

智能配电巡检系统的设计

凌启程，陆于平，刘 宇

(东南大学电气工程学院，江苏 南京 210096)

摘 要：针对如何提高配电巡检效率的问题，本文提出了基于智能手机的配电巡检系统。系统中构建基础数据库形成对应的电子图层，与百度地图 API 结合形成可视化的界面。探讨优化算法，形成最优路径检索功能，为巡检人员提供即时的信息查询和电子地图导航服务。利用 GPS 定位信息辅助监督管理巡检人员，最后根据巡检结果更新服务器数据。与传统的 GIS 相比，该系统为一线巡检人员带来了极大的方便，成本低、易操作，应用前景广。

关键词：配网；巡检；GPS；智能手机

0 引言

在电力系统中，配电部门是连接用户和供电部门的纽带，其良好的规划运营对于整个电力系统的安全、可靠、经济运行至关重要^[1]。随着城市电网的不断扩张，用户数量的持续激增，配电网回路的复杂程度也不断的提高。对于一线的操作人员来说不管是要快速的找到需要巡检的站所，还是对所需站所设备的信息查找都是非常困难的。这些繁琐的数据处理，和大量的地址信息，导致了巡检的效率大大的降低^[2]。另外，传统的巡检无法实现对于巡检人员的监督管理，也给电网建设和生产带来了隐患。

针对以上提及的电力行业的现状，本文提出了一种新的智能配电巡检系统。该系统基于智能手机，基础功能是利用GPS技术辅助巡检，在线路繁杂的配电网中帮助工作人员实现线路导航、查询路线等功能。在此基础上建立远程数据分析，数据反馈，利用GPS定位记录路线实现监督管理等功能。这个对配网巡检的全面封闭管理的图形化系统，不但可以提高巡检人员的工作效率，也提高了工作的准确度，确保了工作质量。

1 国内外研究现状

针对配电网覆盖范围广，线路复杂，变动频繁等特性，国内外比较成熟的技术就是电力GIS。它是为管理部门提供了查询、管理电力设施的信息系统。目前配网GIS系统在各电力企业的应用已经较

为普遍，但是GIS在配电网巡检中的应用并不多。一方面在配电GIS系统基础上开发电力智能巡检系统的厂家不多^[3]。另一方面由于现在的电力GIS系统配网地址导航功能需要专用的手持终端，成本较大，对于一线的工作人员可操作性弱，普及难度大。它往往需要专人保管和使用，而且配合使用的电子地图费用高，因此目前的开放程度较低。目前国内成功应用电力GIS的几个供电公司也存在着对其维护更新困难，难以进行实际操作的难题。

本文提出的基于智能手机的巡检平台，利用现在快速发展的无线通信模式，通过数据查询方式将设备信息和地理信息等导出，作为智能配电巡检的基础信息，在一线操作人员需要时通过手机客户端可以实现数据双向交互的功能，并利用GPS巡检系统基于百度地图进行导航。运行手机的程序，根据GPS定位产生的坐标数据，即时做出反应。根据记录的定位作业的路线可以实现对于巡检人员的在线监督，这相对于利用RFID技术节约了成本^[4]，适应性更广。这个系统既可以进行独立的开发应用于配电巡检的一线工作中，实现智能的GPS巡检，也可以作为GIS系统的外延，增强GIS系统的移动性，提高其通讯能力。

2 系统设计

2.1 系统设计原则

系统的提出旨在解决一线工作人员寻址难，操作难，数据处理难的问题。系统遵守国家及行业有关信息管理系统标准，实现具体的应用功能的同

时,满足相应的性能指标要求。此外系统还需要具有开放的结构体系,不仅满足用户当前的需要,而且还要满足将来能容易地扩展其功能和规模的需要。由于电力行业信息的特殊性,这里对于信息安全性的要求也至关重要,在设计时应当有所考虑,软件中可以采用权限控制、密码控制等措施来保证数据安全性。当然根据提出本系统的设计宗旨,这里与电力GIS相比更加注重的是实用性,易操作性。系统面向的对象可以是供电公司的管理人员,也可以是班组巡检人员。在设计时应当充分考虑到用户的实际需求和应用水平,尽量做到易理解、易操作、易推广。考虑到电网发展的迅速,系统要充分考虑与其他系统的接口,便于以后的维护升级。

2.2 系统功能分析

系统的主要功能包括:设备管理、巡查管理、人员管理、缺陷管理功能。

(1) 设备管理功能

系统可对配电线路电杆、变压器、变电站、开闭站、配电室等设备进行数据录入和数据维护,管理员可任意查询电杆、变压器、变电站、配电室、开闭站等用电设备并可修改和删除。系统设置上述设备的地址批量导入,在增加线路设备时,可以方便维护更新。使电力系统中的台、站、杆、塔、线路、电力设备等都能在地理平面图上清晰表现出来,易于查询和管理。

(2) 巡查管理功能

系统可根据管理部门的预先方案计划,自动为巡线员设计派工单,派工单详细包括了巡检路线、地点、时间、间隔、重要事项等内容。可根据线路的地理走向分布及其周围地理情况,为业务人员确定最合理的线路巡检路线。系统使生产人员能够很方便地利用简单的菜单操作实现杆塔、导线、地线、绝缘子等关键字线路数据的录入,查阅线路走向及线路图,调出具体的线路图。用户也可以利用GPS定位技术实现自身定位,利用数据库的查询功能查询目的地的地理位置信息,实现导航功能。

(3) 人员管理功能

通过采集GPS数据,检查到位率,自动生成巡检轨迹图^[5]。可监控巡线人员位置和工作状况,随时了解现场故障信息,并对外勤人员进行远程技术支持。

(4) 缺陷管理功能

现场巡视运行数据采集后及时把相关信息传送到系统。现场记录包括:缺陷记录、检修记录、设备台帐、线路条图等;巡检管理人员可通过线路缺陷的具体情况分析和查询,安排决定线路的检修计划;另外巡检管理人员也可通过查询发现线路中的缺陷,统计线路的缺陷情况报表。

2.3 系统结构设计

系统由以下的几个部分组成:数据库服务器,应用服务器,手机客户端,微机客户端。系统结构如图1所示。

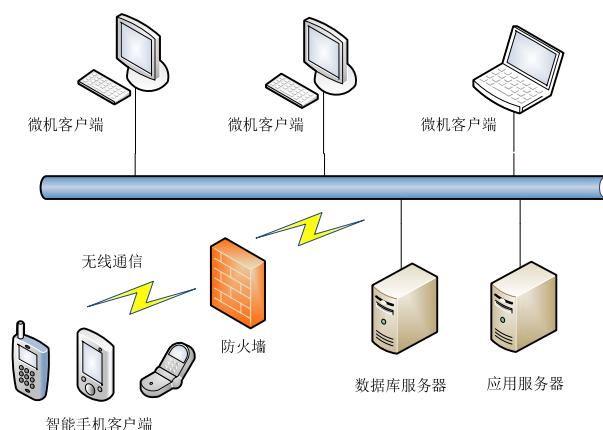


图1 系统结构框图

数据库服务器集中存储我们需要用到的数据信息。包含了配网设备台帐信息,线路走向地理信息,杆号位置、缺陷信息、历史检修记录、巡检计划、巡检记录等。我们考虑的数据交互逻辑图如图2所示。

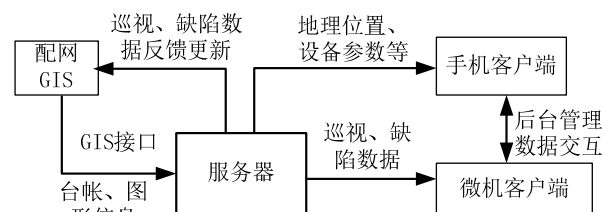


图2 数据交互逻辑图

应用服务器包括了与客户端信息的信息交互,业务流程规划,检修管理,应用分析等功能和服务。在初期建立系统时由于数据负荷较小,可以考虑将其做一个服务器上。通过无线通信技术可以和手机客户端实现信息交互,从而实现全天候远程查询配网信息和电子地图导航功能。微机客户端可以根据配网和线路的实时信息和地理位置走向,制定合

理的巡检方案,为巡检人员提供最合理的线路巡检路线。根据相应需求处理巡检人员手机客户端和管理人员微机客户端的数据交互。

根据以上的分析,这里系统的建立分为一下几个步骤:首先是对于目标数据库的建立,建立以地理位置信息为基础的数据库;再建立相应的电子图层,与百度地图应用程序结合,实现远程导航的功能;在服务器上添加业务应用程序接口,包括配网GIS接口、生产MIS系统接口、维护更新信息接口等。这样可以使得巡检人员在自己的手机上安装相应的客户端,就可以达到信息查询的功能,从而打破GIS操作不便、价格昂贵的局面。

2.4 系统功能设计

该智能配电巡检系统是基于智能手机的应用系统。系统由手机客户端、微机客户端后台管理系统、服务器三部分组成。

手机客户端作为“前端”,提供信息和数据给用户。针对目前智能手机的主流,这里我们选择开发的是基于Android操作系统的手机客户端。客户通过程序界面可以进行一系列的查询操作,包括设备资料查询,线路走向查询,线路杆塔明细表等等。这里根据我们的调查,把一线操作人员最为需要的线路导航作为基本功能模块建设,基于百度地图API形成电子地图导航。

微机客户端与手机客户端相比可以设置更高的权限,负责整个系统的控制与处理,提供应用服务。其主要功能是方便各个区域管理人员对于巡检人员进行实时监督管理、对于巡检任务实现优化分配。在该客户端中通过密码认证获得使用权限,可以实现设备台帐管理、设备巡视管理、消缺检修管理等任务。

服务器的主要功能就是设备台帐信息管理,包括维护配网设备的台帐信息,维护设备的变更信息,对于新增线路的信息的批量导入。

3 优化配置策略

基于本文所讨论的智能巡检系统开发最优路径检索功能^[6-8],以期在目的地确定后,依托于GPS定位给出当前位置完成巡检工作的最优路径。

3.1 优化目标及特点

给定所需巡检的目标地若干,根据GPS定位自动完成出发点的确定。以最短路径为优化目标,系

统通过计算给出当前位置出发至巡检目的地并完成区域检索的最优参考路径。基于此优化目标,可以分析出在本系统中优化配置的特点:

(1) 类似最优路径优化方法,但是目标目的地不会太多,且目标地多以变电站、变电柜、杆塔等大型目标为主。

(2) 目标地之间多存在相互联系。即找到某一目标后,则可延线路走向可以找到下一目标地,并且线路也多为巡检目标。

3.2 优化策略

采用最优路径混合优化算法,利用Dijkstra算法的稳定性和A*算法的定向查找的智能性特点,对寻找最优路径的算法进行优化配置。

为提高算法效率,在服务器中开辟空间作为最优路径存储器。即遇到相同的出发点与目的地则直接应用服务器中存储的以前的计算结果,这样大大节约了时间,同时也符合电力系统按期巡检的规律,算法如图3所示。

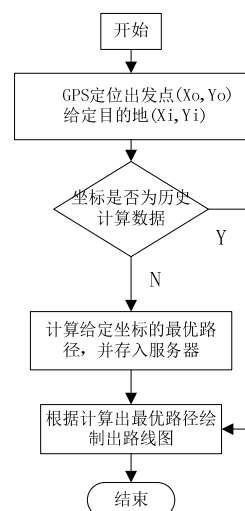


图3 最优路径处理流程图

该流程图是在数据给定后的一个预处理,当数据无法与原服务器中数据匹配时,就需要采用最优路径混合优化算法进行寻优算法流程如图4所示。

基于以上算法,在服务器上方便快捷地计算出工作人员最优巡检路径,通过通信模块传至手机客户端,供工作人员参考。整个过程方便快捷,大大提高了巡检工作的智能性。

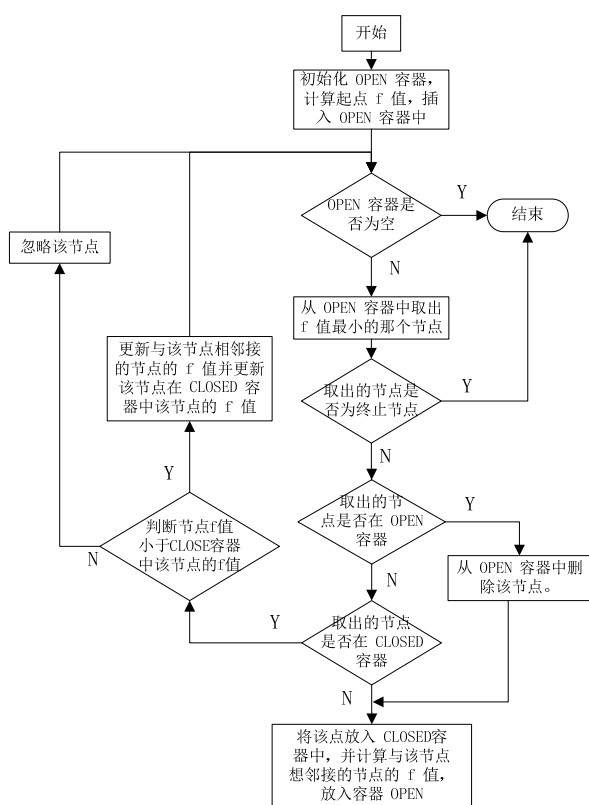


图4 最优路径算法流程图

3.3 配置策略评价

本系统采用最优路径混合优化算法，利用 Dijkstra 算法的稳定性和 A*算法的定向查找的智能性相结合，基于面向对象的思想设计最优路径查询。针对电力系统巡检的特点对算法进行优化改进，提高了计算的效率，符合实际应用中实时性的要求。测试算例结果表明，该方法可靠可行，可以成功应用于智能巡检系统设计中。

4 系统工作流程

本系统采取的是智能手机结合 GPS 技术的方案。巡检人员需要到现场检查线路和设备时，通过手机 GPS 定位功能得到所在地的位置经纬度信息，根据这个信息对比数据库中目的地的地理位置信息，可以算出所接近的电杆，提示用户需要进行的巡检并实现导航功能。所有设备和线路检查完之后，可以将检查结果同步到微机客户端，并供管理者管理和日后的分析使用。具体的操作步骤如下：

(1) 巡检人员收到巡检任务安排。登陆手机客户端，进行身份识别。

(2) 手机根据 GPS 定位获得地理位置信息，根据巡检任务确定最优化巡检路径，通过查询获得

导航路线。

(3) 根据 GPS 实时更新目标的位置，形成目标轨迹图，从而实现监督管理。

(4) 根据需要可以通过后台管理者查询相关设备的信息。

(5) 巡检后，将巡检结果录入微机客户端，同步更新服务器信息，以供日后查询。

5 应用前景分析

由于该系统是针对电力 GIS 的不足和生产实践中的需求提出的，所以在各个配网巡检管理中都需要用到，应用前景广。系统的应用可以提高巡检质量，大大提升巡检的效率；另外也为配网安全运行提供了有力的保障，提高了巡检管理水平和配电供电的可靠性。使用 GPS 定位技术，线路巡检人员无法修改巡检时间和地点，可以有效的实现监督巡检人员的工作，杜绝巡检不到位的发生。当然由于无线技术的快速发展，我们也可以通过 wifi 或者手机拍取二维码验证等方式实现对于巡检人员的管理和监督。就现在经济的发展速度和电网的维护更新速度，可以日益突显出该系统实现 GPS 导航的优势。智能手机的进一步普及也将推动该系统的普遍应用。

就整个系统而言，这只是智能电网中的一个小部分，在简单易操作的基础上可以进一步扩展其功能，特别是微机客户端。可以建立一个配营运一体化的系统^[9]，以 GIS 平台、信息集成平台、准实时数据平台等作为底层的数据信息基础。在此基础之上结合本系统的设计，实现一个前台是针对巡检人员的智能巡检系统，后台支持各种数据处理、配网规划管理等功能的智能管理系统。

6 结论

针对当前电力系统的复杂性和 GIS 系统的特殊性，本文提出了一种基于智能手机的实用型配电巡检系统的设计方法。充分发掘智能手机应用平台，结合电力系统供配电巡检特殊性，将 GPS 定位系统、百度地图 API 开放接口、智能最优路径优化算法有机结合，形成实用性高、可推广性强的智能巡检系统。分析表明，该系统具有成本低、易操作、效率高、可靠性强的特点，非常适用于电力系统的应用，应用前景广。

参考文献:

- [1] 翁颖钧,朱仲英. 基于webGIS的配电网调度管理系统[J]. 电力系统自动化, 2003,27(18): 83-86.
- [2] 刑建旭,吴国忠. 基于GIS配电网管理系统的开发与应用[D]. 杭州:浙江大学, 2010.
- [3] 杨本志. 基于配网GIS的电力智能巡检系统设计与应用[J]. 北京测绘, 2010(3): 64-66.
- [4] 邵江东. 中低压配网RFID巡检系统[J]. 电力科学与技术学报, 2009,24(1): 88-91.
- [5] 张羽,殷隽. 浅谈配网GPS巡检系统的建设与应用[J]. 科技传播, 2011(2): 178-180.
- [6] 陈平平. 基于电力GIS的最短路径优化算法的应用与分析[D]. 成都:电子科技大学, 2010.
- [7] 汪永红,崔铁军,吴正升. 嵌入式GIS中最优路径规划算法研究与实现[J]. 测绘科学, 2010,35(2): 147-149.
- [8] 邱敏,王公宝,张松涛,等. 一种求解最优路径的改进遗传算法[J]. 计算机与现代化, 2010(4): 6-10.
- [9] 罗少威,王兆恺. 配网设备智能巡检系统的建立及成效[J]. 电气工程与自动化, 2010(30): 61-62.

作者简介:

凌启程(1989-), 女, 江苏人, 硕士研究生, 研究方向为分布式发电系统保护及智能电网技术, Email: hilingqicheng@163.com;

陆于平(1962-), 男, 江苏人, 教授, 博士生导师, 研究方向为电力系统继电保护及分布式发电系统保护及控制;

刘 宇(1990-), 男, 江苏人, 硕士研究生, 研究方向为电力系统运行规划及新能源。