引文格式：王征强. 基于云开发与树莓派变形监测系统的设计实现[J]. 地理空间信息, 2023, 21(6): 108-111. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.06.028

基于云开发与树莓派变形监测系统的设计实现

王征强[1]
（1. 宝鸡市勘察测绘院，陕西 宝鸡 721000）

摘　要：基于当前变形监测网络化、仪器智能化的需求，设计了以“云开发+树莓派”为核心的变形监测系统。通过将GPRS无线传输模块集成到以树莓派为处理单元的变形监测仪中，完成了无线传输模块的变形监测数据接收与调度，同时结合云开发建立云数据库，记录和存储来自监测节点的数据，并实现远程监测数据的回传。该系统将监测设备、控制器、无线传输器集为一体，完成变形监测系统的数据采集、分析、监测与预警，并在变形监测应用过程中实现了监测主体的实时、高效、有序的管理。

关键词：变形监测；树莓派；云开发；数据中台
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）06-0108-04

Design and Implementation of Deformation Monitoring System Based on Cloud Development and Raspberry Pi

WANG Zhengqiang[1]
(1. Baoji Institute of Surveying and Mapping, Baoji 721000, China)

Abstract: Based on the current requirements of networked deformation monitoring and intelligent instrument, we designed a deformation monitoring system based on cloud development and Raspberry Pi. By integrating the GPRS wireless transmission module into the deformation monitor with Raspberry Pi as the processing unit, we completed the deformation monitoring data receiving and scheduling of the wireless transmission module. At the same time, combining with cloud development, we established the cloud database to record and store the data from the monitoring node, and realized the return of remote monitoring data. This system integrates the monitoring equipment, controller and wireless transmitter, completes the data acquisition, analysis, monitoring and early warning of the deformation monitoring system, and realizes the real-time, efficient and orderly management of monitoring subject in the application process of deformation monitoring.

Key words: deformation monitoring, Raspberry Pi, cloud development, data center platform

目前工程的施工安全和运营安全变形监测系统主要分为2种：一种是以测量机器人系统为主，内置变形监测系统，以其高精度、高效率、ATR自动目标识别等优势功能广泛应用于精密工程测量与变形监测[1-5]，虽然这些系统对比于传统全站仪优势较大，但一直存在通用性较差的问题，无法满足特定的监测要求[6]，另外测量机器人在监测过程中的成本相对较高，研发周期较长也会增加监测成本。另一种监测系统根据系统跨架的结构特点来开发，比如依附于PC端或者Android端的变形监测系统较多，并且该类型的监测系统硬件的串口连接常以蓝牙连接的方式进行数据传输来实现变形监测，但因存在跨端问题，此类型监测系统较难实现复杂环境下的工程现场与实时监测。结合上述监测系统的特点，设计实现了一套基于“云开发+树莓派”的变形监测系统，系统方案将树莓派、监测设备以及GPRS模块串联起来，实现软硬件智能化结合，并应用云开发技术解决跨端问题，为监测人员提供实时、准确、安全的监测数据，为管理人员监测任务的全过程提供决策支持。

1　总体设计

针对当前变形监测网络化、监测仪器智能化的要求，设计了基于“云开发+树莓派”的变形监测系统，该系统应用树莓派连接监测设备接口，并结合微信小程序云开发（简称为云开发）实现变形数据的实时监测，变形监测系统的总体框架分为4个主要部分，包括硬件层、数据层、服务层、和应用层，其中硬件层为系统设计的最底层，包括需要数据传输、分

收稿日期：2021-09-01；修回日期：2022-03-15。
项目来源：国家自然科学基金青年基金资助项目（61902313）。
作者简介：王征强（1967—），硕士，高级工程师，研究方向为工程测量和地理信息系统建设，E-mail：1668679063@qq.com。

析以及监控的硬件，其中主要以树莓派4 B和数据传输的GPRS接口设备，数据层以不同类型的数据存储云端数据库，可与其他层交互。服务层以数据中台为依托，在服务器后端实现数据服务和监测信息查询服务。应用层通过微信端获取系统处理与分析后的数据进行可视化展示、查询、管理。

2　软件模块设计

模块设计以树莓派、GPRS、监测设备以及硬件接口之间的模块串联进行设计分析，其中对应的模块主要由监测模块、控制模块与数据传输模块组成。监测模块以全站仪作为监测设备，负责实时采集建筑物或地形的变形数据。控制模块以树莓派作为核心单元，负责发出指令控制监测设备的正常运行，实现监测数据的采集、处理与传输。GPRS集成模块在硬件上以USB接口连接于树莓派，负责完成节点设备与远程监控中心的通信，模块串联设计图如图1所示。

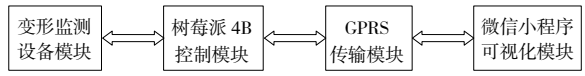


图1　模块串联设计图

在硬件端通过将树莓派接口与监测设备进行端口连接，实现变形监测数据的实时回传，如图2所示，通过监测设备获取到的监测数据，经过树莓派与GPRS模块的处理和分析，将处理后的数据包以无线传输的方式发送到相应的微信端设备，数据在微信端实现可视化效果。

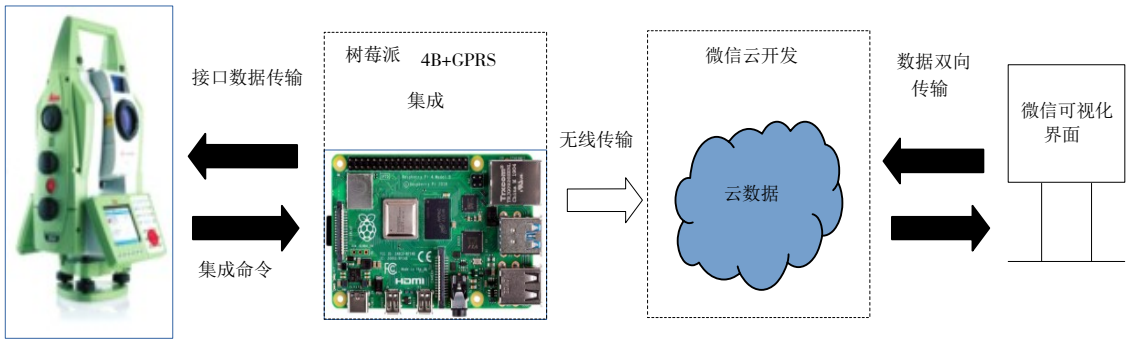


图2　模块设计

2.1　树莓派（Raspberry Pi）

树莓派（Raspberry Pi）作为系统控制与数据处理、传输的核心单元，不但能完成与电脑一样的大部分指令任务，而且它以低能耗、移动便携性、GPIO等特性，能完成普通电脑难以做好的工作任务。本系统采用树莓派4B作为开发使用的基础硬件，该硬件采用系统级芯片搭载统一的基Linux开源操作系统，支持C、C++、Python等语言。该系统提供了软件更新、漏洞修复以及安全维护等方面的支持，为系统长期稳定运行提供了可靠的服务[7-8]，此外，该系统板为构建一个完整的监控系统提供了更多的实现可能，如数据处理、存储、设备配置、实时监控等功能。

2.2　接口连接设计

系统硬件连接的核心包括树莓派、监测设备之间的连接与树莓派、GPRS模块之间的接口连接。就树莓派、监测设备之间的连接而言，一般监测设备实时数据通过接口可无偏差传输至树莓派，但通常连接核心树莓派通用串口被仪器其他组件所占用，使仪器处于工作状态时的数据传输与其他串口组件出现时间冲突现象，为解决占用问题，需要对接口电路串口进行扩展，通过串口扩展可实现设备接口通道节点在无时间冲突情况下完成数据传输。另外对于树莓派、GPRS模块之间的接口连接，可将GPRS模块RS232串口以USB转串口方式连接至树莓派扩展板串口上，串口调试成功后，树莓派即可将内存数据通过串口发送至GPRS模块中心，从而实现树莓派与GPRS模块之间的数据传输。

2.3　数据传输

树莓派、监测设备和GPRS模块之间完成接口连接后，可进行数据传输，首先在变形监测设备端启动监测，监测过程中查看是否出现中断，若出现中断现象需及时重启设备进行监测，在无中断的情况下，监测设备完成一组监测数据后，通过串口连接将数据传输至树莓派内存，在树莓派接收到数据后，由已启动的GPRS模块根据串口接受指令将数据包发送至服务器进行数据解析，解析成功后，数据以JSON格式存储于云数据库中。

2.4　指令控制与数据处理

在监测节点处的软件部分采用QTcreator，以Py-

thon语言为基础，对监测仪器的控制、数据处理与预警等功能。数据处理部分从开始采集对监测点数据通过树莓派终端进行可行性分析，数据格式符合时可进行数据建模分析，数据建模分析一般采用灰色系统模型GM(1,1)、时间序列AR模型、GM和AR混合模型[9]。最后对建模分析的结果进行变形量的统计，这些数据将以数据包的形式经过数据转换发送到云开发数据库，小程序端可通过调用程序来分析阈值信息，若超出阈值范围则存贮报警信息并发送。

2.5 小程序端软件设计

小程序端数据可视化界面按照功能可分为4个主要功能块，分别为项目管理、信息发布、预警管理和信息统计，4个模块主要以节点管理员身份的用户进行管理使用，小程序端的软件设计意在运用监测设备和硬件设备匹配链接后，建立起可视化的小程序软件，将云数据库中的数据以可视化界面的形式将项目信息、数据信息、预警信息以及统计信息实时的显示于微信端界面，便于管理人员对数据进行统筹管理。

3 关键技术

3.1 微信小程序云开发

微信小程序云开发（后简称为云开发）是微信与腾讯云联合开发的原生serverless云服务，终端客户不需要部署、配置或管理服务器服务，代码运行所需要的服务器服务皆由云端平台来提供[10, 15]。云开发移动端Android开发在后台服务，多线程、云存储以及后期推广方面都有很多的优势，最主要的在于微信小程序可在PC端、移动端和平板端进行可视化展示，实现了跨平台可视化显示。

3.2 Lwiring pi库函数

对于树莓派与GPIO的应用开发，一般采用库函数的方式将底层寄存器通过函数进行封装，开发者通过安装相关的库文件完成对相应的GPIO的操作[8]。库函数相较于传统嵌入式开发特点在于其缩短了开发周期，提高了函数库的调用效率，lwiring pi库函数采用C语言为基础的lwiring pi库函数进行开发，内含多种接口如GPIO控制，中断，多线程等。此类接口能有效通过指令进行调用，完成在数据处理和数据建模中的不同指令的分配和控制任务。

3.3 Vue技术框架

Vue技术框架是一套用于构建界面的渐进式JavaScript框架，Vue被设计为自底向上逐层应用[11]。其核心库关注视图层，支持页面的局部刷新，可以向服务器接受和发送所需的数据，可有效减少传输流量，改善web程序的即时响应，支持更多个性化服务，用户从桌面端转移到web端有了更好的体验，一般在控制中心后台采用Vue框架进行设计实现[12]。

3.4 图表可视化技术

3.4.1 Echarts

Echarts是一个Javascript图表库，对于绝大部分浏览器可兼容，内置的函数库可提供生动、直观、可交互、可高度个性化定制的数据可视化图表[13]。不仅在PC端和移动设备上可视化界面流畅显示，而且对于绝大部分H5浏览器界面的显示也无卡顿情况。其底层的依赖轻量级的Canvas库通过简单的命令调用即可高度个性化的定制数据可视化图表，包括一些创新的拖拽重计算、数据视图、值域漫游等特性则大大增强了用户体验，赋予了用户对数据进行挖掘、整合的能力[14]。

3.4.2 Js-xlsx

Js-xlsx是一项在处理表格方面关注度较高的JavaScript库，该函数库支持XLS/XLSX/CSV等多种表格格式，可导出后台批量处理的数据表格。Js-xlsx不同于Echart函数库，在进行表格详细处理时，还涉及到表格内信息的逻辑运算，可进行大部分的参数运算，包括变形监测的数据分析、统计以及模型参数运算，并最终将处理后的数据以指定格式打印，为数据存档提供支持。

4 系统实现

变形监测信息管理系统开发完成后，系统在宝鸡某施工工程监测项目中进行了测试与应用。测试项目中选取两组不同位置的节点进行变形监测，监测设备中的数据通过接口传入树莓派。数据处理后，指令将处理后数据接入GPRS模块，GPRS在接收到数据包后的建立TCP/IP连接，实时将节点监测数据发送到数据库。监控后台终端设备通过上位机软件打开并访问数据库，获取分析数据事件的信息位置以及统计变形类型。

另外云数据库中的数据由微信小程序中的云函数进行调用，在云函数处理完成后，节点管理人员可在微信端可视化界面上获取到相应的数据信息，并在微信端进行显示，相应的人员可根据界面中的要求查询相应的变形数据，使监测变形数据的人员第一时间便捷的了解变形监控节点的相关信息。

5 结 语

基于当前仪器智能化的开发需求，设计了以“云开发+树莓派”为核心的多功能实时变形监测系统。系统通过将变形监测设备、树莓派以及GPRS传输接口有效串联，结合云开发建立云数据库，记录和存储来自监测节点的数据，实现远程实时的变形监测任务。另外在系统后台增加监测节点预警功能，当变形数据超出阈值时监控中心与移动设备可同时接收到信息，经控制中心及时采取应对措施。该技术方案在施工工程应用中进行了应用测试，测试结果表明系统可在数据中台与微信端实现监测信息的及时、高效、有序的智能化管理。

参考文献

[1] 张正禄. 工程测量学(第二版)[M]. 武汉:武汉大学出版社,2013

[2] 李伟,王俊旻,彭子龙. 变形监测数据管理与分析系统设计与实现[J]. 测绘工程,2014,23(7):76-80

[3] 邢卫民,侯金波,张敏,等. 基坑监测信息管理系统的设计与实现[J]. 测绘通报,2012(4):71-74

[4] 余锐. 测量机器人地铁隧道监测程序设计与实现[J]. 工程勘察,2018,46(2):62-66

[5] 崔有祯,李亚静. 徕卡TM30测量机器人三维测量在基坑边坡监测中的应用[J]. 测绘通报,2013(3):75-77

[6] 鲍东东,丁克良,刘亚杰,等. 基于android移动端的自动化变形监测系统的设计与实现[J]. 测绘工程,2020,29(2):36-41

[7] 安一凡,张辉,曾智辉,等. 树莓派在地震观测站智能监控中的应用研究[J]. 科学技术创新,2021(13):96-99

[8] 郭鹏飞,温志渝,周颖,等. 基于树莓派的远程水质监测系统设计[J]. 重庆理工大学学报(自然科学),2018,32(4):186-192

[9] 曹志刚. 建筑物变形监测信息管理系统设计[R]. 2009

[10] 王晓星,黄建昌. 基于微信小程序的应用开发浅析[J]. 信息技术与信息化,2021(3):23-25

[11] 徐鹏涛. 基于Vue的前端开发框架的设计与实现[D]. 济南:山东大学,2020

[12] 麦冬,陈涛,梁宗湾. 轻量级响应式框架Vue. js应用分析[J]. 信息与电脑(理论版),2017,37(7):58-59

[13] 蒋丹,马丽萍. 基于Web的变形监测系统设计[J]. 测绘与空间地理信息,2020,45(3):213-216

[14] 遇炳昕,任光辉,吴金栋,等. 基于ECharts的高校实验室使用效益评估系统设计[J]. 实验技术与管理,2020,37(5):241-247

[15] 董傲通,文俊浩. 基于小程序·云开发的实验室设备管理系统的设计与实现[J]. 实验技术与管理,2019,36(10):282-284

(上接第95页)

有财产。

4.5 多源数据

针对落宗困难的问题，福清市采用了地理编码索引和多源数据比对的方法[7]，地理编码通过梳理宗地的地号和段号生成。在落宗定位平台的基础上，将正射影像或者数字线划图、现状宗地权利人信息、地理编码三者相互比对，核实发证落宗的准确性。在无法内业比对位置的情况下，前往现场由土地管理员辅助指认。该方案切实加快落宗效率，为发证夯实了数据基础。

5 结 语

农房确权登记发证工作是一项集政策引导、技术难度大、实际情况复杂的长期性工作，可以有效地促进社会和谐稳定发展，解决邻里纠纷，保障广大人民群众的私有财产不受侵犯。因此以福清市农房确权登记发证工作为基点，介绍了确权登记发证的流程、地方的确权登记发证方案和确权材料整备。通过对确权登记发证过程中的问题进行了剖析并提出了对应的解决方案，为其他地区的确权登记发证工作提供了一定的参考。

参考文献

[1] 简煊祥. 福清市农房地一体调查工作实践与探索[J]. 地理空间信息,2021,19(10):107-109

[2] 王珊珊. 丰县农村房地一体不动产登记管理问题及对策研究[D]. 徐州:中国矿业大学,2020

[3] 赵金梅. 农村宅基地确权登记发证工作的经验总结[J]. 农业开发与装备,2019(6):21-22

[4] 赵玉娟,安守林. 宅基地登记发证的相关政策把握[J]. 中国土地,2013(5):34-35

[5] 姚斌. 农房地一体不动产登记发证工作的实践与探索[J]. 中小企业管理与科技(中旬刊),2019(4):112-113

[6] 杨璐璐. 农村宅基地“一户多宅”诱因与实态:闽省个案[J]. 改革,2016(1):95-104