

基于 ZigBee 的山体滑坡远程监控系统^①

刘 健, 陈浩宇, 黄 楷, 洪 玮, 赖滨滨, 汪华斌, 黄 震

(惠州学院 计算机科学系, 惠州 516007)

摘 要: 针对现有山体滑坡预警系统中有线传输、人工播报等弊端, 采用 MPU6050 三轴加速度传感器设计一种低功耗、高精度的山体滑坡远程监控系统. 系统通过 ZigBee 无线传感器网络采集数据, 并利用卡尔曼滤波算法修正测量中的误差以提高数据精度. 通过物理原型测试, 系统运行顺畅, 符合设计要求.

关键词: 山体滑坡; ZigBee; 监控; 卡尔曼滤波算法

Mountain Landslide Remote Monitoring System Based on ZigBee

LIU Jian, CHEN Hao-Yu, HUANG Kai, HONG Wei, LAI Bin-Bin, WANG Hua-Bin, HUANG Zhen

(Department of Computer Science, Huizhou University, Huizhou 516007, China)

Abstract: In order to overcome the disadvantages such as wired transmission and manual notification in conventional pre-warning systems for mountain landslide, this paper proposes a low-power and high-accuracy remote monitoring system for mountain landslide, which is designed with a three-axis acceleration sensor MPU6050. The system uses ZigBee wireless network to collect sensor data and utilizes Kalman filtering algorithm to reduce deviation in the result to improve higher accuracy. After being tested with physical prototype, the system runs stably and meets the design requirements well.

Key words: mountain landslide; ZigBee; monitoring; Kalman filtering algorithm

1 引言

我国是一个地质灾害频繁发生的国家. 主要灾害包括洪涝、台风、山体滑坡、干旱等. 其中山体滑坡灾害的影响最为严重^[1]. 近年来, 在预防山体滑坡工程方面, 主要以山区地质结合滑坡变形特征来获取受监测滑坡体所处的变形阶段^[2]来建立评估和预警体系.

文献[3]和文献[4]对山体滑坡产生的原因提出: 滑坡形成的过程分 3 个大阶段: 初始变化期, 稳定变化期, 剧烈变化期. 边坡的形变是造成山体滑坡的直接因素. 根据系统需要, 采用 MPU6050 三轴加速度传感器采集山体环境信息, 以网络的终端路由器节点为簇头构建传感器网络, 通过 GPRS 网关将传感器数据发送给服务器并进行处理, 并通过前端显示为控制站用户提供预警判断.

将无线传感器网络(WSN)应用于山体滑坡监测已

成为各国研究开发的重点, 一些科研院所和公司在这方面进行了大量的工作, 做出了丰硕的科研成果和产品. 结合 ZigBee 通信技术, 实现对监测区域的远程实时监控, 提高山体滑坡预警的准确性, 可以及时的发出警报, 争取更多的应急时间^[5].

文献[6]认为, 采用低功耗的廉价无线传感器, 能够提高监测系统部署成本, 实现监测系统大范围推广. 方案经过滑坡演变的理论分析, 得出较精确的滑坡预报时间, 以便有关部门能够提前对将要发生的危机情况采取相应的处理措施, 能够有效地保护国家和人民的生命财产.

本系统克服了山体监测区无人值守, 远距离布线以及数据传输的问题, 通过 ZigBee 无线低功耗多传感器网络建立无线监测系统对山体状态进行实时监控和预警, 方便了控制站工作人员远程实时得到高可靠性

^① 基金项目: 惠州市科技计划(2015ZX023); 惠州学院自然科学基金项目(hzux1201417)

收稿时间: 2016-04-04; 收到修改稿时间: 2016-05-16 [doi:10.15888/j.cnki.csa.005574]

的监测数据.

2 系统架构

山体滑坡监测系统由无线传感器监测网络、GPRS网关和远程监控中心三部分组成. 硬件由 ZigBee 模块、GPRS 模块、MPU6050 三轴加速度传感器、电源等组成. 实物模型如图 1 所示, 具体系统架构如图 2 所示.

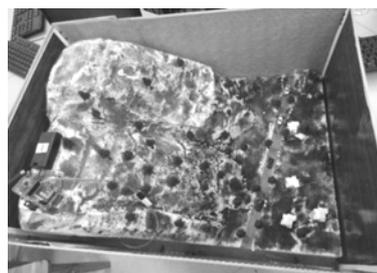


图 1 模型实物图

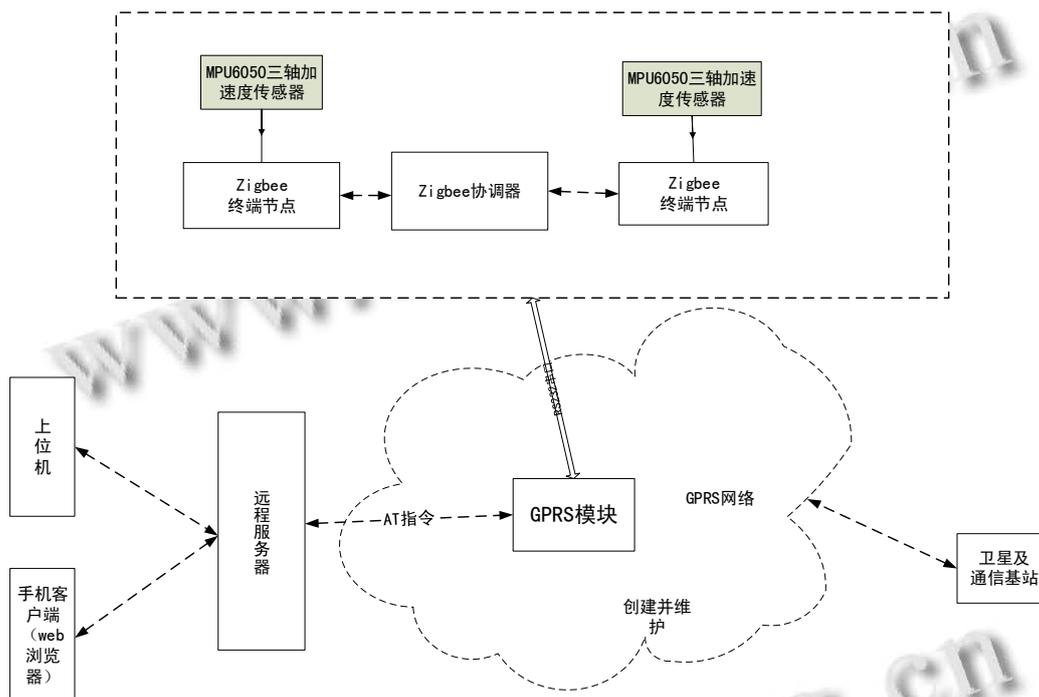


图 2 系统架构

2.1 ZigBee 模块

方案采用 TI 公司的 CC2530 芯片. 它能够以非常低的材料成本建立强大的网络节点, 具有不同的运行模式, 使得它适应超低功耗要求的系统. 运行模式之间的转换时间进一步确保了其低功耗的特点. 具体结构如表 1 所示^[7].

表 1 ZigBee 模块结构

| | |
|----------------------------|-------------------------|
| ZigBee 应用层(应用框架、ZDO) | |
| ZigBee 应用支持子层 | |
| ZigBee 网络层 | |
| IEEE802.15.4 MAC 层 | |
| IEEE802.15.4 868/915 PHY 层 | IEEE802.15.4 2.4G PHY 层 |

系统终端是一个半功能节点, 主要功能是请求加入网络, 接收来自主节点的信息数据. 节点通电后,

会进行硬件和 ZigBee 协议栈初始化, 自动请求加入网络, 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(设置每隔 2 秒)向协调器节点发送一次数据, 其他时间则处于休眠状态^[8].

2.2 GPRS 模块

系统采用华为 GTM900-C 无线模块, 模块硬件框图如图 3 所示, 这是一款两频段 GSM/GPRS 无线模

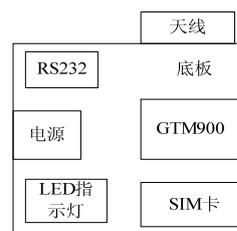


图 3 GPRS 模块硬件框图

块. 它支持标准的 AT 命令及增强 AT 命令, 实现 ZigBee 网络向以太网的转换, 是高速数据传输等各种应用的理想解决方案.

2.3 MPU6050 传感器模块

系统采用的 MPU-6050 三轴加速度传感器为全球首例整合性 6 轴运动处理组件, 传感器结构如图 4 所示. 它集成了 3 轴 MEMS 陀螺仪, 3 轴 MEMS 加速度计, 以及一个可扩展的数字运动处理器. 相较于多组件方案, 免除了组合陀螺仪与加速器时之轴间差的问题, 减少了大量的封装空间.

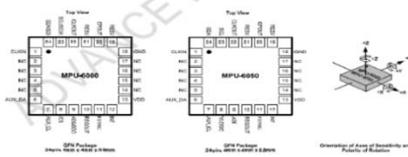


图 4 MPU6050 传感器

3 系统设计

3.1 传感器数据采集设计

无线传感器网络有星型结构, 簇结构和网状结构. 方案根据监测区域的实际情况布置终端节点组建监测网络采集环境信息. 具体数据传输处理流程如图 5 所示.

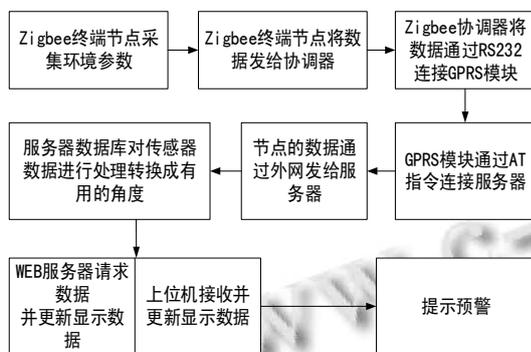


图 5 数据传输流程图

3.2 PC 上位机软件设计

PC 上位机采用 C#开发, 上位机接收处理来自服务器传送的数据并在前端显示, 为控制站提供了直观化、人性化的界面.

该软件采用边坡倾斜角 Angle 值作为预警依据, 设定山体当前 Z 轴边坡的倾斜角 Angle 值为正常状态. 文献[2]指出, 滑坡学包含滑坡孕育、发展、变形破坏的过程、规律以及其影响因素. 需要采集大量的数据

建立预警系统.

本实验通过物理原型模拟山体边坡发生断裂的情况, 程序设置角度超过正常值范围+2 度(通过物理模型多次实验, 发现角度超过正常值+2 度预警效果最好, 所以本系统设置阈值为+2 度)为边坡发生断裂的异常情况, 加以 x 轴和 y 轴的加速度 ACCEL 值辅助判断, 标记记录异常数据, 并提示声音预警. 具体软件功能流程如图 6 所示.

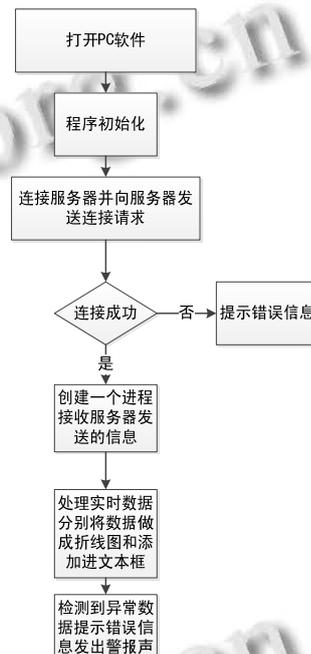


图 6 PC 软件流程图

4 系统的实现

4.1 传感器数据处理

服务器接收处理来自网关的传感器数据, 具体数据如图 7 所示. 具体数据格式如下: AT%IPSEND="0100C533FF601B4A000AFFDE0029"//传感器原始数据, 数据为 28 个字节,

```
at+cgdcont=1,"ip","onnet"at+netipAT+MPOPEN="TCP", "119.146.68.41",5000AT+IPSEND="aounta"AT
+IPSEND="02000A6DF28C33080019FFD2FF11"
AT+IPSEND="0100D2F1184428B40099FFD000FB"
AT+IPSEND="0100D2E5184427C0008FFD0092"
AT+IPSEND="02000A58FE76331A0019FFD1FFCC"
AT+IPSEND="02000A63FE76322001AFFD2FF13"
AT+IPSEND="02000A78FE763302001AFFD2FFFE"
AT+IPSEND="0100D2E1163C27C0008FFD00EE"
AT+IPSEND="0100D2E164627B0008FFD00EE"
AT+IPSEND="02000A43FE7631F4FF36FFD8FF06"
AT+IPSEND="0100D2E3164C27A0008FFD00F4"
AT+IPSEND="0100D2E3164827B6008FFD00EE"
AT+IPSEND="0100D2E3184427B4008FFD00E1"
AT+IPSEND="02000A6FFD8C33220011FFD2FFB3"
AT+IPSEND="02000A6FFD8C33180100FFD0002C"
```

图 7 传感器原始数据测试界面

根据系统需要, 设置前 4 位为标志位, 标志不同传感器发送的数据. 并将各个数据的高 8 位跟低 8 位

结合成一个 16 进制数, 计算边坡倾斜角角度 Angle 值和加速度 ACCEL 值.

4.2 服务器测试

启动服务器, ZigBee 协调器通过 GPRS 模块发送 AT 指令与服务器进行通信. 文献[9]和文献[10]指出: 由于环境干扰的同时易导致信号发散或丢失从而对信号产生影响. 因此, 方案利用卡尔曼滤波算法, 定义最大差值, 对比前后两次数据来进行滤波处理以提高接收边坡倾斜角 Angle 值的准确性. 处理结果如图 8 所示.



图 8 服务器数据处理结果

4.3 上位机测试

打开 PC 上位机, 上位机获取服务器数据, 并对获取到的数据进行处理和判断, 利用处理出来的 Z 轴数据画出坐标图, 另外显示出相对应的数据, 同时将处理出来的 X 轴和 Y 轴数据记录在文本框, 当抓取到异常数据时, 发出警报声并将记录该 Z 轴异常数据. 上位机测试界面如图 9 所示.

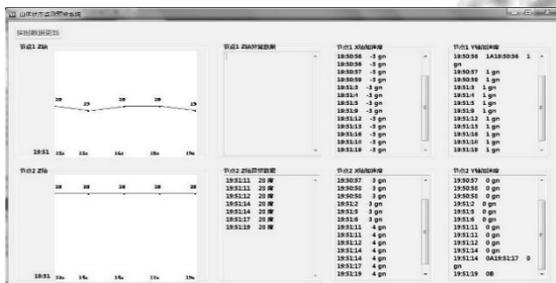


图 9 上位机显示界面

4.4 WEB 软件测试

在浏览器输入远程山体监测系统网址. WEB 软件如图 10 所示. 获取山体环境数据, 方便了监测人员能够不受环境地点的影响, 实时地查看山体状态.



图 10 WEB 客户端界面

5 结语

本系统实现在恶劣环境中多角度采集环境信息, 远距离传输数据, 并利用卡尔曼滤波算法修正测量过程中的随机误差. 采用 PC 上位机和 WEB 客户端实时更新传感器数据并判断异常情况来建立安全预警模型, 实现控制站对监控地区的实时远程监测及预警. 通过物理原型测试实验, 系统符合山体滑坡实时监控需要, 具有重要的应用价值.

参考文献

- 1 刘肖忠.基于图像方式的山体滑坡实时远程监测方法设计[硕士学位论文].南昌:南昌航空大学,2013.
- 2 邱健壮.GPS 监测山体滑坡研究[硕士学位论文].北京:中国农业大学,2005.
- 3 王作成.基于 ZigBee 的山体滑坡预警系统研究与设计[硕士学位论文].兰州:西北师范大学,2013.
- 4 朱望纯,庞少东.一种基于 Zigbee 与 GPS 山体滑坡监测系统开发.计算机测量与控制,2014,9:2779-2780,2788.
- 5 洪新,吴珂,王波,卢鹏.基于 ZigBee 技术的山体滑坡预警系统设计.硅谷,2011,1:51,36.
- 6 胡颖.基于无线传感器网络的山体滑坡监测预警系统设计与研究[学位论文].重庆:重庆大学,2011.
- 7 王波,李文田,梅倩.滑坡监测的无线传感器网络定位系统设计.计算机应用,2012,7:1831-1835.
- 8 薛艳亮,胡建萍,王江柱.基于分布式编址机制的 ZigBee 组网技术研究.杭州电子科技大学学报,2008,28(2):33-36.
- 9 曹春萍,罗玲莉.基于卡尔曼滤波算法的室内无线定位系统.计算机系统应用,2011,20(11):76-79.
- 10 焦尚彬,宋丹,张青,唐金伟.基于 ZigBee 无线传感器网络的煤矿监测系统.电子测量与仪器学报,2013,14905(27):436-442.