

文章编号: 2095-4980(2015)04-0613-06

基于 OGRE 的国网电力巡线软件的设计与实现

陈文棋¹, 范 强², 罗 俊¹, 陈 进¹, 潘旭东¹

(1.中国工程物理研究院 应用电子学研究所, 四川 绵阳 621999; 2.国家电网 四川省电力公司, 四川 成都 610042)

摘 要: 在获取地形数据并建立三维模型的基础上, 按照国网电力巡线的行业应用要求, 研究设计了国网电力巡线软件并基于开源引擎(面向对象图形渲染引擎(OGRE))实现。该软件开发集成了三维场景显示、漫游浏览、选择点云图层、改变电力线颜色、净空排查、显示定位塔杆以及三维测距等功能, 很好地满足了行业应用要求, 为巡线软件的工程化奠定了坚实的基础。

关键词: 电力巡线软件; 面向对象图形渲染引擎; 净空排查; 显示定位塔杆; 三维测距

中图分类号: TN709; TP311.52 **文献标识码:** A **doi:** 10.11805/TKYDA201504.0613

Design and realization of state grid power line software based on OGRE

CHEN Wenqi¹, FAN Qiang², LUO Jun¹, CHEN Jin¹, PAN Xudong¹

(1.Institute of Applied Electronics, China Academy of Engineering Physics, Mianyang Sichuan 621999, China;

2.Sichuan Electric Power Corporation, State Grid Corporation of China, Chengdu Sichuan 610042, China)

Abstract: On the basis of terrain data and 3D models, according to the application requirements of State Grid power line inspection, the State Grid power line inspection software is designed and implemented in the open source engine(Object-oriented Graphics Rendering Engine(OGRE)). The software develops and integrates 3D scene display, roaming browsing, point cloud layer selecting, color of power line changing, distant checking, towers positioning, 3D ranging and so on. It can meet the requirements of industry applications and lays a foundation for further study on its engineering.

Key words: power line software; Object-oriented Graphics Rendering Engine; distant checking; towers positioning; 3D ranging

为了直观、准确地反映输电线路运行情况, 及时发现输电线路隐患, 减少因线路故障而造成的经济损失, 需要针对国网电力巡线的行业应用要求开发出一款专用软件, 该软件能够展示空间真实地形地貌和塔杆的真实位置信息, 可自动识别电力线路周围的异常情况, 查询地质变形和塔杆倾斜, 并能实现基于点云和模型的空间任意 2 点间距的精确测量。

为得到软件所需数据, 首先利用无人机搭载激光雷达摄像系统, 对所需探测区域进行激光扫描, 得到激光点云数据和匹配的地貌数字正摄影像图(Digital Orthophoto Map, DOM)数据^[1], 然后对点云数据进行处理, 提取电力线、树木、地面等特征点。根据这些数据点, 一方面, 可以得到巡线中如垂弧、净空距离等数据; 另一方面, 结合 DOM 数据进行建模, 可以得到扫描区域的地貌三维场景, 辅助观察电力线走向等特性。本软件主要从输电线路通道异常情况识别和查询、塔杆状态对比与异常情况识别、塔杆全球定位系统(Global Positioning System, GPS)数据获取等方面进行研究^[2], 基于 OGRE 开发设计了国网电力巡线软件, 可实现三维场景显示、漫游浏览、选择点云图层、改变电力线颜色、净空排查、显示定位塔杆以及三维测距等功能。

1 设计思路

1.1 功能需求

本软件是为国网电力巡线开发设计的专用软件, 按照国网电力巡线的行业要求需要实现以下功能: 展示空间真实地形地貌和塔杆的真实位置信息; 进行漫游巡线; 分类选择需要显示的点云(地面点云、建筑物点云、低植被点云); 改变单根电力线颜色以便确定电力线走向以及是否换线; 设置净空排查阈值, 并在三维场景中标记

收稿日期: 2014-06-12; 修回日期: 2014-09-03

显示与电力线距离小于当前净空排查阈值的点云位置；显示塔杆的真实地理坐标、倾斜度及位移，并能准确定位显示所选择的塔杆；实现基于点云和模型的空间任意 2 点间距的精确测量。

1.2 总体架构

本软件基于开源引擎 OGRE 开发。OGRE 是一款面向对象的图形渲染引擎，可以实现三维场景的渲染，并且能够方便地对三维场景进行管理。软件界面采用 CEGUI(Crazy Eddie's GUI)设计。

本软件由数据分析模块、数据读取模块、CEGUI 界面模块、OGRE 主框架模块、场景控制模块共 5 个模块组成，其中数据分析模块为独立模块，其生成数据文件供数据读取模块调用，数据读取模块和场景控制模块供 OGRE 主框架调用，CEGUI 界面和 OGRE 主框架结合在一起，最大限度地简化用户使用软件的复杂度。各模块之间关系如图 1 所示。各模块功能如下：

1) 数据分析模块

完成对原始数据的分析与处理，生成可供调用的数据文件。主要实现点云处理、塔杆定位、净空排查等功能。

2) 数据读取模块

读取生成场景所需的各个数据文件，读取的信息供 OGRE 主框架显示场景使用。主要实现点云文件读取、电力线信息文件读取、塔杆信息文件读取、净空排查信息文件读取等功能。

3) CEGUI 界面模块

完成 CEGUI 引擎的初始化、界面的布局显示以及与 OGRE 主框架的接口，主要实现界面显示与事件响应。

界面采用开源 CEGUI 设计，使用 CEGUILayout 布局，并使用 CEGUI 脚本与 CEGUIImageset 设计界面皮肤，支持中文显示。界面分为三维显示区、操作控制区和鹰眼显示区 3 个部分。三维显示区用于三维场景的浏览显示，鹰眼显示区用于三维场景的俯视浏览，操作控制区提供操作和控制选项。

4) OGRE 主框架模块

完成 OGRE 引擎的初始化以及与各模块之间的接口控制。主要实现初始化、与界面模块通信、调用数据读取模块、调用场景控制模块等功能。

5) 场景控制模块

实现三维场景的显示与控制。主要实现分类显示点云数据、绘制透明点云三角面、导入塔模型、改变电力线颜色、自动漫游等功能。

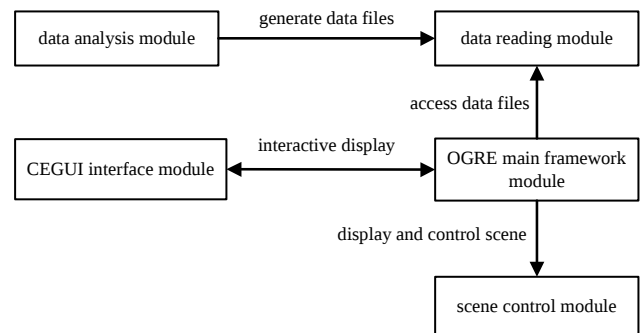


Fig.1 Relationship among modules
图 1 模块关系图

2 具体功能设计与实现

2.1 三维场景显示

基于 OGRE 的三维场景显示可以采用加载场景和加载模型 2 种方式，但无论哪一种方式，都需要前期在三维建模软件中建成三维模型。

本软件所集成的三维模型均是在 3DS MAX 中建成。三维模型建成之后，采用插件 OgreMax 导出模型(mesh 文件)或场景(scene 文件)。由于导出的模型自带位置坐标信息，不利于模型的添加、删除等管理，如若再设置位置坐标，在三维场景中显示的模型位置即为模型自带坐标与设置的位置坐标的叠加，造成三维场景显示错乱；而加载场景的方式中，模型的位置均在原点，由场景文件记录每个模型的位置，虽不会造成场景显示混乱，却不利于模型的添加、删除等管理。因此，本软件以加载模型的方式加载导出的场景中不带位置坐标的模型，同时提取场景文件中各模型的位置坐标信息，两者结合实现三维场景的正确显示。三维场景显示流程如图 2 所示。

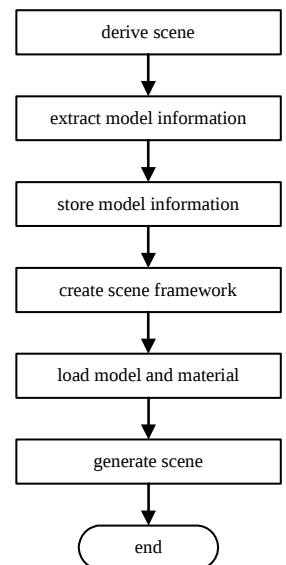


Fig.2 Flow of 3D scene display
图 2 三维场景显示流程

2.2 漫游浏览

漫游浏览涉及大数据量动态加载显示和碰撞检测等技术^[3], 可分为自动漫游和手动漫游 2 种方式, 其实质是控制场景中摄像机的移动。自动漫游时用户设定漫游速率, 场景中摄像机按此速率自动移动, 摄像机位置设定为电力线正上方, 摄像机朝向设定为电力线方向, 从而实现整个线路的浏览; 手动漫游时用户使用键盘控制摄像机的前进、后退、左移、右移, 鼠标控制摄像机的旋转, 相互配合实现场景的手动浏览。

1) 动态加载

构成三维场景的几何数据量和纹理数据量十分庞大, 如此庞大的数据量不可能一次性全部加载, 因此采用何种加载策略以最大限度地减少当前数据量显得尤为重要。

视域剔除技术仅对视点可见的多边形进行绘制显示, 对视点不可见的多边形不予绘制显示, 从而加快了绘制速度, 减少了数据量; 资源动态加载/卸载技术在视域剔除的基础上, 动态加载进入摄像机视域范围的模型和纹理, 同时卸载离开摄像机视域范围的模型和纹理, 极大地减少了当前数据量。在漫游过程中, 通过几种技术相结合实现三维场景的流畅浏览和操作^[4-5]。动态加载流程如图 3 所示。

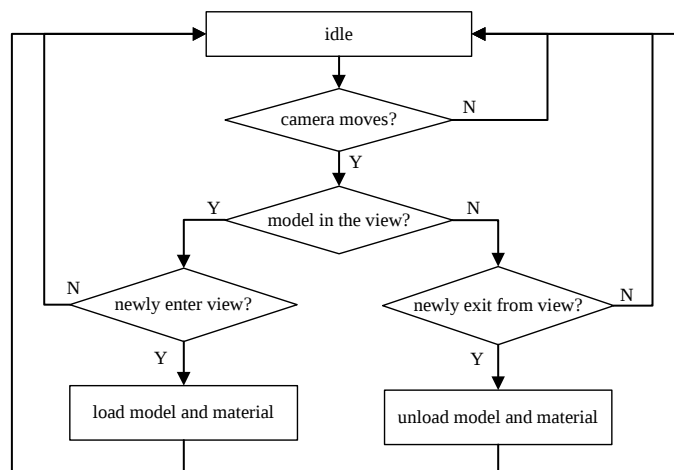


Fig.3 Flow of dynamic loading

图 3 动态加载流程

2) 碰撞检测

虚拟世界中的物体是以计算机产生的几何模型形式而存在的, 因此物体可能占有一定的空间并具有本不该具有的穿透性。在浏览三维场景的过程中, 摄像机可能会碰撞到模型, 若不进行碰撞检测并在此基础上做出碰撞响应, 摄像机会穿过模型, 造成视觉上的穿透感, 有违对真实世界的模拟。

常规的碰撞检测方法有包围盒查询、球体查询、面查询、相交查询等, 但均只能实现粗略的碰撞检测, 无法达到应用要求。为了更好地模拟真实世界, 给用户提供更为真实的操作体验, 本软件采用精确到模型三角面的碰撞检测算法, 实现了精确的碰撞检测。该算法在基于射线查询的基础上, 将射线查询到的实体排序, 获取查询返回结果中每个实体的顶点信息和索引信息, 基于顶点索引求出射线与实体的每个三角面的交点, 并获取距射线发射点最近的交点与射线起点间的距离^[6-7], 通过比较该距离与摄像机即将移动的距离之间的大小, 决定是否移动摄像机。碰撞检测流程如图 4 所示。

2.3 选择图层

此功能主要实现点云的分类显示。在 TerraSolid 中对激光扫描获取的点云进行处理并分类(主要分为地面点云、建筑物点云和低植被点云), 并输出点云文件。

由于无法在 OGRE 中直接导入点云文件, 本软件在分析点云文件中各字段含义的基础上, 读取点云文件并提取感兴趣的信息(如各点类别、坐标、颜色等), 存储提取的各点信息(在数据读取模块中实现), 并根据用户选择的需要显示的点云类别, 在三维场景中相应坐标位置以相应颜色绘制该点(在场景控制模块中实现), 从而完成点云的分类显示。点云分类显示流程如图 5 所示, 低植被点云显示如图 6 所示, 地表点云显示如图 7 所示。

2.4 改变线色

由于电力线在走线过程中会有换线的状况存在, 因此要求可在软件中改变单根电力线的颜色, 以方便用户观察电力线的走向。在根据激光雷达扫描得到的电力线点云建立电力线模型时, 需要确定哪些线段属于同一根电力线, 并以相同的前缀命名。在 OGRE 中根据线段名称前缀循环加载电力线线段模型, 用户选择需要修改的电力线名称并赋予颜色后, 软件寻找具有该名称前缀的电力线线段, 并将其材质改变为对应颜色的材质(在场景控制模块中实现), 从而改变单根电力线的颜色。单根电力线颜色改变显示如图 8 所示。

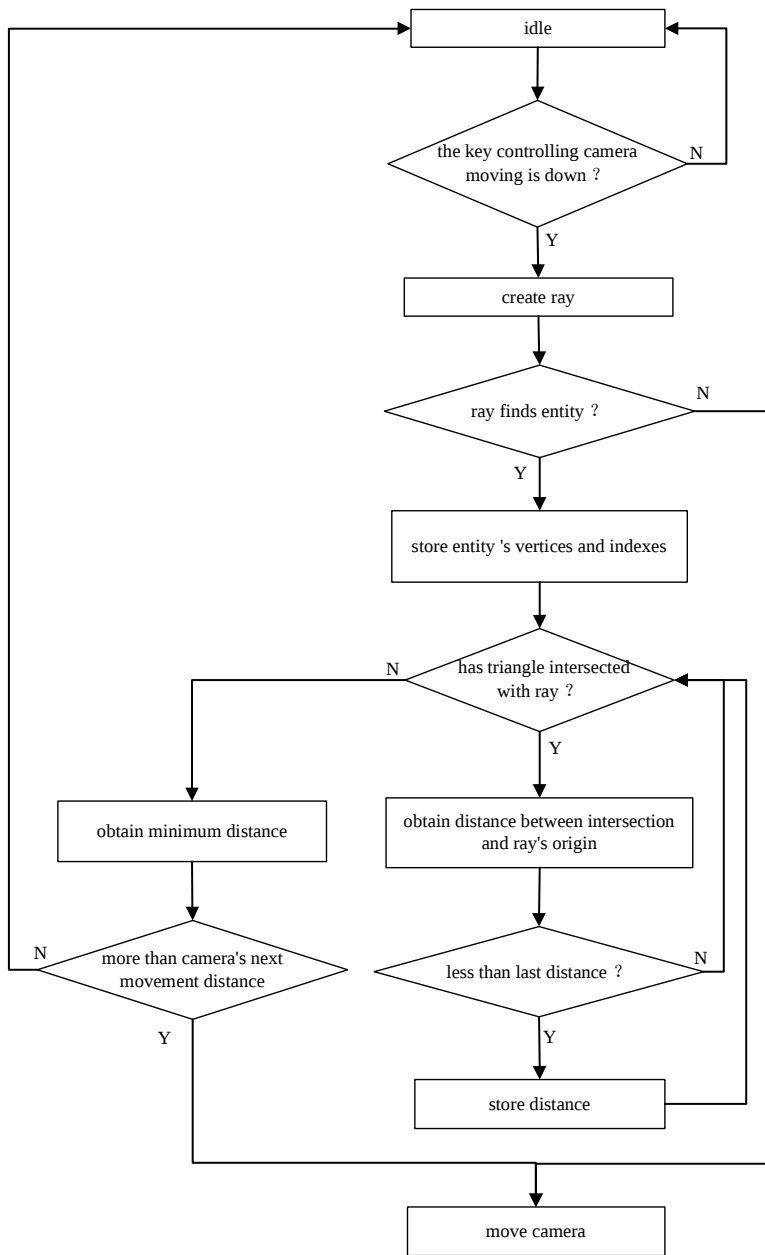


Fig.4 Flow of collision detection
图 4 碰撞检测流程

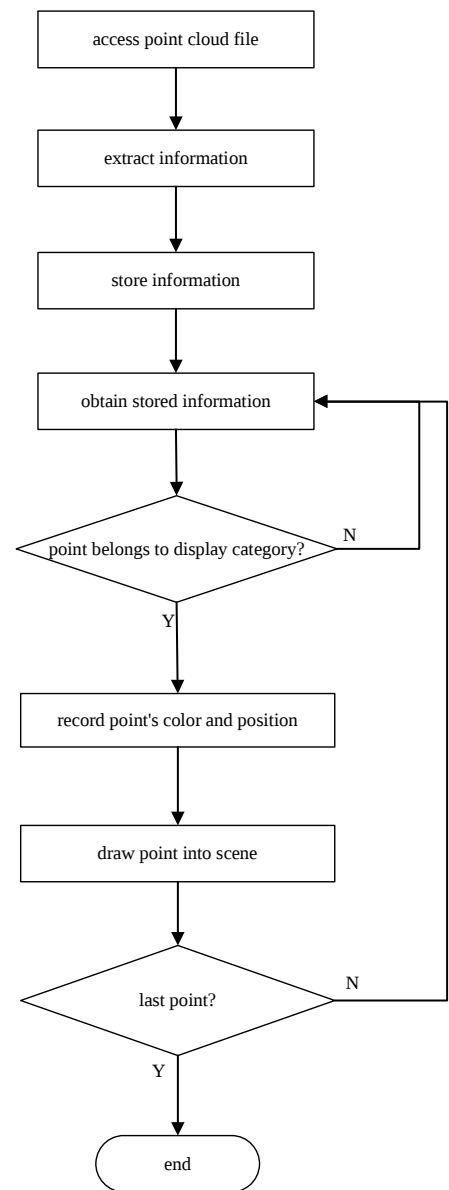


Fig.5 Flow of point cloud classification display
图 5 点云分类显示流程

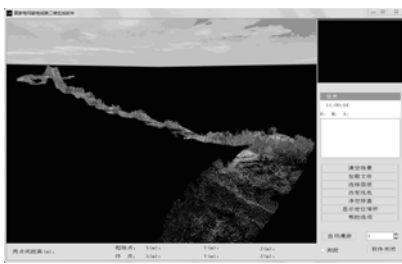


Fig.6 Low vegetation point cloud display
图 6 低植被点云显示



Fig.7 Surface point cloud display
图 7 地表点云显示

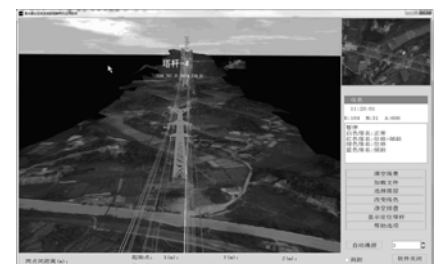


Fig.8 Color changing display of single power line
图 8 单根电力线颜色改变显示

2.5 净空排查

此功能要求计算出在设定的净空排查阈值下，与电力线距离小于当前净空排查阈值的点云位置，并在三维场景中标记显示。净空排查阈值即为报警距离，当点云中的某些点与电力线距离小于此阈值时，对该点进行报警。净空排查算法在数据分析模块中实现，该算法从一个基本算法入手，先后采用包围盒、循环调整、降维、多分辨率、并行运算等多项优化措施，极大地提高了算法速度^[8]。数据分析模块要求输入点云文件和净空排查阈值，经算法处理后输出在净空排查阈值范围内的点位置以及该点与电力线的最小距离。在 OGRE 中读取该输出文件记录的数据，以列表形式在界面显示，同时在三维场景中标记显示这些点的位置。净空排查显示如图 9 所示。

2.6 显示定位塔杆

此功能要求显示塔杆的真实地理坐标、倾斜度和位移，并且在用户选择需要查看的塔杆后能够快速定位显示该塔杆。获取塔杆的真实地理坐标、倾斜度和位移的算法在数据分析模块中实现，该算法通过竖直直方投影和均匀网格离散，将三维点云降维成二维灰度图像，提取其中直方响应最大的地方作为塔杆的水平位置，分离出塔杆^[9]。数据分析模块要求输入点云文件，经算法处理后输出塔杆的真实地理坐标、倾斜度和位移。在 OGRE 中读取该输出文件记录的数据，并以列表形式在界面显示。用户在列表中点击选择需要查看的塔杆后，场景中摄像机位置设定为塔杆正前方，摄像机朝向设定为塔杆方向，从而实现塔杆快速定位显示。塔杆定位显示如图 10 所示。

2.7 三维测距

实现三维测距的首要条件是实现三维点的查找。由于计算机屏幕为二维显示，因此鼠标在屏幕上点击的点均为二维点。为了将鼠标在屏幕上点击的二维点映射到三维场景中，得到场景中相应的三维点的坐标，需要创建射线，通过射线查询实现三维点的查找。

常规的射线查询方法无法精确地查找到鼠标点击的点对应到三维场景中的坐标，为了提高精确度，本软件采用精确到三角面的三维点查找方法，具体算法与 1.2 节碰撞检测类似。模型在 3DS MAX 中建成，本身由三角面组成，无需做附加处理，但点云为多个离散的点，要实现基于三角面的三维点查找，需将点云绘制成三角面并对其做透明处理，在确保满足算法条件的同时保证三维场景中显示的是离散的点而非点云三角面。三维测距显示如图 11 所示。

3 结论

在通过无人机搭载激光雷达摄像系统对所需探测区域进行激光扫描，得到激光点云数据和匹配的地貌 DOM 数据，并等比例建立三维模型的基础上，按照国网电力巡线的行业应用要求，研究设计了国网电力巡线软件，并基于 OGRE 实现。经测试，该软件实现了三维场景显示，能以自动和手动 2 种方式进行漫游浏览，并且实现了分类显示点云图层、改变单根电力线颜色、根据设定的净空排查阈值实现净空排查、显示定位塔杆、基于点云和模型的空间任意 2 点间距的精确测量等功能，能够直观、准确地反映输电线路运行情况，及时发现输电线路隐患，减少因线路故障而造成的经济损失，很好地满足了国网电力巡线的行业应用要求，为巡线软件的工程化奠定了坚实的基础。



Fig.9 Distant checking display

图 9 净空排查显示

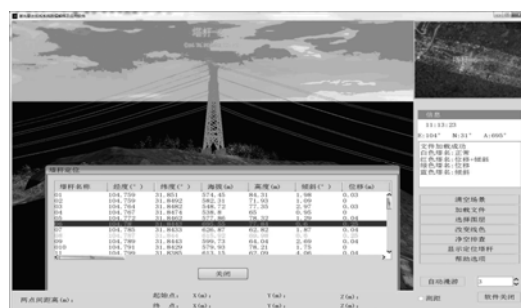


Fig.10 Towers positioning display

图 10 塔杆定位显示

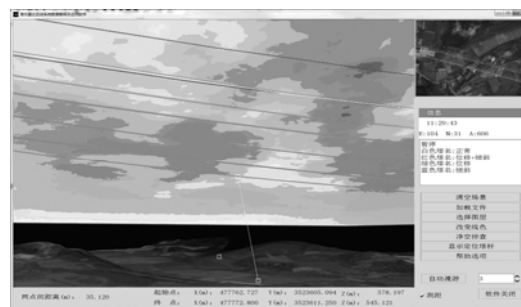


Fig.11 3D ranging display

图 11 三维测距显示

参考文献:

- [1] 陈勇,韩晓言,侯国彦,等. 激光雷达小型化及其在输电系统中的应用研究[J]. 电力勘测设计, 2013(1):70-73. (CHEN Yong,HAN Xiaoyan,HOU Guoyan,et al. Study of LiDAR miniaturization and its application in power supply system[J]. Electric Power Survey & Design, 2013(1):70-73.)
- [2] YOU Anqing,HAN Xiaoyan,WANG Xiaoping,et al. Applications of LiDAR in patrolling electric-power lines[C]// 2013 International Conference on Technological Advances in Electrical, Electronics and Computer Engineering (TAECE). Konya:IEEE, 2013:110-114.
- [3] 郭海鹏,李薇薇. 基于 ArcGIS 的校园三维场景漫游关键技术研究及实现[J]. 长春理工大学学报:自然科学版, 2011(4):156-158. (GUO Haipeng,LI Weiwei. Research and realization of key technology of three-dimensional scene of campus roaming system based on ArcGIS[J]. Journal of Changchun University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2011(4):156-158.)
- [4] 肖永辉. 城市景观三维建模与可视化技术的研究[D]. 郑州:信息工程大学, 2006. (XIAO Yonghui. Study of the city scene 3D modeling and visualization techniques[D]. Zhengzhou,China:Information Engineering University, 2006.)
- [5] 封春升,王莉莉,杨跃东. 基于视域剔除和图像缓存技术的复杂场景快速绘制方法[J]. 系统仿真学报, 2006(s1):94-98. (FENG Chunsheng,WANG Lili,YANG Yuedong. Fast rendering method based on view frustum culling and image caching[J]. Journal of System Simulation, 2006(s1):94-98.)
- [6] 董晶晶,陈兵,王磊. 虚拟场景漫游中基于视点的碰撞检测研究及实现[J]. 海洋测绘, 2011(5):38-40. (DONG Jingjing, CHEN Bing,WANG Lei. The research and realization of eye-position based collision detection in virtual environment walkthrough[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2011(5):38-40.)
- [7] 吴静,李琳. 基于 OGRE 的漫游场景中精确碰撞检测方法[J]. 电脑应用技术, 2011(1):12-16. (WU Jing,LI Lin. The method of precise collision detection in the roaming scene based on OGRE[J]. Microcomputer Application Technology, 2011(1):12-16.)
- [8] 游安清,韩晓言,潘旭东,等. 一个输电线系统净空排查算法的优化过程[J]. 计算机工程与应用, 2012(17):259-262. (YOU Anqing, HAN Xiaoyan,Pan Xudong,et al. Optimizations of a spatial distance check algorithm in power transmission system[J]. Computer Engineering and Applications, 2012(17):259-262.)
- [9] 游安清,韩晓言,李世平,等. 激光点云中输电线拟合与杆塔定位方法研究[J]. 计算机科学, 2013(4):298-300. (YOU Anqing,HAN Xiaoyan,LI Shiping,et al. Transmission wires fitting and towers positioning in LiDAR point cloud[J]. Journal of Computer Science, 2013(4):298-300.)

作者简介:



陈文棋(1987-),女,四川省绵阳市人,硕士,助理研究员,主要研究方向为软件开发.
email:ztzfcwq@163.com.

范强(1985-),男,南京市人,硕士,工程师,主要研究方向为信息通信.

罗俊(1973-),男,成都市人,硕士,高级工程师,主要研究方向为软件开发.

陈进(1978-),男,南京市人,学士,工程师,主要研究方向为软件开发.

潘旭东(1972-),男,四川省遂宁市人,学士,高级工程师,主要研究方向为软件开发.