

Design of Cross-Platform Fluid Leakage Monitoring System Based on Qt*

LIU Yanfang^{1,2*}, HOU Yulong^{1,2}, LI Yingjie^{1,2}, LIU Hongyi^{1,2}

(1. Key Laboratory of Instrument Science and Dynamic Measurement of Ministry of Education,
North University of China, Taiyuan Shanxi 030051, China;

2. National Key Laboratory for Electronic Measurement Technology, North University of China, Taiyuan Shanxi 030051, China)

Abstract: In view of the need of liquid leakage monitoring technology, a kind of real-time monitoring of pipeline leakage is designed, and the results are displayed on the interface of the upper computer, so that users can always understand the leakage state of the pipeline. The traditional liquid leakage monitoring system is based on the upper computer software developed on Windows system, having the problem of being inconvenient to carry hardware in some scenarios. Therefore, according to the different use scenarios of the monitoring system, based on Qt cross-platform characteristics, the host computer software of a fluid leakage monitoring system is developed, the software can be used not only in Windows system, but also in Android mobile devices. Experiments show that the system can work stably and has the ability to detect and locate leakage signals. The upper computer software for different platforms does not need repeated development, which effectively reduces the cost. At the same time, the upper computer software on different platforms is used for different scenarios, which greatly reduces the workload of users.

Key words: liquid leakage monitoring; real time; Qt; cross-platform

EEACC: 7220; 7230E

doi: 10.3969/j.issn.1005-9490.2024.01.044

基于 Qt 的跨平台液漏监测系统设计*

刘艳芳^{1,2*}, 侯钰龙^{1,2}, 李莹洁^{1,2}, 刘宏艺^{1,2}

(1. 中北大学仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 山西 太原 030051;

2. 电子测试技术国防科技重点实验室, 山西 太原 030051)

摘要: 针对液漏监测技术的需要, 设计一种能够实时监测管道泄漏, 并将结果显示到上位机界面上的测漏监测系统, 以使用户能够时刻了解管道的泄漏状态。传统的液漏监测系统都是采用基于 Windows 系统开发的上位机软件, 对某些场景存在硬件携带不方便的问题。因此根据该监测系统使用场景的不同, 基于 Qt 的跨平台特性开发了一款液漏监测系统的上位机软件, 该软件不仅可以在 Windows 系统中使用, 也可在 Android 移动设备中使用。实验表明, 系统能够稳定工作, 有检测和定位泄露信号的能力, 上位机软件针对不同的平台不需重复开发, 有效地降低了成本, 同时针对不同的场景使用不同平台上的上位机软件, 很大程度上减少了用户的工作量。

关键词: 液漏监测; 实时; Qt; 跨平台

中图分类号: TP274

文献标识码: A

文章编号: 1005-9490(2024)01-0274-05

近年来, 由于泄漏的液体对设备的危害越来越大, 液漏检测设备广泛应用于石油化工、半导体厂房、通信机房、数据中心、电力设施、图书馆等一切需要防水的场所^[1]。通常用于检测漏液的方法有负压波法^[2]、应力波检测法^[3]、光纤检测法^[4]等。目前, 光纤检测具有灵敏度高且不易受影响的优点, 配合上位机软件监测, 不仅可以实时获取漏点信息, 还能够实现分布式或准分布式漏点定位, 具有广阔的科研前景, 目前已经成为了国内外热点研究方向^[5]。

根据应用场所的差异性, 液漏监测系统对上位机软件的安装平台, 也有不同的需求。当液漏监测装置安装在固定的厂房时, 使用电脑安装上位机软件更为便捷; 当液漏监测装置安装在野外时, 硬件设备携带不方便, 使用手机、平板等移动设备做为上位机安装平台更为方便^[6]。Qt creator 是跨平台的 C++ 图形用户界面应用程序开发框架, 为 GUI 图形界面的开发提供可视化环境, 保证最优的跨平台界面反馈和设计^[7]。支持 Windows、Linux、iOS 和 Android 等多个平台编译, 开发一次即可在多个平台

项目来源: 山西省自然科学基金项目(20210302124211)

收稿日期: 2022-06-22

修改日期: 2022-08-15

使用,在满足开发需求的同时,大大地节省了开发成本。

本文利用光纤传感系统进行液漏检测,使用上位机软件对液漏状态进行实时监测。该上位机软件既可以在 Windows 系统中使用,也可在 Android 移动设备中使用,减少了开发成本,同时解决了液漏监测系统安装在野外时硬件携带不方便等问题,提供了一种跨平台的监测系统。

1 系统整体方案设计

液漏监测系统主要包括传感带、变换器、上位机软件三部分。传感带由传感探针组成,传感探针基于光纤的侧向耦合效应来实现对每个点位的漏点监测,变换器中的采集设备负责采集传感带的数据进行编帧后上传,上位机软件接收变换器编帧后的数据。系统总体方案如图 1 所示。

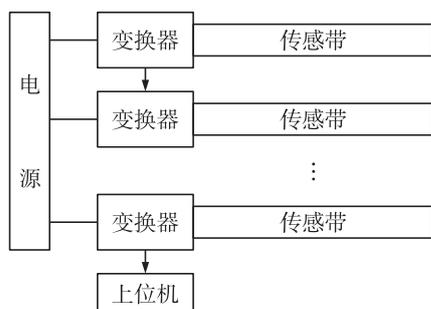


图 1 系统整体方案

1.1 漏液检测原理

如图 2 所示,传感带部分由 LED 灯带和具有侧向耦合结构的光纤组成。POF 光纤是一种裸光纤,只有包层和纤芯,一般情况下外部光源很难直接入射进光纤^[8]。在光纤表层设计侧向耦合结构,LED 灯带的光源会通过耦合结构进入光纤。而发生漏液事件后,LED 灯带和传感带的侧向耦合结构间的介质由空气变成漏液,漏液会改变耦合结构处的折射率,从而使变换器中的检测单元检测到光的强度发生变化,实现对漏液事件的实时监测^[9]。

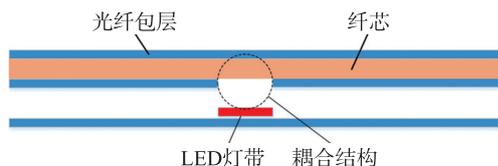


图 2 传感器设计模型

1.2 漏点定位原理

当 LED 灯带以一定时序逐一扫描传感带上的点位时,一系列有序的光强脉冲传给变换器的接收模块,LED 灯带的逐一扫描与光强脉冲一一对应,

传感带上的每一个传感点对应不同的光强脉冲^[10]。LED 灯带采用顺序扫描模式,变换器将依次扫描到的传感点位的光强信号进行编帧后发送到上位机软件中,上位机软件进行实时数据解码,得到对应点位的光强数据。

在未发生漏液时,变换器的探测端传回的光强序列随着被测点到变换器距离的增大而减小。当出现漏液时,漏液改变了 LED 灯带和传感带上耦合结构间的折射率,所以探测端测到该点的光强发生突变,上位机软件通过实时分析传回数据的变化,从而判断出对应传感带上哪一个点位发生漏液,及时进行相应的提示。

2 上位机软件设计

基于漏液监测系统使用场景的特殊性,开发了跨平台的上位机软件,使得该软件既可在 Windows 平台使用,也可在安卓等移动设备中使用。

采用 RS422 串口和蓝牙两种方式与液漏监测系统通信。其主要流程为:连接设备、采集基准值、设定传感器阈值、采集值与基准值之差与阈值做比较、漏液状态指示灯显示。结合上述分析,将上位机软件的功能主要分为:连接设备、基准标定、阈值确定和测点扫描。上位机软件操作的程序流程如图 3 所示。

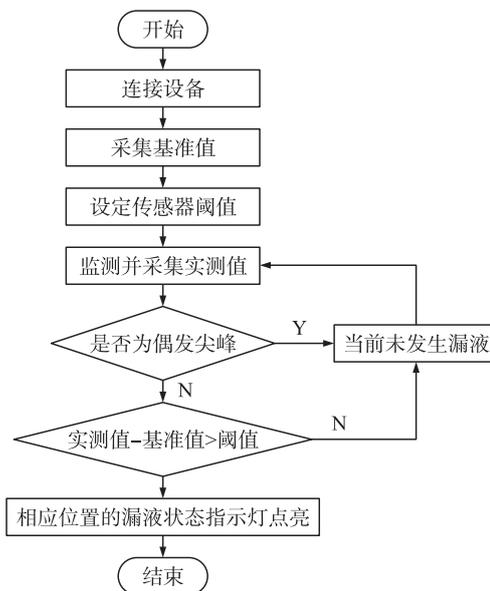


图 3 程序流程图

2.1 跨平台介绍

跨平台程序设计的难点在于兼容不同平台的进度调度、消息处理和文件处理等操作系统内核模块^[11]。Qt 对支撑平台的核心模块做了简化抽象处理,采用这种方式可以以较小的代价兼容所有

平台。

Java 的跨平台特性是通过 Java 虚拟机实现的,Java 源码编译后会生成字节码文件,Java 虚拟机将字节码文件翻译成特定平台下的机器码然后运行。只要在不同平台上安装对应的 Java 虚拟机,就可以运行相应的 Java 程序。但是 Java 为此付出了运行效率的代价,一般程序直接通过操作系统由 CPU 执行,而 Java 语言需要先通过 JVM 再映射到操作系统里,最后由 CPU 执行,执行过程多了一步,从而导致运行效率降低。图 4 为 Java 跨平台的实现原理。

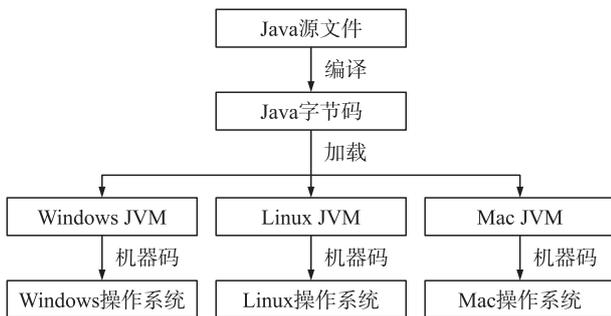


图 4 Java 跨平台的实现原理

Qt 针对每一种操作系统的平台,都有一套对应的底层类库,且接口是完全一致的,因此,在 Qt 库上开发的程序,在添加相应的库之后,就可以直接编译运行。Qt 跨平台的实现原理如图 5 所示。

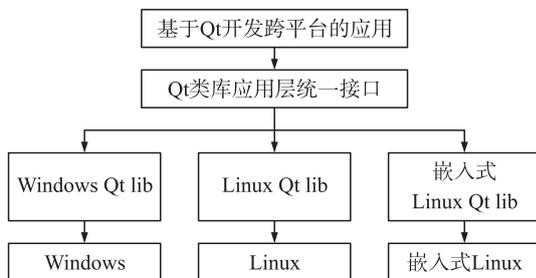


图 5 Qt 跨平台的实现原理

2.2 连接设备

上位机软件通过 RS422 串口和蓝牙两种方式与液漏监测系统通信,从而接收传感系统采集的液漏数据,然后根据通信协议规定的帧结构进行解包分析,根据数据分析结果在上位机软件界面上对相应的液漏点位进行实时提示。

2.2.1 串口通信

上位机软件通过 RS422 串口可与液漏传感器部件通信,以保证数据传输的稳定性。使用 Qt 自带的 QSerialPort 类实现串口通信,通过该类访问串口,在 pro 文件中添加 Qt += serialport 语句,创建 QSerialPort 类对象,查找可用串口,然后对波特率、数据位、检验位、停止位等参数进行设置^[12]。

2.2.2 蓝牙通信

上位机也可通过蓝牙与液漏传感系统进行通信,蓝牙的工作频率为 2.4 GHz,有效范围 10 m,具有低成本、低功耗、高速率、方便快捷的优点^[13]。使用 Qt 蓝牙模块,在 pro 文件中添加 Qt += Bluetooth,通过 QBluetoothDeviceDiscoveryAgent 类来对周围蓝牙进行搜寻,通过 QBluetoothLocalDevice 类来打开漏液监测设备的蓝牙,通过 QBluetoothSocket 类进行蓝牙配对连接和数据传输,通过调用 QBluetoothSocket 中的 getInputStream 来获得输入流,通过调用 QBluetoothSocket 中的 getOutputStream 来获得输出流。

2.3 基准标定

对应点位的基准值是该点位在未发生漏液时系统采集到的光强值。在系统开始工作 30s 后进行基准值标定,分别计算出每个点位在无漏液状态下前 10 次测量的平均值作为基准值。当上位机开始测点扫描,如果某点位实测值和基准值的差值大于阈值,则可认为该点位发生漏液。

2.4 阈值确定

上位机软件通过设定合理的阈值来判断漏液事件的发生。将多次测试的漏液状态数据 M 与基准值 X 做差,求其平均值,然后取平均值的一半作为阈值 R ,阈值的求取满足式(1):

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (M_i - X_i)}{2n} \quad (1)$$

2.5 测点扫描

2.5.1 滤波算法的实现

漏液监测系统是实时监测,漏液传感信号实时向上位机软件传输。但在实际测量中发现,在未发生漏液时,芯片其他因素的影响会出现偶发尖峰,尖峰脉冲的值与基准值的差大于阈值,使该点误报出现漏液,所以要滤除无效的尖峰脉冲^[14]。单纯使用滤波算法会连正确的漏液信号也滤除掉,因此设计的算法要在滤除尖峰脉冲的同时将有用信号保留。

通过多次实验得知,偶发尖峰与正常的漏液信号在持续时间上有着明显区别,尖峰脉冲的信号快速闪烁一次后会马上回到正常,而漏液信号会持续好几个周期,所以该滤波算法通过检测信号的脉冲宽度来滤掉尖峰脉冲^[15]。滤波算法设计框图如图 6 所示,首先 ADC 在光源稳定的 20 ms 之内采集稳定的信号,将采集值平均后,将平均值送入提前开辟好的数组缓存区中,连续将同一个点位采集的三个周期数值存入缓存区,由于偶发脉冲的特点是一般持续一个周期,所以意味着 a, b, c 中会存在一个

值明显区别于其他两个,然后对三个数相减取绝对值,然后将差值 t, j, k 依次存入另一个缓存区,求出三个差值的最小值,然后求出最小差值对应的两个数的平均值做为采集值 s 。

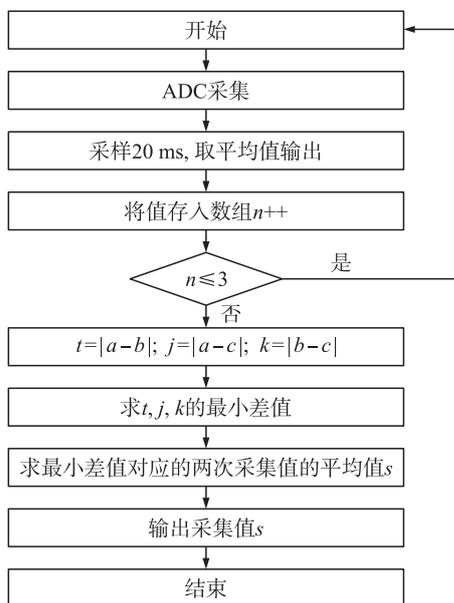


图 6 滤波算法框图

2.5.2 测点扫描功能实现

漏液监测系统是实时监测系统,当有点位发生漏液后,系统的监测值会发生突变。上位机软件通过软件布尔灯来实现漏液信号的提示,每一个测量点位用一个软件布尔灯来替代,亮表示漏液事件发生,暗表示事件没有发生,直观明了。

3 上位机软件测试

该系统上位机软件的设计理念是将液漏传感系统采集的数据进行实时监测,用户通过上位机软件界面可以实时观察系统的漏液状态。上位机软件界面由设备连接界面、基准值设定界面、测点扫描界面等组成。上位机软件在收到回传的数据后,将数据按照帧结构解包,读取传感探针的位置信息,实时地对界面上相应点位的布尔灯进行更新,上位机软件的界面如图 7 所示。

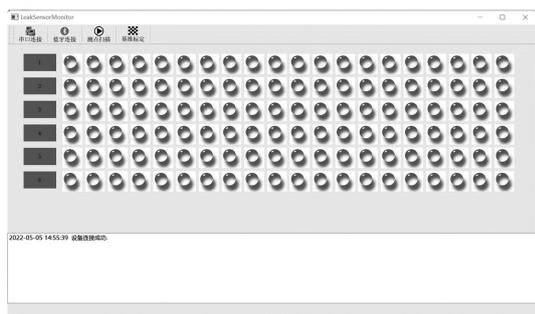


图 7 上位机软件界面图

3.1 上位机软件在 Windows 系统上的测试

将安装有该上位机软件的笔记本电脑与液漏监测系统按图 8 所示搭建,软件界面中布尔灯点亮代表该点的传感点位发生漏液。通过对系统的各个传感点位进行人工加注水等常用液体进行大量模拟漏液测试,实验表明,该上位机软件在 Windows 系统上可以正常工作。

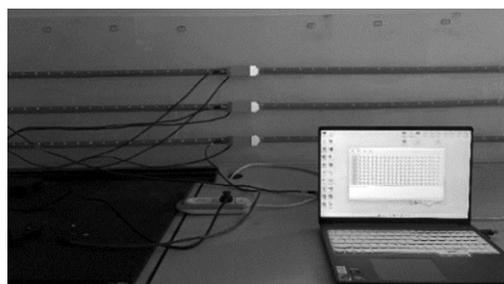


图 8 漏点监测

当在第二条传感带第四个点位、第四条传感带的第八个点位和第五条传感带的第十五个点位处分别都滴上液体时,可以看到上位机软件界面上相应点位的布尔灯点亮,同时在状态提示框提示相应的点位发生漏液事件。实验结果如图 9 所示。

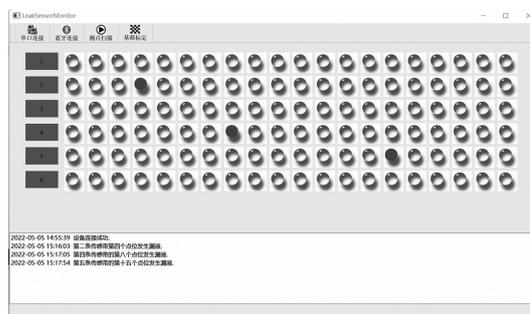


图 9 Windows 系统实验结果

3.2 上位机软件在安卓移动设备上的测试

将安装有该上位机软件的安卓移动设备做为监测平台,用蓝牙的方式将两部分连接。如图 10 所示,对相应的点位进行注水,移动设备上位机软件的界面上相应的点位也会进行提示。在安卓手机、平板等移动设备中都可以正常使用,极大地方便了工作人员。

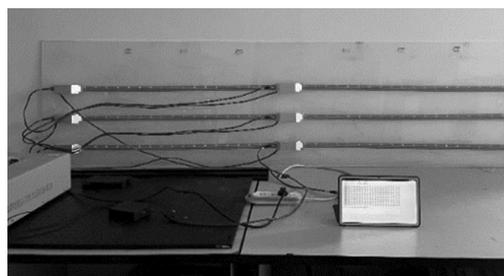


图 10 漏点监测(安卓系统)

当在第二条传感带第三个点位、第三条传感带的第十二个点位和第四条传感带的第七个点位处分别都滴上液体时,可以看到上位机软件界面上相应点位的布尔灯点亮,同时在状态提示框提示相应的点位发生漏液事件。实验结果如图 11 所示。

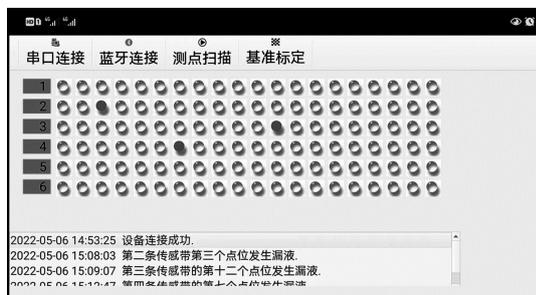


图 11 Android 移动设备实验结果

通过以上测试,证明该软件在不同平台上都可以实现数据通信、数据处理和数据显示功能,人机交互性良好,可以满足现场需要。同时该软件在不同版本的 Windows 系统和不同型号的安卓移动设备中均能正常运行,说明其通用性和兼容性良好。

4 结论

针对液漏监测系统普遍采用 Windows 系统开发的上位机软件,在某些场景存在硬件携带不方便的问题,本文利用 Qt 的跨平台特性设计了相应的上位机软件,该软件既可以在 Windows 系统上运行,也可在 Android 移动设备上运行,实现了一次开发就可以跨平台使用的功能,满足了不同背景下对上位机软件的平台需求。

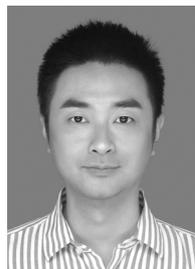
参考文献:

[1] 张樱子. 基于塑料光纤侧面耦合效应的液漏传感关键技术研究[D]. 太原:中北大学,2018.



刘艳芳(1996—),硕士研究生,研究方向为光纤传感与系统、上位机软件开发,651356141@qq.com;

- [2] 廉小亲,苏维均,田黎明. 基于负压波法的输油管道泄漏检测定位系统[J]. 计算机工程与设计,2007,28(9):2199-2202.
- [3] 孙焕奕. 基于应力波检测技术的垃圾填埋场渗漏定位方法研究[D]. 河北工程大学,2020.
- [4] 庄须叶,王浚璞,邓勇刚,等. 光纤传感技术在管道泄漏检测中的应用与进展[J]. 光学技术,2011,37(5):543-550.
- [5] 张智娟,郭文翰,徐志钮,等. 基于 Φ -OTDR的光纤传感技术原理及其应用现状[J]. 半导体光电,2019,40(1):9-16.
- [6] 张钰莹,高春雷,周佳亮. 基于安卓系统的道岔尖轨降低值测量仪上位机软件设计[J]. 铁道建筑,2021,61(5):147-150.
- [7] 陈典,郭健忠,谢斌,等. 基于Qt技术的汽车显示系统的设计与实现[J]. 电子器件,2019,42(2):530-534.
- [8] 苗圃. 塑料光纤短距高速通信相关技术研究[D]. 南京:东南大学,2015.
- [9] 侯钰龙,姚嘉迪,邱婉琳,等. 基于光纤多源扫描定位的准分布式漏水传感器[J]. 光学技术,2020,46(5):557-561.
- [10] 高小龙,王刚,翟成瑞,等. 基于侧向耦合结构的准分布式光纤液漏传感器[J]. 光学技术,2019,45(4):453-457.
- [11] 王谣. 基于Qt的跨平台天文图像采集系统的研究[D]. 昆明:昆明理工大学,2020.
- [12] 黄邑桑. 基于Qt的微波辐射计数据采集系统上位机软件设计[J]. 电子设计工程,2018,26(24):101-106.
- [13] 梁子财. 基于Qt on Android的编码器手机操作软件开发[J]. 科技视界,2019(23):123-124,112.
- [14] 张峰,崔永俊,侯钰龙. 基于STM32的光纤侧向耦合漏液监测系统设计[J]. 电子测量技术,2021,44(10):156-161.
- [15] 高小龙. 基于光纤侧向耦合效应的漏水监测系统关键技术研究[D]. 太原:中北大学,2020.



侯钰龙(1984—),博士,高级实验师,主要从事光纤传感研究,houyulong@nuc.edu.cn。