

GIS SMS/GPRS的环境监测系统设计与实现

黄明, 彭苏萍, 张丽娟, 吴观茂, 李刚

(中国矿业大学 煤炭资源与安全开采国家重点实验室, 北京 100083)

摘要:针对环境监测中远程采集数据的实时传输和对监测数据进行管理分析的问题,研究了无线通讯 SMS/GPRS 的通讯原理以及与 GIS 无缝集成技术.系统通过 SMS/GPRS 技术实现了远程监控数据的无线实时传输,结合 GIS 可视化技术对监控数据进行可视展示,借助 GIS 空间分析功能分析污染源影响的地理区域.解决了系统实现的软件体系结构和关键技术.系统适用于环保部门监测数据采集、通讯传输、GIS 管理和分析决策.

关键词:环境监测;无线通讯;地理信息系统;空间分析

中图分类号: TP319 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7043 (2007)07-0749-06

Design and implementation of an environmental monitoring system based on GIS SMS / GPRS

HUANG Ming PENG Su Ping ZHANG Li Juan WU Guan Mao LI Gang

(State Key Laboratory of Coal Resources and Safe Mining, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: The authors developed a system for environmental monitoring and analysis that provides effective remote data acquisition and real time transmission. This was done after analysis of principles of wireless communications through SMS / GPRS as well as technologies for seamless integration with a GIS. The system architecture was designed and key technical solutions were implemented. Using SMS / GPRS technology, real time wireless transmission of remote monitoring data was achieved. GIS visualization technology was then applied to generate graphical representations of the data. The polluted area was analyzed with GIS spatial analysis. The system would be helpful to environmental protection departments in applications which complete data acquisition, communication transmissions, GIS management and analysis and decision making.

Keywords: environmental monitoring; wireless communications; geographic information system; spatial analysis

目前各个行业对环保的监测手段都提出了更高的要求,主要体现在监测数据的实时动态采集、动态跟踪、动态管理、动态分析预测以及可视化的分析与管理等方面.传统的环境监测手段主要采用固定电话等有线通讯方式^[1],很难实现远程监测点实时数据采集与无线通讯传输.近年来, SMS/GPRS 无线通讯技术已开始应用到环境监测领域以解决远程数据采集与传输的问题^[2-6];在环境监测管理方面,利用

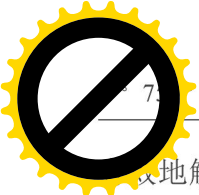
GIS 技术实现了环境监测信息的可视化管理分析与预测^[7-9].

现有的环境监测系统,其研究仅局限于无线通讯技术或 GIS 技术的独立应用.为此,提出一种基于 GIS 短信息业务 (short message service, SMS)、GPRS (general packet radio service, 通用分组无线业务) 的环境监测系统方案,它建立在无线通讯技术 SMS/GPRS 进行监测数据的无线传输基础上,服务器端对无线传输的数据进行地理信息和环境监测数据的可视显示,通过 GIS 空间分析功能对回传的数据进行可视化分析.系统对 GIS 技术和无线通讯技术进行了无缝集成,其关键技术是多线程、多通讯协议 (SMS/GPRS) 的远程监测数据的实时在线传输以及基于污染源扩散模型的空间分析决策.该系统可以

收稿日期: 2007-07-19.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (50490271); 国家重点基础研究发展计划基金资助项目 (2006CB202209); 黑龙江省科技厅攻关项目 (TQ05A25).

作者简介: 黄明 (1971-), 男, 副教授, E-mail: kyslm@126.com
彭苏萍 (1959-), 男, 教授, 中国工程院院士, 博士生导师.



有效地解决环境监测数据的采集、数据传输问题,实现数据的有效管理,旨在帮助环保部门进行监测点的实时数据采集和环境污染预测分析,为宏观决策服务。

1 系统原理

环境监测点的终端设备无论采用哪种通讯方式,都必须具备污染因子数据采集功能和支持无线数据传输的发射功能。数据采集模块和数据传输模块主要通过 RS232 相联,无线通讯传输采用短信息和 GPRS 这 2 种方式。

1.1 SMS 原理

SMS 短信服务是一种在 GSM (global systems for mobile communications) 移动网络上传送简短信息的无线应用,是一种信息在移动网络上储存和转寄的过程。从发送方发送出来的信息被储存在短信息中心 (SMSC), 然后再转发到目的用户终端。短信息的标准协议是 SMPP 目前我国在 SMPP 的基础上进行了高度的封装和扩展,分别制定了 3 种短信息网关协议:移动 CMPP 联通 SGIP 以及中国网通 CNGP。短信息通讯过程如下:

- 1) 终端发起短信息 (MO 过程);
- 2) MO 经过 GSM 网络到短信息中心 SMSC (shortmessage service center);
- 3) 短信息中心把接收的信息转发到相应网关 CMPP 或其他网关;
- 4) 网关 CMPP 通过 Internet 把终端发起的原始短信息送到 SP 运营服务器;
- 5) SP 运营服务器处理业务数据,并把处理数据通过 Internet 回传到网关 (MT 过程);
- 6) 网关再送至 SMS 并通过 GSM 发送到用户终端。

SP 运营服务器是通过 Internet 有线连接到移动网关,它通过 TCP/IP 进行 Socket 通讯,SP 服务器端首先进行 TCP/IP 物理层的连接,然后发送认证包 (CMPP 和 CNGP 采用 MD5 加密),网关验证认证包后,建立连接并实时通讯。

在环境监测系统中,系统位于 SP 运营服务器端,数据采集设备具备短信息收发功能和环境监测数据采集功能。

1.2 GPRS 通讯原理

中国移动 GPRS 系统可提供广域的无线 IP 连接。GPRS 是通用分组无线业务 (general packet radio service), 是在现有的 GSM 系统上发展出来的一种新的分组数据承载业务。GPRS 特别适用于间断的、

突发性的或频繁的、少量的数据传输,也适用于海量、连续的大数据量传输。它具有“实时在线”、“按量计费”、“快捷登录”、“高速传输”的优点。

由于 GPRS 通信是基于 IP 地址的数据分组通信网络,监测中心计算机主机配置固定的 IP 地址,各个数据采集点采用 GPRS 模块 (设备) 和该主机进行通信。它的通讯过程非常简单,就像计算机局域网内计算机通过 TCP/IP Socket 通讯一样。

环保监控点通过数据采集模块自动采集污染源信息,通过 RS232 接口与 GPRS 透明数据传输终端相连,通过 GPRS 透明数据传输终端内置嵌入式处理器对数据进行处理、协议封装后发送到 GSM 网络,由 GPRS 网关 GGSN (gateway GPRS support node) 通过中国移动的 GPRS 无线数据网络进行传输,最终传送到监控中心 IP 地址。

在这种通讯方式中,监控服务器申请配置固定 IP 地址,采用 DDN 专线或 ADSL 与 GPRS 网络相连。监控中心服务器接收到 GPRS 网络传来的数据后先进行认证,然后传送到监控中心计算机主机,通过系统软件对数据进行还原显示,并进行数据处理。

2 系统结构

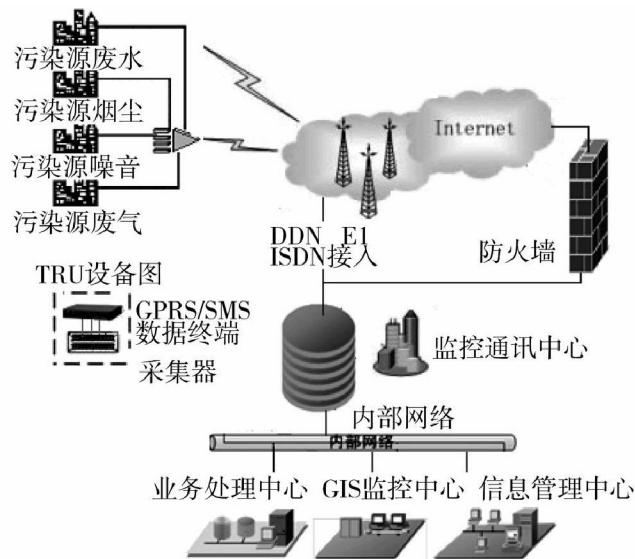
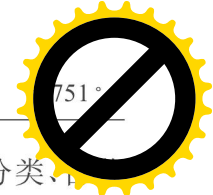
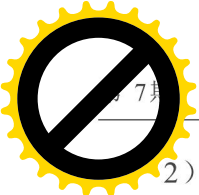


图 1 系统结构图

Fig 1 Structure of the system

该环境监测系统如图 1 所示,系统分为 3 个部分:

- 1) 分布在不同地域的远程终端控制系统 RTU (remote terminal unit), 它集成了数据采集器和 GPRS 或 SMS 终端设备。数据采集器负责完成各种环境参数 (废水、烟尘、噪音、废气) 的实时采集, GPRS 或 SMS 设备通过 RS232 接口获取采集设备的数据并发送到基于 GSM 的无线公网。



2) GPRS(或 SMS)终端发送的数据经无线网络传播到 MSC(mobile switching center),再由 GGSN(或 SGIR CMPR CNPP)网关有线传送到监控通讯中心.有线连接包括专线直连(DDN E1)及 ADSL以及 Internet连接,出于信息安全角度考虑,对 Internet和 ADSL连接方式需通过防火墙过滤连接到监控中心.

3) 监控通讯中心主要负责处理 GPRS数据包和 SMS通讯数据包,并向数据库服务器进行数据的写入操作,同时它还向各个子系统(GIS监控中心、业务处理中心、信息管理中心)进行 SOCK广播通讯.各子系统根据包头进行各自业务处理.

3 系统功能需求

系统主要由 3 个模块组成:监控通讯中心即 GSM(SMS短信息处理)和 GPRS多线程的控制处理中心、信息管理中心和 GIS环境监测信息管理 3 大模块.3 个模块其逻辑结构彼此独立,通过网络 SOCK信息包分发处理进行相互的协同工作.

3.1 监控通讯中心

监控通讯中心主要负责处理由监控设备终端发起的短信息数据或 GPRS数据包经过 GSM或 GPRS的空中无线传输到相应的移动网关,网关通过 DDN E1、ISDN的有线连接,把数据包传输到监控通讯中心.监控中心对接收的数据包(包括协议数据和远程设备采集的环境监测参数)进行解析处理.监控通讯中心采用多线程程序设计技术,实时接收并解析数据包信息,然后向数据库服务器写入所接收的信息,并且根据包头信息再向内部网络的其他处理程序转发.

3.2 信息管理中心

信息管理中心功能主要包括:

1) 设备终端信息的数据录入、修改.设备信息包括设备型号、SM卡号短信息中心、特服号(基于 SMS通讯传输)、Logon DSC Password(登录数据业务中心密码)、DTU Communication Port端口号、Mobile Service Center(MSC) Service Code(基于 GPRS通讯).

2) 用户管理.包括增加、删除、修改各级用户,根据业务逻辑划分不同权限的用户角色,因此不同权限的用户拥有不同的数据视图和操作.

3) 环保机构信息管理.包括各环保机构下属监理大队的一些自然情况.

4) 企业信息管理.主要反映各企业所隶属环保监理大队、企业规模、设备安装情况和主要污染物类别等.

5) 污染物管理.管理污染物的名称、分类、等级和告警阈值等.

3.3 GIS环境监测信息管理

基于 GIS的环境监测是该系统的核心,它建立在商用数据库 Oracle9 基础之上,采用 MapX组件技术进行集成二次开发.系统通过 GIS可视化技术显示远程监控设备的数据采集传输情况,当污染指数超标时系统会发出告警信息,并在地图上高亮显示.此外系统还结合 GIS空间分析,分析监控点污染源所影响的区域,为政府的宏观决策提供科学的手段.主要功能包括:

1) 地图存储

地图采用 Oracle9 对象—关系模型(object relational model)进行地理数据存储管理,客户端采用 MapX5.0 进行数据访问和分析请求,因此系统满足了海量数据的管理及多用户的数据共享和实时并发处理.

2) 地图操作与编辑

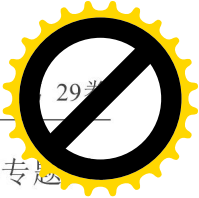
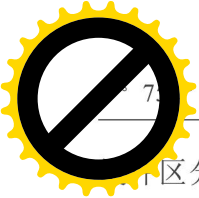
地图实现无级缩放、漫游和复位等操作,并可通过鹰眼定位,实现图上距离量测,以确定污染源影响半径的可视操作.地图编辑主要实现在地图上对设备点或其他地理要素进行编辑操作,空间和属性数据集成一体保存在 Oracle数据库中.

3) 数据查询

点击地图图层上的点、线、面各要素可弹出其属性信息表,同时根据属性信息也可以直接快速定位地理实体.鼠标拾取的设备点可以直接显示关键信息如 SM卡号、监测点报警阈值,监测污染物种类.系统提供多种交互选择方法,矩形区域、多边形区域、圆选择等方式.对于点:以点为中心的圆形区域;对于线:以线性要素为中轴的矩形区域或包括以两端结点为圆心的半圆在内的胶囊型区域;对于面:与其边界等距离的外环区域.

4) 空间分析

空间分析是环境监测信息管理的关键.空间分析主要是选取合适的扩散模型,如点、线、面源和多源扩散模式,确立污染源所影响的污染区域.其实现过程是(以气体污染源为例):按高斯扩散模型^[9]计算环境监测点周边区域的污染气体浓度,根据给定污染指数阈值确定污染区域,最后通过 GIS叠置分析,将已确定的污染区域与多要素地图叠加,利用空间分析的包含算子提取所受污染的居民区、行政单位等可视化信息.图 2 表示一个发电厂按高斯扩散模型得到的污染区域.这种结合污染扩散模型的地理空间分析较 GIS传统的简单给定半径参数得到的



区分析更有实际的应用价值.

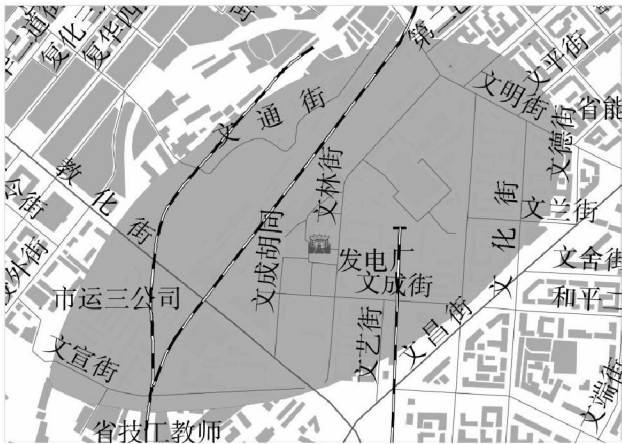


图 2 污染源空间分析
Fig 2 Spatial analysis of pollution sources

5 预测与决策分析

根据历史环境监测数据,利用回归分析预测法、指数平滑预测法、灰色预测法^[10]和神经网络等方法可以预测出一个区域的环境质量趋势并结合 GIS 的可视化技术在地图上展示预测结果.此外针对突发的污染事件,利用 GIS 可以准确显示事故发生地及其污染源扩散所影响的区域,可以进行决策指挥.如根据 GIS 提供的最优路径进行人员的撤离和救援队伍快速到达事故现场.

6 数据统计与输出

可统计各行政区划监控设备的数量,以及日报、周报、月报、季报、年报的监测数据统计,结果均可在

地理地图上显示,并能生成饼图、直方图等专题.污染程度以点状符号或污染区域填充色彩按级别分类显示.输出内容包括污染源、重点监控区和设备分布等各专题图层的输出、查询及统计结果的图层和电子表格输出.

4 系统软件的实现

系统在总体设计上充分体现了 GIS 无线通讯传输和环境监测 3 大模块的无缝集成.开发语言选用 Visual Studio 2005 VC NET 综合运用 MFC 与公共语言运行库 (CLR) 进行快速开发,数据库采用 Oracle 9i 进行属性数据与空间数据的一体化存取,利用 MapX 组件实现地图的可视化展示和空间地理分析.

4.1 软件体系结构

系统软件实现的关键技术在于以下 2 方面:

1) 无线通讯数据的实时传输及通讯中心对数据包的解码.实时通讯要求系统具备在通讯链路断开的情况下能够自动发起登录 SMS 或 GPRS 的消息机制.

2) 各个模块间协同工作.为此,采用了基于 TCP/IP 通讯协议并结合包头来自动确定消息的流向,以此完成数据包向各个业务模块的自动分发.

系统软件包括通讯处理、监测数据实时动态可视化、GIS 空间分析.其软件结构如图 3 所示.

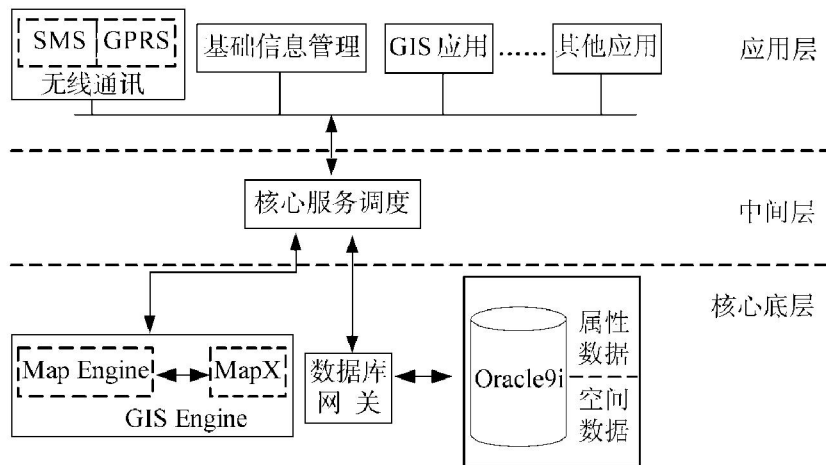
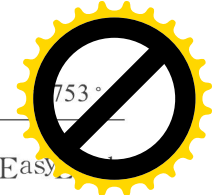


图 3 软件结构
Fig 3 Software structure

软件分为 3 层,即核心底层、中间层和应用层,为保证整个系统的协同工作,每层间通过 TCP/IP 协议进行数据包的分发.

1) 核心层中基于 MapX 的 GIS 引擎负责响应地

图的显示和空间分析的客服请求.由于数据库采用 Oracle 9i 面向对象的关系型数据库,它既包含关系型的属性数据又包含空间地理数据,其访问机制比较复杂.因此,系统对数据库的存取进行了封装,所



对数据库的访问都由数据库网关进行处理,而不直接对数据库进行访问,只有数据库网关才直接面对底层数据库。

2)中间层是核心服务调度,它根据应用层数据包的包头标志,自动进行数据包的分发。例如,当应用层或底层GIS Engine请求数据库操作的时候,请求方发送消息至核心服务调度,核心服务识别出数据库请求,则提交请求给数据库网关,网关操纵数据库,把处理结果返回给核心服务调度,核心服务调度再把数据包传递给原始请求方。

3)应用层包括了无线通讯(SMS和GPRS)、基础信息管理、GIS应用以及其他应用模块。应用层只是逻辑业务的处理,无需知道Oracle空间数据库和属性数据库的操纵技术细节,只需向核心服务调度发送任务请求,核心服务处理GIS请求或数据库请求。

4.2 通讯处理软件的实现

通讯处理包括SMS GPRS以及软件体系结构三层间的TCP/IP通讯,对于体系结构中的消息传递较为简单,可直接通过Socket完成,而SMS和GPRS则为复杂。在此主要介绍基于无线通讯的软件实现。SMS GPRS无线通讯处理重点解决网络的断点续连及协议的实时通讯过程。因此,必须采用多线程来实现,其核心线程如下:

1) void Thread_Connect(LPVOID Param)

根据远程网关的IP和端口,进行TCP/IP协议物理层的链接。

2) void Thread_TCPSendAuth(LPVOID Param)

物理层链接成功后,进行用户名和密码认证绑定,需要MD5加密。

3) void Thread_SendAlive(LPVOID Param)

为保证链路的链接需每隔约定时间发送链路测试包,当检测到链路失败,则启动1)和2),从而实现链路链接的无人值守。

4) void Thread_MsgNotify(LPVOID Param)

接收消息线程,其中核心的是Deliver消息,Deliver数据包包含包头和数据体2部分,其中数据体结构中的MsgContent域即为监测数据。

4.3 GIS引擎

在该系统中,集成GIS的目的是为了让实时的监测数据在地图上可视表达,并结合GIS的空间分析功能来分析污染源的影响辐射半径。其关键步骤如下:

1)地图数据装载

数据层主要包括监控设备、居民区、道路、水系

和工矿区等其他地物层,通过MapInfo的EasyLoader工具把MapInfo地图数据上传到Oracle数据库服务器,至此地图的空间数据和属性数据就一体化存储了。

2)登录Oracle空间数据库服务器

由于MapX在此系统中使用的是Oracle数据库,它有别于直接加载Tab文件,需要用到CMapXLayerInfo类,如:

①类实例化CMapXLayerInfo layerInfoObject

```
layerInfoObject CreateDispatch(layerInfoObject  
GetCsid());
```

```
②指定数据层来自于数据库 layerInfoObject  
SetType(mLayerInfoTypeServer);
```

③调用AddParameter方法进行数据库连接串、数据库表等参数设置。

```
④MapX控件附加此图层并显示 m_ctrlMapX  
GetLayers(). Add(layerInfoObject 1);
```

3)空间分析

空间分析主要涉及Oracle的下列空间算子:

①空间对象相交性判断:SDO_FILTER SDO_RELATE

②指定对象在一定范围内搜索:SDO_WITHIN_DISTANCE

③缓冲区分析:SDO_BUFFER

④相邻性检索:SDO_NN

运用SDO_BUFFER建立污染源的影响缓冲区,再通过SDO_WITHIN_DISTANCE或SDO_NN算子,即可搜索出哪些区域处于污染区,从而得到可视化的分析结果。

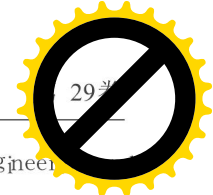
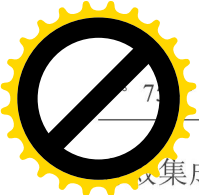
5 结 论

基于GIS SMS/GPRS的环保监测系统通过无缝集成GIS和无线通讯技术,对环境状况进行有效的监测。

1)SMS和GPRS无线通讯技术解决了远程环保监控设备采集数据实时传输的通讯问题,通过多线程的程序设计方法实现了通讯链路的自动检测和主动重连,从而保证了通讯链路的无人值守。

2)系统基于对象关系型数据库Oracle实现了GIS属性和空间数据的一体化存储,利用GIS技术对采集数据进行可视化展示,借助GIS的空间分析功能来完成污染源扩散及影响覆盖区域的可视分析。

3)系统通讯构建于TCP/IP协议,通过核心服务调度模块来处理各个模块的消息,利用包头进行自动分发,从而实现整个系统多模块的协同工作,并



集成了 GIS与 SMS/GPRS通讯技术.

参考文献:

- [1] 王 博. 基于公共电话网络的分布式环境监测系统 [J]. 计算机工程, 2004, 30 (12): 155-157.
WANG Bo. Distributed environment monitoring system based on Public telephone network [J]. Computer Engineering 2004, 30 (12): 155-157.
- [2] 张东来, 田 禹, 常 春, 等. 基于单芯片的 GPRS远程在线环境监测 SCADA系统研究 [J]. 仪器仪表学报, 2004, 25 (4): 291-293.
ZHANG Donglai, TIAN Yu, CHANG Chun, et al. Remote online environmental monitoring system using single chip TCP/IP Protocol stack based on GPRS [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument 2004, 25 (4): 291-293.
- [3] 余青山, 苏宏业, 董利达. 基于 CDMA /GPRS/RADID技术的无线环境监控终端设计 [J]. 仪器仪表学报, 2006, 33 (3): 39-43.
SHE Qingshan, SU Hongye, DONG Lida. Design of wireless environment monitoring terminal based on CDMA/GPRS/RADID [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument 2006, 33 (3): 39-43.
- [4] 杨 光, 张子凡, 王瑞慧, 等. 基于 GPRS的 APN网络通讯技术在环境监控系统中的应用 [J]. 环境监测管理与技术, 2006, 18 (2): 8-10.
YANG Guang, ZHANG Zifan, WANG Ruihui, et al. Application of APN network communications technology in environmental monitoring based on the GPRS [J]. The Administration and Technique of Environmental Monitoring 2006, 18 (2): 8-10.
- [5] 赵 亮, 黎 峰. GPRS无线网络在远程数据采集中的应用 [J]. 计算机工程与设计, 2005, 26 (9): 2552-2554.
ZHAO Liang, LI Feng. Application of GPRS wireless network in remote data acquisition [J]. Computer Engineering and Design 2005, 26 (9): 2552-2554.
- [6] 虞 洋, 姜世玲, 陈英祥, 等. 基于 GPRS开发的远程环保监控系统 [J]. 工业控制计算机, 2005, 18 (4): 14-15.
YU Yang, JIANG Shiling, CHEN Yingxiang, et al. Development of remote environmental monitoring system based on GPRS [J]. Industrial Control Computer 2005, 18 (4): 14-15.
- [7] TSOU M H. Integrated mobile GIS and wireless internet map servers for environmental monitoring and management [J]. Cartography and Geographic Information Science 2004, 31 (3): 153-165.
- [8] 曾文华, 崔 侠, 廖圣东. 基于“3 S”技术的环境保护综合信息平台设计 [J]. 重庆工商大学学报 (自然科学版), 2007, 24 (1): 34-36.
ZENG Wenhua, CUI Xia, LIAO Shendong. Design of comprehensive information platform of environment protection based on “3 S” technology [J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition), 2007, 24 (1): 34-36.
- [9] 唐 卫, 闫国年. 基于 WebGIS的环境质量评价管理系统 [J]. 计算机工程, 2004, 30 (17): 190-192.
TANG Wei, YAN Guonian. Environmental quality assessing management system based on WebGIS [J]. Computer Engineering 2004, 30 (17): 190-192.
- [10] 朱 悦, 郑洪波, 张树深, 等. 基于 GM(1, 1)模型的空气质量变化趋势预测及分析 [J]. 辽宁工程技术大学学报, 2005, 25 (增刊): 295-297.
ZHU Yue, ZHENG Hongbo, ZHANG Shushen, et al. Prediction and analysis of trend of air quality based on GM(1, 1) model [J]. Journal of Liaoning Technical University 2005, 25 (S): 295-297.

[责任编辑:陈 峰]