用于多组分激光气体检测的网络化数据处理系统研制

王 彪[1],李奥奇[1,2],程林祥[1,3],俞泳波[1,2],戴童欣[1,2],黄 硕[1,3],连厚泉[1,2]
[1]中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,长春 130033;
[2]中国科学技术大学,合肥 230026;
[3]中国科学院大学,北京 100049

摘 要:针对多组分 TDLAS 激光气体检测系统的需求,本文设计了一种用于多组分气体(CO_2, CO, CH_4)检测的网络化数据处理系统。基于 IMX6 和嵌入式 Linux 系统开发数据处理程序,获取 TDLAS 检测模块的多组分气体检测数据并对其进行分类,分别计算出各成分气体的浓度用于显示和用户交互,同时将检测结果通过 TCP 协议发送到 PC 端的服务器程序中实现数据网络化,便于数据存储和后续处理。本系统集成度高,体积小,便于移动布置,可以推广到各种需要进行数据处理的 TDLAS 气体检测系统中。

关键词: 多组分气体; TDLAS; 数据处理; 服务器
中图分类号: TN249 **文献标识码**: A **doi**: 10.14016/j.cnki.jgzz.2020.12.010

Development of network data-processing system for multi-component gas laser detection system

WANG Biao[1], LI Aoqi[1,2], CHENG Linxiang[1,3], YU Yongbo[1,2], DAI Tongxin[1,2], HUANG Shuo[1,3], LIAN Houquan[1,2]
[1] *Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun* 130033, *China*;
[2] *University of Science and Technology of China, Hefei* 230026, *China*;
[3] *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, *China*

Abstract: Base on the demand of multi-component laser gas detection system, a network data-processing system for multi-component gas (CO_2, CO, CH_4) detection is designed in this paper. Base on IMX6 chip and embedded Linux to design data-processing program, get data from TDLAS detection modules and class it, using it to compute gas concentration of each gas for showing and user interaction, in the meantime, sending result to server in PC by TCP to network data, it can bring benefit for storage and processing. Our system has high integration, small volume, can be assigned in mobile, and it can be also applied to other TDLAS gas detection system with the demand of data-processing.

Key words: multi-component gas; TDLAS; data-processing; server

1 引言

多组分气体检测是气体检测领域十分重要的组成部分,广泛应用于环境检测,工业生产等领域。传统的多组分气体检测方法主要采用传感器阵列来实现,这种方法结构相对复杂,无法建立精确的数据处理模型。近年来,TDLAS 激光检测技术在多组分气体检测中得到广泛应用,该方法具有选择性强,灵敏度高,检测快速等优点,且检测装置集成度高,易于小型化,便于布置在各种应用场合。

TDLAS 检测系统通过测量不同气体对特定频率激光的选择性吸收情况来检测气体浓度。检测系统工作时,需要对采集到的二次谐波信号进行反演计算得到气体浓度,同时为了提升检测精度,需要测量检测环境温度,气压等信息[1-5]。为了满足检测系统的需求,本文设计了该网络化数据处理系统,该系统基于嵌入式设备和服务器进行开发,具有集成小型化,网络化等特点,便于系统的移动布置和检测结果的存储及处理[6-10]。

收稿日期: 2020-06-25
基金项目: 国家重大科研仪器设备研制项目(No. 61727822)
作者简介: 王彪(1981-) ,男,博士,副研究员,主要从事嵌入式系统软硬件方面研究。E-mail: wb5996@163.com

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2　数据处理系统总体框图

本文设计的处理系统主要由以下几个部分组成: IMX6+Linux 设备平台,TDLAS 检测模块数据采集部分,数据处理程序(数据分类,数据处理,结果显示) ,数据网络传输和服务器存储程序。系统总体框图如图 1 所示。

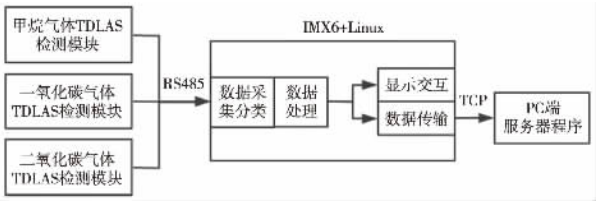

图 1　系统总体框图

多组 TDLAS 检测模块采集的气体检测数据和环境信息共用一路 RS485 接口发送至处理程序,数据处理程序采用分时发送查询指令的方式获取不同检测模块的数据,避免数据发送冲突,接收到数据后,处理程序对数据进行划分,得到各种气体对应的检测数据,对数据进行相应处理计算出各组分气体的浓度信息。得到检测结果后,将其显示在界面上用于用户观察和人机交互,同时将其通过网络发送至服务器程序,服务器程序会对接收到的数据进行相应的处理和存储,便于数据的后续使用。

3　系统各部分设计

3. 1　TDLAS 检测模块数据发送

系统需要获取气体检测模块的检测数据和环境温度,气压用于结果的计算,三组 TDLAS 检测模块会采集检测过程中生成的二次谐波信号和环境信息发送到处理程序,检测模块与处理程序之间使用 RS485 接口进行通信,RS485 接口支持从设备并联,可以实现数据的长距离传输同时适应于各种复杂环境。处理程序分时发送查询命令到不同的检测模块来获取检测数据,避免了数据传输冲突,下表 1 显示了不同检测模块发送的数据构成,数据主要包括以下几部分: 数据头,检测模块地址,二次谐波信号,环境温度,环境气压,校验和(除头尾外各字节异或值) ,数据尾[11] 。

3. 2　IMX6 设备及嵌入式 Linux 介绍

数据处理程序基于 IMX6 及嵌入式 Linux 平台进行开发,本设计采用 iMX6ULL 主控芯片,该芯片满足工业级温度要求,具备网络,RS485 等接口,具有广泛的应用场景。采用嵌入式 Linux 可以方便程序的开发和程序应用的功能扩展。本设计采用该平台可以实现系统的移动布置和集成化[12] 。

表 1　检测模块发送数据构成

数据构成	功能
0xBB 0x01 (2 字节谐波信号) (2 字节温度) (2 字节气压) (校验和) 0xEE	CH_4 检测模块数据
0xBB 0x02 (2 字节谐波信号) (2 字节温度) (2 字节气压) (校验和) 0xEE	CO_2 检测模块数据
0xBB 0x03 (2 字节谐波信号) (2 字节温度) (2 字节气压) (校验和) 0xEE	CO 检测模块数据

图 2　iMX6 开发平台

3. 3　数据处理程序

本系统的数据处理程序采用 Qt5 进行开发,Qt 是跨平台的开发工具,十分适合本设计的需求。程序主要包括以下几个部分: 数据获取模块,数据处理模块,数据显示模块[13] 。

3. 3. 1　数据获取模块

处理程序通过发送查询命令获取检测模块的数据,查询命令包含模块的地址信息,对应的模块收到查询命令后,发送检测数据到处理程序。获取检测数据后,程序会对检测数据进行分类,得到不同气体对应的检测数据,用于后续使用。下表显示了查询命令构成。

表 2　处理程序查询命令

命令构成	功能
0xBB 0x01 0x01 0xEE	获取 CH_4 检测模块数据
0xBB 0x02 0x02 0xEE	获取 CO_2 检测模块数据
0xBB 0x03 0x03 0xEE	获取 CO 检测模块数据

3. 3. 2　数据处理模块

根据各组分气体检测数据中的二次谐波信号和检测环境温度,气压等信息可以反演计算出对应的气体浓度,根据 TDLAS 检测原理,在一定条件下,二次谐波信号和气体浓度成线性关系,可以根据提前测量的标准浓度气体数据得到线性关系函数,进而计算出被测气体浓度。

3. 3. 3　数据显示程序

使用 Qt 搭建程序显示界面,用于检测数据的观察和用户交互,界面主要包含以下部分: 串口及采样设置部分,服务器地址设置及网络连接开关,多组分

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

气体浓度显示部分。程序工作时如图 3 所示。

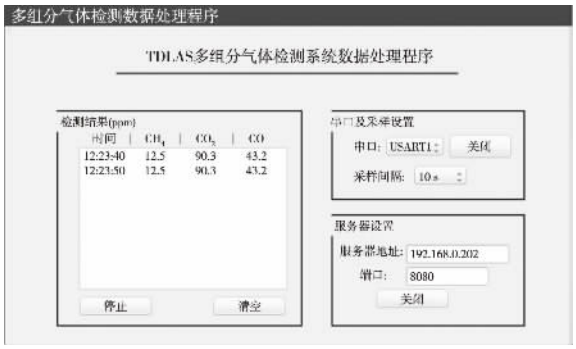

图 3 数据处理程序

3.4 数据传输和存储

经过数据处理得到的各组分气体检测数据会发送到服务器端用于数据的存储和后续处理,采用该方法可以方便检测结果的后续使用。数据处理程序采用 TCP 网络协议将检测结果发送到服务端,TCP 协议是可靠的网络连接协议,可以保证数据完整性,在 PC 端使用 Qt 开发 TCP 服务器程序用于检测数据的接收和处理,同时将各组分气体数据保存到对应的文件,用于后续处理[14-15]。服务器程序如图 4 所示。

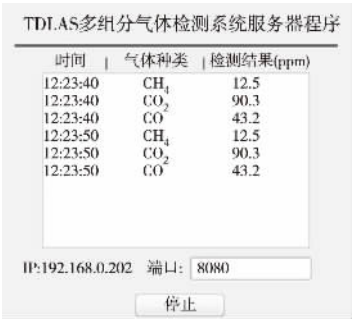

图 4 服务器程序

4 实验测试

本系统采用嵌入式设备作为数据处理程序的平台,可以实现系统的集成小型化,便于系统功能的扩展和移动布置,方便了使用。同时将检测数据进行网络化处理,便于数据的存储,获取和后续的处理过程。

系统实际运行时,通过 RS485 接口获取多组检测模块的检测数据,经过数据分类和处理后,计算出各组分气体的浓度,并将检测数据进行显示,方便用户使用。与服务器连接后,数据处理程序会将检测结果发送到服务器端,服务器端接收到数据后,会对数据进行相应的处理和存储。经实际测试显示,系统各部分工作稳定,可以按照预先设置,获取各检测模块数据,实现多组分气体浓度的计算以及检测结果的显示和网络化处理过程,达到了预期的效果。

5 结论

针对多组分 TDLAS 气体检测系统的需求,基于 IMX6 和嵌入式 Linux 系统开发数据处理程序,获取 TDLAS 检测模块采集的多组分气体检测数据并对数据进行分类,分别计算出各成分气体的浓度用于显示和用户交互,同时将检测结果通过 TCP 协议发送到 PC 端的服务器程序中实现数据网络化,便于检测结果的存储和后续处理。本系统集成度高,体积小,便于移动布置,可以推广到各种需要进行数据处理的 TDLAS 气体检测系统中。

参考文献

[1] 王岳,王勇,李占国,等. 全息光刻制备 808 nm 腔面光栅半导体激光器[J]. 发光学报,2019,40(9):1130-1135.
[2] 胡洋,尹尚先. 矿井瓦斯/空气预混气体爆燃的激光纹影测试系统设计[J]. 光学精密工程,2019,27(5):1045-1051.
[3] 赵小丽,张钰民,庄炜,等. 级联光栅结合 Sagnac 环的可调谐光纤激光器[J]. 发光学报, 2019,40(3):357-365.
[4] 秦龙,高玉平,王文秀,等. 差分吸收激光雷达用于探测天津市夏秋季臭氧垂直分布特征[J]. 光学精密工程,2019,27(8):1697-1703.
[5] 苑隆寅,马光明. 用于多组分红外气体检测的多支路 QCL 驱动电源[J]. 电子器件,2020,043(001):229-233.
[6] 单肖宁,张晶,韩金樑,等. 基于周期性电极的窄条单纵模 674nm 半导体激光器[J]. 发光学报,2019,40(11):1428-1433.
[7] 郭松杰,刘建鑫,周月婷,等. 基于电流扫描波长响应函数直接确定正弦波扫描波长调制光谱中 DFB 激光器的相对波长响应[J]. 光学精密工程,2019,27(11):2281-2288.
[8] 林杰,刘星元,曲松楠. 光泵浦低阈值聚合物激光器[J]. 发光学报,2019,40(11):1434-1438.
[9] 王翔,王晓荣,刘超,等. 基于 STM32F4 工业在线气体检测仪的研究与应用[J]. 仪表技术与传感器,2019,5:38-42.
[10] 贾良权,祁亨年,胡文军,等. 种子呼吸 CO_2 浓度检测系统[J]. 光学精密工程,2019,27(6):1397-1404.
[11] 李白萍,张毅龙. RS485/422 磁隔离技术与应用设计[J]. 陕西理工大学学报(自然科学版),2014,000(002):15-18.
[12] 刘金权. 借助 iMX6 打造新一代工业互联网智能核心[J]. 物联网技术,2013,03:6-7.
[13] 倪红波,周兴社,谷建华. 基于 QT/E 的嵌入式图形支持系统[J]. 计算机工程,2007,33(020):256-258.
[14] 何军红,张迪,张力,等. 基于 TCP/IP 协议的异构网络的数据采集[J]. 工业仪表与自动化装置,2019,000(003):77-80,110.
[15] 邢颖,黄启俊,易凡,等. 基于 Reactor 模式的高性能反向代理服务器设计[J]. 自动化技术与应用,2019,38(03):47-52.

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net