

6-1-2020

Design and Implementation of Spatial Augmented Reality in Large Scene

Shuiying Ge

1. National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;;

Shuman Liu

1. National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;;

Shibiao Xu

2. Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

Xiaopeng Zhang

2. Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Design and Implementation of Spatial Augmented Reality in Large Scene

Abstract

Abstract: To get long distance marker recognition in Augmented Reality, three software development toolkits were used to construct the long distance marker-less registration technology based on depth sensor, and develop a new augmented reality system based on PC platform. The tracking system was constructed by Kinect and camera. Defects in the single camera tracking system for long distance tracking were improved, and human-computer interaction in Augmented Reality was realized. By the detailed description of the main function modules, such as position calibration module, marker-less virtual-real registration module, and natural interaction module, the system design concept was introduced. Experiment results show that the system can provide real-time, stable and effective performance, and solve the long distance recognition issue.

Keywords

spatial augmented reality, long distance marker-less registration, long distance system platform, natural interaction

Recommended Citation

Ge Shuiying, Liu Shuman, Xu Shibiao, Zhang Xiaopeng. Design and Implementation of Spatial Augmented Reality in Large Scene[J]. Journal of System Simulation, 2017, 29(7): 1419-1426.

远距离空间增强现实系统的设计与实现

葛水英¹, 刘书曼¹, 徐士彪², 张晓鹏²

(1.中国科学院文献情报中心, 北京 100190; 2.中国科学院自动化研究所, 北京 100190)

摘要: 为扩展增强现实中标识物识别的距离, 利用 OpenCV, OpenGL 以及 Kinect API, 构建基于深度传感器的远距离跟踪注册技术, 开发了基于 PC 平台的远距离增强现实系统。Kinect 结合摄像头构成追踪系统, 改进了一般摄像头在远距离识别所存在的不足, 实现了人机交互的增强现实。通过对姿态标定模块、无标记虚实注册模块、自然交互模块等主要功能模块实现的描述。实验验证了该系统的实时性、稳定性和有效性, 同时该系统为增强现实无法远距离识别的问题提供了一种解决方案。

关键词: 空间增强现实; 远距离无标记注册; 远距离系统平台; 自然交互

中图分类号: TP399 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2017) 07-1419-08

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201707005

Design and Implementation of Spatial Augmented Reality in Large Scene

Ge Shuiying¹, Liu Shuman¹, Xu Shibiao², Zhang Xiaopeng²

(1. National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2. Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract: To get long distance marker recognition in Augmented Reality, three software development toolkits were used to construct the long distance marker-less registration technology based on depth sensor, and develop a new augmented reality system based on PC platform. The tracking system was constructed by Kinect and camera. Defects in the single camera tracking system for long distance tracking were improved, and human-computer interaction in Augmented Reality was realized. By the detailed description of the main function modules, such as position calibration module, maker-less virtual-real registration module, and natural interaction module, the system design concept was introduced. Experiment results show that the system can provide real-time, stable and effective performance, and solve the long distance recognition issue.

Keywords: spatial augmented reality; long distance marker-less registration; long distance system platform; natural interaction

引言

增强现实(Augmented Reality, AR)是指在用户所感知的真实环境中, 叠加由计算机生成的虚拟信

息, 将原本在一定时空范围内难以体验的实体信息, 比如声音、视觉、味觉、触觉等, 通过建模仿真后再叠加到真实环境中, 从而让人感受到一种超越现实的体验^[1]。与虚拟现实的不同增强现实在于讲究虚实融合, 而不是完全取代现实世界, 与真实世界隔离^[2]。增强现实的发展可追溯到 1968 年, 美国哈佛大学计算机教授 Sutherland 发明的第一个头戴式增强现实显示器, 用于显示计算机生成的三维图形, 被认为是最早的增强现实显示设备^[3]。在



收稿日期: 2016-12-28 修回日期: 2017-01-09;
基金项目: 国家自然科学基金(61332017, 61571400),
国家 863 计划 (2015AA016402), 国家科技支撑计划
(2012BAH42F02);
作者简介: 葛水英(1975-), 女, 北京, 本科, 研究员,
研究方向为虚拟影像, 虚拟现实, 多媒体。

<http://www.china-simulation.com>

• 1419 •

1992 年, 波音公司的工程师 Caudell 提出了 AR 一词, 他将布线路径图和提示信息叠加到工程师的视野中, 以便于工程师实时按照步骤完成拆卸, 减少错误率^[4]。而在 1994 年, Milgram 等构建了一个“虚拟—现实联合体系统”, 将增强现实描述为更接近真实环境的一段连续空间^[5]。

至此, 已经出现较多增强现实开发系统, 以移动端为主流, 但尚未开源, 文本的研究着重在 PC 平台。ARToolkit, ARTag 等有标记增强现实开发系统或自然特征图片识别的无标记增强现实开发系统均主要基于视觉追踪, 单纯以一般摄像头作为输入设备。这种追踪系统, 存在诸多问题, 比如识别的距离受限、应用场景受限及较难融入自然交互等。目前, 国内关于增强现实系统开发方面的研究较少, 大部分的研究集中于增强现实的某项关键技术或增强现实在某个领域的应用或移动增强现实相关技术的研究。对远距离的无标记空间增强现实系统的研究则更少。倪晓赞等^[6]虽然对增强现实系统有所研究, 但基于视觉追踪, 仍无法实现远距离的跟踪注册, 而且在 640×480 的分辨率下图像刷新率仅为 10~15 帧/秒, 系统的实时性不够好。也有学者研究增强现实中的目标远距离识别方法^[7], 基于 ARToolkit 增强现实系统, 仍然是有标记的视觉追踪, 应用场景有限。

远距离增强现实系统的研究具有很好的理论价值, 却很少有关此主题的研究。为此, 本文提出构建远距离增强现实系统, 主要解决目前目标识别中, 距离受限及人机交互的问题。本文基于 OpenCV, OpenGL 和 Kinect API, 研究和开发适合此要求的远距离的无标记空间增强现实系统, 对整体系统架构设计与实现进行详细的探讨和描述。

1 系统设计基本介绍

为解决增强现实采用一般摄像头的追踪系统在远距离的辨识效果不佳以及易受光线影响的缺陷, 本文通过 Kinect 传感器结合摄像头构成追踪系统, 实时采集 Kinect 传感器视频影像和摄像头

视频影像, 并通过 Kinect 获得人体骨骼特征点, 进行坐标系转换处理与姿态参数计算。

1.1 系统软件架构

软件上, 系统将实现实时远距离的无标记跟踪注册, 以摒弃纸质标记带来的不便, 拓宽增强现实应用场景的纵向距离和横向距离, 同时自定义手势动作, 引入自然人机交互。

本研究设计的增强现实有 8 个功能模块, 分别是图像捕捉模块、参数获取模块、姿态标定模块、无标记虚实注册模块、虚拟渲染模块、虚拟融合模块、自然交互模块、图像显示模块。系统软件架构如图 1 所示。

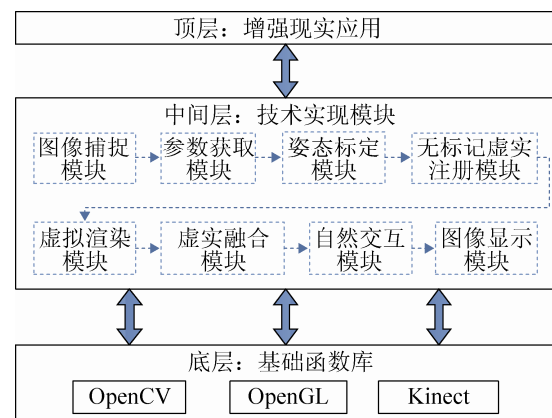


图 1 系统软件架构

Fig. 1 Software framework

(1) 图像捕捉模块: 实时采集 Kinect 传感器视频影像和摄像头视频影像。

(2) 参数获取模块: 计算 Kinect 传感器和摄像头的内外参数。

(3) 姿态标定模块: 同步进行 Kinect 传感器与摄像头坐标系转换处理, 计算二者之间的相对姿态参数。

(4) 无标记虚实注册模块: 采集人的骨骼位置信息, 映射位置信息坐标系, 映射后的骨骼信息作为虚拟物体注册在真实场景中的基准位置。

(5) 虚拟渲染模块: 利用 OpenGL 在 Windows 视窗后台渲染虚拟物体。

(6) 虚实融合模块: 将渲染完成的虚拟物体与真实场景的影像融合。

(7) 自然交互模块: 自定义手势动作, 与虚拟物体进行交互。

(8) 图像显示模块: 显示融合之后的真实与虚拟场景影像。

其中, 姿态标定模块、无标记虚实注册模块、自然交互模块是本系统的重点模块。

1.2 系统硬件架构

硬件上, 系统利用 Kinect 传感器协同摄像头, 构成追踪系统。系统的硬件部分由摄像头, Kinect 传感器以及计算机设备组成, 硬件架构如图 2 所示。摄像头放置于 Kinect 传感器的上方, 用于扩展场景的纵向距离, Kinect 传感器放置于下方用于捕获骨骼点信息, 以扩展场景的横向距离。本系统选取的摄像头为 Logitech HD Webcam C920, Kinect 设备为 Kinect Xbox 2.0。



图 2 系统硬件架构
Fig. 2 Hardware structure

1.3 相关函数库简介

OpenCV 是由英特尔公司资助、可跨平台的图像处理与计算机视觉函数库, 以 BSD 许可证授权发行, 在研究领域和商业领域均免费使用。它包含的函数有 500 多个, 覆盖了计算机视觉的许多应用领域, 如医学成像、用户界面、摄像头标定、立体视觉等, 并提供了 MLL 机器学习库^[8]。

OpenGL 是在 Silicon Graphics 公司所推出的

IRIS GL 图形函数库基础上发展的三维绘图与模型函数库, 自 1992 年发布至今已成为工业界使用最为广泛的二维及三维绘图应用程序界面之一^[9]。类似 C 程序的运行时函数库, 它提供许多封装好的功能函数, 具有强大的跨平台能力^[10]。

Kinect 传感器是由微软公司推出的一款体感外部设备, 能捕捉人体骨骼信息以及位置信息, PrimeSense 技术是其基础。Kinect 传感器包括了一个彩色摄影头, 一个红外线深度投影头和红外线摄影机所构成的 3D 结构光深度感应器^[11]。同时, 微软提供了功能强大的 Kinect 接口文件, 能容易地采集人的骨骼点数据信息、深度信息等。

在构建的远距离空间增强现实系统中, OpenCV 主要用于摄像头采集的真实场景图像的处理和显示、视频的融合、摄像头的内外参数获取、坐标系之间的配准及矩阵运算。OpenGL 主要负责渲染虚拟模型和虚拟场景的导出。Kinect 传感器主要负责视频图像的采集及捕获和跟踪真实场景中人的骨骼点深度信息。

2 关键原理分析

2.1 跟踪注册

解决跟踪注册问题的关键在于增强现实系统中各坐标系之间的转换关系, 其过程包括了屏幕坐标系、摄像头坐标系以及世界坐标系之间的仿射变换。在针孔摄像头模型下, 用齐次坐标表示世界坐标系下的点 $Q=(x, y, z, 1)^T$, 对应到屏幕坐标系下的点 $q=(x_1, x_2, 1)^T$, 它们之间的映射关系表示为:

$$q = \lambda K [R|T] Q = \lambda K \begin{bmatrix} R_1 & R_2 & R_3 & T \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} Q = \lambda K \begin{bmatrix} R_1 & R_2 & R_3 & T \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: K 为摄像头的内部参数, 简称内参, 一旦摄像头焦距固定, 其值保持不变; 旋转-平移矩阵 $[R|T]$ 为摄像头的外部参数, 简称外参, 用来描述摄像头相对于一个固定场景的运动, 或者是物体围绕摄像

头的刚性运动^[12]。 $[R/T]$ 会随着物体坐标系相对于摄像头坐标系的变化而变化。因为 K 保持不变，所以虚实注册的关键就是实时的计算出 $[R/T]$ ，常用的方法是将标志物坐标系中关键特征点坐标值和对应的屏幕坐标值代入公式(1)，联立方程组求解 $[R/T]$ 值，从而获得标识物相对于相机的空间位置，确定虚拟物体注册的基准位置。

2.2 视窗化虚实融合

本文研究的一个重点问题是在真实场景中叠加虚拟物体，并通过 OpenGL 渲染输出。在 OpenCV2.4 版后，OpenCV 便提供标准的函数库，结合 OpenGL 渲染输出，然而 OpenCV 只能创建简单的视窗，对于复杂视窗的设计实现比较困难。

采用标准视窗设计是在主视窗中显示多个子视窗的必然方式。在标准视窗的设计，如何整合 OpenGL 是一关键难点。尽管 Windows API 很早就支持 OpenGL，但并未如结合 OpenCV 那样方便使用，故在程序的设计上需考虑如何将多个数据库整合到系统的架构中。

基本的视窗架构并不支持 OpenGL，所以在视窗初始化时必须覆盖 PreCreateWindow 基类函数设定，将其设定成自定义视窗，同时也需要处理 ON_WM_CREATE 的视窗消息，在视窗产生时将

视窗画布与 OpenGL 产生联系，并对 OpenGL 进行初始化的设定。除此之外，也需覆盖基类 OnDraw 绘图函数，在处理视窗画布的同时通过 OpenGL 进行三维影像绘图，如此便完成 OpenGL 整合到标准 Windows 视窗的接口。

完成视窗架构结合 OpenGL 之后，根据虚实注册模块获得的虚拟物体注册基准位置，在特定的坐标系中完成 OpenGL 的绘制动作，实现虚拟物体与真实场景的融合。主要模块为：

- (1) PreCreateWindow 中设定创建自定义视窗。
- (2) ON_WM_CREATE 讯息对应的 OnCreate 视窗程式，将原本标准视窗替换成可以绘制 OpenGL 的相关设定。
- (3) 在 OnDraw 中取得画布并与 OpenGL 结合。

3 系统主要功能模块的实现

3.1 姿态标定模块

本系统与一般基于图像识别的增强现实系统的不同在于增加了 Kinect 传感器坐标系，所以主要的坐标系统有世界坐标系、物体坐标系、设备坐标系、Kinect 传感器坐标系、摄像头坐标系、虚拟场景坐标系和屏幕坐标系。图 3 展示了 Kinect 传感器坐标系和摄像头坐标系的标定过程。

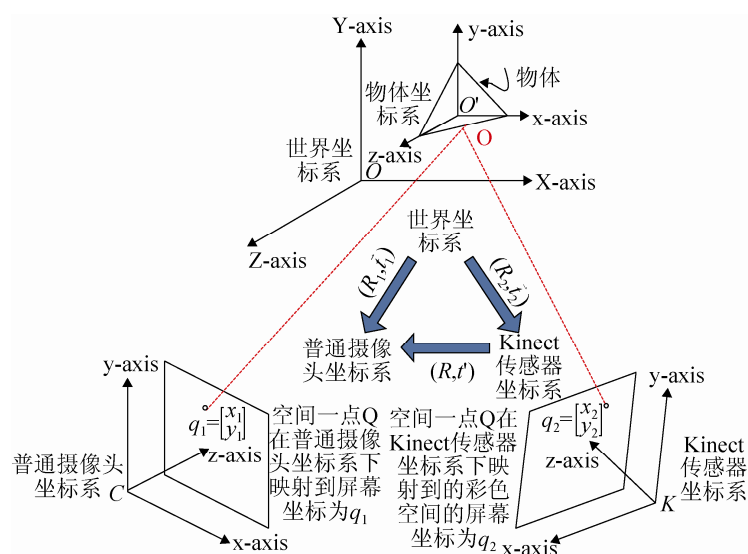


图 3 系统多坐标系变换

Fig. 3 Multi-coordinate transformation system

<http://www.china-simulation.com>

• 1422 •

具体实现如下: 世界坐标系下的三维坐标点 Q , 在摄像头坐标系和 Kinect 传感器坐标系下映射到屏幕上的二维坐标点分别为 q_1 和 q_2 。通过仿射变换技术及公式(1), 推导出二者坐标系间映射关系的旋转矩阵 R 和平移向量 t' 的公式, 见公式(2)和公式(3)。据此, 根据 R, t' 找到 q_1 的对应点 q_2 或 q_2 的对应点 q_1 , 从而将 Kinect 传感器坐标系下的骨骼点位置一一匹配到摄像头的坐标系下。

$$R = R_1 \times R_2^{-1} = \begin{bmatrix} r_{c1} & r_{c2} & r_{c3} \\ r_{c4} & r_{c5} & r_{c6} \\ r_{c7} & r_{c8} & r_{c9} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} r_{k1} & r_{k2} & r_{k3} \\ r_{k4} & r_{k5} & r_{k6} \\ r_{k7} & r_{k8} & r_{k9} \end{bmatrix}^{-1} \quad (2)$$

$$t' = \bar{t}_1 - R_1 \times R_2^{-1} \times \bar{t}_2 = \begin{bmatrix} t_{cx} \\ t_{cy} \\ t_{cz} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} r_{c1} & r_{c2} & r_{c3} \\ r_{c4} & r_{c5} & r_{c6} \\ r_{c7} & r_{c8} & r_{c9} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} r_{k1} & r_{k2} & r_{k3} \\ r_{k4} & r_{k5} & r_{k6} \\ r_{k7} & r_{k8} & r_{k9} \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix} t_{kx} \\ t_{ky} \\ t_{kz} \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中: $R_1 = \begin{bmatrix} r_{c1} & r_{c2} & r_{c3} \\ r_{c4} & r_{c5} & r_{c6} \\ r_{c7} & r_{c8} & r_{c9} \end{bmatrix}$ 为摄像头的外参旋转

矩阵; $\bar{t}_1 = [t_{cx} \quad t_{cy} \quad t_{cz}]^T$ 为其外参平移向量;

$R_2 = \begin{bmatrix} r_{k1} & r_{k2} & r_{k3} \\ r_{k4} & r_{k5} & r_{k6} \\ r_{k7} & r_{k8} & r_{k9} \end{bmatrix}$ 为 Kinect 传感器的外参旋转矩

阵; $\bar{t}_2 = [t_{kx} \quad t_{ky} \quad t_{kz}]^T$ 为其外参平移向量。

在参数获取模块计算出摄像头以及 Kinect 传感器的内外参数, 根据空间点到屏幕坐标的映射原理以及刚体变换的特性, 计算出初始的旋转矩阵 R 和平移向量 t' 的数值。考虑到误差的存在, 本文提出总体误差最小算法, 见公式(4), 以得到改进的 R 和 t' 。

$$\text{Min}\{\text{Min}\{(\sum \text{sqr}(q_i - q_i')^2)\}\} = \text{Min}\left\{\text{Min}\left\{\sum \text{sqr}\left(\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \tilde{x}_i \\ \tilde{y}_i \end{bmatrix}\right)^2\right\}\right\} \quad (4)$$

式中: q_i' 为 q_i 的估计值。

Kinect 传感器捕获的骨骼点信息匹配到摄像头坐标系下的最终结果见图 4。



(a) Kinect image (b) Camera image

图 4 Kinect 传感器坐标系骨骼数据匹配在摄像头坐标系
Fig. 4 The skeletons data in Kinect sensor coordinate matches to camera coordinate system

3.2 无标记虚实注册模块

无标记虚实注册模块中最重要的是本文构建的基于深度传感器的无标记注册技术。即: 姿态标定模块获取的最优 R 和 t' , 将 Kinect 传感器坐标系下骨骼点位置匹配到摄像头坐标系下, 转换到摄像头坐标系下三维位置信息, 作为虚拟物体叠加到真实场景中的基准位置, 并计算出人的骨骼点相对于摄像头的相对位置, 传入虚拟渲染模块, 根据人体骨骼点位置的变动, 改变虚实注册的基准位置, 实现虚拟物体的灵活注册。本文只选取四个骨骼点的位置信息作为关键的注册位置, 其思想来源于有标记的增强现实系统 ARToolkit 的识别机制。二者的不同在于, ARToolKit 系统使用 arGetTransMat 函数计算标记物坐标系相对于摄像头坐标系的旋转-平移矩阵, 确定纸质标记物在摄像头标系下的位置, 作为虚拟物体注册的基准位置。同时, ARToolKit 系统中只能通过移动纸质标志物的位置, 才能实现基准位置的改变, 虚拟物体注册的灵活性有限。因此, 本系统的跟踪注册与一般基于图片的跟踪注册有很大的不同之处。

以往图片标识物对识别距离要求很高, 要实现较远距离的增强现实, 必须增大标识物的尺寸, 即便如此, 也存在识别的鲁棒性问题。此外, 增强现实应用更多的是人作为主体参与其中, 大尺寸的图片标识物的识别则显得呆板、无趣。Kinect 传感器

具有良好的识别人的能力,可识别人的最远距离在 5 m 左右。利用 Kinect 传感器采集的骨骼点信息,转换到摄像头坐标系下作为虚拟物体叠加的基准位置,实现远距离的增强现实效果。同时,摄像头与 Kinect 传感器的标定,可以扩大纵向距离,满足对纵向距离有需求的增强现实应用场景。假如需要更远距离的识别,扩展 Kinect 传感器的个数,将不同 Kinect 传感器进行配准,可扩大识别的距离。

3.3 自然交互模块

在增强现实应用中,人们往往希望自身能与虚拟的物件进行互动,增强沉浸感。传统的增强现实虚实交互技术都需要借助于数据手套等繁琐复杂的设备^[13]。Kinect 传感器具有良好的跟踪人各个骨骼点位置信息的特性。通过采集骨骼点位置信息,进行程序上的设计,加入自定义手势动作,达到相应的交互动作。本研究定义了水平挥动和垂直挥动的手势动作。系统根据发送的手势动作消息,实现对虚拟物体的左右翻转和上下翻转的控制。本系统可以实现更多的自然交互动作,结合相应的内容展示,丰富增强现实的人机交互行为。

4 实验及结果分析

4.1 实验环境

本系统的运行平台是 64 位 Windows 8.1 操作系统,开发平台借助于 Visual Studio 2012 C++。整个实验过程采集的影像分辨率为 1920×1080,视频刷新率为 30 帧/秒,保证了影像的清晰度和系统运行的实时性。

4.2 实验分析

4.2.1 系统的视窗架构及程序架构分析

实时采集并呈现 Kinect 传感器视频影像和摄像头视频影像,将视频影像窗口化是有其必要。本系统视窗架构的设计,融合 OpenCV, OpenGL, Kinect 与基础视窗设计,改用视窗化设计则必须搭配线程设计,虽然不是本文研究重点,但如何整合运用并实时的将 2 个视频流,通过运算渲染到整个视窗的子窗口中,将其传递给实现类处理,是实现增强现实的基础。本系统的视窗架构如图 5 所示, CMainFrame 视窗是整个系统视窗, CChannelFrame 是 CPostureARView 的子窗口,即单个影像处理后所显示的结果。



图 5 系统视窗架构
Fig. 5 Windows framework

<http://www.china-simulation.com>

系统的程序架构如图 6 所示, CPostureARApp, CMainFrame, CPostureARDoc, CPostureARView 4 个类用来处理 Windows 基本视窗设计。SourceKN 表示捕获 Kinect 视频影像, SourceVC, SourceCV, SourceDS 是利用不同方式实现捕获的视频影像。其中, SourceVC 采用 OpenCV 中的函数 VideoCapture 进行读取, 并利用 CameraDualSource 将 Kinect 视频影像和摄像头视频影像同时传递给 CChannelViewDrawing 进行影像处理。Method KinectContext 是利用 Kinect 传感器结合摄像头实现虚拟物体的叠加、对虚拟物体的自然交互, 也是

本系统实现的重点所在。

4.2.2 实验结果分析

实验以室内环境作为测试场景。实验中, 人与摄像头的距离从 1.0 m 变化到 4.0 m。在每个测试距离点, 测试选取的骨骼点的识别率及虚拟物体成功叠加率, 以及光线或者人姿态变动带来的抖动影响, 来验证本系统运行的稳定性。实验结果见表 1。其中, 识别率表示选取的骨骼点捕获成功的比例(跟踪阶段), 注册成功率表示虚拟物体成功叠加的比例(注册阶段)。

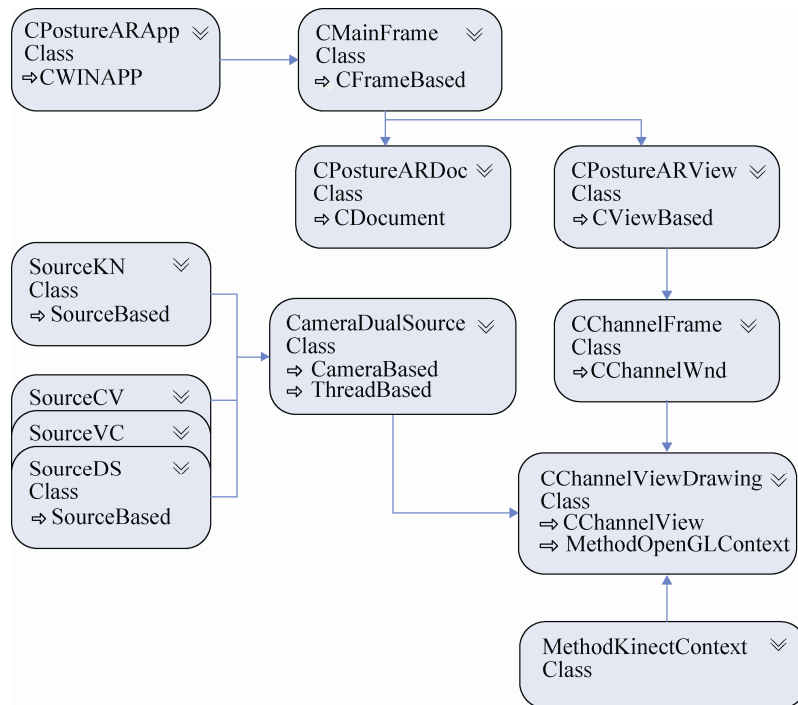


图 6 系统程序类别架构
Fig. 6 Application classes' architecture

表 1 不同识别距离下的系统运行稳定性及实时性
Tab. 1 Stability and real-time of system in different distance

识别距离 /m	识别率	注册成功率	模型叠加抖动	帧率 /FPS
1.0	0.86	0.85	很少发生抖动	30
1.3	0.89	0.88	很少发生抖动	30
1.6	0.92	0.92	很少发生抖动	30
1.9	0.92	0.92	很少发生抖动	30
2.5	0.95	0.95	很少发生抖动	30
3.5	0.88	0.85	很少发生抖动	30
4.0	0.84	0.80	很少发生抖动	30

实验数据表明在 Kinect 传感器识别的范围内, 本文研究的增强现实系统具有较好的鲁棒性, 注册成功率达到 80% 以上, 且模型叠加时很少发生抖动的现象。同样的识别距离, ARToolkit 系统平台就无法达到此效果, 并且很容易因为光线变化造成叠加的虚拟模型发生抖动。

图 7 和图 8 展示本系统在远距离中实现增强现实的结果, 此时人距离摄像头大约 4.0 m。根据手势的变化, 虚拟物体随之改变姿态。

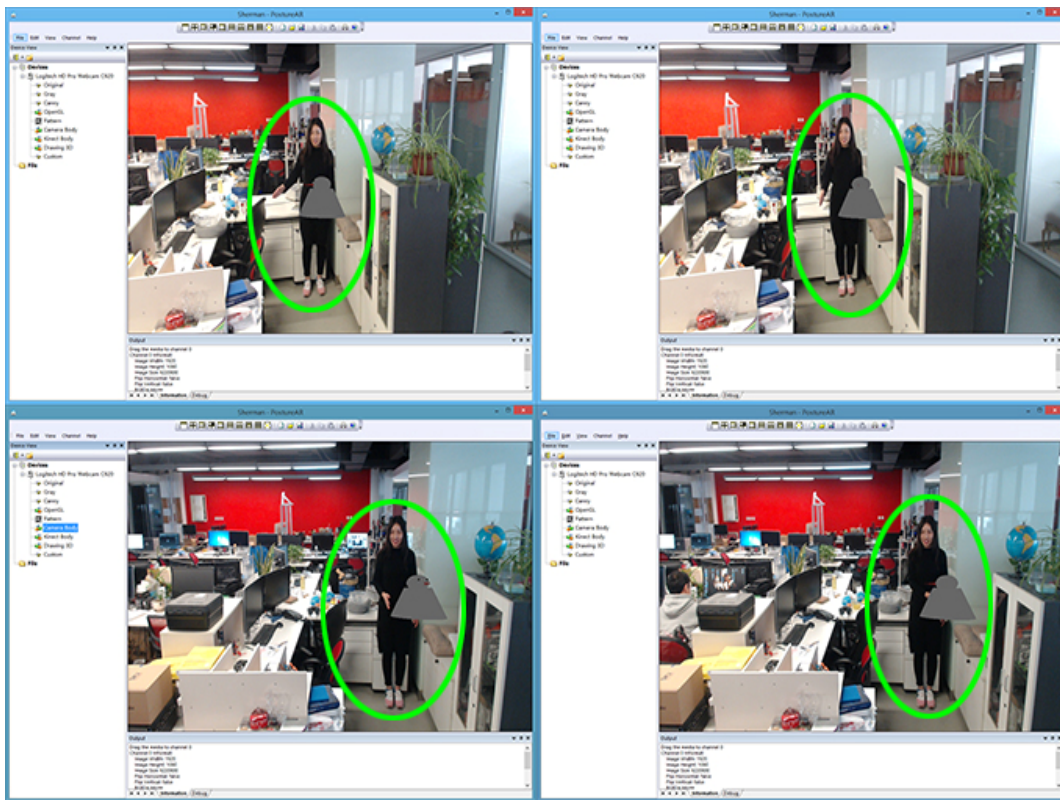


图 7 远距离右手水平挥动
Fig. 7 Horizontal wave of right hand in long distance

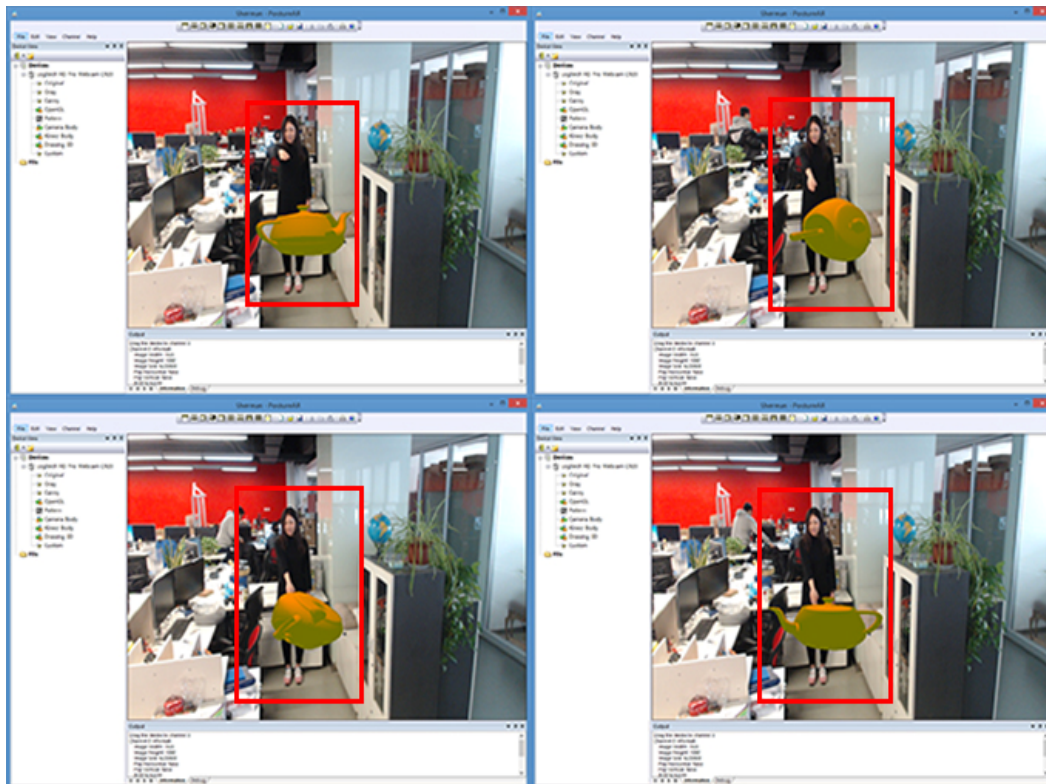


图 8 远距离右手垂直挥动
Fig. 8 Vertical wave of right hand in long distance

<http://www.china-simulation.com>

5 结论

本文详细介绍了系统重要的几个功能模块的实现, 如姿态标定模块、无标记虚实注册模块、自然交互模块, 也是本文研究的增强现实系统与一般基于图片追踪的增强现实系统的不同之处。另外, 文中实现 Kinect 传感器坐标系与摄像头坐标系的一一匹配, 将二者协调作为追踪系统, 改进了单一摄像头追踪问题, 解决了基于图片追踪的远距离识别所存在的问题, 为远距离的增强现实应用提供了一种解决思路。同时, 本文利用 Kinect 传感器采集的数据点, 自定义人机交互动作, 达到与虚拟物体进行手势的交互。实验结果验证了此系统平台的有效性、实时性和稳定性。后期, 还需在此系统虚实融合模块的真实感效果上加强研究以及定义更多的人机交互行为。

参考文献:

- [1] Graham M, Zook M, Boulton A. Augmented reality in urban places: contested content and the duplicity of code [J]. *Transactions of the Institute of British Geographers* (S1475-5661), 2013, 38(3): 464-479.
- [2] 葛水英, 刘书曼. 带你走进神奇的 AR 世界[C]//2014 年科学与艺术研讨会—主题: “科学与艺术·融合发展服务社会”论文集. 北京: 北京数字科普协会、中国科学院网络科普联盟, 2014. (Ge Shuiying, Liu Shuman. Bring you into a magical AR world [C]// Science and Art Conference 2014-Topic: "Science and Art-Integration and Development for Service Society". Beijing, China: Beijing Association for Digital Science and Technology Popularization & Federation for Internet-based Public Science Education, 2014.)
- [3] Sutherland I E. A head-mounted three dimensional display [C]// Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I. USA: ACM, 1968: 757-764.
- [4] Caudell T P, Mizell D W. Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes [C]// System Sciences, Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on. USA: IEEE, 1992: 659-669.
- [5] Milgram P, Kishino F. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays [J]. *IEEE Transactions on Information Systems* (S0916-8532), 1994, 12(12): 1321-1329.
- [6] 倪晓赞, 郑建荣, 周炜. 增强现实系统软件平台的设计与实现 [J]. *计算机工程与设计*, 2009, 30(9): 2297-2300. (Ni Xiaoyun, Zheng Jianrong, Zhou Wei. Design and implementation of augmented reality software system [J]. *Computer Engineering and Design*, 2009, 30(9): 2297-2300.)
- [7] 吕淘沙, 汤汶, 万韬阮, 等. 增强现实中的目标远距离识别方法研究 [J]. *软件工程师*, 2015, 18(4): 7-8. (Lü Taosha, Tang Wen, Wan Tanyuan, et al. Research on Far Distance Recognized the Objects in Augmented Reality [J]. *Software Engineer*, 2015, 18(4): 7-8.)
- [8] Gray Bradski, Adrian Kaebler. 学习 OpenCV [M]. 于仕琪, 刘瑞祯, 译. 北京: 清华大学出版社, 2009: 1-5. (Gray Bradski, Adrian Kaebler. Learning OpenCV [M]. Yu Shiqi, Liu Ruizhen, Translation. Beijing, China: Tsinghua University Press, 2009:1-5.)
- [9] 钟德焕, 李正豪, 王顺吉, 等. 无标记扩增实验平台建置与视觉追踪技术分析 [C]// 第十九届国防科技学术研讨会论文集. 桃园: 2010: 911-918. (Chuang Tehuan, Li Chenghao, Wang Shunchi. Markerless Augmented Reality Platform Design and Tracking Technologies analysis [C]// The 19th Academic Conference Proceedings of National Defense Science and Technology. Taoyuan, China: 2010: 911-918.)
- [10] Dave Shreiner. The Khronos OpenGL ARB Working Group. OpenGL 编程指南 [M]. 7 版. 李军, 徐波, 等译. 北京: 机械工业出版社, 2010: 1-18. (Dave Shreiner. The Khronos OpenGL ARB Working Group. OpenGL Programming Guid [M]. 7th Edition. Li Jun, Xu Bo, et al, Translation. Beijing, China: China Machine Press, 2010:1-18.)
- [11] 余涛. Kinect 应用开发实战 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2012: 28-38. (Yu Tao. Kinect in Action [M]. Beijing, China: China Machine Press, 2012: 28-38.)
- [12] 刘国翌, 李华. 平板图案的跟踪及其在增强现实中的应用 [J]. *计算机应用*, 2005, 25(7): 1605-1607. (Liu Guoyi, Li Hua. Planar pattern tracking and its application in augmented reality [J]. *Journal of Computer Applications*, 2005, 25(7): 1605-1607.)
- [13] 董世明. 基于 Kinect 的增强现实交互技术研究 [D]. 上海: 上海大学计算机工程与科学学院, 2014. (Dong Shiming. The Research on the Interactive Technology of Augmented Reality Based on Kinect [D]. Shanghai, China: School of Computer Engineering and Science Shanghai University, 2014.)