

开放式地质灾害实时监测及发布系统研究

李 锋

(北京航空航天大学机械工程及自动化学院, 北京 100083)

摘要:采用嵌入式技术构建智能无人值守地质灾害监测终端, 提供了开放的多灾种地质灾害数据集成接口。监测终端通过无线通信的方式组成分布式网络并将监测数据传输到监测中心, 对地质灾害进行实时监测。监测中心将实时地质灾害数据和地质灾害预报预测结果通过 Web GIS 以 B/S 结构在因特网在线发布, 提供了开放、分布式的地质灾害远程发布。

关键词: 地质灾害; 实时监测; 嵌入式系统; Web GIS 系统; B/S 结构

Research on Open Real-time Monitor and Issue System of Geologic Disasters

LI Feng

(School of Mechanical Engineering and Automation, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083)

【Abstract】To provide open multi-disaster geo-disaster data interface, intelligent unattended geo-disasters monitor terminals based on the embedded technology is constructed. For real-time monitoring geo-disasters, these monitor terminals can make up distributed network through wireless communication, and send the monitor data to monitor center. The geo-disaster forecast result is issued to the Internet through Web GIS by B/S structure, and offers open distributed remote issue of geo-disasters.

【Key words】 geologic disasters; real-time monitor; embedded system; Web GIS system; B/S structure

1 概述

我国是世界上地质灾害较为严重的国家之一, 地质灾害的种类多、危害大、分布面积广、治理难度大。特别是近年来, 随着经济的快速增长和大型基础设施建设, 地质灾害的危害呈逐年递增的态势。地质灾害监测是地质灾害防治的重要环节, 加强对地质灾害的监测和预报对于减轻人员伤亡和经济财产损失具有重要的意义^[1]。

国家地震局、国家气象局早在上个世纪就建立了覆盖全国的专业监测台网, 开展地震和气象预报, 但到目前为止全国性的地质灾害监测网还没有建成。其中存在的问题主要有: 1)多灾种地质灾害监测仪器多种多样, 硬件接口多样化, 监测数据格式不统一, 开放性差, 数字化监测仪器难以集成。2)地质灾害监测涉及到的监测点多面广, 且监测点大多位于地势险要的危险地带, 不适合人工监测, 数据传输也较为困难。3)对于突发性地质灾害, 还要求全天候连续监测, 监测数据要求实时传输和发布, 对监测设备的稳定性和安全标准要求较高。

构建具有自动传输和发布功能的开放式地质灾害实时监测及发布系统对于提高地质灾害监测的精度和密度, 以及全国性地质灾害监测台网的建设具有重要的意义。基于以上背景, 本文提出了一种开放式地质灾害监测及发布系统方案。该方案在地质灾害监测的数据采集集成、远程数据传输和信息发布等环节都具有开放性的特点, 可以方便快捷地构成地质灾害监测的分布式站点。

2 监测及发布系统整体结构

在一些发达国家如美国、日本等, 已建立了较为完善的地质灾害安全管理系统和风险管理系统, 将地质灾害防治与

土地资源合理利用、城镇建设有机地协调起来, 同时从经济效益的角度进行地质灾害风险评估。将地质灾害基本数据和图件上网公布, 实现真正意义上的资源共享^[2]。相比较而言, 我国的地质灾害监测水平还十分落后, 全国大部分地区的地质灾害监测还是采取人工测量和抄报监测数据的方式, 只在典型地区如三峡库区和四川雅安地区建立了专业的崩滑监测网^[3-4]。

随着计算机技术和通信技术的发展, 低功耗、高智能、接口丰富的嵌入式测控已经成为可能, 高可靠的远程通信和网络通信也不是系统集成的障碍, 功能丰富、二次开发方便的地理信息系统软件为地质灾害的发布和多种信息的融合提供了统一的软件平台。

地质灾害监测及发布系统按功能可以分为智能无人值守监测终端和监控中心 2 个层面, 监控中心根据其对于地质灾害信息监控的范围和级别, 又可分为现场监控中心、区域监控中心、大区监控中心和全国监控中心。

现场监控中心接收监测终端的数据, 将多灾种监测数据融合到 Web GIS 系统中, 并结合地质灾害专家库, 将生成的报警或综合预报信息以 B/S 结构发布到因特网上。区域监控中心负责本区域现场监控中心的信息收集和实时配置, 并根据本区域现场监控中心的地质灾害数据, 预测和发布本区域的地质灾害信息。大区监控中心和全国监控中心与区域监控中心功能类似, 只是其监控范围大、监控级别高。整个系统的体系结构如图 1 所示。

作者简介: 李 锋(1976 -), 男, 博士研究生, 主研方向: 实时系统, 嵌入式机电控制, 测控网络

收稿日期: 2007-10-20 **E-mail:** lifeng@me.buaa.edu.cn

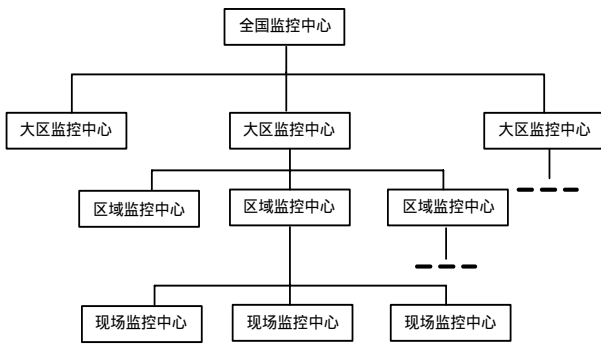


图1 地质灾害监测及发布系统体系结构

智能无人值守监测终端分布在地质灾害监测地区的各个监测点，监测终端提供了多种接口，只要符合一定标准的监测仪器都可以无缝地接入监控系统。智能监测终端自主或根据遥控命令实时采集各个监测仪器的数据，并通过远程无线通信的方法传送到现场监控中心。现场监控中心及监测终端体系结构如图2所示。

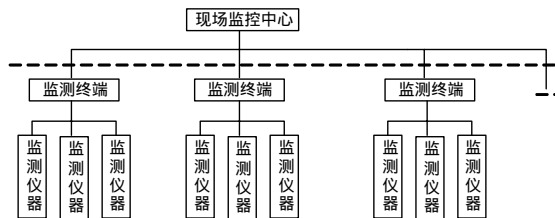


图2 现场监控中心体系结构

3 智能无人值守监测终端

构建监测终端最常见的快捷方式就是采用工业控制计算机(如PC104等)作为主控端，然后通过板卡来扩展各种接口，完成数据采集、存储和远程通信的功能。这种方案的主要问题是设备体积大、功耗高，不适合野外供电环境，板卡扩展能力有限，系统造价昂贵。随着嵌入式技术的发展，低功耗、高可靠性、可移植性好的智能测控已经成为可能，本文提出了一个采用32位嵌入式CPU和嵌入式Linux构建开放式监测终端的方案，框图如图3所示。

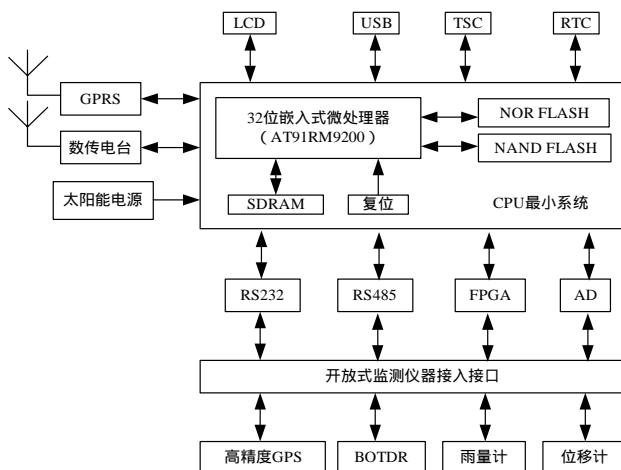


图3 监测终端整体结构

监测终端硬件由CPU最小系统和外围设备构成。最小系统由复位、CPU、NOR flash、NAND flash、SDRAM等组成。最小系统的CPU采用Atmel公司的工业级ARM芯片AT91RM9200，在CPU外围扩展了4 MB NOR flash存储Linux内核和文件系统；扩展了128 MB NAND flash存储历史监测

数据。AT91RM9200是一款功能强大的ARM920内核CPU，其主频最高可以达到200 MHz，在其内部集成了丰富的接口功能控制器，只要在外扩展接口的物理或电气电路，就可以完成各种接口的扩展。

我国的地质灾害主要包括滑坡、崩塌、泥石流等类型，当前的地质灾害监测主要是针对这3种突发性地质灾害进行的。地质灾害监测的主要方法包括变形、物理与化学场、地下水和诱发因素，由这几种方法又可以派生出数十种监测仪器仪表^[5]。地质灾害诱发因素的复杂性导致了监测仪器的多样性，监测仪器包括了从最简单的雨量计、伸缩位移计到钻孔倾斜仪、高精度GPS、BOTDR等。监测仪器虽然多种多样，但从其硬件接口角度来分析，主要有开关量、模拟量、数字脉冲量以及串行接口、USB等几种。监测终端提供5个串行口，通过跳线可选择RS232或者RS485电平。通过扩展在系统可编程FPGA，监测终端可完成32路数字开关量和16路数字脉冲量的接入。监测终端还扩展了16路高精度A/D，采样精度达到了20 bit，实现了模拟量监测仪器的接入。监测终端提供了丰富的接口，完全可以满足分布式监测系统中单个监测点的需求，实现了多种监测仪器的开放式接入。

监测终端扩展了带后备电池的实时时钟，在系统掉电的情况下也可以正常计时。监测终端提供了GPRS和数传电台两种远程通信方案，可以根据监测需要灵活配置。远程通信在平时处于待机监听状态，监听监控中心的配置或唤醒命令，只是在监控中心配置的时间间隔到达时才发送监测数据。监测终端平时处于睡眠状态，由监控中心的配置命令或者实时时钟唤醒，监测终端被唤醒后，采集监测仪器的实时数据，并将数据以时间相关的统一格式存储到NAND flash里。整个监测终端平时都处于待机或睡眠状态，最大限度地降低了系统功耗，因而可以采用带后备蓄电池的太阳能供电系统来供电，适应野外工作环境的要求。

监测终端配置了TFT LCD和触摸屏，软件在嵌入式Linux平台上移植了miniGUI图形接口引擎软件，提供了良好的人机交互界面。通过LCD和触摸屏，操作者可以方便地查看当日、当月或当年的监测数据，并能直观分析其趋势。系统还扩展了一个USB host接口，软件移植了FAT32文件系统和USB接口驱动，在2种远程通信都无效的情况下，还可以通过USB接口将监测终端存储在NAND flash里的数据导入到U盘里，保证了数据的安全和监测的连续性、完整性。

监测终端的软硬件都具有很强的可移植性，最小系统的flash和内存的大小、所有的外围设备和接口都可以根据监测仪器的种类和监测等级灵活配置，很方便地构成分布式系统。

4 监控中心地质灾害实时发布

传统的地质灾害发布和预报是采用人工填写各种图表和小册子的方式，这种落后的发布方式不仅不能直观地给出地质灾害的实时发生情况，也不能形象地显示出地质灾害发展的预测趋势。随着地理信息系统(GIS)的发展，特别是Web GIS技术的发展，给地质灾害的信息发布提供了一个分布式和开放的统一平台。Web GIS系统是一个建立在Internet/Intranet之上的采用开放式结构、具有统一标准和广泛适应性的网络应用系统^[6]。本文给出了一个地图空间信息和地质灾害时间属性信息有机结合起来的网络化地质灾害实时发布系统。发布系统采用Microsoft SQL Server作为数据服务器，提供地质灾害实时数据的查询、存储和历史气象、水文数据；采用Arc IMS作为地图服务器，生成客户端浏览需要的地图；采用HTML

脚本语言编写用户界面，采用Microsoft Internet Information Server构建Web服务。系统框图见图 4。由于系统采用了B/S结构，在客户端只需要普通的WWW浏览器就可以通过网络与系统交互，获取实时、形象的发布信息。

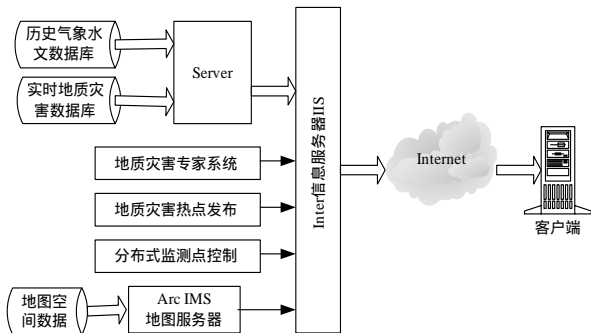


图 4 现场监控中心体系结构

监控中心根据地质灾害发展的不同阶段实时配置监测终端，在地质灾害的稳定期，监测终端的监测周期可以适当放长，在地质灾害的突发前兆期，要缩短监测的周期，监控中心也可以随时唤醒监测终端，获得实时的监测数据。

监控中心根据实时采集的多灾种地质灾害数据，结合历史气象、水文数据，根据地质灾害专家系统，做出地质灾害的预测预报，并通过生成形象的趋势图、形势图等二维、三维地理信息图表，完成地质灾害信息的发布。对于短时间大量降水和大幅度位移等突发地质灾害事件，还要给出直观和及时的报警。

整个发布系统都是基于网络的分布式系统，由于采用了

开放的体系结构，因此系统所有的模块如数据库、专家系统、地图服务可以位于本地的局域网环境，也可以位于网络的不同地方。

5 结束语

该系统在地质灾害实时监测方面，可以无缝连接多种地质灾害监测仪器，对多灾种地质灾害信息进行实时采集和传输；在远程信息传输和组网方面，采用了多种物理连接模式和灵活的网络拓扑结构；在地质灾害信息发布方面，采用了基于B/S结构的WebGIS方案，可以方便地挂接各种专家系统和完成多种地质信息融合。整个系统都具有开放性的特点，可以方便快捷地构成地质灾害监测的分布式站点，为构建全国性的地质灾害监测台网提供了一种可行的系统方案。

参考文献

- [1] 肖和平, 潘芳喜. 地质灾害与防御[M]. 北京: 地震出版社, 2000.
- [2] 刘传正. 中国地质灾害监测预警站网建设构想[J]. 地质通报, 2002, 21(12): 869-875.
- [3] 董颖, 朱晓冬, 李媛, 等. 我国地质灾害监测技术方法[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2002, 13(1): 105-107.
- [4] 欧阳祖熙, 王明全, 张宗润, 等. 用GPS技术研究三峡工程万州库区滑坡的稳定性[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2003, 14(2): 76-81.
- [5] 韩子夜, 薛星桥. 地质灾害监测技术现状与发展趋势[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2005, 16(3): 138-141.
- [6] 刘南, 刘仁义. Web GIS 原理及其应用——主要 Web GIS 平台开发实例[M]. 北京: 科学出版社, 2002.

(上接第 227 页)

表 2 去除 2 个影响因素后的方差贡献

影响因素	方差贡献 Q_j	F 值
各种因素有	-	-
去除 $X_1 X_3$	239.089 0	5.201 9
去除 $X_2 X_3$	411.263 0	5.952 9
去除 $X_3 X_4$	375.396 0	5.720 6
去除 $X_3 X_6$	158.006 9	4.086 1
去除 $X_3 X_7$	388.207 1	5.903 2

由表 2 可以看出，同时去除 X_3 和 X_6 这 2 个变量对负荷的贡献较小，在预测时这 2 个变量可以去除，其余变量在去除时对负荷的贡献都较大，在预测时不宜去除。

通过分析输入变量的方差贡献大小，选择变量 X_5 为必选变量，去除 X_3 和 X_6 ，组合成 5 个变量作为 BP 网络的输入变量进行预测，并且把预测结果与各种因素都被选择作为输入变量时的预测结果作了比较，2001 年负荷预测结果和误差如表 3 所示，2002 年负荷预测结果和误差如表 4 所示。由表 3 和表 4 可以看出：选择 X_1, X_2, X_4, X_5, X_7 作为神经网络预测模型的输入变量时所得到的误差最小。说明通过方差贡献法对输入变量进行优化选择后，简化了预测模型，改善了预测精度，合理选择输入变量是提高预测精度的有效方法。

表 3 2001 年的预测结果和误差比较

输入变量	实际值/(kW)	预测值/(kW)	误差/(%)
$X_1 X_2 X_4 X_5 X_6$	321.54	316.4036	-1.59
$X_1 X_2 X_4 X_5 X_7$	321.54	318.5002	-0.94
$X_1 X_2 X_3 X_6 X_7$	321.54	313.2705	-2.57
$X_1 X_4 X_5 X_6 X_7$	321.54	316.9722	-1.42
$X_2 X_4 X_5 X_6 X_7$	321.54	316.2954	-1.63
各种因素有	321.54	316.7826	-1.48

表 4 2002 年的预测结果和误差比较

输入变量	实际值/(kW)	预测值/(kW)	误差/(%)
$X_1 X_2 X_4 X_5 X_6$	355.97	335.4620	-5.76
$X_1 X_2 X_4 X_5 X_7$	355.97	343.5217	-3.49
$X_1 X_2 X_3 X_6 X_7$	355.97	336.0523	-5.59
$X_1 X_4 X_5 X_6 X_7$	355.97	338.2491	-4.97
$X_2 X_4 X_5 X_6 X_7$	355.97	341.0031	-4.48
各种因素有	355.97	335.5829	-5.73

5 结束语

本文提出用 BP 神经网络模型进行中长期负荷预测，算例表明方差贡献法可以直观地看出各个相关因素对负荷的影响程度，证明采用该方法对预测模型的输入变量进行选择是可行的。对影响负荷的相关因素优化选择后能够简化预测模型，有效提高负荷预测的精度。

参考文献

- [1] 牛东晓, 曹树华, 赵磊, 等. 电力负荷预测技术及其应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [2] 顾洁, 申刚, 徐光虎. 改进的电力系统中长期负荷预测方法研究[J]. 电力自动化设备, 2002, 22(6): 1-4.
- [3] 闰承山, 刘永奇. 神经网络在华北电网负荷预测中的应用[J]. 电网技术, 1998, 22(7): 5-9.
- [4] 周中明, 李建平, 张鑫, 等. ANN 在电力系统中长期负荷预测中的应用[J]. 电力系统及其自动化学报, 2003, 15(2): 36-39.
- [5] 褚维盘, 赵高长. 概率论与数理统计[M]. 西安: 世界图书出版公司, 1995.
- [6] 吴传志, 杨秀文, 林琼, 等. 应用概率统计[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2003.