

基于 Kinect 的物体三维重建研究

罗俊豪, 李慧敏, 张力文, 吴 健
(北京林业大学电气工程及其自动化, 北京 100083)

摘要: 目前, 随着人工智能和计算机视觉技术的不断发展, 越来越多的先进的数字化仪器及设备不断投入使用, 计算机辅助下的基于多种方法的三维重建技术发展日趋成熟。然而, 传统的三维重建获取图像信息的设备复杂、成本高昂、操作繁琐。而随着 3D 打印技术的成熟, 对物体三维模型的建立提出了快速、简洁、高效、低成本的要求。针对上述问题, 本文利用 Kinect 作为输入设备, 利用 Kinect 获取图像的 RGB-D 信息, 进而得到点云数据。通过图像分割, 去噪, 并完成曲面拟合, 从而实现物体的三维重建。

关键词: Kinect; 三维重建; 点云; 曲面拟合
DOI: 10.16640/j.cnki.37-1222/t.2016.21.199

0 引言

Kinect 设备的 RGB 摄像头和红外摄像头分别得到 RGB 图像和深度图像。通过标定求得的摄像机内参配合深度数据, 计算得出空间点的 X、Y 坐标, 得到三维点云数据 X、Y、Z、R、G、B, 最后对所得数据进行滤波、分割、曲面拟合, 实现物体的三维重建。

1 Kinect 的标定

Kinect 传感器自身摄像头分辨率有限, 若需要用高分辨率的第三方摄像头代替 Kinect 摄像头, 必须通过 Kinect 的标定, 以矫正相机畸变, 获取彩色相机和深度相机之间的对应关系^[1]。对 Kinect 深度相机进行标定时, 通常使用棋盘作为定标物来定标。

2 3D.X、3D.Y 坐标的计算

在真实世界坐标系中, 以 Kinect 设备摄像头中心作为坐标原点, 称为摄像机坐标系。Kinect 设备扫描物体所得到的深度数据, 是建立在以深度图像的原点作为坐标原点的右手坐标系中的。因此, 需要根据 Kinect 测量得到的深度数据 Z 坐标和标定求得的红外相机的内参数矩阵, 计算出真实世界坐标系中的 X、Y 坐标。

3 R、G、B 坐标的提取

利用标定得到的彩色相机及深度相机的内参数矩阵, 可构建彩色图像坐标系和红外相机坐标系之间的联系, 利用融合之后的 RGB-D 数据, 可以计算得到三维重建所需的点云数据^[1]。设 (X_d, Y_d, Z_d) 为物体在红外相机坐标系下的三维坐标, 根据二者的对应关系, 其在彩色相机坐标系下的三维坐标 $(X_{RGB}, Y_{RGB}, Z_{RGB})$ 可通过下式计算求得。

$$\begin{bmatrix} X_{RGB} \\ Y_{RGB} \\ Z_{RGB} \end{bmatrix} = R_{D-rgb} \begin{bmatrix} X_d \\ Y_d \\ Z_d \end{bmatrix} + t_{D-rgb} \quad (1)$$

式中, R_{D-rgb} 为旋转矩阵, t_{D-rgb} 为平移向量, 旋转矩阵和平移向量均是线性的, 可以在不改变物体形状的前提下, 构建红外相机坐标系和彩色相机坐标系之间的联系^[1]。进而得到深度图像在彩色图像坐标系下的坐标位置 (u_{RGB}, v_{RGB}) 为:

$$\frac{1}{Z_{RGB}} \begin{bmatrix} u_{RGB} \\ v_{RGB} \\ 1 \end{bmatrix} = K_{RGB} \begin{bmatrix} X_{RGB} \\ Y_{RGB} \\ Z_{RGB} \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中, K_{RGB} 为彩色相机的内参数矩阵。

4 点云数据配准

ICP 算法是一种基于轮廓特征的点配准方法, 主要用于三维物体的配准问题。ICP 算法的本质是基于最小二乘的最优匹配方法^[2], 对于两种坐标系下的不同点集, 通过多重迭代过程, 不断寻找参考点集和目标点集之间的对应关系。设待匹配的两片点云数据的集合:

$$P = \{p_i\}_{i=1}^{N_p}, X = \{x_i\}_{i=1}^{N_x} \quad (3)$$

点集 P 中的每个点 p_i , 通过迭代, 搜索其与点集 X 中距离最小

的点, 该点作为最邻近的点, 设 $P = \{p_i\}_{i=1}^{N_p}$ 的在 X 中最邻近的点组成新的点集, 记为: $Y = \{x_i\}_{i=1}^{N_x}$ 。点云数据配准, 本质上就是寻找 P 和 Y 之间的最优变换关系, 使 P 和 Y 的相关性最好, 或者距离最短。即寻找最合适的旋转矩阵 R 和平移向量 t, 使目标函数最小^[3]:

$$f = \frac{1}{N_p} \sum_{i=1}^{N_p} \|y_i - (r_{p_i} + t)\|^2 \quad (4)$$

5 降噪与滤波

Kinect 设备硬件自身会引入噪声, 除此之外, 利用 Kinect 获取深度数据时, 周围环境也会带入噪声。例如拍摄物体的透明度, 周围存在吸收红外线的物体, 都会给使深度图引入噪声。为了去除噪声, 我们采用相对比较简单均值滤波的方法。均值滤波^[4]是典型的线性滤波的方法, 均值滤波的基本原理是用均值代替原图像中的各个像素值, 即对待处理的当前像素点 (x, y) , 选择一个模板, 该模板由其近邻的若干像素组成, 求模板中所有像素的均值, 再把该均值赋予当前像素点 (x, y) , 作为处理后图像在该点上的灰度 $g(x, y)$, 即 $g(x, y) = \frac{1}{m} \sum f(x, y)$, 其中 $(x, y) \in S$, $f(x, y)$ 为给定的图像, m 为 $f(x, y)$ 的领域 S 中包含当前像素在内的像素总个数^[5]。得到的 $g(x, y)$ 便是去除噪声以后的图像。

6 实验结果

图 3 为深度图像生成图

7 结束语

本文介绍了一种基于 Kinect 的物体的三维重建的方法。由于 Kinect 自身的硬件技术和拍摄环境的影响, 获取的深度数据存在较大噪声, 主要是高斯噪声。运用均值滤波的方法, 能够在一定程度上对点云数据的噪声进行降噪, 满足基本要求。但由于均值滤波容易损坏图像细节, 对物体的还原效果会存在一定的影响, 本文算法还有待进一步优化。

参考文献:

- [1] 郭连朋, 陈向宁, 徐万朋等. 基于 Kinect 传感器的物体三维重建 [J]. 四川兵工学报, 2014(11): 119-123.
- [2] 韦 韞 韬, 周 轶 冰, 周 东 航 等. ICP 算法在计算机辅助外科手术空间配准中的技术研究 [J]. 科技信息, 2012(36).
- [3] 郑德华. ICP 算法及其在建筑物扫描点云数据配准中的应用 [J]. 测绘科学, 2007, 32(02): 31-32.



图 1 深度图像场景一



图 2 深度图像场景二



图 3 三维重建还原后效果图

- [4] 颜兵, 王金鹤, 赵静. 基于均值滤波和小波变换的图像去噪技术研究 [J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(02): 51-53.
- [5] 龚昌来. 基于小波变换和均值滤波的图像去噪方法 [J]. 光电工程, 2007, 34(01): 72-75.