 PPT 服务器系统的处理,获得一个三维坐标和对应方位。

收稿日期: 2012-12-17

基金项目: 浙江省杰出青年团队资助项目(R107725);浙江省科技计划项目(2009C31021);浙江省科技厅重点科技创新团队项目(2010R50005)

作者简介: 陈广文(1986-),男,安徽六安人,硕士研究生,主要从事计算机图形学与辅助设计方面的研究。

通信作者: 杨文珍,电子邮箱: ywz@zstu.edu.cn

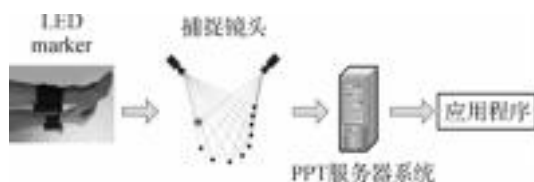


图 1 PPT 跟踪系统原理

本文使用 track 应用程序通过 TCP/IP 协议远程与 PPT-X 跟踪系统相连,然后实时获取 PPT-X 跟踪系统的信息。通过建立与 track 应用程序的通信,实现应用程序与 PPT 跟踪系统的实时关联。其实现算法流程如图 2 所示。

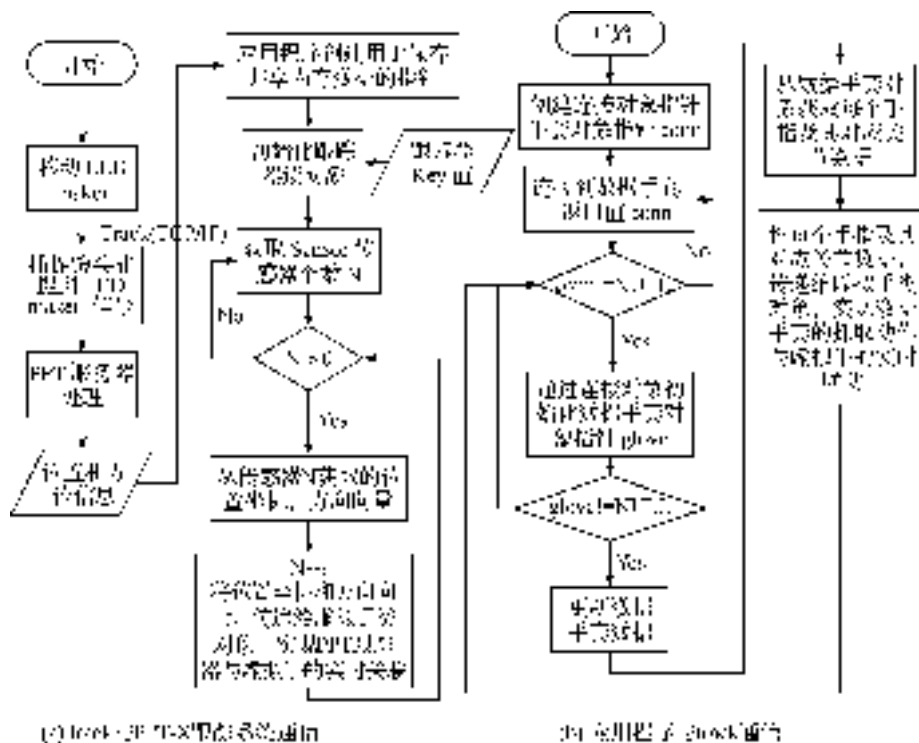


图 2 PPT 跟踪流程

## 1.2 基于 Cyber 手套的数据获取

Cyber 手套有 22 个传感器,每根手指 3 个弯曲传感器,4 个外展传感器,1 个手掌弧度传感器、测量手腕弯曲和外展的传感器。它能高效捕捉手和手指的动作,转变为数字化的实时联合角度数据,并连续输出。本文通过 Cyber 手套获取各手指关节角度数据,关联对应的虚拟手关节,驱动虚拟手操作。

### 1.2.1 虚拟手模型的控制

虚拟手模型的蒙皮是指把虚拟手模型绑定到骨骼关节结构上,以实现骨骼关节模型驱动虚拟手模型,产生合理的虚拟手运动。虚拟手外形通过三角面片表示,这些三角面片按 5 根骨骼线上的关节分块后,根据每个关节的运动以及约束条件,对相应三角面片的点,面法向量做出相应的矩阵变换,接着通过 OpenGL 图形渲染功能,实现虚拟手外形的柔性变形。

### 1.2.2 主从控制的虚拟手

通过 Cyber 手套获取各手指关节角度数据,关联对应的虚拟手关节,驱动虚拟手操作。调用数据

手套提供的 API,实现对数据手套的实时采集。然后,将获取的位置,方向数据以及数据手套的数据与虚拟手关联,实现数据手套、跟踪器、虚拟手的实时联动。具体流程如图 2(b)。该算法流程实现了数据手套的初始化和实时读取功能,将获得的数据手套数据实时传递给虚拟手,即可实现抓握联动。

## 2 虚拟手模型

### 2.1 虚拟手建模

建立虚拟手运动模型需要将真实的人手指结构特征抽象化,如图 3 所示,因而需要对手的运动特征进行分析,从而确定人手的运动规律。

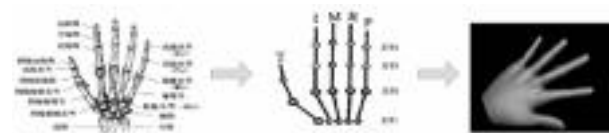


图 3 虚拟手的抽象化

人手有 22 个自由度,它是通过肌腱连接到每根大约有 20 条的内连或外连的肌肉上的。人手的每

根手指(除大拇指外)由指掌关节、近指关节和远指关节组成。其中近指关节和远指关节各有1个旋转自由度,指掌关节有2个旋转自由度,每个手指共有4个旋转自由度<sup>[8]</sup>。拇指掌腕关节和远指关节各有1个旋转自由度,拇指指掌关节有2个旋转自由度,大拇指也有4个旋转自由度,手掌有2个旋转自由度。

人手的结构可以简化为手掌、食指、中指、无名指和小指的三个指段,以及拇指的两个指段和其对应的掌骨组成。将每个节点,当作一个局部坐标系的原点。X轴方向平行于关节作弯曲运动时的转动轴,Y轴方向平行于关节连线方向,Z轴方向按右手规则确定。拇指的关节1和所有5个手指的关节2具有2个自由度,可绕X轴和Z轴转动;而其余关节只有1个自由度,只可绕X轴转动。

通过上面的骨骼运动分析,采用3D MAX软件作为建模的工具建立三维虚拟手模型。3D MAX记录数据的方式是:点坐标,纹理坐标,三角形面,法向量。在3DS Max中点坐标的记录方式实际上是按照制作模型时绘制点的先后顺序排列的。因此可以通过在3DS Max里按先后顺序分块绘制,再把相邻的边界点缝合起来以保证其数据的连续性和完整性。

## 2.2 手指关节运动匹配

根据人手关节自由度的特征确定骨骼模型和关节模型,形成骨骼层次模型,将虚拟手的三角面片按照人手骨骼结构分组,建立虚拟手的三角面片分组与手骨骼之间的依附关系,通过对虚拟手骨架的控制来完成对整个虚拟手的运动控制。

为了实现虚拟手柔性变形,对虚拟手三角面片的顶点与骨架的依附关联中添加了权值,该权值用来记录该点在虚拟手运动过程中受到其关联的手关节影响程度。在虚拟手运动过程中,通过权值校正计算顶点的坐标,使虚拟手的运动变形更加真实<sup>[9]</sup>。

## 3 虚拟手交互的主从关联

### 3.1 虚拟手运动的数据结构

给出了虚拟手具体CHand类的部分关键数据结构以及依赖关系,以实现模型数据与内存中的数据映射,实现虚拟手的手势变换运动交互仿真。虚拟手主要由CFinger类,CPhalanx类,CShape类,CHandCollision\_Model类组成。其中CFinger类定义了虚拟手指的数据结构,它包括关节及其对应

的坐标,转角,关节次序等信息。CPhalanx类定义了虚拟手掌信息,CShape类定义了虚拟手形状信息,即虚拟手的外表轮廓信息。CHandCollision\_Model类是用于处理碰撞检测,抓取判断使用。

当模型数据读入到内存中,用这些模型数据初始化CHand,对Chand类的操作将会实现虚拟手做出相应的变化。其中SetTrackerData,Move函数是将数据手套和位置跟踪器的数据传递给虚拟手使用。

### 3.2 实现方法

调用数据手套提供的API,实现对数据手套的实时采集(如表1)。然后,将获取的位置、方向数据以及数据手套的数据与上节CHand类的SetTrackerData,Move等函数关联,实现数据手套、跟踪器、虚拟手的实时联动。SetTrackerData,Move等函数作为虚拟手与数据手套、位置跟踪器的关联接口,将其数据传给CHand类成员变量,再调用对应图形绘制、渲染、碰撞检测等函数实现虚拟交互效果。具体流程如图4。

表1 实时读取数据手套数据

手指编号	关节0	关节1	关节2
0	-0.475 2	-1.356 87	-0.028 54
1	-1.260 48	0.043 77	-0.188 25
2	0.327 75	0.126 28	-0.136 63
3	-1.721 86	0.043 77	-0.725 19
4	-0.465 64	0.309 40	-0.780 52

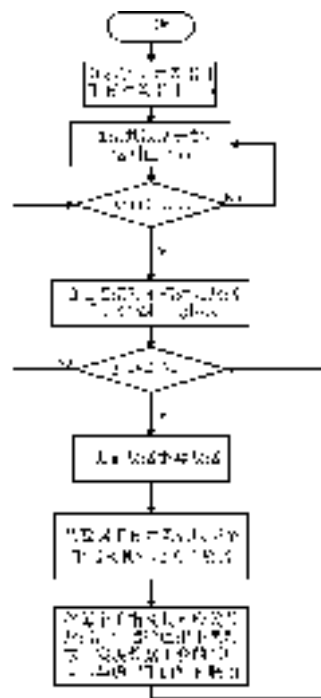


图4 与数据手套的通信流程

其中获取的位置数据确定了虚拟手在虚拟环境中所在的坐标,实时地更新虚拟手在虚拟环境中的坐标实现其移动效果。方向数据确定了虚拟手的偏行角、俯仰角、滚动角。数据手套的数据是一个具有20个元素的数组,每个手指数据信息分别用4个元素数据表示,这些关节数据与虚拟手三角面片实时关联实现虚拟手的运动变形。

该算法流程实现了数据手套的初始化和实时读取功能,将获得的数据手套数据与实时传递给虚拟手,即可实现抓握联动。如图5所示,戴上数据手套,跟踪器,并移动开始抓取,碰撞检测直到最后左边物体被拆开。

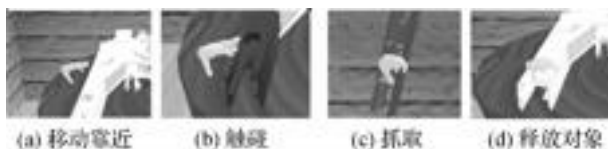


图5 虚拟手交互实例

## 4 结束语

本文分析了PPT跟踪器和Cyber数据手套的工作原理,并基于该原理给出了获取人手的空间方位和移动数据人手指各关节的运动数据的算法流程。接着进一步实现关联数据手套、位置跟踪器和虚拟手三者之间的联动。通过架构出来的模型与程

序控制较好地结合起来,交互行为自然、直观,为虚拟装配技术的研究提供了技术支撑。

## 参考文献:

- [1] 高国阳,徐超,周东翔. 虚拟手的远程控制实现[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(23): 79-83.
- [2] Han Y M. A low-cost visual motion data glove as an input device to interpret human gestures[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2010, 56(2): 501-509.
- [3] Chen W F, Zhu S J, Wan H G, et al. Dual quaternion based virtual hand interaction modeling[J]. Science China Information Sciences, 2013, 56(3): 1-11.
- [4] 李琴,黄德所,汪文革. 基于数据手套的虚拟手建模与驱动[J]. 计算机与现代化, 2010(4): 57-69.
- [5] 孙静静,焦学健,柴山. 基于数据手套的虚拟手的实现[J]. 农业装备与车辆工程, 2012(2): 54-57.
- [6] 刘春,徐菁. 一种数据手套交互控制模块的设计与应用[J]. 计算机仿真, 2009, 26(3): 251-255.
- [7] Lu G, Shark L K, Hall G, et al. Immersive, Immersive manipulation of virtual objects through glove-based hand gesture interaction[J]. Virtual Reality, 2012(16): 243-252.
- [8] 杨文珍. 虚拟手交互真实力觉生成研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2007.
- [9] 陈广文,杨文珍. 虚拟手主从建模与仿真[C]//和谐人机环境联合学术会议, 2011.

# Virtual Hand Interaction Based on PPT Tracker and Cyber Glove

CHEN Guang-wen<sup>a</sup>, YANG Wen-zhen<sup>b</sup>, WU Xin-li<sup>b</sup>, QIN Cong<sup>a</sup>, HUANG Xin<sup>a</sup>

(a. School of Information Science and Technology; b. School of Mechanical

Engineering & Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** This paper puts forward a virtual hand interaction method based on PPT (precise position tracker) and Cyber glove. This method first obtains the spatial orientation and mobile data of hand through PPT tracker and obtains the movement data of finger joints through Cyber glove; then establishes the corresponding data structure, connects data glove, position tracker and virtual hand, drives the operation of virtual hand and realizes natural interaction of virtual hand in 3D virtual environment. The experimental result shows that this method can obtain the movement data of glove in real time and control the operation of virtual hand with a good visual effect and visual interbehavior.

**Key words:** virtual hand; tracker; data glove; man-machine interaction

(责任编辑: 陈和榜)