

基于 MEMS 技术的移动危化品 远程监测系统设计

苑宇坤^{1,2}, 谭秋林^{1,2}, 杨明亮^{1,2}, 张宇³

(1. 中北大学 电子测试技术国家重点实验室, 太原 030051; 2. 中北大学 仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 太原 030051; 3. 中国航天电子技术研究院 卫星导航系统工程中心, 北京 100094)

摘要: 目前危化品运输监测体系不够完善, 同时事故的预防和处理对人力依赖过度, 监测效果不尽如人意; 为了最大程度上减轻危化品泄露事故危害, 设计了一种基于无线通讯和卫星通讯系统的移动危化品远程监测系统; 利用车体不同位置安放的各种 MEMS 传感器及时地获取运输信息 (如气体泄漏情况、速度、加速度、温度、湿度及倾角等), 采用 ZigBee 技术传输至移动端中央处理器, 并通过 GSM 向监控端进行反馈, 从而对监测到的异常情况做出迅速反应; 经过实际测试, 测试结果满足精度要求, 有效的解决了移动危化品的在线监测和定位。

关键词: 危化品运输; 无线通讯; 远程监测系统; 数据采集

Design on Remote Monitoring System for Mobile Hazardous Chemicals Based on MEMS Technology

Yuan Yukun^{1,2}, Tan Qiulin^{1,2}, Yang Mingliang^{1,2}, Zhang Yu³

(1. National Key Laboratory for Electronic Measurement and Technology, North University of China, Taiyuan 030051, China; 2. Key Laboratory of Instrumentation Science and Dynamic Measurement of Ministry of Education, North University of China, Taiyuan 030051, China; 3. China Academy of Space Electronic Technology of Satellite Navigation Systems Engineering Center, Beijing 100094, China)

Abstract: Currently, since the monitoring system of hazardous chemicals transportation is imperfect while the prevention and treatment of accident excessively depends heavily on manpower, monitoring effect is not satisfied. To reduce the leak harm at best, a remote monitoring system for mobile hazardous chemicals based on wireless communications and mobile satellite communications systems is designed. Various MEMS sensors of data acquisition module are placed around the vehicle to obtain transport information timely (such as gas leakage, speed, acceleration, temperature, humidity, tilt angle, etc.), while ZigBee is used to transmit the information to the central processor of mobile end, and GSM to feedback to the monitoring side, thereby rapid response can be taken when abnormality is tested. Experimental results show that the test results meet the precision requirements. The online monitor and position of mobile hazardous chemical is solved effectively.

Keywords: hazardous chemicals transportation; wireless communication; remote monitoring system; data acquisition

0 引言

随着我国工业化进程的加快, 能源和化工原料的生产、运输量急剧增加, 生产和运输的安全形势日益严峻。截止至目前, 我国已发生多起危化品重特大生产安全事故, 造成了严重的经济损失及人员伤亡。原因主要有危化品运输监管体系不完善、安全监测设施庞大而陈旧、事故处理不及时、和人为因素伴随的不可靠性^[1-2]。针对这些问题, 本文将 MEMS 传感器、GPS (global positioning system, 全球定位系统) 技术、Zig-Bee 技术、GPRS 及 GSM (global system for mobile communications, 全球移动通信系统) 技术创新性地融合到监测系统中, 实时监测并反馈运输载体的温度、湿度、加速度、倾角等

行车状况, 实现阈值报警和移动载体与总控中心的相互通信, 以达到尽量避免事故和减轻事故危害的目的。

1 系统总体结构设计

基于 GPS、GSM/GPRS 的移动危化品源远程监测系统整体分为移动检测端和监控端, 能对运输车辆进行全方位跟踪。移动检测端包含多个数据采集模块, 这些模块分布在运输车体的不同方位, 通过多个 MEMS 传感器实时采集危化品运输罐体的气体泄漏情况、温度、湿度、加速度、倾角等信息, 通过 ZigBee 无线通讯方式传输到移动端中央处理进行处理; GPS 模块获取运输车辆的卫星定位信息, 经中央处理器处理后通过 GSM/GPRS 网络实时反馈到监控端软件进行远程监测与调度; 与此同时, 移动检测端还配有液晶显示屏, 能对获取到的信息进行显示, 一旦检测到的参数超过阈值, 便通过蜂鸣器和 LED 实现声光报警, 并将异常情况通过 GSM 向指定移动终端进行报告。系统总体设计框图如图 1 所示。

收稿日期: 2014-10-09; 修回日期: 2014-11-20。

基金项目: 山西省研究生优秀创新项目(20143085); 国家自然科学基金重点项(61335008); 山西省高等学校科技创新项目资助。

作者简介: 苑宇坤(1991-), 女, 河北廊坊人, 硕士研究生, 主要从事动态测试技术和微系统集成方向的研究。

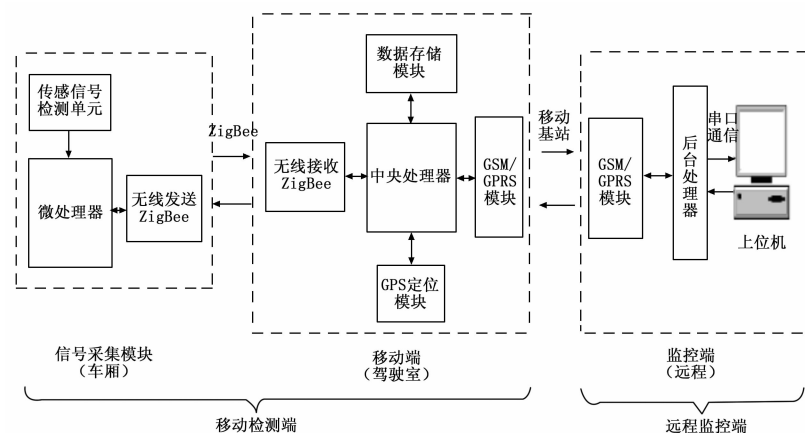


图 1 系统总体设计框图

2 硬件设计

2.1 移动端

移动端硬件框图如图 2 所示, 包括中央处理器、GPS 定位模块、GSM/GPRS 卫星数据传输终端模块、液晶显示模块、移动电源供电模块、数据存储模块及多个分立的数据采集模块。移动端接收到数据采集模块采集到的信息后, 通过单片机统一处理, 经短信发送至监控中心实现运输情况的实时监控。数据存储模块负责保存移动端参数, 一旦检测到数据异常, 立即报警并向监控中心进行反馈。

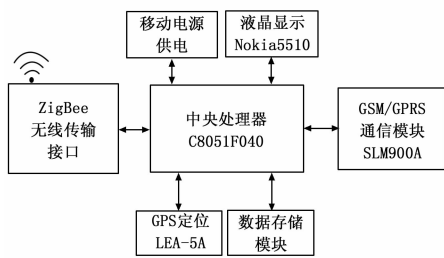


图 2 移动端硬件框图

为减小监测系统功耗和体积, 移动检测端的主控单元选用的是 Silicon Laboratories 公司的高集成度混合集成芯片 C8051F040 单片机。该款单片机具有内部集成 A/D 转换器、集成 CAN2.0 控制器等功能, 是一种混合型高集成度芯片^[3]。它能够完成多路数据的采集、判断处理、以及数据的传输等功能。整个系统由一个单片机控制, 使整个仪器的体积和功耗达到了微型化, 功耗也大大降低。

GSM 模块选用的是 SIMCOM 公司的 SIM900a 芯片, SIM900a 是紧凑型、高可靠性的无线模块^[4]。SIM900a 的波特率范围从 1 200 bps 到 115 200 bps, 同时支持自适应波特率 0, 当 SIM900a 模块默认为自适应波特率的情况下开机, 就需要输入“AT”或者“At”给模块, 才能实现波特率同步, 否则模块不会响应。

GPS 模块采用瑞士 U-BLOX 第 5 代芯片 LEA-5H, 它具有极高的灵敏度和极低的功耗, 支持 DGPS、WAAS、EGNOS 和 MSAS 多种协议, 可以在大部分室内进行良好的定位, 并具有防漫反射及强抗干扰能力^[5]。

2.2 信号采集模块

数据采集模块是通过多个 MEMS 传感器实现

的。它能实时采集运输车辆的温度、湿度、加速度、倾角和气体泄漏信号。本次设计选用了数字温湿度传感器 DHT11 实现温度和湿度的复合测量^[6], 三轴加速度传感器 ADXL345 实现倾角的测量^[7], 新型双向加速度传感器 MMA6260 测量车辆的振动和加速度参数^[8]。气体泄漏模块选用双通道双补偿的 MEMS 红外光学气体传感器。相对于传统的气体传感器, 该气体传感器采取了先进的 MEMS 工艺和高集成技术, 足够小的内部空间保证了器件尽可能少的避免粉尘损耗, 有效的提高了测量的精度和准确性^[9]。

数据采集模块硬件结构如图 3 所示。

2.3 数据通讯

移动检测端和监控端的通信使用的是 GSM 通信和串口通信。一种是利用监控端接收移动端数据后, 通过串口发送至 PC, 并且可以通过 SIM900 芯片和监控中心进行简单通话、短信等手机功能; 另一种, 在上位机建立 TCP 服务器, 监听 3030 端口, 移动端的 GSM 模块和 TCP 服务器直接连接, 直接发送数据。如图 4 所示。

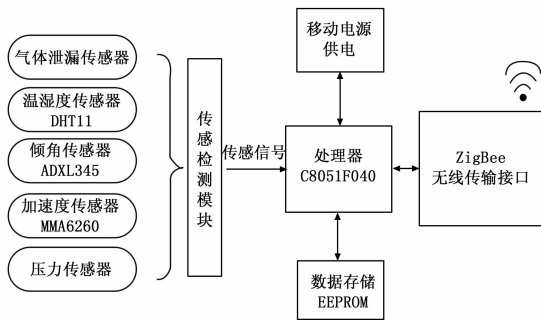


图 3 数据采集模块硬件框图

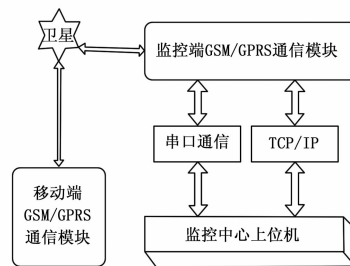


图 4 数据通讯示意图

3 软件设计

软件设计分为移动端单片机上的软件设计和监控端上位机的软件设计。

移动端单片机实现的主要功能是: 单片机和定位系统的初始化与启动; 接收 GPS 和传感数据并进行处理和分析; 显示各项信息并判断其是否正常。数据处理流程如图 5 所示。

监控端部分主要实现的功能是: 从主控模块单片机的串口接收到 GPS 模块的定位信息, 经过主控模块的处理后通过串口传送到 GSM 模块, 由 GSM 模块通过短消息的方式发送到指定手机上。

3.1 GSM 控制

主控单片机模块接收到 GPS 模块发来的定位信息后, 还要通过 GSM 模块将接收到的数据发送出去。主控单片机模块

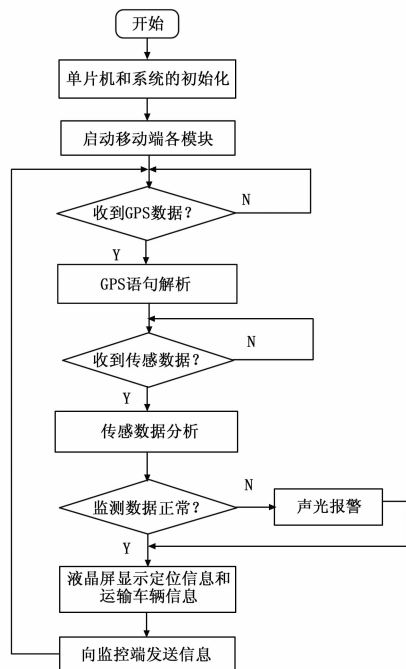


图 5 移动端单片机数据处理流程图

通过 AT 指令对 GSM 模块进行控制，将定位信息发送到接收手机上。每句 AT 指令以“AT”开始，以“/r/n”结束。不区分大小写。命令发送成功后设备回复响应信号。

系统可以利用外部手机发送短信命令至定位端，控制定位端各部分功能。定位端收到新短信后，自动输出新短信提示信息。单片机监测到提示信息后发送 AT 指令读取新短信，根据命令内容执行相应功能。

监控中心连上定位端后，可以通过 GPRS 发送数据到定位端，发送内容以“ZXGPRS“开始，定位端通过监测 GSM 缓冲区内各个不同字段可以确定不同命令和 GPRS 内容进行相应操作。在主程序内一直循环监测有无 GSM 数据到来。GSM 处理流程如图 6 所示。

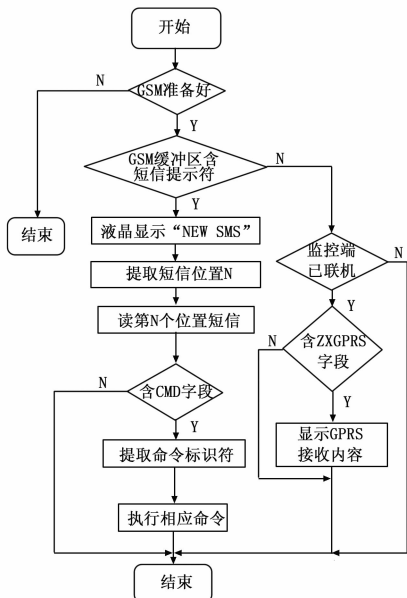


图 6 GSM 处理流程

3.2 GPS 控制

GPS 模块通过串口和单片机通信。LEA-5H 芯片接收到的 GPS 定位信息都是 NMEA0183 格式。本系统使用 GPGGA 格式作为定位信息源，按流的形式由串口输出。GPGGA 的数据格式为：GPGGA, <UTC 时间>, <纬度>, <纬度半球>, <经度>, <经度半球>, <定位指示>, <使用卫星数量>, <水平精确度>, <天线离海平面高度>, <大地水准面高度>, <差分 GPS 数据期限>, <差分参考基站>, *, <校验和>, <CR>, <LF> [10]。

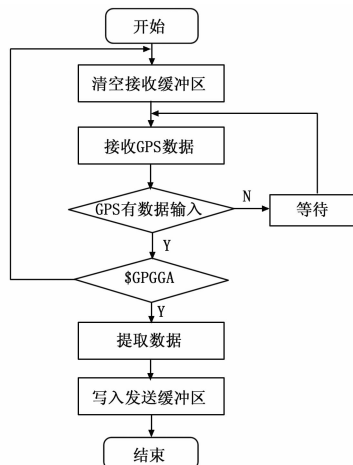


图 7 GPS 模块接收数据流程图

GPS 数据接收处理流程如图 7 所示。首先初始化 GPS 模块，清空缓存区，然后在 GPS 串口中断服务程序中检测是否是 GPGGA 数据，是则存入 GPS 数据缓存中，接收完毕后，通过标志位通知主程序处理。收到 GPGGA 语句后，需要判断该语句是否含有效的定位信息，将各个字段信息分离处理，通过“,” 偏移位置提取信息，以供显示和向监控端发送。其发送帧格式为：GPS, <纬度>, <精度>, <海拔>, <温度>, 其中“GPS”开始符，“&”结束符，“,” 为分隔符。

监控端接收到 GPS 信息后，为了保证动态的标定信息处于最佳显示状态，结合 Google Earth 的 KML 开发和 COM API [11-13]，每秒刷新依次定位结果，以实现动态标定 GPS 定位结果。定位流程如图 8 所示。

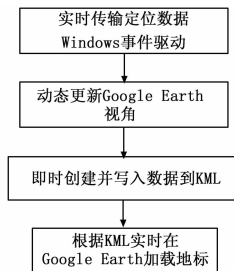


图 8 GPS 定位流程图

驾驶室移动端液晶屏和监控端同时显示运载车辆的 GPS 定位信息，监控端软件调用 Google Earth 根据远程传输来的经纬度信息进行实时定位。

3.3 声光报警模块

当气体浓度、加速度、倾角或温湿度超过预设值时，则启动蜂鸣器和 LED 装置，同时控制 GSM 模块向监控中心发送报警短信，方便事故处理人员及时消除安全隐患。

的核函数为高斯核函数。

从表 2 可以看出, ASA 算法和 SA-PSO 算法的准确率比较接近, 明显高于其他两种方法。而 SA-PSO 算法参数多, 运行时间长。

表 2 不同方法的诊断率

方法	ASA	MGA	SA-PSO	GS
诊断正确率/(%)	84.3	82.1	83.9	77.4
参数寻优时间/s	384	430	729	108

表 3 ASA 测试样本诊断结果

故障类型	测试样本数	预测正确数
正常	15	13
低能放电	20	16
高能放电	14	13
中低温过热	10	8
高温过热	15	13
局部放电	6	4

6 结论

模拟退火算法具有坚实的数据理论基础, 能够避免局部最优解的陷阱。将其用于支持向量机的参数寻优, 进行了适应性改进, 避免引入更多的参数设置, 具有更强的适应性, 能够有效地提高故障诊断的正确率。

(上接第 1494 页)

4 试验结果与分析

经过调试运行, 该系统工作稳定, 得到的经纬度信息显示格式如下:

```
<时间><温度><WD: 纬度><JD: 经度>
<11: 14: 27><30.75℃><WD: 38°00.84800 ><
JD: 112°26.54139>。
```

并能将运输车辆的 GPS 信息传输到监控端, 并调用 Google Earth 软件进行定位, 系统运行十分钟后定位精度能保持在 5 m 以内。一旦检测到温度湿度等信息不在正常范围内有发生事故的可能, 就进行声光报警并向目标手机准确发送位置和监控信息, 便于监控中心准确找到有安全隐患的运输车辆。

5 结论

本文提出的移动危化品远程监测系统采用了 MEMS 传感器、LEA-5H 来监测危化品运输的实时状况参数, 弥补了以往定位系统体积大的缺陷, 实现了监测系统的小型化; 使用 ZigBee 实现运输车辆内数据采集模块和移动端主体的通信, 自动报警减少了系统对人力的依赖, 便于事故的预防和处理; 使用 GSM 短信实现运输车辆和监控中心的通信, 点对点的通信使系统有更强的准确性和抗干扰性。本文的研究对危化品的运输监测有重要的意义。

参考文献:

[1] 康 昊, 谭秋林, 秦 丽, 等. 基于 GPS 的车辆安全监测系统 [J].

参考文献:

[1] 熊 浩, 李卫国, 畅广辉, 等. 模糊粗糙集理论在变压器故障诊断中的应用 [J]. 中国电机工程学报, 2008 (7): 141-147.

[2] 刘守明, 胡志坤, 王美玲. 基于知识库的电力变压器故障诊断专家系统 [J]. 计算机测量与控制, 2011 (7): 1569-1571.

[3] 郑蕊蕊, 赵继印, 赵婷婷, 等. 基于遗传支持向量机和灰色人工免疫算法的电力变压器故障诊断 [J]. 中国电机工程学报, 2011 (7): 56-63.

[4] 徒 伟, 张广明. 基于支持向量机的多类分类在变压器故障诊断中的应用 [J]. 计算机应用, 2010 (A1): 97-98.

[5] 董 明, 孟源源, 徐长响, 等. 基于支持向量机及油中溶解气体分析的大型电力变压器故障诊断模型研究 [J]. 中国电机工程学报, 2003 (7): 88-92.

[6] 肖燕彩, 陈秀海, 朱衡君. 遗传支持向量机在电力变压器故障诊断中的应用 [J]. 上海交通大学学报, 2007 (11): 1878-1881.

[7] 郑 凯, 袁 丹, 刘剑清, 等. 基于 SA-PSO 优化自适应 PNN 网络的变压器故障诊断研究 [J]. 计算机测量与控制, 2014 (4): 1015-1017.

[8] 王建玺, 王刘涛. 基于改进 GA 的 SVM 电力变压器过热诊断方法研究 [J]. 计算机测量与控制, 2014 (2): 342-344.

[9] 尹金良. 基于相关向量机的油浸式电力变压器故障诊断方法研究 [D]. 北京: 华北电力大学, 2013.

[10] 丁世飞, 齐丙娟, 谭红艳. 支持向量机理论与算法研究综述 [J]. 电子科技大学学报, 2011 (1): 2-10.

[11] S. Kirkpatrick. Optimization by simulated annealing; Quantitative studies [J]. Journal of statistical physics 1984, 34, 975-986.

[12] 傅文渊, 凌朝东. 布朗运动模拟退火算法 [J]. 计算机学报, 2014 (6): 1301-1308.

[1] 计算机测量与控制, 2013, 21 (9): 2406-2408.

[2] 朱向庆, 陈志雄. 采用 GPS 和 GPRS 的移动目标监控导航系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2011, 19 (5): 1153-1157.

[3] 童长飞. C805 系列单片机开发与 C 语言编程 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.

[4] 李 耀, 昂志敏, 李敏杰, 等. 基于 3G 车载移动终端的 GPS 定位系统设计 [J]. 微型机与应用, 2012, 31 (23): 51-54.

[5] 程 铭. 基于 GPS+GSM 双技术定位的车辆跟踪系统的研究 [D]. 天津: 天津大学, 2010.

[6] 韩英梅, 赵建平, 白慧静. 基于 DHT11 的无线温湿度传感器网络节点的设计 [J]. 井冈山大学学报 (自然科学版), 2011 (1): 67-70.

[7] 袁 西, 陈 栋, 田 湘, 等. 三轴数字加速度计 ADXL345 及其在捷联惯导中的应用 [J]. 国外电子元件, 2010 (3): 138-140.

[8] 高 锋, 谭春毅. 新型双向加速度传感器 MMA6260 的原理与应用 [J]. 传感技术学报, 2005, 18 (1): 150-152.

[9] 谭秋林. MEMS 红外瓦斯传感检测系统的研究 [D]. 太原: 中北大学, 2006.

[10] 王泽民, 徐绍拴, 等. GPS 测量原理及应用 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2008.

[11] 漆明生, 徐家清. 基于 KML 的地理数据表示 [J]. 四川林勘设计, 2008 (1): 77-80.

[12] 杨 雪, 黄 坚, 翁敬农. KML 及其在“数字校园”中的应用实现 [A]. 中国地理信息系统协会第四次会员代表大会暨第十一届年会论文集 [C]. 2007: 690-697.

[13] 刘 冰, 石奉华. Google Earth 在旅游、导航中的应用探讨 [J]. 山东科技大学学报 (自然科学版), 2006, 25 (4): 25-28.