

多传感器融合的便携激光扫描仪

谢天, 王浩森, 彭新力, 陈天楷

(长春理工大学 中山研究院, 广东 中山 528400)

摘要: 传统的激光雷达存在使用复杂等缺点, 限制了其应用场景, 为此将自制的手持装置与 16 线激光雷达相结合, 设计出一种便携式手持 3D 激光扫描仪, 在特定场景下的扫描区比传统方式更广, 能更好的对周围环境进行三维重建。

关键词: 三维重建;多传感器融合

LPortable laser scanner with multi-sensor fusion

Xie Tian ,Wang HaoSen ,Peng XinLi ,Chen TianKai

Zhongshan Research Institute, Changchun University of Science and Technology

Abstract: Traditional lidar has the disadvantages of complex use, which limits its application scenarios, so the self-made handheld device is combined with 16-line lidar to design a portable handheld 3D laser scanner, which can better reconstruct the surrounding environment in three dimensions in a specific scenario than the traditional way.

Keywords: 3D reconstruction; Multi-sensor fusion

1 传感器设计背景和应用价值

设计背景: 本产品“多传感器融合的便携激光扫描仪”是一款基于三维曲面重构技术的检测设备, 应用的激光扫描技术是近几年来发展势头正猛的一项高新技术, 在社会发展中起着不可小觑的推动作用。

应用价值: 相比于传统的激光雷达三维扫描装置, 本产品“多传感器融合的便携激光扫描仪”旨在打造一款便携且功能齐全的激光雷达三维扫描装置, 可以实现被测物体的三维曲面重构。其设计操作简单, 接通电源即可运作, 单人可独立完成空间扫描; 结构轻巧便携, 方便随时随地采集数据; 价格亲民低廉, 可极大的推动激光雷达技术的广泛应用。

2 创新点与优势

创新点:

- (1) 应用激光雷达对被测空间进行扫描并获取点云数据, 使用减速电机设计机械结构, 结构简单稳定。
- (2) 采用数据线传输数据, 有着不易受到外界环境的影响, 传输速度快, 稳定的优点。
- (3) 采用微型电脑作为上位机, 小型蓄电池作为电源, 便于携带。
- (4) 利用上位机对数据进行预处理, 并应用高斯双边滤波算法、ICP 实时配准算法和

贪婪三角形投影算法，分别完成点云的去噪滤波、拼接与配准、三角网格生成等工作。

(5) 用多传感器融合的数据采集方式，大大提升了在不同应用场景下的鲁棒性，减少了产品的使用限制。

优势：

虽然传统的激光雷达尽管功能已日趋完善，但仍存在着许多不足之处，比如，高昂的价格令一些小公司望而却步，复杂的操作劝退多数非专业人士。但相比于传统的激光雷达三维扫描装置，本产品操作简单，可单人独立完成空间扫描，接通电源即可运作；结构轻巧便携，可以随时随地采集数据；价格亲民低廉，可极大的推动激光雷达技术的广泛应用；多传感器融合，极大程度上增加产品使用的鲁棒性。

3 实现方案简介

3.1 设计原理

本产品以 16 线激光雷达为核心，辅以单目相机和 STM32F103C8T6 核心板控制减速电机，旨在提高产品便携性及鲁棒性，简化操作流程，实现单人操作，节约人力成本。

3.2 设计方法

(1) 点云数据的获取：采用减速电机与减速电机结合的机械结构，能够稳定迅速地完成 360°全方位扫描，结构便携简单、实时重构效果好。

(2) 点云数据的存取：采用 Kd-Tree，极大地提高点云数据的查找、调用的效率，加速后续点云数据的处理。

(3) 点云数据的可视化：采用贪婪三角形算法，转换三维点云到二维空间中，快速获取拓扑联系，较传统的种子算法更为高效，可大大的节省时间，不失为实时点云数据处理的一种优秀选择。

3.2 实验验证过程

(1) 控制芯片：产品使用 STM32F103C8T6 核心板单片机控制减速电机完成稳定匀速旋转，从而实现 360°全方位的扫描。所选用的减速电机负载时所需电压为 12V，转速为 8.6rpm/min。

(2) 数据采集：自主设计相关结构进行数据的采集，将单线的激光雷达通过减速电机联动，并通过算法优化计算单线激光雷达转动过程中所达到的角度。

(3) 运用算法，将距离坐标转换成三维点云数据

(4) 数据的降噪：滤波去除无关的数据点，减少点云数目，加速后续 ICP 配准与三角网格化。通过对比各种滤波器的效果（高斯滤波器、双边滤波器、巴特沃斯滤波器、均值滤波器），得出双边滤波器适用范围广，速度适中这一结论。

(5) sac-ia 粗配准，利用每个点的法向量进行下采样，选出具有特征值的点，以此减

小点云数据量，增加运行速度，利用采样的点云具有不同的 FPFH 特征，采样点两两之间的距离应满足大于预先给定最小距离阈值。在目标点云 Q 中查找与点云 P 中采样点具有相似 FPFH 特征的一个或多个点，从这些相似点中随机选取一个点作为点云 P 在目标点云 Q 中的一一对应点。计算对应点之间刚体变换矩阵，然后通过求解对应点变换后的“距离误差和”函数来判断当前配准变换的性能。再将初始位置偏差较大的点云数据进行粗配准，从而获得一个配准误差较小的旋转平移矩阵。

(6) ICP 精配准：根据点云几何特征（法矢，曲率，梯度等等）对配准进行一个预处理，将两块点云的重叠部分大致叠放于同处，不仅大大减少了迭代次数和时间，还有效避免了因为最近点选取不当而陷入的局部最优问题，同时把匹配点云限制在了重叠部分，减少迭代次数。我们采用改进后的 ICP 配准进行处理。

(7) 网格化：点云与点云之间存在着和映射类似的一一对应法则，每个点寻找距离它最近的 k 个点，并把它们编成一个邻域组。将这个邻域内的所有点沿着法矢方向投影到切平面 S，然后对 S 上的点进行 delaunay 三角剖分，获取点云之间的拓扑关系，并利用这个投影关系，在三维空间中填充出网格。