文章编号：2095-2163(2019)06-0221-04　　中图分类号：P642.22　　文献标志码：A

基于 NB-IoT 技术的滑坡监测系统研究

龙　耀，王　霄，杨　靖，杨　另
（贵州大学 电气工程学院，贵阳 550025）

摘　要：滑坡监测对于地质灾害的防治至关重要，这是了解监测山体动态变化和事故预警的重要手段，也是保障人民生产生活、财产和生命安全的重要保障。针对传统滑坡灾害预警系统的局限性，本文基于无线技术通过自组网的方式将无线传感器应用在滑坡预警监测中。该系统以 Arduino UNO 作为开发板运用窄带蜂窝物联网（NB-IoT）无线网络技术进行构建，并采用 ATmega328P-PU 芯片作为核心处理器。以自组网网络无线传感器网络技术作为支撑，用滑坡模拟实验对相关的技术方法进行实验，证明其可行性和实用性。与传统有线式监测方式相比较，这种监测系统可以实时准确地传输监测信息，且具有低功耗、广覆盖、大连接等优点，使其更加智能高效。

关键词：窄带蜂窝物联网；无线技术；滑坡监测；无线传感器网络；Arduino

Research on landslide monitoring system based on NB-IOT technology

LONG Yao, WANG Xiao, YANG Jing, YANG Ling
(The Electrical Engineering College, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

【Abstract】 Landslide monitoring is essential for the prevention and control of geological disasters. It is an important method to understand the monitoring of mountain dynamics and accident warnings, and is also an important guarantee for ensuring people´s production, property and life safety. Aiming at the limitation of the traditional landslide disaster early warning system, this paper applies wireless sensor to landslide warning monitoring based on wireless technology self-organizing network.The system builds a narrowband cellular Internet of Things (NB-IoT) wireless network technology on the basis of Arduino UNO hardware foundation, using the ATmega328P-PU chip as the core processor. With the self-organizing network wireless sensor technology as the support, the relevant technical methods are tested by landslide simulation experiment, which proves its feasibility and practicability. Compared with traditional wired monitoring methods, this monitoring system can transmit monitoring information in real time and accurately, and has the advantages of low power consumption, wide coverage, and large connections, making it more intelligent and efficient.
【Key words】 narrowband cellular Internet of Things; wireless technology; landslide monitoring; wireless sensor network; Arduino

0　引　言

在中国西南地区，地质和地理条件非常复杂，且南方气候湿润，雨量充沛，山体滑坡发生率很高。滑坡的危害很大，对于当地人民的生产生活，人身财产安全造成很大的危害，给国家经济造成巨大损失。因此，对相关山体建立有效的监测系统，可以对其采取相应的预防措施，最大程度上减少滑坡所带来的人身危害和财产损失[1-2]。因此，对于滑坡预警系统的研究对于防灾减灾工作非常重要。

传统的预警监测方法大多采用有线连接传输，这种方式受限于地理环境、供电条件、稳定性不足，设备难以维护、有线传输数据距离长、投入成本高等因素影响，要对整个山体覆盖有线网络进行监测难度巨大，并且传统的监测方法反馈速度慢，反馈方式也不直接，往往错过了事故预防的最佳时间。在存在蜂窝技术的时代，传统的监测方式在技术方法方面已经落后于时代发展的需求。

而 NB-IoT 是一种新的低功耗窄带蜂窝物联网技术[3-4]。其支持大量低速率、低功耗的设备接入，使得设备投入成本大大降低，适用于数据实时传输的工作场景。基于无线传感器的无线性、抗破坏能力强的特点，充分说明 NB-IoT 无线技术适合运用在滑坡预警监测研究中。相比于传统有线式的监测方式，本文所提出的新方法有着网络自组织性、传感器多样化以及实时监控等优点，减小了系统监测布

基金项目：国家自然科学基金(61640014,61861007)；贵州省科学与技术基金(黔科合[2014]7616，[2015]7639,J[2013]2117,黔学位合字ZDXK[2015]8)；贵州省科技厅支撑计划(黔科合支撑)[2016]2302，[2019]2152；贵州大学人才引进基金([2014]08)；贵州省研究生案例库计划(KCALK201708)；贵州省科技创新人才团队建设计划(黔科合人才团队[2015]4014)；贵州省卓越工程师计划(ZYS2015004)；贵阳高新技术物联网人才培养平台(2015)资助。

作者简介：龙　耀(1995-)，男，硕士研究生，主要研究方向：计算机控制技术；王　霄(1985-)，男，博士，副教授，硕士生导师，主要研究方向：物联网。

收稿日期：2019-08-17

置的难度,维护更加方便,数据传输更加稳定。随着无线传感器性能不断的优化,将会更多运用在像滑坡监测预警等方面的研究中。

1 NB-IoT 技术支持

在信息化时代,无线技术在各行各业中已广泛运用,NB-IoT 技术产生于互联网技术之上,因此具有很多智能化功能[6]。将 NB-IoT 技术运用在滑坡监测相对于传统的监测系统具有更明显的优势,改善了传统监测系统的不足。现在 NB-IoT 技术已经成功整合到现有的移动网络中,依托中国网络运营商的众多信号传输基站,可有效解决其覆盖问题。可将其运用在远程监控中,对户外山体动态进行实时监控;当有土壤动态发生不正常变化时,将监测数据由远程监测中心进行分析,针对所出现的状况指定对应策略[7]。NB-IoT 的信号穿透力强,而且还支持更多的并发连接。其有着低成本、低功耗的优势,虽然实际运用场景中也会有一些问题产生,但随着其技术的不但改进和完善,未来一定会被大面积推广应用[8]。

2 总体架构设计

滑坡是由多种因素综合在一起,使山坡坡体土壤岩石等发生局部移动的现象,预警发生的主要监测因素包括降雨量、土壤含水量、土壤位移、倾斜角度、温湿度等[9]。由于西南地区山体地质条件比较复杂,所监测区域的情况不同,所以,在整体设计时应具有自组织网的分布式构架,这样可以根据监测的需要增减传感器的规模和种类。本设计的总体网络拓扑如图 1 所示,分布在监测坡体带有无线通信模块的各个传感器节点检测坡体的环境信息,如温湿度、土壤含水率、位移、岩土倾斜度等;将所采集的各项数据通过 NB-IoT 无线模块由基站发出信号传输到物联网云平台;网络管理系统将数据打包;用户端实时获取监测的数据信息;控制中心对数据运用算法进行处理运算、分析和建模[10];及时得出监测信息,对有可能发生山体滑坡灾害的情况发出预警。

3 系统硬件设计

3.1 网络体系结构

系统硬件组成如图 2 所示,主体由电源模块、数据采集模块、数据处理模块、无线通信模块所构成[11]。数据采集模块使用在监测区域内布置的不同种类传感器采集相对应的信息,经过 A/D 转换成为数字信息;数据处理模块是整个网络节点的核心,实现对数据的存储、分析处理以及通信协议的执行等工作;无线通信模块用于节点间的通信和数据传输,完成无线通信的任务[12];电源模块对各个节点进行供电,是所有电子系统的基础。如有需要,还可以拓展其它模块。

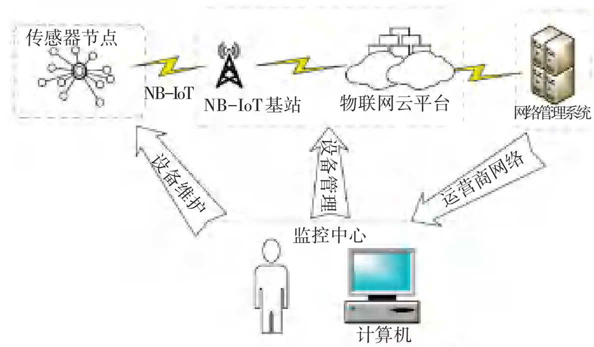

图 1 基于 NB-IoT 无线技术的滑坡监测系统总体网络拓扑图

Fig. 1 Overall network topology of landslide monitoring system based on NB-IoT wireless technology

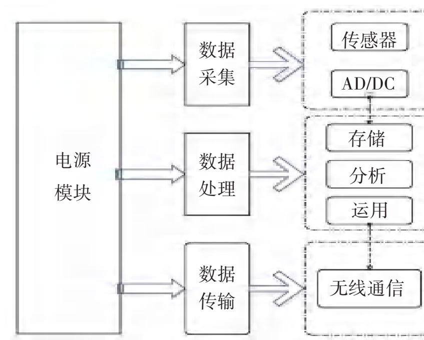

图 2 系统硬件模块图

Fig. 2 System hardware module diagram

3.2 拓扑通信技术

为使无线传感器网络在滑坡监测的适用性,整个无线网络节点必须要支持可靠性和合理性。而 NB-IoT 无线技术是面向自动化领域的一种低能耗、低成本、短时延、高覆盖、强链接、大容量的无线网络方案[7],正好适用于此。这种技术结合了传感器技术、无线通信技术、分布式信息处理技术等等。由不同的微型集成化的传感器相互合作实时采集监测指定范围内监控对象的各项数据信息,NB-IoT 无线技术明显的优势是数据采集后可直接上传到云端,不需要通过网关,直接通过无线传输,简化了现场部署。其网络拓扑结构如图 3 所示。

3.2.1 控制器选型

本设计采用 Arduino UNO 开发板,其基于开放原始代码的 Simple I/O 平台,是 Arduino 平台的参考标准模板,处理器核心是 ATmega328P-PU 芯片,ATmega328P-PU,32K Flash,2K RAM,8 输入 ADC,AVR 处理器,程序存储器容量:32KB (32K x 8),具

有高性能、低功耗、先进的 RISC 体系结构、高耐力非易失性内存段、上电复位和可编程布朗检测。可在恶劣环境下同时保持稳健通信，并且可以搭建符合 IOT 标准产品所需的所有硬件和软件。这款芯片集成度很高，外部电路相对简单，用在无线传感器设计中相对简洁。

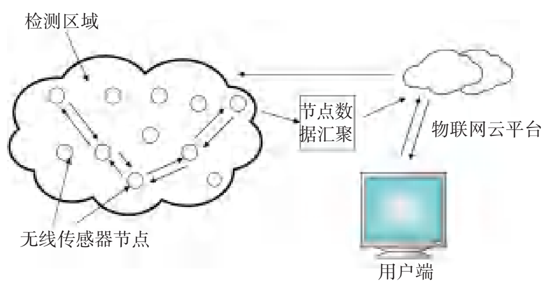

图 3　网络拓扑结构简化图

Fig. 3　Simplified graph of network topology

3.2.2　数据采集节点设计

节点功能模块如图 4 所示。包含倾斜计传感器、土壤水分仪、位移传感器、孔隙水压力传感器、加速度传感器、NB-IoT 无线传感器收发处理模块以及供电模块(电池组)。

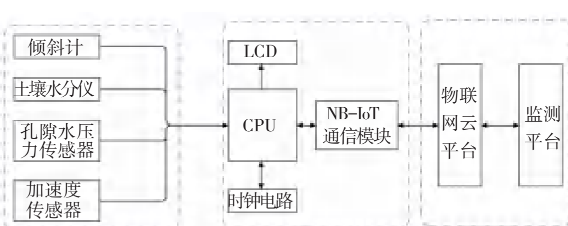

图 4　节点功能模块图

Fig. 4　Node function module diagram

倾斜计用于测量土壤流动所产生的倾斜度，其数据用于分析山体所能承受压力的限度。土壤水分仪主要用来测量土壤含水量(土壤含水率)，土壤水分仪是山体滑坡监测预警系统中最重要、最基础的仪器。位移传感器采用拉绳位移传感器，能及时测量到土质滑动滑移状态，不仅能对大位移进行检测，对小位移也能监测到，可以提高系统监测的保证率。孔隙水压力传感器采用 AD-25 微型孔隙水压力传感器，用于测量岩石和土壤地表水的流动状态和水压力的大小，并把水压力从所量测的总土压力中分离出来；也可用于测孔隙水压力的大小和分布。具有快速响应、体积小、重量轻等特点。加速度传感器采用 MMA8451 数字式三轴加速度传感器，采用低电压供电，集成度高，最高精度可达 14 位。传感器采用 QFN 封装，内部自带低通滤波器功能。

3.2.3　路由节点设计

路由节点的硬件结构组成部分有：供电模块(电池)、ATmega328P-PU 芯片以及 NB-IoT 模块。路由节点主要作用是路径选择和数据转发[8]，其将数据采集节点采集到的数据传送到汇聚节点，当有新的节点加入后，路由器会自行选择新的链路[13]。

传感器网分布在滑坡监测地带，是属于危险性较高的区域。除了在传感器设计时进行优化，尽可能降低其能耗以外，供电模块的设计对于整个传感器网络至关重要[14]。供电模块在设计时要根据实际情况考虑其储能和供电的方式。考虑到所采用的 NB-IoT 模块耗能极低，因此可以采用电池供电，本文选择 CR123a 锂电池，额定输出电压 3.7 V，容量可达 700 mA.h。

4　系统软件设计

搭载 NB-IOT 的无线传感器完成数据采集后，利用网络通信将数据传输到物联网云平台，远程控制端上位机读取数据后，通过物联网平台发送指令给微处理器，微处理器再将不同的操控指令传输至对应的无线传感器，以实现远程无线控制操作。

无线传感器网络的无线监测数据采集设计平台采用 Arduino 的集成开发环境(Arduino IDE)，这是一款开放源代码的集成开发环境。语法简单且方便，界面简洁，便于程序开发。Arduino IDE 具有很强的兼容性，能够适用在 Windows、Linux 以及 Max OS X 系统中。软件开发设计主要涉及现场无线传感器网络节点网络数据采集设计和监测系统上位机构建设计。

4.1　数据采集流程

为降低能耗，将传感器节点的工作模式选择为中断工作模式。一般情况下处于休眠状态。当设定为指定时间时，程序进入中断模式，启动 CPU 进行数据采集和传输。数据采集过程中，所采集的数据没有超过阈值时，无信息指令发出，当采集的数据到达阈值时，由传感器节点发送信号至监控中心，由监控中心做出指令。这样设计可以节省能耗，延长传感器使用时间，方便经济。无线传感器数据采集流程如图 5 所示。

4.2　上位机系统

上位机界面以 Microsoft Visual Studio(VS)为开发环境，运用 C#语言进行编写。上位机用于对整个监测系统进行数据实时记录、显示、查删等功能的监测和管控。主要有以下功能：

(1)对数据库进行管理，能够使各个模块间的数据能够相互读取。

(2)提供人机交互界面，使用户能有效在用户端进行操作。

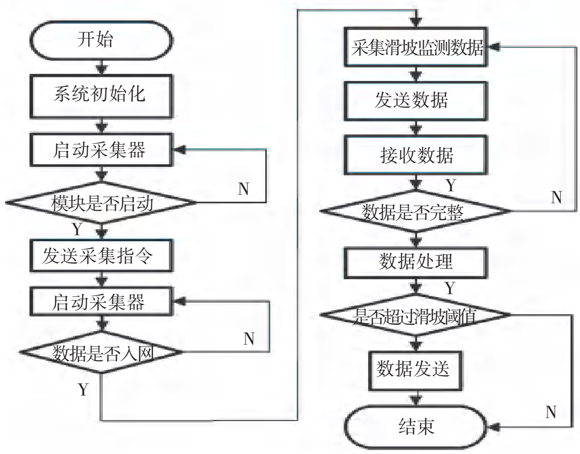

图5 数据采集流程图

Fig. 5 Data acquisition flow chart

(3)数据分析,将所接收到的各个模块的数据进行处理分析,得到对应的数据分析结果。

5 结束语

NB-IoT 作为一项新兴的无线技术广受欢迎,正大量应用于不同的生活场景。本设计方案特色是采用 NB-IoT 无线技术,将其运用到滑坡监测系统的设计中,研究其通过无线传感器网络数据采集和传输,这种方法具有较强的可操作性。通过使用多种互联的传感器组成的数据采集节点对滑坡监测数据进行采集和分析,对可能发生灾害的情况做出判断,能有效减少滑坡灾害对人们生产生活造成的影响。鉴于 NB-IOT 的优点,将在滑坡监测预警中具有很好的适用性以及较强的发展优势,这对于防治滑坡灾害具有重要的参考价值。

参考文献

[1] 彭欢,黄帮芝,杨永. 滑坡监测技术方法研究[J]. 资源环境与工程, 2012, 26(1):45-50.
[2] 杨阳,徐海峰,何勇军,等. 降雨山洪引发滑坡预报预警研究现状及评述[J]. 人民黄河, 2014, 36(8):43-46.
[3] 孙迪科. 基于 NB-IoT 技术的油烟监控系统设计与实现[J]. 移动通信, 2017, 41(22):41-45.
[4] 李国红,贾晓辉,张俊霞. 窄带蜂窝物联网无线空口及演进技术专利现状[J]. 电信网技术, 2017(3):1-5.
[5] 郭华,于胜文. 基于物联网的滑坡自动远程监测预警系统设计[J]. 传感器与微系统, 2015,34(4):75-77,84.
[6] 刘志祖. 基于 NB-iot 的城市照明单灯监控系统设计[J]. 电子世界, 2018(5): 76,78.
[7] 潘甦,陶帅,陈宇青. 一种基于 NB-IoT 节点的多蜂窝网络节点的多蜂窝网络最优选择方法[J]. 中兴通讯技术,2017,23(1):25-28,46.
[8] 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[J]. 计算机应用,2012,32(7):1831-1835.
[9] 王珣,刘勇,李刚,等. 基于西原模型的蠕变型滑坡预警判据及滑坡智能监测预警系统研究[J]. 水利水电技术,2018,49(8):29-38.
[10] 刘娜,胡亮,陈桂斌. 三峡库区小学滑坡自动化监测及结果分析[J]. 测绘地理信息, 2018,43(4):41-44.
[11] 王昆,张伟. 基于无线传感器网络新技术的矿山环境监测系统设计[J]. 中国锰业,2018,36(4):203-206.
[12] 桂维振,辛星,崔有祯. 无线传感器网络在滑坡监测中的应用[J]. 测绘与空间地理信息,2017.06,40(6):124-126.
[13] 刘欢,陈海. 综合监测技术在滑坡预测预报中的应用研究[J]. 交通科技, 2018(3):10-12.
[14] 王能辉,胡国强. 基于 NB-IoT 的农田远程监测系统的设计[J]. 陕西农业科学, 2017, 63(12):82-85.

(上接第 220 页)

参考文献

[1] BHANDWALDAR A, ZADROZNY W. UNCC QA: Biomedical Question Answering system[C]//Proceedings of the 6th BioASQ Workshop A challenge on large - scale biomedical semantic indexing and question answering. 2018: 66-71.
[2] ABDI A, IDRIS N, AHMAD Z. QAPD: an ontology - based question answering system in the physics domain [J]. Soft Computing, 2018, 22(1): 213-230.
[3] Berners - Lee T, Hendler J, Lassila O. The semantic web[J]. Scientific american, 2001, 284(5): 28-37.
[4] POGGI A, LEMBO D, CALVANESE D, et al. Linking data to ontologies[M]//Journal on data semantics X. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008: 133-173.
[5] FAN Y, WANG C, ZHOU G, et al. Dkgbuilder: An architecture for building a domain knowledge graph from scratch [C]// International Conference on Database Systems for Advanced Applications. Springer, Cham, 2017: 663-667.
[6] KLYNE G, CARROLL J J. Resource description framework (RDF): Concepts and abstract syntax[J]. 2006.
[7] ALLAHYARI M, POURIYEH S, ASSEFI M, et al. A brief survey of text mining: Classification, clustering and extraction techniques [J]. arXiv preprint arXiv:1707.02919, 2017.
[8] KUMAR S. A survey of deep learning methods for relation extraction[J]. arXiv preprint arXiv:1705.03645, 2017.
[9] MADAAN A, MITTAL A, RAMAKRISHNAN G, et al. Numerical relation extraction with minimal supervision [C]// Thirtieth AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2016.
[10] BRIN S. Extracting patterns and relations from the world wide web [C]//International Workshop on The World Wide Web and Databases. Springer, Berlin, Heidelberg, 1998: 172-183.
[11] BUNESCU R C, MOONEY R J. A shortest path dependency kernel for relation extraction[C]//Proceedings of the conference on human language technology and empirical methods in natural language processing. Association for Computational Linguistics, 2005: 724-731.
[12] YOUNG T, HAZARIKA D, PORIA S, et al. Recent trends in deep learning based natural language processing [J]. ieee Computational intelligenCe magazine, 2018, 13(3): 55-75.
[13] ZHOU D, ZHONG D, HE Y. Biomedical relation extraction: From binary to complex. Comp. Math. Methods in Medicine, 2014, 2014.