

doi: 10.7690/bgzd.2013.03.025

基于激光雷达距离图像信息的三维重构技术

王小珂, 周勇, 王钊

(中国兵器工业第五八研究所军品部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为了得到目标物体的几何信息, 提出一种利用距离数据对物体表面进行三维重构技术。将激光雷达扫描的平面二维数据点转化为三维数据, 根据激光雷达逐行扫描特点, 对点云数据采用三角网生成法, 得到三维网格, 并采用 C++语言和 OpenGL 在 VC++6.0 编译环境下对其进行了验证。实验结果证明: 该方法能有效地对采集的距离数据进行重构, 可以得出三维图形。

关键词: 激光雷达; 点云数据; 三维网格; OpenGL; VC++ 6.0

中图分类号: TJ03 **文献标志码:** A

3-D Reconstruction Technology Based on Laser Radar Range Image Information

Wang Xiaoke, Zhou Yong, Wang Qian

(Department of Military Products, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

Abstract: To get the geometrical information of the object, this text puts forward a method of using distance data to carry out 3 dimension restructure technology on object surface. Transform laser radar scanning 2 dimension data point into 3 dimension data. According to the line-by-line scanning characteristics of laser radar, a triangulation method is used to mesh the point cloud data as an irregular triangulation network and a reasonable triangulation network for object surface was acquired. Adopt C++ language and OpenGL to verify the network under VC++6.0 environment. The test results show that the method can effectively restrict the acquired distance data and acquire 3 dimension graph.

Key words: laser radar; point cloud data; 3 dimension mesh; OpenGL; VC++ 6.0

0 引言

目前, 三维重构技术已经发展成为计算机视觉、人工智能等前沿领域的热点和难点, 并成为研究领域的重大挑战之一。一线激光雷达采集数据是距离数据, 没有颜色、材质等信息干扰, 容易得到其几何信息, 而利用距离数据对物体表面进行三维重构也已经成为计算机视觉中的重要技术, 并得到广泛的应用。基于此, 笔者利用激光雷达采集距离数据进行三维重构。

1 距离图像信息的获得

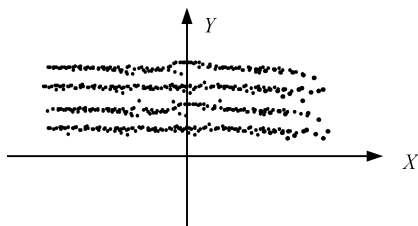


图1 激光雷达扫描的数据点

笔者待处理的数据为一线激光雷达扫描所得的点云数据, 是由 HOKUYO 公司的 UTM-30LX 激光雷达, 同时配有伺服步进电机协调工作, 由步进电机带动一线激光雷达俯仰转动, 每隔 1° 采集一次数据, 采集数据范围为激光雷达扫描范围的 $90^\circ \sim$

135° 。从右到左, 从上到下扫描采集数据, 获取设定范围区域内的数据点, 数据呈现出扫描线的特征如图 1。

由于扫描数据为平面二维数据, 需要将二维数据转化为三维数据。

根据激光雷达扫描俯仰角度及扫描特点, 设扫描点的二维坐标为 (X_i, Y_i) , 如图 2 所示。

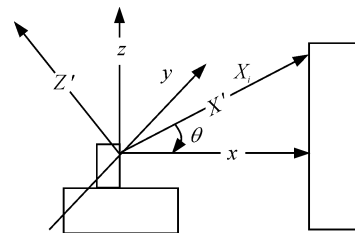


图2 二维到三维坐标转换图解

从坐标系 (X', Y', Z') 到坐标系 (x, y, z) 转换。由于所有点的二维坐标 (X_i, Y_i) 都在同一坐标系内, 故在转化到 (x, y, z) 坐标系仍保持不变, 而 $Z_i = X_i \cos \theta$ 则得三维坐标为 (X_i, Y_i, Z_i) , 其中 θ 为激光雷达俯仰角度。

2 三角剖分方法

三角形的 3 个顶点在任何时候都处于同一个平面; 因此, 在计算机图形学中经常用三角面片来逼近物体的表面。假设 V 是二维实数域上的有限点集,

收稿日期: 2013-01-08; 修回日期: 2013-03-04

作者简介: 王小珂(1986—), 男, 河南人, 在读硕士, 从事图像处理研究。

边 e 是由点集中的点作为端点构成的封闭线段, E 为 e 的集合。那么该点集 V 的一个三角剖分 (V,E) 是一个平面图, 该平面图满足条件: 1) 除了端点, 平面图中边不包含点集中的任何点; 2) 没有相交边; 3) 平面图中所有的面都是三角面, 且所有三角面的合集是散点集 V 的凸包。这就是三角剖分方法。而 Delaunay 三角剖分是 Voronoi 图的对偶图, 具有最小角最大化和空切外接圆的性质, 可以避免狭长三角形的出现, 提高逼近精度, 实际应用最多^[1-2]。

根据激光雷达逐层扫描数据而得出的数据具有层次特点, 笔者选取三角网生成法进行建网。三角网生成法的一般步骤: 1) 以任一点为起点; 2) 找出与起始点最近的一点相互连接构成 Delaunay 三角网的一边作为基线, 按照三角网的判别法则(即 2 个基本性质), 找出与基线构成 Delaunay 的第 3 点; 3) 基线的 2 个端点与第 3 点成为新的基线; 4) 迭代以上两步直至所有基线被处理。由于激光雷达采集距离数据为点云数据, 所以选择正确的拓扑结构将会大大提高重构效率。笔者对激光雷达距离数据采取如图 3 的拓扑结构。

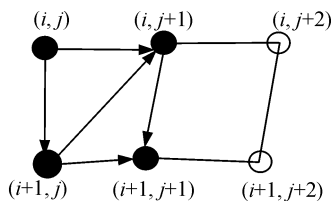


图 3 数据点剖分拓扑关系

如图 3 所示, 按照三角网生成法可以得到三角面片 1, 由顶点 $(i, j), (i+1, j), (i, j+1)$ 按照如图 3 所示的方向组成; 三角面片 2, 顶点 $(i+1, j), (i, j+1), (i+1, j+1)$ 按照如图 3 所示的方向组成。由三角面片 1 和三角面片 2 构成一个基本单元, 依次类推, 就可以得到均匀的初始三角网格, 并且所有面片之间能够达到 $c0$ 连续^[3]。此方法直接利用原始数据进行构网没有进行插值, 可以提高构网效率。

经过上述处理以后就构成了物体表面的三维重建网格图, 下面的工作就是在计算机中显示出重建后的物体。笔者将 Visual C++ 和 OpenGL 相结合, 渲染三维网格, 最终显示出三维图形。

3 应用 OpenGL 对距离数据的三维表面重建

OpenGL 独立于硬件和操作系统, 是用于图形硬件的软件接口, 是一种过程性而不是描述性的图形 API。程序员并不需要描述场景和它的外观, 而是事先确定一些操作步骤, 实现一定的外观和效果。这些“步骤”需要调用许多 OpenGL 命令。这些命令可以在三维空间绘制各种图元, 例如点、直线和

多边形等。另外 OpenGL 还支持光照和着色、纹理贴图、混合、透明、动画以及其他许多特殊的效果和功能^[4]。使用 OpenGL 可以控制计算机图形学技术来生成真实感图形或者以图像化的方式来演绎现实。详细资料见参考文献[5]。图 4 表示了用 OpenGL 进行三维重构的一般过程。

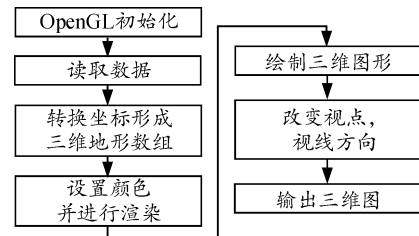


图 4 三维重构过程

1) 对 OpenGL 进行初始化, 包括设置视点, 视线方向, 深度缓冲, 视口和光源位置, 光照模型等。OpenGL 提供了 glEnable(GL_LIGHTING) 启动光源, 用 glLightMode() 设置光照模型参数, 用 glLight() 中的参数指定光源的数量、颜色、位置、方向和各部分光的光强, 最后形成整体的光照效果。使用 glEnable(GL_DEPTH_TEST) 和 glutInitDisplay(GLUT_DEPTH|...) 来指定深度缓冲和使用深度测试。

2) 设置数据点显示的颜色。数据点的颜色由该点的梯度值求出。然后利用 OpenGL 提供的 glColor() 函数来设置。

3) 设置三维扫描数据点的的数据结构如下:

```
struct Vertex
{
    float x,y,z; //数据点的三维坐标
    float Normal[3]; //数据点的法向量
    DWORD color; //数据点显示的颜色
};
```

从激光雷达逐层扫描特点可用上述方法将扫描的二维坐标转化为三维坐标, 用上述数据结构存储。

4) 用上面提到的三角网生成法对数据进行三维建网得到三维网格图。

5) 利用前面获取的数据点的颜色和在该数据点处的法向量对场景进行渲染。最终得到渲染后的三维图。

6) 改变视点和视见方向, 重复步骤 4)、5), 进行动态交互。

4 实验结果

根据上述三维重构技术^[6], 笔者采用一线激光雷达采集的距离数据信息, 在 VC++ 环境下, 利用 OpenGL 的内部机制, 对所得的 36×360 个点重构。