

基于 ArcGIS 和 GPS 的水电气管理系统设计与实现

李 培,何中市

(重庆大学 计算机学院,重庆 400044)

摘 要:随着城市现代化水平逐年提高,在城市区域内已形成大规模的、错综复杂的综合管网,因此大量的管网和水、电、气表的数据需要统一便捷的管理。基于现实的需要,系统将 GPS、GIS 和数据库相结合提供水电气表数据的远程采集、统计、查询及分析等功能;利用 ArcGIS 提供完善的网络分析模型进行实时监控、故障分析及提供抢修方案等,实现城市水电气管理的自动化和智能化。介绍了基于 ArcGIS 和 GPS 的城市水电气管理系统的设计和实现方法,以及 A* 的最短路径优化算法以及 GPS/GIS 等关键技术系统在系统中的应用。

关键词:ArcGIS;GPS;最短路径;A* 算法;管理系统

中图分类号:P208

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)01-0172-04

Design and Implementation Water, Electricity and Gas Management System Based on ArcGIS and GPS

LI Pei, HE Zhong-shi

(Department of Computer, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: With the annual enhancement of urban modernization, a great deal of pipe network, water, electricity and gas meter need convenient and unified management. In order to meet the actual needs, the system provides the function of water, electricity and gas meter remote data acquisition, statistical, inquiries and analysis by integrating GPS and GIS with database; and realizes real-time monitoring and malfunction analysis and repairing scheme by comprehensive network analysis model of ArcGIS, which achieves the triple management automation and intelligent. Mainly introduces the analyzing and designing methods adopted in the system based on ArcGIS and GPS, A* algorithm base on shortest path optimization is pointed out, as well some key techniques such as combination of GIS and GPS etc used in development.

Key words: ArcGIS;GPS;shortest path;A* algorithm;management system

0 引 言

随着城市现代化水平的逐年提高和基础建设的迅速发展,城市区域内已初步形成大规模、错综复杂的综合管网,大量的管网和水电气表的数据需要处理,但是传统的手工绘制图、人工维护、统计分析的管理方式效率低下,很难适应城市快速发展对水电气等的管理要求和实时监控和维护的要求。地理信息系统(简称 GIS)以空间数据为研究对象,利用计算机软硬件为工具,将不同来源、不同类型的空间数据和相关的属性信息进行有机的结合和综合分析查询,是综合处理和分

析空间数据的一种有效的新技术系统^[1]。系统以重庆市的水电气表数据的远程采集、统计、查询及分析的实际需要为研究对象,将 GPS、GIS 和数据库相结合,实现对城市的水电气管理的自动化和智能化。

1 系统总体设计

1.1 系统设计

系统以 Visual Studio2005 和 SQL Server 2005、NHibernate 和 ArcGIS9.2 为平台,采用现代软件分析、设计和基于组件的思想进行开发。ArcGIS 是整合了 GIS 与数据库、软件工程、人工智能、网络技术及嵌入式系统等诸多领域的计算机主流技术的新一代 GIS 平台,其中 ArcGIS Engine 可以使二次开发产品嵌入到需要的应用程序中去。ArcGIS Engine 开发包中包括了支持各类开发任务的资源,为多种应用程序接口(API)提供了集成的帮助系统^[2]。它是 ArcGIS 软件产

收稿日期:2008-04-24

基金项目:国家 863 计划项目(2007AA01Z423);重庆市自然科学基金项目(2007B2134)

作者简介:李 培(1982-),男,广西桂林人,硕士研究生,主要研究方向为机器学习、智能交通;何中市,教授,博士生导师,主要研究方向为机器学习、模式识别。

品的底层组件,使用 ArcGIS Engine 可以使二次开发产品嵌入到需要的应用程序中去。NHibernate 就是具有 O/R Mapping 的 Hibernate 的 .Net 版本。NHibernate 具有对象持续性,支持对象查询,支持事务和数据库平台无关等特性。系统采用 NHibernate 作为中间数据访问层实现对后台数据库 SQL Server2005 和 ArcGIS Server 的访问。

1.2 系统架构

系统的物理逻辑架构如图 1 所示,将水电气表采集的数据通过 GPRS 网络与控制中心实现在城市范围内比较可靠的远程通信。系统面向管理人员和终端用户,运行环境为广域网,采用多层体系结构,分为客户层、服务层、业务逻辑层、数据访问层和数据库层(如图 2 所示)。其中用户服务系统采用 B/S 模式,GIS 管理系统则采用 C/S 模式。

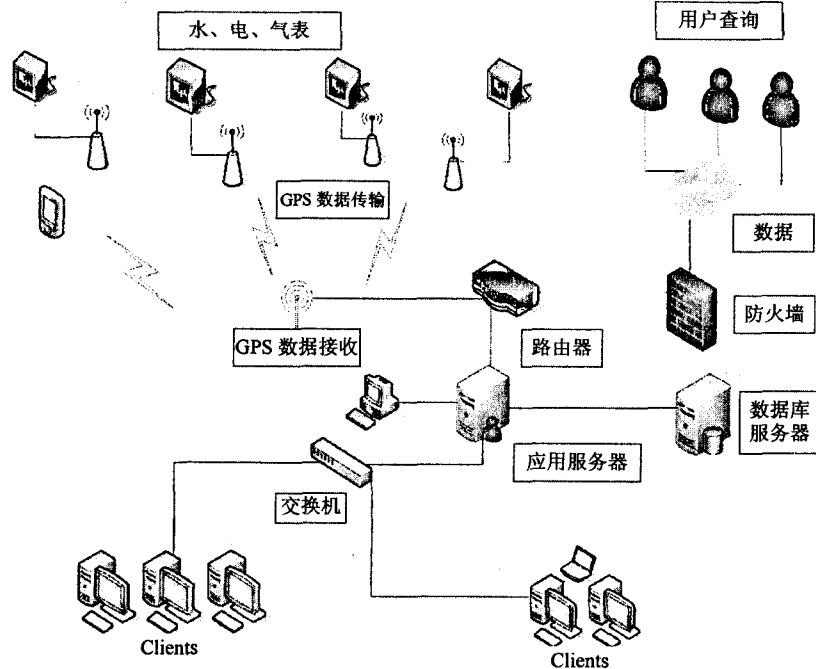


图 1 系统物理逻辑架构

2 系统实现

2.1 GPS 通信模块

全球定位系统(GPS),是一种用于准确定位、测速及作为公共时间基准的系统。GPS 通信模块完成 GPS 定位信号和时间同步数据的提取,利用 GPS、GIS 技术可以实时定位、故障报警、通信等,GIS、GPS 应用于水电气表和管道的管理可以提升企业的信息化程度^[3]。

系统通过 GPRS 网络作为水电气表设备与服务器

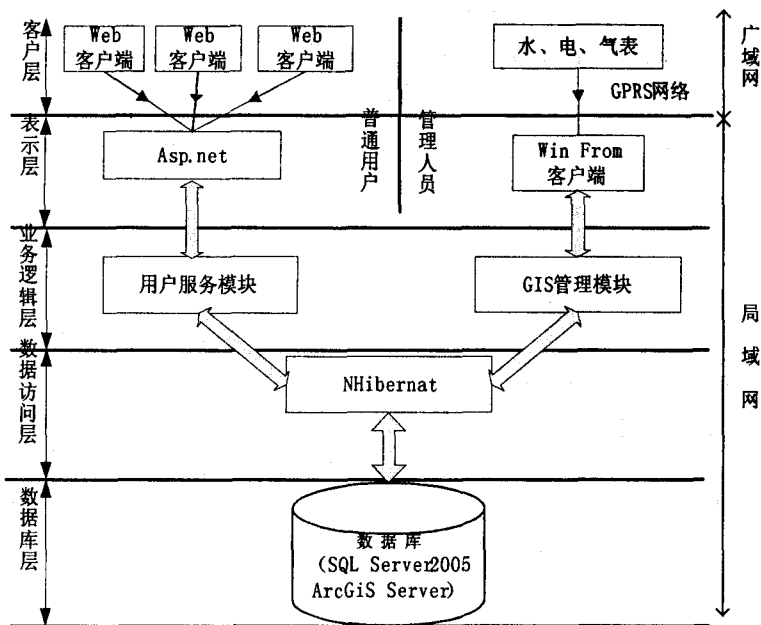


图 2 系统软件架构

端交互的通道,将 GPS 定位信息、异常报警、实时数据等信息准确传回服务器端的控制中心;再将中心的信息准确及时地传给移动端。该部分主要由硬件实现,通过串口通信获得水电气表所采集的数据^[4]。

2.2 GIS 管理模块

GIS 管理模块各部分的结构主要由水电气地图查看编辑,水电气数据查询分析统计,异常处理、故障处理分析三个子模块组成。

地图查看编辑根据实际管道的分布情况,在电子地图中分别用不同颜色的线路标出其长度和走向,通过点选获得管道信息,还可以添加和编辑各种矢量图形和图层、及时更新电子地图。查询分析统计主要完成对每个水电气的历史数据进行统计和查询,通过输入管道设备检索信息或直接在

电子地图上点取水电气表或者管道,便可查询该设备的状态信息。异常报警是根据 GPS 发回的异常数据的类型对故障的原因进行简要的故障分析并提醒管理员,同时根据故障发生的位置,找出最近维修点和故障发生地点的最短路径,并且提供预先设定的应急解决方案供决策人员参考。

2.3 用户管理模块

主要为水电气表的终端用户提供费用信息查询、意见反馈和投诉,实现企业和用户沟通的平台。

3 系统实现过程中的关键技术

3.1 基于最短路径算法的最优路径计算

最短路径算法用于系统的故障处理,提供到故障点的最短路径。在此基础上还考虑了路阻(权重)、单行和多个目标点这三个条件,这样更有实用价值。

3.1.1 计算最短路径

假设路径的起点为 A , 终点为 D ^[5]:

(1) 寻找与 A 相连的线, 得到与 A 相邻接的点 B 、 C 、 E , 记录每个点到 A 的距离, 标记各点的前点为 A , 比较距离值确定 C 最短, 标记 C 为已搜寻点;

(2) 搜索和 C 相连的线, 得到与 C 相邻接的点 A 和 D , A 是起始点不考虑。记录 D 的前点为 C 并记录到 D 到 A 的距离, 排除标记搜索过的点, 在找到的其他点 B 、 E 、 D 中最短的是 B , 再标记 B 为已搜索点;

(3) 搜索和 B 相连的线, 得到与 B 相邻接的点 A 和 D , A 是起始点可排除, D 的长度曾被记录过, 这时比较 D 记录的长度和这次搜索到的长度, 即 $D \rightarrow C \rightarrow A$ 与 $D \rightarrow B \rightarrow A$ 的长度, 结果后者小, 则修改 D 的前节点为 B 并重新记录距离值, 再次排除搜索过的点, 在找到的其他点 E 、 D 中找最短的 E 点, E 被标记为已搜寻点;

(4) 搜索和 E 相连的线, 得到点 A , A 是被起始点可以排除, 再次排除搜索过的点, 在找到的其他点 D 中找最短的 D 点, D 被标记, 且 D 是目的点, 则搜索的最终结果就是: $A \rightarrow B \rightarrow D$ 。 F 和 G 点不会被搜索到, 说明与点 A 、 D 是不连通的。

3.1.2 考虑路阻情况

路阻可以用权值表示, 用来描述道路的综合通行能力, 包括路面宽度、等级和交通状况等多种因素^[6]。这个权值可根据历史数据和人为经验设置。这里假定 L 为路长, R 为路阻, R 的取值范围为 $1 \sim 10$, 值越小则表明路阻越小。 $R = 1$ 表明没有路阻, $R = 10$ 表明这条路实际是阻塞的, 程序处理时就将连接这条路的两点之间标志为不连通。加权后的路长表示为: $LR = L \times R$, 在考虑路阻的情况下用加权路长代替路长, 仍可套用 3.1.1 的算法计算。

3.1.3 考虑单行情况

对每条路引入一个单行标志作为属性。例如对道路 A 至 B 没有设置标志则表明此路为双行, 如果标志设置为 A , 则表明此路为单行且 A 为起始点。如设置 $B \rightarrow A$ 为单行, 则在程序处理时, 和 A 相连的点只有 C 和 E , 但和 B 相连的点仍有 A 和 D 。

3.1.4 考虑多个目的地情况

实际中有多个目的地即同时有多个故障点需要同时访问, 怎样保证既能访问所有地点又保证路径最短?

问题可以描述为从 A 点出发, 遍历 M 、 N 、 O 、 P 等多个节点, 与访问次序无关但要求路径最短。对于这个复杂问题, 可以用一种简单方法解决。假设有 M 、 N 、 O 三个目标点, A 为出发点, 计算过程如下:

(1) 列出这三个点的排列, 共有 $P = 3! = 6$, 分别为 MNO , MON , NMO , NOM , OMN , ONM ;

(2) 取第一个排列 MNO , 依次计算 $A \rightarrow M$, $M \rightarrow N$, $N \rightarrow O$ 的最短路径, 将这几段路径相加得到总长度记为 L_{mno} ;

(3) 重复(2)中的方法, 分别计算得到其它 5 个排列的路径总长度。

(4) 比较上面算出的 6 个值, 取最小值的排列作为最佳路径。

3.2 路径轨迹的自动生成

本步骤利用的图论知识, 结合道路的拓扑结构, 从初步结果中分离出路径轨迹信息, 并结合 3.1 中假设完成线到线的地图匹配。本系统的路网结构是事先得到的固定不变的, 属于静态最短路径计算, 因此采用 A^* 算法。 A^* 算法属启发式搜索算法, 搜索过程从给定的初始状态开始, 搜索整个可能达到的状态空间图, 直至发现目标状态为止^[7]。启发式搜索优先沿着有启发性和具有特定信息的节点搜索下去, 这些节点可能是达到目标节点最佳路径上的节点。在启发式搜索中, 估计函数是算法的关键, 将决定搜索耗时以及能否寻找到最优解。

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

1) $f(n)$ 是从初始点通过节点 n 到达目标点的估价函数;

2) $g(n)$ 是在状态空间中从初始节点到 n 节点的实际代价, $g(n)$ 的定义为:

$$g(n) = ad(n)$$

其中, $d(n)$ 为起始点到节点 n 实际路径的长度, a 是路径的权值。即 $g(n)$ 表示 $LR = L \times R$ 。

3) $h(n)$ 是从节点 n 到目标节点最佳路径的估计代价, 决定了搜索的效率和采纳性。对于几何路网来说, 可以取两点间欧氏距离(直线距离)作为估价函数, 即

$$h(n) = \sqrt{(x_d - x_n)^2 + (y_d - y_n)^2}$$

其中, (x_n, y_n) , (x_d, y_d) 分别为节点 n 和目标节点 d 在数字地图中的坐标。

由于估价函数 $h(n) \leq n$ 到目标节点的距离实际值, 算法具有可采纳性, 能得到最优解。结合本系统, A^* 算法^[8]实现简单描述如下:

(1) 生成列表 OPEN、CLOSE, 开始节点 n_0 在列表 OPEN 中, CLOSE 初始值为空;

(2) 若 OPEN 为空, 则失败并退出; 若非空, 取 OPEN 的第 1 个节点 n 移入 CLOSE;

(3) 若 n 是目标节点, 在搜索图 G 中回溯找出一条解决方案路径, 成功并退出; 反之, 扩展生成其后继节点集 M 加到 OPEN 中, n 的祖先不能在 M 中。对 M 的成员, 重新定位路径;

(4) 按照评价函数 f 计算每一个新扩展节点的估计值, 按递增 f 值重排 OPEN; 返回(2)。图 3 为最短路径算法; 从 A 点到 B 点的路径轨迹生成如图 4 所示。

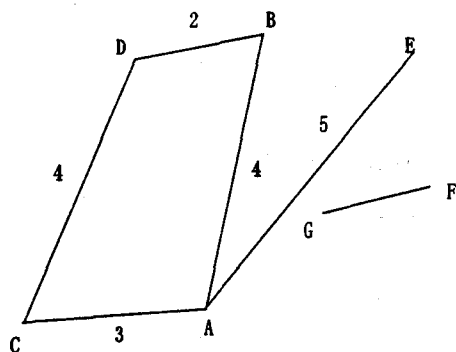


图 3 最短路径算法示意图



图 4 A -> B 路径轨迹自动生成示意图

4 结束语

介绍了将 GPS 与 ArcGIS 技术相结合, 构建多层体系架构的城市水电气管理系统。系统采用了 A* 算法实现的最短路径优化算法很好地提高了整个系统的性能, 在实际应用中更加智能化, 更符合实际需求。将 GIS、GPS 技术和城市水电气等公共设施的管理结合起来能够提高市政管理的现代化和智能化的水平。随着城市现代化和信息化的高速发展, 基于 GIS 和 GPS 的技术将会得到越来越广泛的应用。

参考文献:

- [1] 万园, 程雄, 白钢, 等. 基于 GIS、GPS 与 GPRS 结合的物流管理系统设计与实现[J]. 测绘科学, 2006, 31(4): 67-69.
- [2] 田波, 周云轩, 李俊红, 等. 基于 .NET 和 ArcGIS Engine 开发上海市滩涂资源管理系统[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(14): 184-186.
- [3] 李静燕, 陈勇, 王志坚. 基于 Web Service 的分布式 GIS 集成研究[J]. 计算机工程, 2004, 30(1): 59-64.
- [4] 李宋, 王更生. GPS/GIS + GSM 在智能交通系统中的应用[J]. 计算机与现代化, 2004, 12(6): 127-129.
- [5] 荣玮. 基于道路网的最短路径算法的研究与实现[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2005: 12-15.
- [6] 马德涛, 刘建忠, 王锐. 基于 ArcGIS Server 的城市道路最短路径分析方法研究[J]. 海洋测绘, 2007, 9(5): 58-61.
- [7] 张书亮, 闻国年, 李秀梅. 网络地理信息系统[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [8] 张海涛, 程荫杭. 基于 A* 算法的全局路径搜索[J]. 微计算机信息, 2007, 23(6): 238-241.

(上接第 149 页)

- n.], 2000: 19-24.
- [3] Fayyad U M, Shapiro J P, Smyth P. From Data Mining to Knowledge Discovery[C]//Advance in Knowledge Discovery and Data Mining. [s. l.]: AAAI/MIT Press, 1996.
- [4] Nicholson J, Takahashi K, Nakatsu R. Emotion Recognition in Speech Using Neural Network[J]. Neural Computing & Applications, 2000, 12(9): 290-296.
- [5] Petrushin V A. Emotion Recognition in Speech Signal: Experimental Study, Development, and Application[C]//Sixth International Conference on Spoken Language Processing. Beijing: [s. n.], 2000: 222-225.
- [6] Raquel T, Rocio S, Ralf K, et al. Emotional Space Improves Emotion Recognition[C]//In Proc of ICSIP. Denver, Colorado: [s. n.], 2002: 345-347.
- [7] Yu Yindong, Chang E, Li Cong. Computer Recognition of E-

motion in Speech[C]// The 2002 Intel International Science and Engineering Fair. Louisville, Kentucky, United States of America: [s. n.], 2002.

- [8] 郭春宇. 语音情感识别技术的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2006.
- [9] Cahn J E. Generating Expression in Synthesized Speech[D]. [s. l.]: MIT Media Lab, 1990.
- [10] Nwe T L, Say Wei Foo, De Silva L C. Speech Emotion Recognition Using Hidden Markov Models[J]. Speech Communication, 2003, 41: 603-623.
- [11] Schroder M, Cowie R, Douglas-Cowie E, et al. Acoustic Correlates of Emotion Dimensions in View of Speech Synthesis [C]//ISCA Workshop on Speech and Emotion. North Ireland: [s. n.], 2000: 87-90.