

北斗高精度定位的地质灾害监测系统的设计*

王俊铭¹, 火久元^{1,2}, 穆聪¹, 牟林¹, 米晏殊¹, 刘梦¹, 巨涛^{1,2}

(1. 兰州交通大学 电子与信息工程学院, 兰州 730070; 2. 赛尔网络有限公司)

摘要: 针对滑坡等地质灾害实时监测难, 传统的灾害监测方法自动化程度低、灾害预警不及时等问题, 设计了基于北斗的地质灾害监测系统。该系统主要由数据采集终端、数据传输层和软件端三部分构成。数据采集终端集成了树莓派、北斗定位模块、雨量计、温湿度传感器、摄像头模块等, 并通过数据传输层将实时地质数据传输至云端, 实现了数据自动采集与传输。系统通过太阳能板和蓄电池实现了稳定供电。实验结果表明, 该系统实现了野外地质数据的自动采集、传输和高精度北斗定位, 并且具有全天候、自动化监测的特点, 可以广泛应用。

关键词: 北斗; NB-IoT; 树莓派; GSM 报警; 远程监控

中图分类号: TP39 **文献标识码:** A

Design of Geological Disaster Monitoring System Based on Beidou

Wang Junming¹, Huo Jiuyuan^{1,2}, Mu Cong¹, Mu Lin¹, Hamzah Al-Neshmi¹, Liu Meng¹, Ju Tao^{1,2}

(1. College of Electronic and Information Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China; 2. Cernet Corporation)

Abstract: In view of the difficulties in real-time monitoring of geological disasters such as landslides, the low degree of automation of traditional disaster monitoring methods, and the untimely warning of disasters, a geological disaster monitoring system based on Beidou is designed. The system is mainly composed of data acquisition terminal, data transmission layer and software end. The data acquisition terminal integrates raspberrypi, Beidou positioning module, raingauge, temperature and humidity sensor, camera module, etc, and transmits the real-time geological data to the cloud through the data transmission layer, realizing the automatic data acquisition and transmission. The system realizes stable power supply by solar panel and battery. The experiment results show that the system realizes the automatic collection and transmission of field geological data and high-precision Beidou positioning, and has the characteristics of all-weather and automatic monitoring, and can be widely used.

Keywords: Beidou; NB-IoT; Raspberry Pi; GSM alarm; remote monitoring

0 引言

我国是一个地理环境复杂、地质灾害多发的国土大国。近年来, 因滑坡等灾害造成了巨大的人员伤亡和财产损失, 因此需要一种有效的灾害监测手段来对滑坡体的灾害隐患实施探测与监控。目前国内外对滑坡等地质灾害的监测主要采用宏观地质观测法、简易观测法、设站观测法、仪表观测法及自动遥测法等方法, 此类方法普遍存在的问题是需要人工定期到现场进行数据采集, 使得滑坡监测缺乏实时性^[1]。

本文提出了一种基于北斗的地质灾害监测系统, 系统将数据采集终端采集的高精度卫星定位数据和地质信息通过数据传输层传输至云端, 用户可在 Web 端和手机

App 利用数据可视化功能和远程监控功能实现对滑坡体的监管。同时系统设有 GSM 报警功能, 当系统监测到有滑坡发生时, 可将高精度卫星定位数据发送至用户手机, 便于防灾减灾工作的开展。

1 系统总体设计

1.1 系统整体架构

基于北斗的地质灾害监测系统可以实现对滑坡、崩塌、泥石流、地表沉降等灾害的监测。监测系统(见图 1)由数据采集终端、数据传输层和软件端三部分构成。数据采集终端由树莓派 3B+ 作为主处理器, 连接北斗定位模块等传感器构成, 数据采集终端的主要作用为实时采集滑坡体的地质和定位数据; 数据传输层由 NB-IoT 通信方式实现, 数据传输至云端并存储在 MySQL 数据库; 软件端由 Web 端和手机 App 构成, 主要实现对监测数据的可视化、滑坡体远程监控等功能。

* 基金项目: 赛尔网络下一代互联网技术创新项目(NGII20190315); 兰州交通大学百名青年优秀人才培养计划资助。

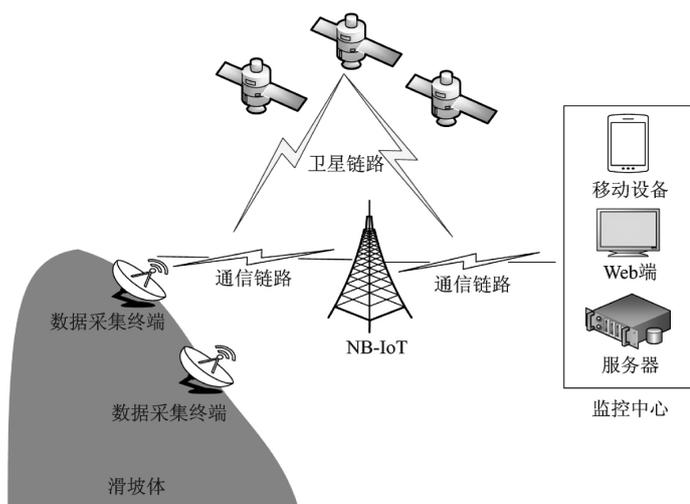


图1 监测系统总体架构

1.2 数据采集终端设计

数据采集终端(见图2)以树莓派 3B+ 作为主处理器,它是一款基于 ARM 的微型电脑主板^[5],CPU 使用 1.4 GHz 的 64 位四核处理器,还配有 2.4 GHz/5 GHz 双频 WiFi 和千兆以太网与 USB 接口。树莓派 3B+ 通过连接温湿度传感器、土壤湿度传感器、翻斗式雨量计等收集滑坡体地质信息。

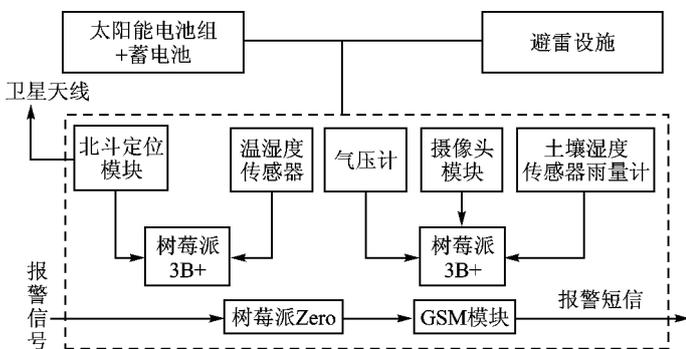


图2 数据采集终端

树莓派 3B+ 通过连接北斗定位模块来获取高精度的定位信息,北斗定位模块选择 waveshare 的 L76X GPS HAT 实现定位功能,它是一款具有 GNSS(全球导航卫星系统)功能的树莓派扩展板,支持 GPS、BD2 和 QZSS 等定位系统。数据采集终端还具有报警功能(见图3),当主处理器监测到震动和倾斜信号时,蜂鸣器和 LED 警示灯报警,同时,利用 GSM 模块将数据采集终端的高精度定位信息发送至用户手机,便于防灾减灾工作的开展。

为了对滑坡体进行远程监控,数据采集终端使用 Raspberry Pi Camera Module v2 并配合 mjpg-streamer 流转程序将监控画面传输至上位机,用户可以通过上位机

软件传回的视频图像是否正常来判断是否发生了地质灾害。数据采集终端采用太阳能电池组+蓄电池组合供电的方法,当遇到连续的阴雨天气,太阳能电池组无法正常供电时,蓄电池仍然能保证数据采集终端正常工作。

1.3 数据传输层设计

监测系统的传输层采取 NB-IoT 通信方式。NB-IoT 技术^[6]即基于蜂窝的窄带物联网技术,目前被广泛应用于各种物联网场景。

数据传输层利用 SIM7020C NB-IoT 拓展板进行网络通信,该拓展板具有价格低廉、运行稳定等优势,同时支持 TCP、UDP、LWM2M、HTTP、FTP、MQTT 等通信协议。

其中,MQTT 协议^[7]是一种基于代理的轻量级发布/订阅消息传输协议,可以基于低带宽、不可靠网络进行数据传输的物联网标准传输协议。因此,本系统选择 MQTT 协议作为数据传输协议。首先,在云服务器中搭建 Apache-apollo 代理服务器,该代理服务器是在 ActiveMQ 基础上发展而来,使用它实现消息推送。接下来利用 SIM7020C 连接 MQTT 代理服务器进行通信,开发过程是基于 AT 指令的一系列配置,开发流程如图4所示。

为了方便查看数据是否上传至云端,部署了远程客户端,远程客户端可供用户查看数据采集终端所收集的实时数据以及下达相应的控制指令,选择 Eclipse Paho^[8]作为远程客户端,其部署于阿里云服务器中,只需订阅相应的主题便可以观察数据是否正确上传至云端。

为了存储海量的传感器数据,本系统使用 MySQL 数据库^[9-10]对地质数据进行管理,数据库建立在阿里云服务器内,数据库主要包含数据采集终端地质数据信息表如表1所列。

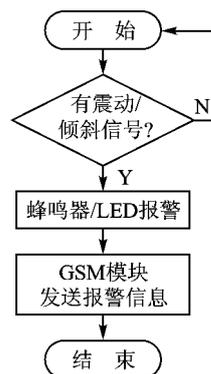


图3 数据采集终端报警流程图

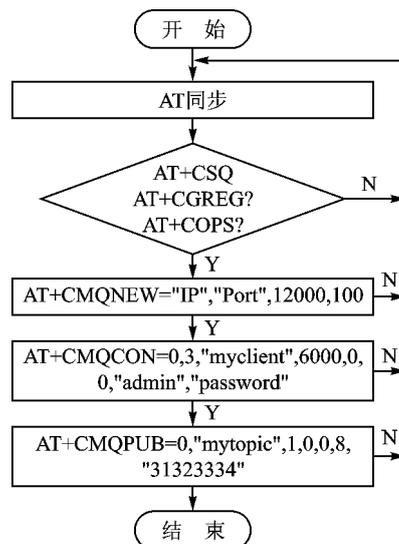


图4 数据传输层工作流程图

表 1 地质数据信息表

序号	字段名称	数据类型	备注
1	SensingTime	Datetime	采集时间
2	SensorID	Varchar	数据种类 ID 号
3	Sensor_Type_ID	Varchar	具体数据 ID 号
4	latitude	Double	纬度
5	longitude	Double	经度
6	altitude	Double	海拔高度
7	temperature	Double	空气温度
8	humidity	Double	空气湿度
9	pressure	Double	大气压强
10	rainfull	Double	雨量
11	soil_moisture	Double	土壤湿度

1.4 软件端设计

监测系统软件端分为 Web 端和安卓端,本系统的 Web 端采用 B/S 开发架构编程实现,用户只需通过浏览器访问特定域名并输入用户名和密码便可进行访问。为了方便管理员对滑坡体灾情的分析与管理,Web 端实现了对监测数据的可视化分析,主要利用 Echarts.js 实现图表绘制,用户可以通过可视化的数据图分析滑坡体实情。

远程监控功能基于树莓派 3B+ 连接树莓派摄像头实现,用户可以在 Web 端和 App 端实现远程监控功能。VR 演练模块(见图 5)以虚拟现实技术为核心构建了一个 VR 灾害演练平台^[11]。该功能基于 Unity3D 进行开发,实现了灾害模拟、雨情模拟、崩塌落石等虚拟场景,并结合 WebGL 技术^[12]方便用户在 Web 端使用该演练平台,更好地应对和预防滑坡、落石等地质灾害。手机 App(界面如图 6 所示)功能与 Web 端功能基本一致,在这里不再赘述。



图 5 虚拟现实界面

2 系统测试

2.1 测试环境

为了验证监测系统在野外环境内的工作稳定性,展开了监测系统测试实验。实验地点:兰州交通大学电信楼,海拔约 1539 m。实验时间:2020 年 8 月 1 日 17 时至 18 时。将数据采集终端(见图 7)放置在草坪上,用太阳能+蓄电池的方式供电,并在阿里云服务器搭建 Apache-apollo 服务

器和 Eclipse Paho 客户端,开启树莓派,自动收集地质数据并通过 NB-IoT 模块上传至云端。

2.2 信息采集上传功能测试

在 Eclipse Paho 客户端订阅主题为“Monitor1”的消息,数据采集终端上传数据间隔为 30 s,数据发送格式如下:Sensor_ID/Sensor_Type_ID/Year/Month/Day/Hours/Minutes/Seconds/Data/Nothing。Eclipse Paho 接收消息内容如图 8 所示,在云端对消息进行订阅并存储在 MySQL 数据库中,最后在 Web 端供用户查看(见图 9)。

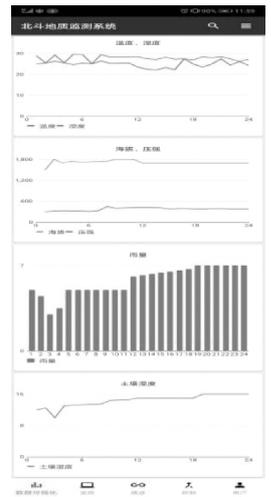


图 6 手机 App 界面



图 7 数据采集终端

2.3 远程监控功能测试

为了实现对滑坡体的远程监控,在树莓派上启用了内网穿透功能,在树莓派内通过 FRP 映射远程端口,使用户可在 Web 端远程查看树莓派摄像头传回的视频图像,如图 10 所示。

2.4 GSM 报警功能测试

在数据采集终端安装有倾斜传感器和震动传感器,当有滑坡等地质灾害发生时,往往伴随有倾斜和震动两种信号的产生,因此,当系统监测到这两种信号同时发生时,会通过 GSM 模块^[13]发送报警短信至用户手机(见图 11)。此次实验,通过人为产生倾斜和震动信号来触发短信预警功能。



图 8 数据采集终端发送的数据



图 9 数据可视化功能



图 10 远程监控

3 结 语

本系统实现了数据采集终端实时采集高精度定位数据和地质数据并上传云端功能,并在 Web 端和安卓端进行可视化图表的展示功能,同时系统设有 GSM 报警功能和远程监控功能辅助监测,系统具有低成本、全天候、自动化监测的特点。本文对监测系统进行了模拟实验并取得了良好的效果,相信本系统可为我国的地质灾害实时监测发挥重要作用。

参考文献

- [1] 张易晨. 基于物联网的山体滑坡检测系统[C]//2018 年全国物联网技术与应用大会论文集, 2018:91-92.
- [2] 李茂源,王直杰,马琳,等. 基于 WiFi 和北斗卫星导航系统的灾后应急基站[J]. 电子科技, 2014, 27(12):81-84, 89.
- [3] 席志红,李俊文. 基于 ARM+DSP 的 4G 北斗定位平台的设计[J]. 电子科技, 2016, 29(6):85-88.
- [4] 杨元喜,许扬胤,李金龙,等. 北斗三号系统进展及性能预测-试验验证数据分析[J]. 中国科学:地球科学, 2018, 48(5):584-594.
- [5] 陈昕,朱彤,李贤烈. 基于树莓派的数传电台数据传输系统设计与实现[J]. 火力与指挥控制, 2018, 43(11):128-132, 137.
- [6] 戴国华,余骏华. NB-IoT 的产生背景、标准发展以及特性和业务研究[J]. 移动通信, 2016, 40(7):31-36.
- [7] 陈建刚,黄国伟,刘星明,等. 基于 MQTT 协议与开源硬件的智能监控系统[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2017, 17(10):59-61.
- [8] 任亨,马跃,杨海波,等. 基于 MQTT 协议的消息推送服务器[J]. 计算机系统应用, 2014, 23(3):77-82.
- [9] 温彬民. 一种基于自适应心跳机制的 MQTT 通信协议的研究与应用[D]. 广州:华南理工大学, 2015.
- [10] 王韩韬,火久元,任智男. 基于 LoWPAN 和 MQTT 的寒旱区野外环境监测系统设计[J]. 计算机应用与软件, 2020, 37(7):61-67, 73.
- [11] 兰旭辉,熊家军,邓刚. 基于 MySQL 的应用程序设计[J]. 计算机工程与设计, 2004(3):442-443, 468.
- [12] 肖维明. 基于 PHP+MySQL 的网站开发[J]. 物流工程与管理, 2009, 31(6):90-92.
- [13] 陈一飞,曹顺,张欣,等. 基于虚拟现实技术的隧道灾害演练平台的研究[J]. 建筑技术开发, 2019, 46(14):115-116.
- [14] 王星捷,卫守林. WebGL 技术的三维 WebGIS 平台研究与应用[J]. 遥感信息, 2019, 34(3):134-138.
- [15] 陆宁,姚雪,马晓明. 基于 GSM 网络的安防系统的设计与实现[J]. 电子科技, 2016, 29(4):120-122, 126.
- [16] 李海峰,潘为刚. 基于腾讯地图的北斗/GPS/GSM 三定位车辆监控系统[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2016, 16(9):69-72.

王俊铭,主要研究方向为智能计算、数据挖掘等;火久元(教授),主要研究方向为计算机网络、智能计算、数据挖掘等。

(责任编辑:薛士然 收稿日期:2020-08-10)

Be Careful! Latitude:36.1000910667
Longitude:103.719490767

图 11 报警短信