

文章编号:1672-058X(2014)12-0072-04

基于 WSN 的库区滑坡实时监测预警系统方案研究*

李 明¹, 王德军¹, 胡 颖²

(1.长江重庆航道局,重庆 401147;2.重庆大学 自动化学院,重庆 400044)

摘 要:近年来,三峡库区滑坡等地质灾害频繁发生,由于缺乏低成本、大范围、易构建的实时监测预警系统,因此难以向相关部门提供全方位、全天候监测预警;针对上述问题,重点开展基于无线传感器网络的滑坡监测预警关键技术和体系结构研究,提出以无线传感器网络技术为基础,构建滑坡监测区域无线传感器监测网络的设计方案,并结合 GPRS 通信技术,实现对监测区域的远程实时监测和预警预报。

关键词:三峡库区;滑坡;无线传感器网络;监测预警

中图分类号:P642

文献标志码:A

三峡库区由于特殊的地形、地貌,加上雨量充沛且多暴雨气候,历来是我国滑坡灾害的频发区和重灾区^[1]。根据重庆国土部门公布的相关信息并经重庆片区地质灾害水上现场指挥部(长航)现场核查,目前,长江干线重庆段危及长江航道安全的滑坡地带共有 25 处,其中,处于匀速发展阶段 1 处,蠕动阶段 24 处。长江重庆航道局辖区受到地质灾害影响的站点设施有房屋 6 处、航道码头 4 处、岸标 25 座(其中塔标 17 座、杆标 8 座)、航行水尺 1 处。一旦发生滑坡和崩塌等地质灾害,将严重威胁长江航道的畅通和船舶的通行安全。因此,对滑坡进行有效的监测、预警预报是治理滑坡灾害的必要前提,也是防灾减灾的重要基础。

目前,库区滑坡监测主要是以基层航道班组为监测点,对影响库区航道安全的地质灾害点进行观测,每天早晚两次定时汇报观测情况。采用上述方式,观测人员仅能凭借山体表面特征(塌陷、裂缝等)进行粗略判断,无法掌控山体内部情况,不能有效为应急预案制定和紧急避险提供必要依据和充足时间;且观测人员的业务能力、经验、心理状态等主观因素对监测结果影响过大;此外,由于监测过程不连续,难以及时,甚至无法捕捉到山体滑坡临近失稳前的最宝贵信息。通过开展基于无线传感器网络的滑坡监测预警关键技术和体系结构研究,提出以无线传感器网络技术为基础,构建滑坡监测区域的无线传感器监测网络,并结合 GPRS 通信技术,实现对监测区域的远程实时监测和预警预报。

1 无线传感器监测网络

无线传感器网络(wireless sensor network)简称 WSN,是由大量价格低廉,具有自身处理能力与无线通信能力的小型传感器节点组成的一种无中心节点的全分布网络应用系统。传感器节点监测的数据沿着其他传感器节点逐跳地进行传输,在传输过程中监测数据可能被多个节点处理,经过多跳后路由到汇聚节点,最后通过互联网或卫星到达管理节点^[2]。用户利用管理节点完成对无线传感器网络的配置、监测任务发布以及监测数据收集等工作。WSN 具有低功耗、自组织路由、无需布线等特性,特别适应于环境恶劣,布线及电源供给困难,需要长时间、大范围、多通道的数据测量任务系统。

收稿日期:2014-03-04;修回日期:2014-04-10。

作者简介:李明(1981-),男,安徽安庆人,工程师,从事航道信息化相关研究。

2 基于无线传感器监测网络的滑坡实时监测预警系统

针对上述特点,论文提出设计一种基于 WSN 的低成本、易安装维护的滑坡实时监测预警系统,实现对库区滑坡的动态实时监测预警,以克服以往“群测群防”监测数据传输效率低,数据分析和利用效率低,数据管理困难等缺点,监测人员无需到达滑坡监测区域就可以远程实时获得详实、可靠的监测数据,用以了解滑坡山体的实时运动情况,并通过数据分析,归纳总结滑坡山体的形变情况与规律,为滑坡防治提供科学依据,有效预防滑坡的发生.

2.1 系统总体设计

本系统主要由无线传感器监测网络(信息获取和传输端)和远程监控中心(信息处理端)两部分组成.系统为了获得监测区域更多实时有效的数据信息,在监测区域布设了大量的传感器节点.其中,由于监测区域山体的运动是滑坡发生最直接的标志^[3],因此,通过放置大量的加速度传感器节点和位移传感器节点实时采集山体的加速度值和位移值;由于水下侵蚀是诱发山体滑坡产生的主要因素,地下水位值是监测山体滑坡危险度的重要指标,因此,通过对监测区域山体打孔,并在孔洞底端布设液位深度传感器节点实时采集液位值;由于温湿度是影响山体滑坡的重要因素^[4],因此,通过布设温湿度传感器节点实时采集监测区域范围内的温湿度值;由于山体结构大多呈现多层岩石或多层土壤特征,且不同层次的土壤或岩石间由于物理构成和侵蚀程度不同,运动的速度也各有差异^[5],因此,通过在不同深度布设倾角传感器实时测量倾角数据.系统将各传感器节点的测量值汇聚到汇聚节点,再通过 GPRS 通信模块发送到远程监控中心,远程监控中心对接收到的信息进行分析、处理和存储等操作,从而实现监测数据的图形可视化和预警预报等功能.

2.2 无线传感器网络构建关键技术研究

无线传感器监测网络(信息获取和传输端)由传感器节点、路由节点和汇聚节点 3 部分组成^[6].其中,传感器节点的主要功能是采集和发送传感器信息;路由节点主要负责完成路由的建立、维护和数据信息的转发;汇聚节点主要负责完成传输网络的构建、管理、维护和数据的远程传输.为了提高网络的可靠性和实时性,传感器节点也兼有路由节点的功能.

本系统的网络是以洪泛方式为基础,通过与簇结构的结合,构建无线信息传输分层网络和路由.网络构建具体流程如下:首先,协调器面向全网发送信标帧(包含自身地址和帧编号等信息),路由节点接收到信标帧后,自动将自身地址添加到信标帧的地址列表中,形成新的地址列表,并以该列表为基础,建立新的路由表;同时,为了避免同一帧的多次发送,路由节点将记录其中帧的编号,并转发修改后的信标帧.传感器节点接收到路由转发的信标帧后,选择其中信号最强的节点,并回发端节点确认帧,使路由节点确认自身终端路由节点,并开始建立簇网络.终端路由节点建立簇网络流程如下:首先以自身为簇头节点,发送建簇网络的信标帧,传感器节点接收到该信标帧后,选择信号最强的簇头节点,回发确认帧并加入该网络.簇头节点根据收到的确认帧,建立簇节点列表.网络传输路由构建流程如图 1 所示.

3 主要功能

(1) 信息采集.系统能够自动采集山体滑坡监测区域的监测信息(山体位移值和加速度值、温湿度值、液位值、倾角数据等),并能自动将模拟信号转化为数字信号.

(2) 节点自组网.布设节点能够自动组建传输网络,发现并建立路由,选择最佳的数据传输路径;针对新增节点和布设节点失效等问题,网络可自动识别和维护,并实时更新路由,从而能够及时应对网络拓扑结构出现的新变化,保证数据传输的可靠性.

(3) 数据传输.系统在节点自组网的基础上,利用现有的无线路由,能够实现数据的远距离多跳传输;能够针对数据的实时变化情况,自动调整数据传输的速度,以节约能量;通过选择最优的传输路径,能够有效

减少数据传输的延迟和跳数,保证了数据传输的实时性.

(4) 数据管理.远程监控中心对接收到的传感器网络数据包进行处理和分析,提取其中有用的数据信息,一方面根据数据信息绘制节点的传感器数据曲线,并显示网络的拓扑结构;另一方面,将有用信息存储到数据库中,从而实现检测数据的可视化实时显示、滑坡报警、历史数据查询等功能.

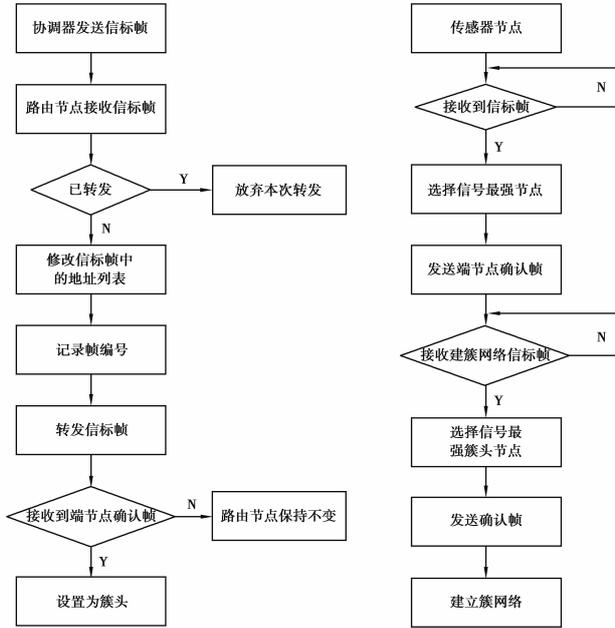


图 1 网络传输路由构建流程

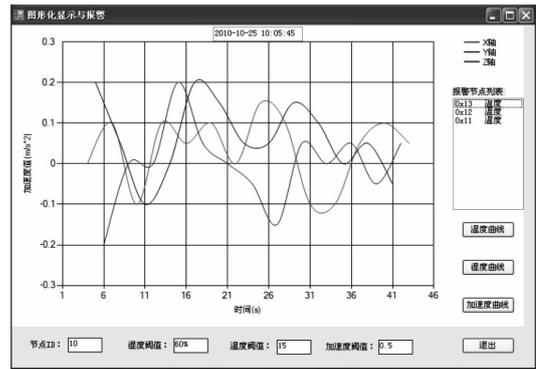


图 2 数据图形化显示与报警窗口

4 实验验证

系统采用在室内环境下搭建无线传感器监测网络,测试方案采用了 1 个 sink 节点、2 个终端节点和 2 个路由节点.其中,sink 节点的 ID 为 0x01,2 个终端节点的 ID 分别为 0x11 和 0x12,2 个路由器节点 ID 分别为 0x21 和 0x22.

将终端节点放置在室内,分别对室内环境的温度和湿度进行采集.鉴于实验条件的限制,将带有加速度传感器的传感器网络节点放置在搭建的倾斜平面上,将采集到的斜坡振动信号作为加速度值.测试中,终端节点每秒采集并发送一次数据,通过建立的节点路由和 GPRS 网络,传感器数据传输到远程监控中心,远程监控中心对接收到的数据按种类进行分类,并分别存储加速度值、温度值和湿度值到数据库的不同表格,通过数据查询窗口和图形化显示与报警窗口分别查询传感器数据.

从图 2 可以看出,该曲线为节点 0x12 的加速度值曲线,报警阈值分别设定为湿度阈值 60%,温度阈值 15 ℃,加速度阈值 0.5 m/s².由于室内温度高于 15 ℃,因此,报警节点类表中显示了超过阈值的节点 ID 及传感器值种类.实验结果表明,系统性能稳定,完全能实现数据的实时采集,可靠传输,并对可能发生的山体滑坡进行预警预报.

5 结束语

针对现有滑坡监测系统无法完全满足三峡库区滑坡监测预警需求的问题,研究并提出了适应于三峡库区地质环境的山体滑坡实时监测预警的无线传感网络系统的关键技术和体系结构,对山体滑坡监测区域地质的位移、温湿度、加速度和倾斜角等进行实时监测,为实现“事前预警”和“事发报警”奠定了重要的技术基础.其研究成果对保障库区航道和船舶通行安全,提高长江库区航道服务品质起到重要的促进作用.

参考文献:

- [1] 马占山,张强,朱蓉,等.三峡库区山地灾害基本特征及滑坡与降水关系[J].山地学报,2005,23(3):319-326
 [2] 唐启涛,陶滔.无线传感器网络综述[J].网络安全技术与应用,2008(2):80-82
 [3] 陈志波,简文彬.位移监测在边坡治理工程中的应用[J].岩土力学,2005,26(5):306-309
 [4] 张友谊,胡卸文,朱海勇.滑坡与降雨关系研究展望[J].自然灾害学报,2007,16(1):104-108
 [5] 梁山,胡颖,王可之,等.基于无线传感器网络的山体滑坡预警系统设计[J].传感技术学报,2010,23(8):1184-1188
 [6] 葛鑫,吕虹.基于 ZigBee 无线传感网络的楼宇空气检测系统研究[J].重庆工商大学学报:自然科学版,2013(7):67-72

Research on Real-time Monitoring Early-warning System Scheme for the Slope Slide in Three Gorges Reservoir Areas Based on WSN

LI Ming¹, WANG De-jun¹, HU Ying²

(1.Chongqing Waterway Bureau of the Yangtze River, Chongqing 401147, China;

2.School of Automation, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: In recent years, there are frequent geological disasters such as slope slide and so on in Three Gorges Reservoir areas, because of the shortage of real-time monitoring early-warning system with low cost, big range and easy construction, it is difficult to provide the related departments with monitoring early-warning information with all orientations in 24-hours service. According to these problems, this paper emphatically studies the key technologies for slope slide monitoring early-warning and its system structure based on wireless sensor network, provides the design scheme for constructing regional wireless sensor monitoring network for monitoring slope slide regions based on wireless sensor network technology and makes remotely real-time monitoring early-warning and forecast in the regions being monitored by combining GPRS communication technology.

Key words: Three Gorges Reservoir areas; slope slide; wireless sensor network; monitoring early-warning

责任编辑:李翠薇

(上接第 71 页)

A New Algorithm for Assignment Problems with “Tasks More Than the Number of Persons”

MA Xiao-na

(School of Mathematics and Statistics, Suzhou University, Anhui Suzhou 234000, China)

Abstract: With regard to the solution to the assignment problems with “tasks more than the number of persons”, there are many solving methods such as “adding rows with zeros”, adding rows with minimum value^[2], the whole idea of all these methods mentioned above is to solve the problems by transforming them into standard assignment problems, therefore, this paper proposes a difference method different from traditional solving methods, this method, which is simple, visual and better than traditional algorithms, does not need to use new matrix to replace original coefficient matrix at the beginning but directly solves the problems on the original coefficient matrix.

Key words: assignment problem; Hungarian algorithm; difference

责任编辑:田 静