

一种基于 Zigbee 与 GPS 山体滑坡监测系统开发

朱望纯, 庞少东

(桂林电子科技大学 电子工程与自动化学院, 广西 桂林 541004)

摘要: 针对山体滑坡监测布线难度大, 实施困难问题, 提出了一种基于无线传感器网络的山体滑坡监测设计方案; 该方案结合无线网络传感器技术, GPRS 技术以及 GPS 定位技术, 通过无线传感器网络采集山体倾角, 液位值实时数据, 以及 GPS 节点坐标信息汇总到嵌入式网关通过 GPRS 网络接入远程监控中心; 通过综合分析可以及时预测滑坡发生的具体位置, 为及时疏散居民提供宝贵的时间; 文章详细介绍了系统的软硬件设计方法, 系统通过实物搭建和实验分析验证了方案可行性; 测试表明: 系统稳定性好, 相对误差控制在 3% 以内, 可以较好地预测滑坡发生。

关键词: 无线传感器网络; 滑坡监测; GPS 定位

Development of Landslide Monitoring System Based on Zigbee and GPS

Zhu Wangchun, Pang Shaodong

(School of Electronic Engineering and Automation, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: In order to solve the Wiring is difficult and the implementation difficulties of landslides monitoring, a design scheme of landslide monitoring based on Wireless Sensor Network was proposed this paper. It combines the technology of wireless sensor networks, GPRS technology, and GPS location technology, which through wireless sensor networks collect the mountain angle, fluid level real-time data, as well as GPS coordinates information into the node embedded gateway by using GPRS access the remote monitoring center network. It can predict the location of landslide through comprehensive analysis, and for the timely evacuation of residents provided valuable time. This paper introduces the hardware and software design method of the system, the system is validated the feasibility through the physical build and experimental analysis. The testing results show that: the system has a good stability, the relative error within 3%, we can better predict landslides.

Keywords: wireless sensor network; landslide monitoring; GPS

0 引言

由于我国特殊的地理地貌, 使得我国成为山体边坡滑坡崩塌多发区, 尤其到每年秋季, 会出现大量的降水。山体往往在受到雨水侵蚀后, 发生滑坡的隐患增加, 对居民生命财产安全造成巨大的威胁。外加野外的环境条件, 使得滑坡监测实施起来非常困难, 系统维护也十分不便。针对山体滑坡监测上述困难, 本文提出了一种基于 GPS 与无线传感器网络的山体滑坡监测方案, 该方案布点灵活, 成本低, 可扩展性强, 在实际应用中具有很重要意义。

1 总体架构设计

整个监护系统主要由传感器节点, 嵌入式网关以及远程监测平台组成, 系统的架构如图 1 所示。引起滑坡发生原因中强降雨是最普遍的一种诱发因素, 雨水不断渗透到土壤中, 使得坡体的重量增加以及土壤不断软化, 同时导致地下水位升高, 不断侵蚀坡体^[1], 坡体结构一般都是由多层土壤层组成的, 不同土壤层之间的运动速度也一般不一样, 针对

上述情况, 可以选择在监测区域打孔, 在孔洞最下端来部署液位深度传感器检测地下水位情况^[2], 各层来部署倾角传感器检测各土壤层运动情况, 以及在洞口部署 GPS 模块, 传感器节点获取到各个传感器的数据后发送给协调节点, 最后所有数据汇集到嵌入式网关, 通过嵌入式网关上 GPRS 模块将所有数据发送到监测平台中心, 在监测平台中心通过 GPS 的坐标可以明显的显示出滑坡发生的分布区域, 为及时疏散人民群众提供宝贵的时间, 对于节点的布置, 可以灵活的选择 20~80 m 左右不等, 采集时间一般可以按照季节来设计, 一般在雨季可以设置为 1~3 s 发送一次, 从而保证实时监测功能。

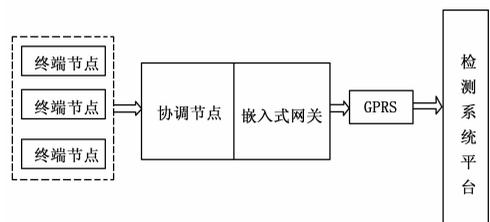


图 1 系统架构图

收稿日期:2013-04-20; 修回日期:2013-05-21。

基金项目: 广西自然科学基金资助项目(2013GXNSFAA019332); 广西壮族自治区教育厅资助项目(2013ZD024); 广西信息科学实验中心资助项目(20130323) 广西自动检测技术与仪器重点实验室基金项目(YQ14106)。

作者简介: 朱望纯(1976-), 男, 湖南衡阳人, 副教授, 主要从事虚拟仪器、无线传感器网络方向的研究。

2 系统硬件设计

2.1 倾角传感器

倾角传感器采用芬兰 TVI 公司的 SCA100T, 是一款双轴倾角传感器芯片, 最高分辨率为 0.000 8°, 包含了一个硅敏感微电容传感器和一个 ASIC 专用集成电路, ASIC 电路集成了

EEPROM 存储器、信号放大器、AD 转换器，温湿度传感器和 SPI 串口接口，组成一个完整的数字化传感器。具有弱的温度依赖性、高分辨率、低噪声，同时承受高达 20 000 g 的机械冲击力等优点。

SCA100T 与 CC2430 之间通过四线 SPI 接口 (SCK、MOSI、MISO、CSB) 相连^[3]，液位传感器采用鸿泰顺达科技公司的 BJ216 通过 I²C 与 CC2430 相连。

GPS 模块选择 ZG-P1121Q 模块，ZG-P1121Q 是一款高性能、低功耗、12 并行通道的 GPS OEM 微型模块。具有快速定位，性能稳定等特点。12 并行通道和 4 000+ 相关器提供快捷卫星接收信号并能支持短时间启动，-143 dBm 捕获灵敏度和 -155 dBm 跟踪灵敏度在复杂情况下为快速定位提供了保障。ZG-P1121Q 提供一个 3.3 V UART 串行口和两个 GPIO 口直接支持无源天线，非常适合应用到导航和 PDG 定位等领域。GPS 模块通过 UART 串行口与 CC2430 的 UART1 相连，同时要设置好相同的波特率，确保串行通信的成功^[4]。

2.2 终端节点电路设计

终端节点采用 CC2430 作为控制芯片。该模块主要包括电源模块，天线电路以及指示灯等组成。主时钟选择采用一个 32 MHz 的石英谐振器 (X1) 和两个电容 (C19 和 C21) 构成一个 32 MHz 的晶振电路。用一个 32.768 kHz 的石英谐振器 (X2) 和两个电容 (C44 和 C43) 构成一个 32.768 kHz 的晶振电路。偏置电阻为 R221 和 R261 主要作用是给晶振提供合适的工作电流。无线 RF 模块外围电路采用阻抗匹配网络，天线采用 50 Ω 单极子天线，CC2430 数字 I/O 使用电压为 3.3 V，在 CC2430 内部工作电压 1.8 V，以保持 CC2430 可以正常工作。CC2430 片上集成有自流稳压器，能将 3.3 V 电压转换为 1.8 V 电压。

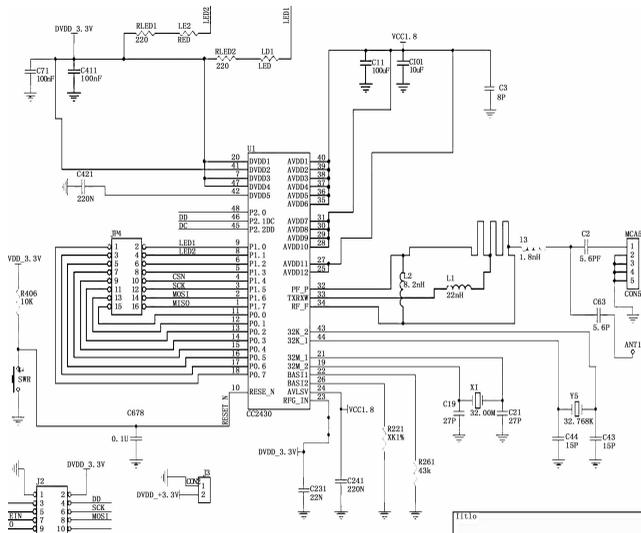


图 2 CC2430 外围电路图

2.3 嵌入式网关设计

基于 ARM11 的 32 位高性能、低功耗 RSIC 通用微处理器 S3C6410 来构建主板，外围组件包括存储模块、电源管理模块、ZigBee 模块、CC2430 模块通过 RS-232 与 ARM11 进行数据传输，GPRS 模块通过 RS-232 与 ARM11 相连^[5]。

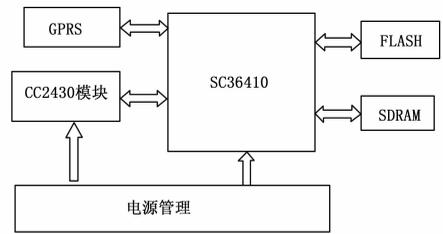


图 3 嵌入式网关硬件图

3 软件设计

3.1 终端节点软件设计

终端节点是个半功能节点，是网络中的数据收集节点，它的主要任务是请求加入网络，接收来自主节点的信息采集数据。节点通电后，首先进行硬件和 Zig Bee 协议栈初始化，然后请求加入 Zig Bee 网络^[6]。一旦成功加入网络，终端节点按照其内部定时器控制，按规定时间秒向协调器节点发送一次数据，其他时间处于休眠状态。

3.2 协调节点的设计

协调节点主要负责网络的建立，扫描入网请求，一旦入网成功，就开始收集终端节点的数据。将收集的数据通过串口发送给嵌入式网关。

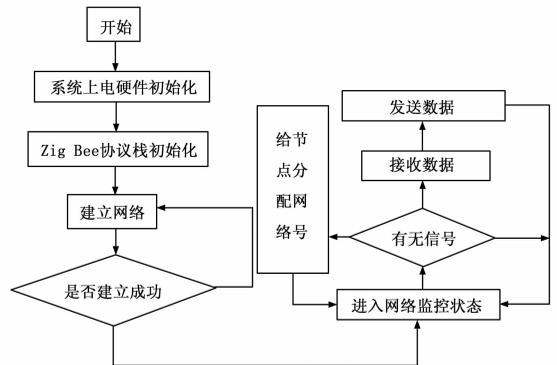


图 4 协调节点软件流程图

3.2 嵌入式网关节点

首先是读取协调节点的数据，收到汇集过来数据时，立即通过 GPRS 网络发送到中心服务器，中心服务器根据滑坡监测放置到相关机构的监控中心，有专门的人员负责监控，GPRS 模块采用 EP220PGPRS 无线终端，在 GPRS 模块中安装上 SIM 卡，并在通过 AT 指令控制 GPRS 模块进行发送数据^[7]。嵌入式网关采用的系统是 linux，完整的 Linux 系统移植包括 BootLoader、Linux Kernel 内核、文件系统 3 个部分，以及 Zig Bee 模块和 GPS 模块设备驱动程序的开发。

3.3 GPS 数据处理

GPS 模块只要处于开机状态就会不停的接收并计算出来导航信息通过串口发送给 CC2430，传输的数据必须要经过筛选才可以发送给监控中心，GPS 发送给 CC2430 的数据主要有帧头，帧内容，帧尾组成^[8]，根据帧的不同，帧头也不同，主要有 GPGGA, GPGSA, GPGSV, GPRMC, GPVTG, GPGLL 可选，这些帧头表示了帧内的数据的组成结构，对于

制 [J]. 仪表技术, 2010, 8: 25 - 26.

[3] 潘维加. 300MW 单元机组煤粉炉燃烧控制系统的研究及其改进 [J]. 中国电机工程学报, 2000, 20 (9): 77 - 79.

[4] 张根宝, 王荣谱, 等. 基于模糊自适应 PID 的溶解氧控制系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2009, 17 (9): 1720 - 1723.

[5] 殷云华, 樊水康, 陈闯鄂. 自适应模糊 PID 控制器的设计和仿真 [J]. 火力与指挥控制, 2008, 33 (7): 96 - 99.

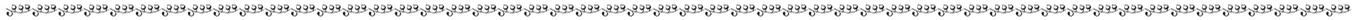
[6] Wang S. Fuzzy self-adaptive PID and realization in electric heating furnace system [J]. Advanced Materials Research, 2011, 651 - 655.

[7] Li G. The fuzzy decoupling control of the electric vehicle steering and speed systems [J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 284 - 287.

[8] 魏莉莉, 余淑荣, 肖林海. 基于 Matlab 的工业锅炉燃烧系统模糊解耦控制设计 [J]. 机械与电子, 2011, 4: 58 - 60.

[9] 许乐. 基于模糊解耦的燃煤蒸汽锅炉燃烧控制的仿真研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2011.

[10] 张玲, 张文苑, 郑恩让. 一种模糊解耦控制系统的设计与仿真 [J]. 计算机仿真, 2010, 27 (8): 118 - 121.



(上接第 2780 页)

要获取的主要为经度, 纬度, 时间等数据, 通常选取 GPGGA 格式, 其帧的格式如下: GPGGA, <1>, <2>, <3>, <4>, <5>, <6>, <7>, <8>, <9>, <10>, <11>, <12>, <13>, <14> * <15> <CR> <LF> 对于本系统而言, 我们只关心日期, 坐标信息, 为了传输的方便, 对 GPGGA 帧做相应的压缩, 如 GPGGA, 022815.000, 2517.1443, N, 11019.775, E, 110, 0.81309, M, -20.1, M, 0000 * 7B, 首先就是对帧头进行去除, 由于每个帧头都是一致的, 保留 <1>UTC 时间, <2> 纬度在预处理时去掉中点和末尾的符号. <3> 纬度半球默认是北纬, 可以去掉. <4> 经度在预处理时去掉中点和末尾的符号. <5> 经度半球默认是东经可以去掉. 对于上述 GPS 数据经过压缩后, 通过无线网络发送到嵌入式网关。

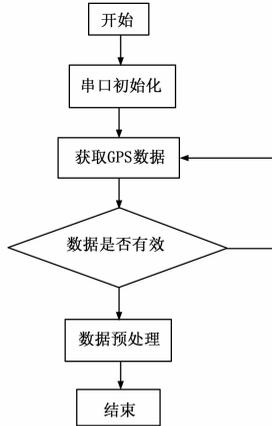


图 5 GPS 数据处理流程图

4 实验测试

为了验证方案设计的正确性, 实验地点选择在山体斜坡上, 通过在检测区域来布置 7 个传感器节点分别采集液位值、倾角、GPS 数据。开始实验之前, 在监测区域打孔安放液位传感器, 加水把孔里的液位提高到相应的水平, 系统开始采集数据。标准数据如表 1 所示, 系统测试数据如表 2 所示。实验结果表明, 系统稳定性好, 相对误差控制在 3% 以内, 完全可以实现数据实时采集, 实时传输, 并对可能发生的山体滑坡进行实时监测预报。

5 结论

本文针对滑坡监测实施难度大等缺点, 设计了一种山体滑

表 1 标准数据

节点坐标	标准倾角/(°)	水位深度/(m)	
1	(25°1755.7"E, 110°2024.4"N)	0	0
2	(25°1756.3"E, 110°2127.6"N)	5	0.05
3	(25°1758.9"E, 110°2026.9"N)	10	0.10
4	(25°1753.8"E, 110°2023.7"N)	15	0.15
5	(25°1759.5"E, 110°2025.5"N)	20	0.20
6	(25°1754.9"E, 110°2029.7"N)	25	0.25
7	(25°1757.7"E, 110°2028.9"N)	30	0.30

表 2 测量数据

节点坐标	测量倾角(°)	测量水位深度(m)	
1	(25°1755.2"E, 110°2025.1"N)	0.02	0.001
2	(25°1756.3"E, 110°2027.9"N)	5.07	0.052
3	(25°1758.3"E, 110°2026.2"N)	9.97	0.101
4	(25°1753.2"E, 110°2025.7"N)	15.04	0.149
5	(25°1758.6"E, 110°2028.5"N)	19.93	0.200
6	(25°1754.4"E, 110°2028.4"N)	25.14	0.248
7	(25°1757.1"E, 110°2029.5"N)	30.09	0.303

坡无线传感器网络监控系统, 将无线网络传感器技术与 GPS 定位技术应用于滑坡监测, 实验表明, 系统测试数据和真实数据基本一致, 可以有效的实现滑坡的及时监测, 系统运行稳定, 成本低, 可扩展性性强, 对于预防山体滑坡的发生有十分重要的意义。

参考文献:

[1] 杨永毅. 滑坡地质灾害监测技术发展综述 [J]. 国外建材科技, 2008, 29: 84 - 86.

[2] 梁山, 胡颖, 王可之, 鲜晓东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, (8): 1186 - 1188.

[3] 李忠成. 基于无线传感器网络的环境监测系统研究与设计 [J]. 计算机测量与控制, 2008, 16 (7): 929 - 931.

[4] 崔振萍. 无线倾角传感器滑坡监测网络及预警发布研究 [D]. 镇江: 江苏大学, 2012.

[5] 李宗醒, 闰超, 丁建宁, 等. 基于 Super-Zig Bee 的高大建筑物台风监测系统 [J]. 仪表技术与传感器, 2011, (10): 44 - 45.

[6] 季鹏, 俞阿龙, 贾芳芳. 基于 Zig Bee 的混凝土施工信息无线监测系统设计 [J]. 传感器与微系统, 2013, (11): 83 - 84.

[7] 谭泽富, 雷国平. GPRS 在三峡库区滑坡监测系统中的应用 [J]. 重庆三峡学院学报, 2007, 3 (23): 8 - 10.

[8] Li B, Li S, Chen L, et al. Design and Realization of Wireless Remote Image Monitoring System Based on GSM /GPRS [A]. Third International Forum on Strategic Technologies [C]. 2008: 260 - 263.