

引文格式: 崔扬. 移动 LiDAR 点云室内三维结构化重建方法和关键技术研究[J]. 测绘学报, 2021, 50(7): 990. DOI: 10.11947/j. AGCS. 2021.20200592.

CUI Yang. Research on methodology and the key technology of indoor 3D structured reconstruction from mobile LiDAR point clouds[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2021, 50(7): 990. DOI: 10.11947/j. AGCS. 2021.20200592.

移动 LiDAR 点云室内三维结构化重建方法和关键技术研究

崔 扬

北京市测绘设计研究院, 北京 100038

Research on methodology and the key technology of indoor 3D structured reconstruction from mobile LiDAR point clouds

CUI Yang

Beijing Institute of Surveying and Mapping, Beijing 100038, China

室内移动 LiDAR 测量系统集成 IMU、激光扫描仪、数码相机等仪器设备, 在无 GNSS 室内场景的三维空间信息快速获取方面取得了重大突破, 为室内空间数据获取提供了全新的技术手段。然而, 由于室内环境复杂、目标丰富、移动对象、多次反射等情况, 移动 LiDAR 测量系统获得的点云具有遮挡严重、数据缺失、噪声较大、密度分布不均匀的特点, 给室内三维模型自动化快速重建与表达带来了极大的挑战。具体表现为要素提取难、多种室内场景适应难、自动化程度低、重建精度低等问题。本文针对移动激光点云的室内房屋分割和模型重建所面临的瓶颈问题, 展开研究, 提出了解决方法。同时, 基于自动化重建的室内模型进行了 5G 信号仿真和小基站优化选址的方法研究。主要研究成果如下:

(1) 针对多层、多房屋、复杂连接的室内场景空间过分割的问题, 提出了融合语义约束和多标记图割的单房屋分割方法。将提取的室内结构要素作为几何、语义信息, 通过光线追踪模拟轨迹点的可视点云; 并基于相邻轨迹点可视点云的相似性和空间平滑性构建多标记图割能量函数, 将无序点云分割为具有语义信息的单个房间。论文选择移动激光设备采集的 2 份 ISPRS 测试数据、3 份真实场景的点云数据、RGBD 采集的两份点云数据进行试验。结果表明, 在多层、多房屋、复杂连接的室内场景下, 论文提出的方法可以稳健地分割室内单个房屋, 解决了室内空间过分割的问题, 为室内场景的语义解译和模型重建提供支撑。

(2) 针对不同类型、结构复杂的室内场景, 移动 LiDAR 点云自动化重建难的问题, 论文提出了线、面特征相互约束机制的三维室内建模方法。首先, 将分割单房屋点云的水平切片投影生成二值图像, 从图像中提取初始化直线。由于激光点云的局部噪声, 提取的线段出现了角度、距离、冗余、局部缺失等误差。采用 G2o 图优化理论完成误差线的全局一致性改正, 生成结构线的平面图。最后, 融合平面的三维高程信息、线的几何结构和分割房屋的语义信息重建高精度的三维室内模型。论文分别选取移动激光扫描设备采集的一份 ISPRS 测试数据和

5 份真实大场景点云数据进行试验。结果表明: 本文的方法适用于结构复杂、类型多样的室内房屋。重建的模型具有几何、语义、拓扑连接信息, 满足 CityGML 标准中的 LoD3, 模型精度基本达到 10 cm 以内, 为室内应用服务提供空间数据基础。

(3) 首次基于自动化重建的室内结构化模型进行了 5G 信号仿真, 并提出了 5G 小基站选址的优化方法, 利用最少的基站数量达到 5G 信号最大覆盖度。首先, 对于模型的水平平面, 划分均匀格网作为候选基站, 模拟室内模型结构与通信之间的遮挡关系, 同时, 考虑信号在传播过程中的路径损耗和反射衰减损耗, 以模拟 5G 信号的强度和覆盖度。然后, 基于 5G 信号仿真结果与重建结构化模型, 利用贪婪优化算法设计了面向 5G 基站优化选址策略。为了保证基站位置的正确性、信号的覆盖度, 同时提升优化效率, 采用多尺度格网的空间划分作为候选基站, 并进行 5G 小基站优化选址。研究表明: 该方法能够有效地模拟 5G 信号, 并且实现自动化 5G 基站布设和选址, 相比于手工构建的室内模型, 该方法能更好地满足室内快速布设大量高密度 5G 通信基站的需求。

中图分类号: P208 文献标识码: D

文章编号: 1001-1595(2021)07-0990-01

基金项目: 国家重点研发项目(2016YFB0502203); 国家自然科学基金(NSFC)与欧洲城市化联合研究计划(JPIUE)合作研究项目(71961137003)

收稿日期: 2020-12-09

作者简介: 崔扬(1990—), 女, 2020 年 6 月毕业于深圳大学, 获工学博士学位(指导教师: 李清泉教授、杨必胜教授), 研究方向为基于激光点云的三维室内建模。

Author: CUI Yang (1990—), female, received her doctoral degree from Shenzhen University on June 2020, majors in 3D indoor modeling based on the laser point clouds.

E-mail: m13051577228@163.com