

基于 WSN 的便携式硫化氢检测仪设计

Design of the Portable H₂S Detector Based on WSN

刘 美 方海盛 洗永文

(广东石油化工学院计算机与电子信息学院,广东 茂名 525000)

摘 要: 近年来,随着石油化工企业进口加工高含硫原油急剧增加,H₂S 中毒防治已成为企业做好职业安全卫生工作的重要课题。在基于无线传感器网络(WSN)的含硫装置员工跟踪监控系统应用方案的基础上,设计了一款便携式硫化氢检测仪。该检测仪不仅可以有效检测其所处位置的 H₂S 浓度、温湿度并显示报警,还可实现检测位置的定位、无线通信和远程监控。

关键词: 硫化氢 检测仪 无线传感器网络 ZigBee CC2431

中图分类号: TP216 **文献标志码:** A

Abstract: In recent years, in petroleum and chemical enterprises, the processing business of imported high sulfur crude oil has increased rapidly, thus prevention and cure on poisoning of H₂S becomes significant task of occupational safety and hygiene. On the basis of the applicable strategy of WSN based tracking and monitoring system for staff working on facilities containing sulfur, the portable H₂S detector is designed. The detector effectively detects the concentration of H₂S, temperature, humidity at the location and offers alarm display, as well as implements positioning of the detecting position, wireless communication and remote monitoring.

Keywords: H₂S Detector Wireless sensor network(WSN) ZigBee CC2431

0 引言

随着近年来石油企业进口加工高含硫原油的增加,H₂S 中毒的防治成为企业做好职业安全卫生工作的重要课题。实时在线监测工厂生产过程含硫物的状况,是直接减少工厂损失和确保工人生命安全的重要措施^[1]。近年来,通过政府、企业、医疗和科研等机构努力,H₂S 中毒防治取得一定成效,但 H₂S 中毒事件时有发生,防治形势依然严峻^[2]。

目前 H₂S 检测方法有化学法和电子直接测定法^[3-4]。化学法测定程序繁琐、数据获取不及时,但测量精度高;电子直接测定法测定迅速,利于现场使用,具有报警等丰富功能,但测定误差较大,价格昂贵^[5]。在电子测定法中,国内外传统网络监控采用有线固定式 H₂S 检测系统。该系统通信严重依赖基础设施,布线施工难度大、费用高、耗时长,对正在迅速扩大的连网需求形成瓶颈阻塞。

无线传感器网络(wireless sensor network, WSN)是由大量具有无线通信能力、体积小、能源受限的传感器节点组成的无线网络。将 WSN 应用于石化企业装置的

监控,可通过大量分布于不同监控区域的不同类型的传感器节点,解决在高风险环境下人工现场检测有害生化气体浓度的困难,同时克服有线通信中系统庞大、安装困难等难题,有利于提高有害气体的监测效率。

本文在基于 WSN 的含硫装置员工跟踪监控系统应用方案的基础上,设计了一个便携式硫化氢检测仪。该检测仪可有效检测系统节点所处位置的 H₂S 浓度、温湿度并进行显示报警,同时通过固定节点的无线通信模块进行检测位置的定位和信息的远距离传送与监控。

1 便携式硫化氢检测仪原理

基于 WSN 的石化含硫装置员工跟踪监控系统网络结构如图 1 所示。

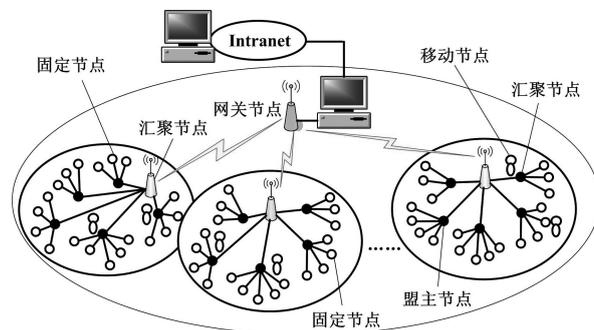


图 1 系统网络结构示意图

Fig. 1 Network structure of the system

广东石油化工学院博士启动基金资助项目(编号:2011103)。

修改稿收到日期:2012-06-22。

第一作者刘美(1967-),女,2010年毕业于华南理工大学控制理论与控制工程专业,获博士学位,教授;主要从事现代检测与控制的研究。

含硫装置监控区域被划分为多个监控小区,每个监控小区安置一个汇聚节点,并按需要部署传感器节点。多个监控小区组成 WSN 监控网络区域,WSN 监控网络信息通过网关节点与厂内计算机网络(Intranet)连接^[6]。便携式硫化氢检测仪作为系统的一个节点,可佩戴在现场工作人员的身上(移动目标),实时在线监测移动目标所在区域的 H₂S 浓度。

便携式硫化氢检测仪以 TI 公司的 CC2431 为核心。CC2431 是高性能的 IEEE 802.15.4 无线片上系统(SoC),集成了 2.4 GHz IEEE 802.15.4 兼容的收发器,128 kB 闪存和 8 kB RAM 存储器以及基于 ZigBee 系统的外设(如定位跟踪引擎)。便携式硫化氢检测仪具备的功能如下^[7-8]。

- ① 能够实时检测环境中的 H₂S 浓度,正常检测范围为 0 ~ 50×10⁻⁶。
- ② 具备报警功能,报警设定值为 10×10⁻⁶。当检测到 H₂S 浓度超限时,蜂鸣器发出报警。
- ③ LCD 显示功能,能够实时显示环境的 H₂S 浓度以及超限提示。
- ④ 能够将检测到的 H₂S 浓度发送出去,而且还能够利用自身的定位引擎判断自己的位置信息。因此,在监控室内,监护人员不仅可以清楚地知道现场工作

人员所在位置,而且还可以知道该位置的 H₂S 浓度。便携式硫化氢检测仪的硬件结构框图如图 2 所示。

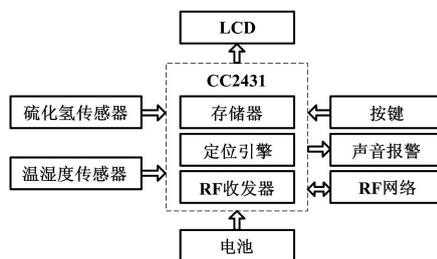


图 2 便携式硫化氢检测仪硬件结构框图

Fig. 2 Hardware structure of the portable H₂S detector

2 系统设计

2.1 系统硬件设计

便携式硫化氢检测仪硬件由 CC2431 主控电路、电源电路、硫化氢检测电路、液晶显示电路等组成。

① CC2431 主控电路

CC2431 主控电路是整个便携式硫化氢检测仪的核心,其主要功能是对传感器传输来的信号行进采集、处理和编码并进行无线通信发送。整个 ZigBee 协议栈的功能由节点模块的软硬件来实现。CC2431 主控电路如图 3 所示。

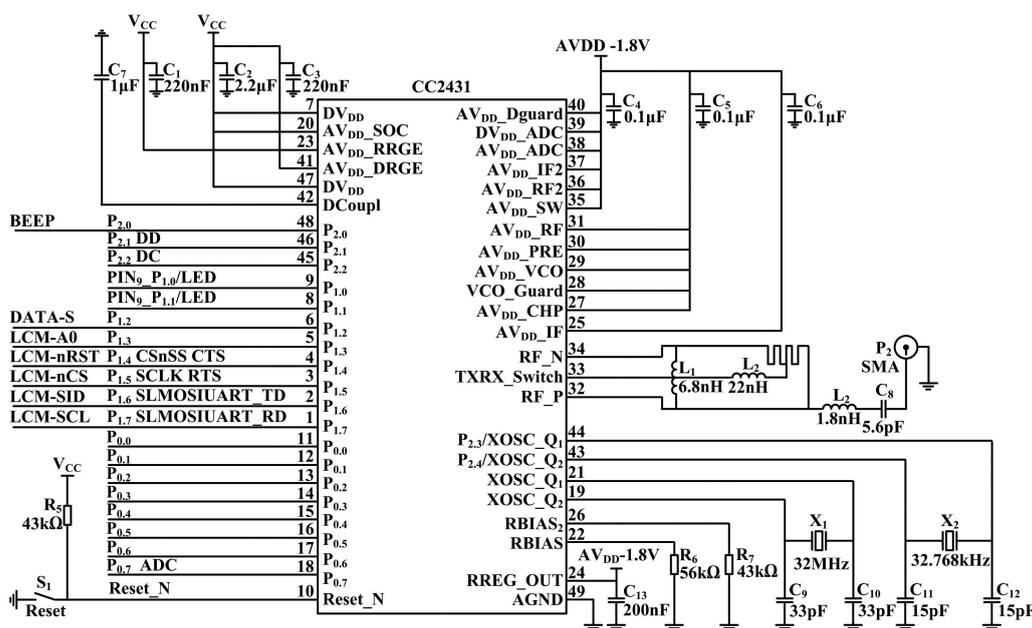


图 3 CC2431 主控电路图

Fig. 3 CC2431 main control circuit

② H₂S 浓度及温湿度检测电路

H₂S 浓度检测电路如图 4 所示。硫化氢传感器 7H₂S-50 输出的模拟信号需要经过放大再输入到

CC2431 内部的 A/D 进行采样。作为便携设备,硫化氢传感器和运放 OPA340 采用单电源供电。温湿度传感器 DHT11 与 CC2431 连接。

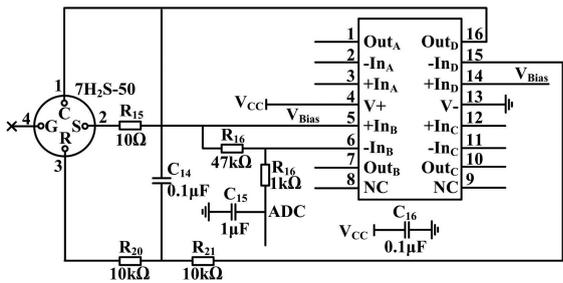


图 4 H₂S 浓度检测电路

Fig. 4 H₂S concentration detection circuit

③ 报警及液晶显示电路

便携式硫化氢检测仪的报警电路采用有源蜂鸣器,用 PNP 型三极管 8550 驱动。显示采用低功耗液晶 LCM12864,节省电池消耗。LCM12864 与 CC2431 的数据交换采用串行外设总线,节省 CC2431 的 I/O 引线。

此外还有电源供电电路、按钮电路、LED 指示电路等附加电路^[9]。

2.2 系统软件设计

便携式硫化氢检测仪的软件设计主要是数据通信软件设计。设计所采用的系统软件基于 TI/Chipcon 公司免费提供的 ZigBee 2006 协议栈,程序中嵌入实时操作系统,用于对网络组建、节点加入、数据收发等功能进行统一调度。进行程序设计时,主要是在协议栈的应用层程序中添加相应的任务。因此,便携式硫化氢检测仪的软件设计的重点将放在无线定位和传感器数据的采集上。除协议栈的通信功能和定位功能外,设计所需要创建的任务有:H₂S 浓度采集任务、温湿度采集任务、LCD 任务、报警任务、按键处理任务。

① H₂S 浓度采集任务

H₂S 浓度采集任务流程图如图 5 所示。

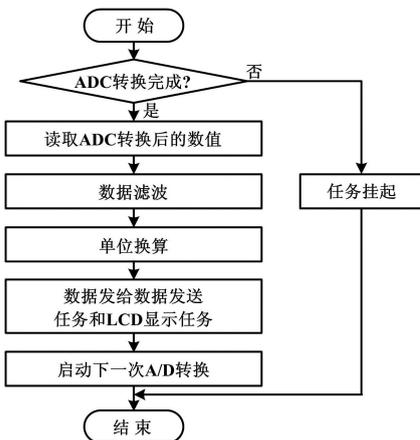


图 5 H₂S 浓度采集任务流程

Fig. 5 Flowchart of H₂S concentration acquisition task

H₂S 浓度数据采集任务需要使用 CC2431 内部的 A/D。将内部 ADC 采样到的数值进行多次求平均值,并进行数据滤波和单位换算,转换为与实际 H₂S 对应的数据,并将这些数据发送给数据发送任务和 LCD 显示任务,由数据发送任务通过无线发送出去,由 LCD 实时显示采样到的 H₂S 浓度。

② 温湿度采集任务

温湿度采集通过 DHT11 数字温湿度传感器完成。DHT11 是一款含有已校准数字信号输出的温湿度复合传感器。它应用专用的数字模块采集技术和温湿度传感技术,确保产品具有极高的可靠性与卓越的长期稳定性。DHT11 与单片机之间能采用简单的单总线进行通信,仅需要 1 个 I/O 口。

由于温湿度传感器 DHT11 输出为串行的数字量,有特定的数据格式,因此需要采用 CC2431 的通用 I/O 口来模拟这个串行口。

③ 报警任务

报警任务的功能主要是在当 H₂S 的浓度超限时,控制蜂鸣器发出“滴滴”的报警声,提示现场工作人员离开,同时通过无线网络发送 H₂S 超限的信息。

④ LCD 显示任务

LCD 显示任务主要是显示操作提示信息、报警信息、H₂S 浓度和温湿度。

⑤ 按键任务

本设计共用到 3 个按键,一个按键用于进入/退出硫化氢传感器的调零功能,用于硫化氢传感器的调零;另外两个按键用于加减调零量,在报警状态下,其中一个按键还用于复位报警状态。

除了上述这些任务外,软件设计所需要创建的任务还有定位任务和数据发送任务等。其中 CC2431 引擎内的定位算法是基于接收信号强度指示 (received signal strength indication, RSSI) 值的。CC2431 向周围的参考节点发送带有信号强度的信息,参考节点接收到这个信息后,给盲节点发回一个包含参考节点坐标信息的数据包,RSSI 值可由盲节点根据这些信息计算获得。

3 结束语

本文在基于无线传感器网络 (WSN) 的含硫装置员工跟踪监控系统应用方案的基础上,设计了一个便携式硫化氢检测仪。该便携式硫化氢检测仪既可完成常规硫化氢检测仪的功能,以及 H₂S 浓度和湿湿度的采集、显示、报警,还可作为网络中的一个节点,将采

(下转第 94 页)