

# 室内空气质量监测系统的设计

范奥博, 铁治欣, 吴铭程, 刘良桂

(浙江理工大学信息学院, 杭州 310018)

**摘要:** 针对传统室内空气质量监测系统需要人工参与作业、采集环境参数单一及智能化和网络化程度低等问题, 本文设计了一个室内空气质量监测系统。采用嵌入式技术设计室内空气质量采集终端和数据集中器, 采集层可根据用户需要配置一种或多种有毒有害气体监测终端, 采用无线传感器网络(WSN)技术、RS-485与以太网技术相结合进行数据通信, 实现了室内空气质量监测的智能化、网络化和采集环境参数多样化, 保证了室内空气质量监测的实时性、监测数据的可追溯性及室内空气质量报警的即时性。测试结果表明, 该系统操作简单, 组网方便, 监测数据实时性高, 能够满足分布式环境中室内空气质量监测的需求。

**关键词:** 嵌入式系统; ZigBee; WSN; 空气质量监测; 环境污染; 智能化

**中图分类号:** TSX851 **文献标志码:** A

## 0 引言

现代人平均有80%~90%的时间在室内度过, 确切的测定证实室内空气中的污染物浓度要高于室外2~5倍<sup>[1]</sup>, 由于人们对于生存环境, 尤其是室内生产环境和生活环境的要求不断提高, 室内空气质量(indoor air quality, IAQ)问题已引起相关学科领域学者与专家的广泛重视和关注<sup>[2]</sup>。赵冰若等<sup>[3]</sup>、万松峰<sup>[4]</sup>和褚超群等<sup>[5]</sup>设计了室内有害气体监测、报警检测设备和系统, 这些系统进行空气质量检测时需要人工作业, 采集环境参数单一, 也不能实时在线监测, 并且受外界环境影响较大; 程磊等<sup>[6]</sup>和赵伟等<sup>[7]</sup>研究基于ZigBee技术与ARM平台的室内环境监测系统的设计, 提供了设计室内环境监测系统可行性方法; Vincenzo等<sup>[8]</sup>选择低成本的基于锡氧化物半导体传感器, 设计出一种应用于保健中心的智能分布式室内空气质量监测系统, 但由于半导体传感器的选择性差和稳定性不理想<sup>[9]</sup>, 影响系统检测效果。Gi等<sup>[10]</sup>提出了一套用于监测地铁站内空气质量的环境监测系统, 采用现场总线LonWorks与以

以太网相结合, 实现了数据传输的网络化。

本文设计了一种基于ARM的室内空气质量监测系统(indoor air air monitoring system, IAQMS)。系统采用嵌入式技术设计采集终端和数据集中器, 采集层可根据用户需要配置一种或多种有毒有害气体监测终端, 采用无线传感器网络(wireless sensor network, WSN)技术与以太网技术相结合, 室内空气质量监测从数据采集层到数据集中层采用无线传感器网络传输, 从数据集中层到数据管理层采用以太网传输, 实现了室内空气质量监测智能化、网络化和采集环境参数多样化, 同时保证了室内空气质量监测, 具有:a)实时性, 即每隔一固定时间进行一次监测, 对整个室内的空气质量可以做到实时掌握; b)即时性, 即在系统正常工作的情况下, 只要某些监测指标超过警戒极限值, 系统就会自动报警, 监测人员就可以做出相应的措施; c)可追溯性, 即该系统自动存储事件和监测数据, 可供查询人员追溯到什么时间、哪种指标超标, 哪种有毒有害气体监测终端出现故障, 进而分析原因, 而且还实现了室内空气质量监测智能化、网络化和采集环境参数多样化。

收稿日期: 2014-08-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(61002016); 浙江省自然科学基金项目(LY13F020043); 浙江省钱江人才计划项目(2012R10056)

作者简介: 范奥博(1988-), 男, 河南洛阳人, 硕士研究生, 主要从事嵌入式系统方面的研究。

通信作者: 铁治欣, E-mail: tiezx@zstu.edu.cn

## 1 系统总体设计

基于 ARM 的室内空气质量监测系统架构可以

分为三层:数据采集层(data acquire layer, DAL)、数据集中层(data concentrate layer, DCL)和数据管理层(data management layer, DML),如图 1 所示。

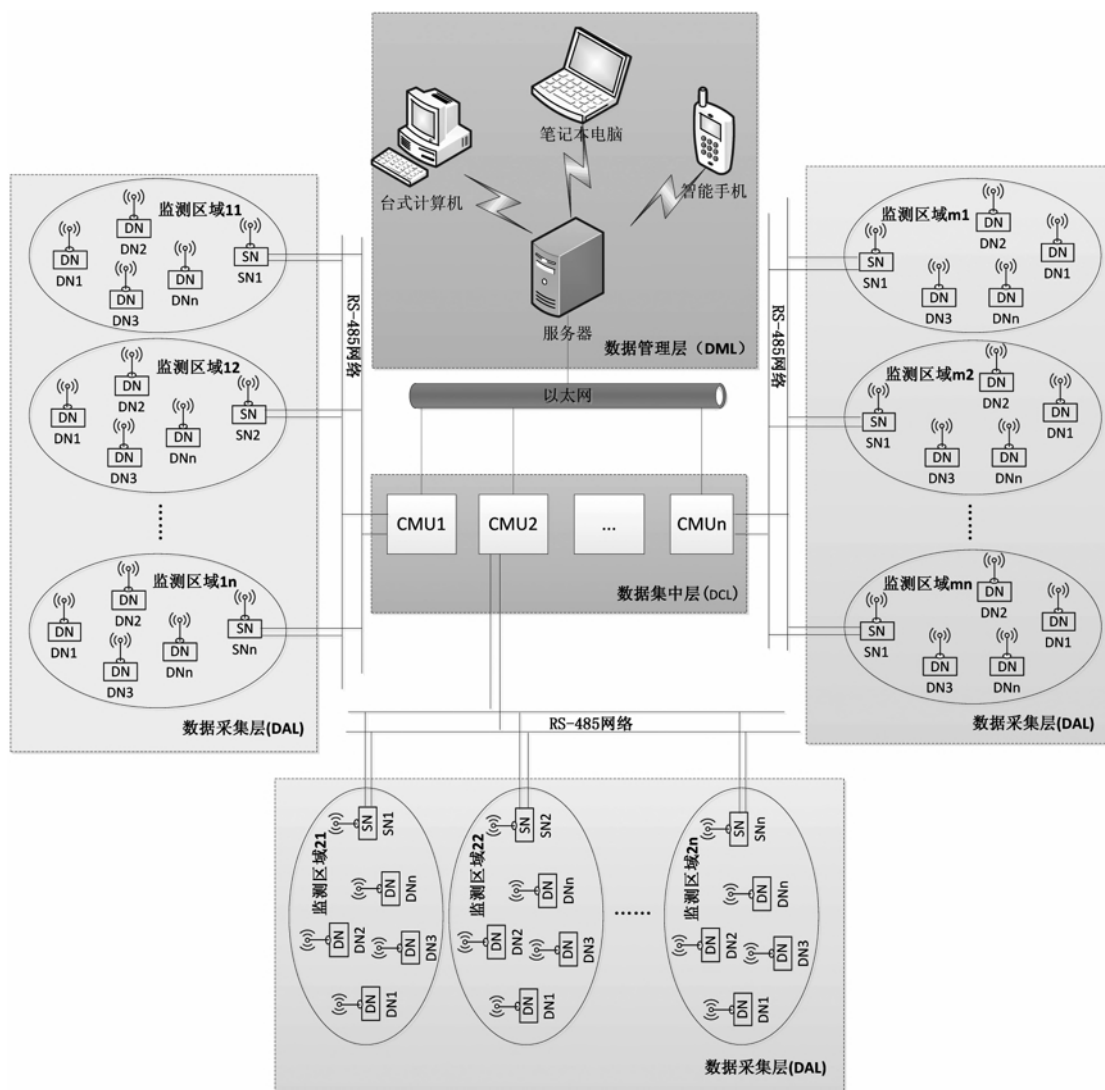


图1 系统总体框架

数据采集层由若干个监测区域构成。每个监测区域内有一个汇聚节点(sensor node, SN)和若干个室内污染物监测终端(detecting node, DN)组成。目前国内外普遍关注的室内污染物有一氧化碳、二氧化碳、甲醛、可吸入颗粒物、二氧化氮、氨等<sup>[11]</sup>,本系统设计了一氧化碳、二氧化碳、甲醛3种室内污染物监测终端,系统的设计是开放的,对于其它类型的室内污染物,只要遵照本文的设计思路进行设计相应的室内污染物监测终端,可以很方便的利用本文所设计的监测系统对它们进行监测。室内污染物监测终端的主要功能是实时采集一种或多种室内污染物的浓度等参数,并通过无线传感器网络将这些参数实时传送给在其监测区域内的汇聚节点,然后由

汇聚节点将这些数据通过 RS-485 网络传送给数据集中层(DCL)中与该监测区域对应的数据集中器(concentrator management unit, CMU)中。

数据集中层(DCL)包含若干数据集中器(CMU)。每个数据集中器(CMU)既是一个网关,又是一个数据存贮、展示的终端。数据集中器(CMU)的主要功能为:a)与多个监测区域中的汇聚节点(SN)组成 RS-485 网络,通过 RS-485 网络收集多个监测区域中的监测数据,并将这些数据缓存在其自带的 flash 存贮器中;b)通过液晶屏实时显示收集到的监测数据;c)将收集到实时的监测数据通过以太网传送给数据管理层(DML)中的服务器。

数据管理层(DML)由服务器(包括数据服务

器、WEB服务器等)、客户机(包括台式计算机、笔记本电脑、智能手机等)构成。服务器的主要功能是永久存贮、分析监测数据;客户机的主要功能是通过网络访问、分析、展示这些监测数据。由于篇幅所限,本文不对数据管理层(DML)进行讨论。

## 2 硬件设计

### 2.1 室内污染物监测终端硬件设计

室内污染物监测终端(DN)有多种类型,本文仅以甲醛数据采集终端(DN\_CH2O)为例来介绍室内污染物监测终端的设计方法。DN\_CH2O的硬件结构如图2所示,主要由甲醛传感器模块、信号调理电路、主处理器模块、ZigBee模块、电源供电模块构成。

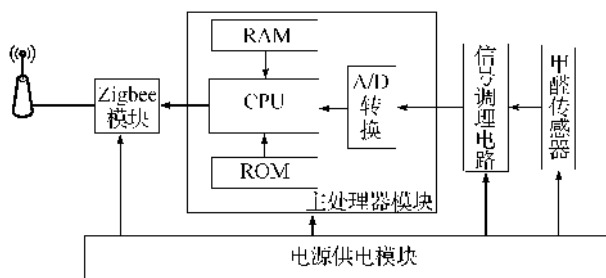


图2 甲醛数据采集终端(DN\_CH2O)硬件结构

甲醛传感器选用瑞士 Membrapor 公司的 CH<sub>2</sub>O/C-10 电化学气体传感器,该传感器测量范围为 0~10 mg/L,分辨率为 0.01 mg/L,具有稳定性好、精度高、灵敏度高、选择性强的优点<sup>[4]</sup>。ZigBee 模块选用基于 TI 公司 CC2530F256 主芯片,它具有数据透传、安全性高、灵活性强的特点<sup>[12]</sup>。主处理器模块选用 Atmel 公司生产的 ATmega8L 微处理器,该微处理器片内自带 8 路 10bit A/D 转换器、8K Flash 存储器、1K RAM,具有高速度、低功耗、片内资源丰富等优点。

甲醛传感器信号调理电路的电路原理图如图3所示,甲醛传感器工作时产生一个与甲醛浓度成比例的微弱电流信号,经过信号调理电路,进行电流/电压(I/U)转换,并且将该电信号进行放大和滤波,转化成易于 ATmega8L 检测的电压信号。由 LT1078 组成的前置转换放大电路如图3中所示,其中,输入电压( $U_i$ )与输出电压( $U_{out}$ )之间的关系为式(1):

$$U_{out} = (R_{25}/R_{24} + 1) * U_{REF} - (R_{25}/R_{24}) * U_i \quad (1)$$

其中: $U_{REF}$ 为参考电压; $R_{24}$ 、 $R_{25}$ 为图3所示电路中的电阻  $R_{24}$ 、 $R_{25}$  的阻值。

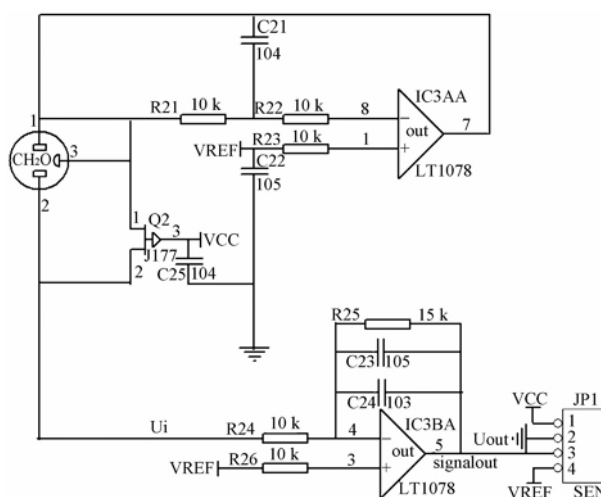


图3 甲醛传感器信号调理电路原理

### 2.2 数据集中器硬件设计

数据集中器的主要功能为负责定时轮询每个监测区域内的汇聚节点,取得监测数据,对监测数据进行缓存,实时显示监测数据,并通过以太网与上位机服务器进行通信,将监测数据传送至上位机服务器。

数据集中器的硬件结构如图4所示,主要由 MCIMX283 微处理器模块、液晶显示模块和电源模块组成。数据集中器(CMU)采用 5 V 电源适配器供电。微处理器模块选用 Freescale 公司基于 ARM9 内核的 MCIMX283 微处理器。该处理器主频高达 454 MHz,支持 128 M DDR2 内存、128 M 的 NAND Flash,支持硬件看门狗,支持以太网、UART 等标准通信接口,并且集成有高效的电源管理单元,最大限度地降低设备的功耗。液晶显示模块通过 UART1 与处理器模块进行通信,显示环境监测数据,液晶屏的分辨率为 800 × 600。将 UART0 扩展成 RS-485 接口,与每个监测区域内的汇聚节点(SN)组成 RS-485 网络。数据集中器通过以太网与数据管理层(DML)中数据服务器连接,并通过以太网将监测数据传送给数据服务器。

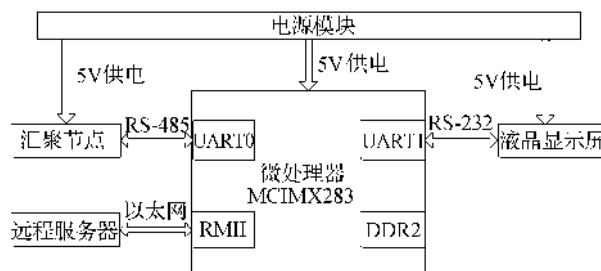


图4 数据集中器(CMU)硬件结构

### 3 软件设计

#### 3.1 室内污染物监测终端软件设计

室内污染物监测终端(DN)软件的主要功能是实时采集室内污染物浓度,并通过其所在监测区域内的汇聚节点将采集到的数据通过 RS-485 网络传送给数据集中层(DCL)中与该监测区域对应的数据集中器(CMU)中。

室内污染物监测终端(DN)软件主要有 3 个过程:主程序、通信中断服务程序、数据采集中断服务程序,如图 5 所示。

主程序先进行系统初始化,包括系统设置参数从 Flash 存储器中调入内存、系统定时器初始化、A/D 初始化、通信初始化、通信中断开启等,然后进入一个无限循环,查看“收到通信报文标志”是否被置位,若是,对于报文缓冲区中的每一报文,判断其是否为数据集中器(CMU)发送来的轮询数据报文,若是,就将当前数据缓冲区中存放的室内污染物浓度值按通信协议中规定的报文格式组成通信报文,并发送给数据集中器(CMU)。

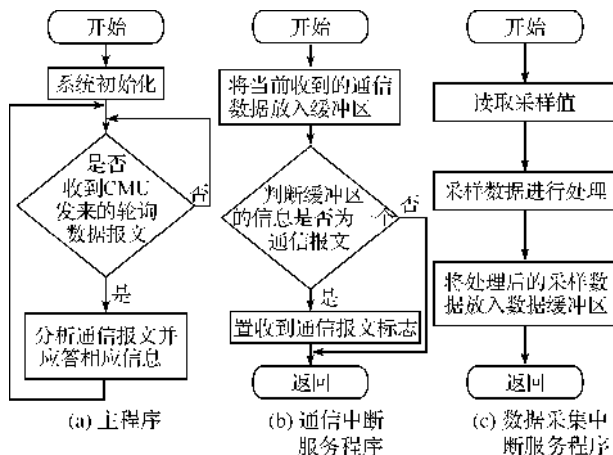


图5 室内污染物监测终端软件流程

通信中断服务程序将当前收到的数据放入通信缓冲区中,然后根据通信协议中规定的报文格式判断当前通信缓冲区中的数据是否为一个通信报文,若是一个通信报文,则将“收到通信报文标志”置位。

数据采集中断其实是一个定时中断。数据采集中断服务程序先读取当前 A/D 的采样值,然后对采样值进行处理,得到室内污染物浓度值,并将室内污染物浓度值放入数据缓冲区中,以便主程序读取并发送给数据集中器(CMU)。

#### 3.2 数据集中器软件设计

##### 3.2.1 功能设计

数据集中器(CMU)软件设计主要包括两大部

分:系统软件移植与应用程序设计。系统软件移植主要包括基于 ARM9 的 MCIMX283 微处理器中的 Bootloader 程序设计和 Linux2.6.35 操作系统移植及文件系统构建,Sqlite3 数据库移植等。

如图 6 所示,数据集中器(CMU)应用程序主要包括系统初始化、数据通信、数据监测、数据查询、事件查询、终端管理、参数设置等模块。系统初始化模块对数据集中器(CMU)进行初始化,包括操作系统调入、系统参数读入、打开数据库等;数据通信包括两个部分,一方面与其管理的室内污染物监测终端通过 Zigbee 进行无线通信,收集室内空气质量监测数据,另一方面与数据管理层(DML)中的服务器进行通信,将收集到室内质量监测数据上传给数据管理层(DML)中的服务器;数据监测模块显示实时监测数据;数据查询以图表方式向用户展示历史监测数据;事件查询模块提供历史事件查询功能,事件包括室内污染物监测终端重新启动、通信故障及恢复和室内空气污染物超限报警事件等,通过本功能,用户可以掌握各个室内污染物监测终端的工作状态;终端管理模块对各个室内污染物监测终端进行管理,包括在系统内增加、删除、修改某个室内污染物监测终端的信息等;参数设置模块用来设置数据集中器(CMU)的某些可选或配置参数,如通信地址等。

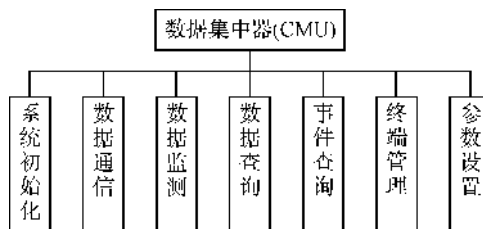


图6 数据集中器(CMU)应用程序功能模块

##### 3.2.2 数据库设计

本系统采用嵌入式数据库 Sqlite3 作为数据库管理系统。系统数据库的 E-R 图如图 7 所示,主要有 6 个实体组成,它们分别为:监测位置表、监测终端表、监测结果表、事件表、事件记录表和系统设置表等。

监测位置表主要用来记录室内污染物监测终端所处位置信息;监测终端表主要用来记录室内污染物监测终端的信息,主要包括基本属性、通信状态和运行状态等;监测结果表主要用来记录各个室内污染物监测终端的监测值信息,主要包括监测时间、监测值和监测值上传标志位等;事件表主要用来记录各个室内污染物监测终端的事件属性信息,主要包

括信息地址、事件名称、是否需要上报服务器端等；事件记录表主要用来记录各个室内污染物监测终端的事件信息，主要包括事件发生时间、信息地址、事

件所属终端编号及事件发送状态等；系统设置表主要用来记录与系统有关的设置信息，如数据集中器的基本通信属性和室内污染物的报警极限值等。

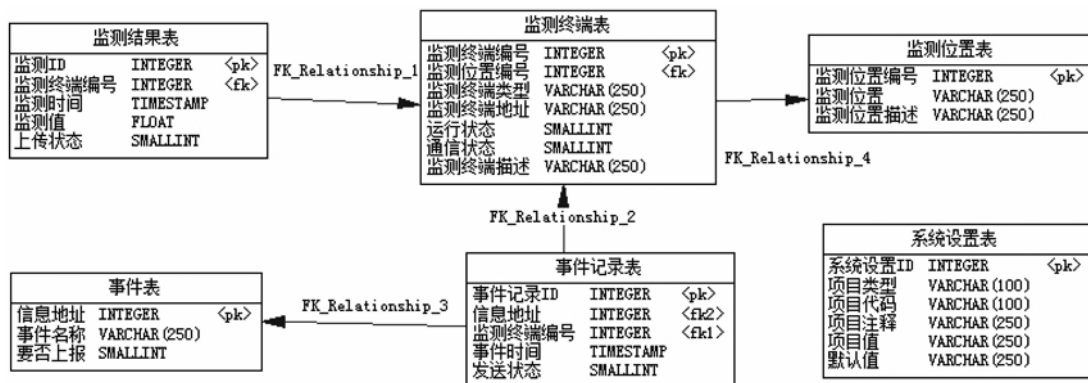


图7 数据库 E-R

### 3.2.3 界面设计

数据集中器 (CMU) 软件的部分界面如图 8~图 14 所示。界面的设计风格为上部显示界面名称与当前系统时间，下部为按钮区域，中间部分为内容显示区域。如图 8 所示为软件主界面，界面中主要包括 5 个图形按钮：数据查询、事件查询、实时监测、参数设置和终端管理，分别对应 5 个主要功能。如图 9 所示为点击主界面中的“实时监测”图形按钮后显示的界面，界面中可以显示多个监测位置的室内污染物监测的总体情况，即若室内污染物超标，则与其对应的指示灯显示为红色，若不超标，则显示为绿色，用户还可以点击指示灯旁边的按钮查看监测位置的室内污染物的具体情况，如图 10 所示。图 11 显示的为某一天的某种室内污染物的监测曲线，在该界面中，用户也可以通过界面中的按钮选择查看时间与监测位置，同时也可以切换查看不同的室内污染物的监测曲线。图 12~图 14 显示为报警管理界面，图中极限值参考为 GB/T 1883—2002《室内空气质量标准》对室内空气环境化学性污染物浓度的标准值，报警浓度值为各个室内监测物在此刻的

实际测量值。在该界面中，用户可以查看在某个监测位置和某一段时间内的不同监测物的报警类型，进而判断某个室内污染物的浓度是否超标。



图9 实时监测界面



图10 监测数据实时显示界面



图8 主界面

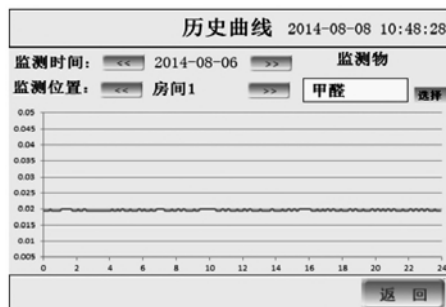


图11 监测数据历史曲线显示界面

报警管理 2014-00-04 00:45:12						
序号	报警时间	报警类型	监测位置	监测物名称	报警值 (PPM)	报警浓度值 (PPM)
1	2014-00-04 00:41:32	浓度正常	房间1	甲 醛	0.11	0.04
2	2014-00-04 00:36:32	浓度超标	房间1	甲 醛	0.11	0.04
3	2014-00-04 00:31:32	浓度正常	房间1	甲 醛	0.11	0.04
4	2014-00-04 00:26:32	浓度超标	房间1	甲 醛	0.11	0.74
5	2014-00-04 00:21:32	浓度正常	房间1	甲 醛	0.11	0.04
6	2014-00-04 00:11:32	浓度超标	房间1	甲 醛	0.11	0.12

图 12 甲醛报警管理界面

报警管理 2014-00-05 09:40:12						
序号	报警时间	报警类型	监测位置	监测物名称	报警值 (PPM)	报警浓度值 (PPM)
1	2014-00-05 09:36:30	浓度正常	房间1	一氧化氮	6.3	0.4
2	2014-00-05 09:31:30	浓度超标	房间1	一氧化氮	6.3	6.9
3	2014-00-05 09:26:30	浓度正常	房间1	一氧化氮	6.3	0.4
4	2014-00-05 09:21:30	浓度超标	房间1	一氧化氮	6.3	7.8
5	2014-00-05 09:16:30	浓度正常	房间1	一氧化氮	6.3	0.4
6	2014-00-05 09:11:30	浓度超标	房间1	一氧化氮	6.3	0.6

图 13 一氧化碳报警管理界面

报警管理 2014-00-05 15:31:20						
序号	报警时间	报警类型	监测位置	监测物名称	报警值 (PPM)	报警浓度值 (PPM)
1	2014-00-05 15:30:07	浓度正常	房间2	二氧化碳	1364	1776
2	2014-00-05 15:25:07	浓度超标	房间2	二氧化碳	1364	2010
3	2014-00-05 15:20:07	浓度正常	房间2	二氧化碳	1364	1092
4	2014-00-05 15:15:07	浓度超标	房间2	二氧化碳	1364	2010
5	2014-00-05 15:10:07	浓度正常	房间2	二氧化碳	1364	1316
6	2014-00-05 15:05:07	浓度超标	房间2	二氧化碳	1364	2005

图 14 二氧化碳报警管理界面

4 通信设计

每个监测区域内汇聚节点(SN)与室内污染物监测终端(DN)间采用 Zigbee 无线网络通信,由汇聚节点(SN)通过 Zigbee 无线网络进行组网,采用透明传输方式。数据集中器(CMU)与其管理的各个监测区域内的汇聚节点(SN)组成 RS-485 网络,为识别数据集中器(CMU)和各个汇聚节点(SN),组网时给它们分配唯一的通信地址。数据集中器(CMU)与其管理的各个监测区域内的汇聚节点(SN)采用主-从结构的半双工通信方式,数据集中器(CMU)为主站,各个监测区域内的汇聚节点(SN)为从站;主站逐一轮询从站,收集从站监测数据;采用“等待-超时-重发”机制,即每一轮轮询时,主站以一定的周期(如 5 min)按照地址顺序逐一轮询从站,等待当前轮询的从站应答,若在规定的  $T_d$  (如 500 ms)的时间内,主站未收到从站的确认帧或响应帧,则进行超时处理程序,即主站再次发送原轮

询报文给当前轮询从站,并等待其回复,若在规定的重传次数(如 3 次)内,仍没有收到当前轮询从站的回复,则判定当前轮询从站通信异常,若连续 3 轮轮询均未能正确接收到从站的响应,则判定该从站通信故障,记录该从站通信故障事件。

根据系统实际需求,本系统制定了一套应用层通信协议,数据集中器(CMU)与其管理的各个监测区域内的汇聚节点(SN)之间的接收与发送的数据都需要按照自定义的数据格式来进行封装和解析。帧数据结构如表 1 所示。

表 1 通信帧数据格式

序号	域	长度	作用
1	帧头	1 字节	帧起始标志,固定为 0xFF
2	地址码	1 字节	RS-485 通信地址,由用户分配
3	命令码	1 字节	标识报文类型
4	帧长度	1 字节	帧内容的长度,即 N
5	帧内容	N 字节	帧内容
6	校验码	1 字节	校验码,从地址码开始到帧内容结束所有字节异或,之后将第 8 位置 0 后的 7bit 的值
7	帧尾	1 字节	帧结束标志,固定为 0xFE

5 系统测试

5.1 测试设备与组网情况

为验证系统的可行性与有效性,组成如图 15 所示的简单测试系统。数据集中层(DCL)中有一个数据集中器(CMU1);数据采集层(DAL)中的室内污染物监测终端(DN)分布在两个房间内,其中房间 1 中有两个室内污染物监测终端,分别为:一个一氧化碳监测终端(DN\_CO)和一个甲醛监测终端(DN\_CH2O);房间 2 中安装一个二氧化碳监测终端(DN\_CO2);两个房间中每个房间安装一个无线网络汇聚节点(SN);无线网络汇聚节点与数据集中器(CMU1)间通过 RS-485 网络联接。

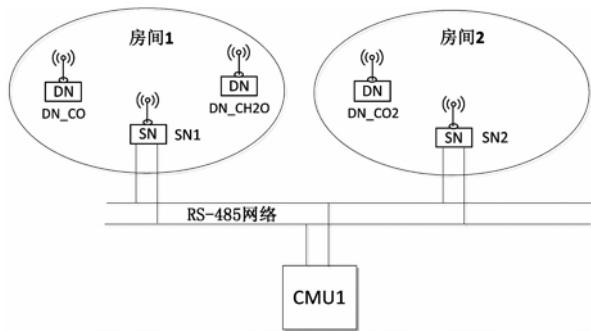


图 15 系统测试组网

5.2 异常数据测试

在实验室条件下,验证系统正常运行过程中对

异常数据的报警管理功能,首先,准备实验材料,例如产生甲醛气体(福尔马林溶液挥发)、一氧化碳气体(大量可燃性塑料的不完全燃烧)、二氧化碳气体(石灰石与稀盐酸化学反应制取);然后依次对 3 种有毒有害气体进行超标报警测试。

#### 5.2.1 甲醛浓度超标报警测试

具体步骤如下所示:a)在烧杯中放入 80 mL 的福尔马林溶液,将甲醛监测终端和烧杯放进玻璃容器(20 cm×16.5 cm×14 cm)中,马上用盖子将玻璃容器盖好;b)经过一段时间,打开盖子,同时取出烧杯;c)重复上述操作 2 次。

测试结果如图 12 所示,在玻璃容器中放入烧杯之后,随着福尔马林溶液的挥发,在一段时间里甲醛浓度超标,打开玻璃容器的盖子,并且取出烧杯,甲醛浓度恢复正常。重复上述操作 2 次,实验结果具有一致性,说明系统甲醛浓度报警功能工作正常。

#### 5.2.2 一氧化碳浓度超标报警测试

具体步骤如下所示:a)在铁盒(8.5 cm×8.5 cm×6.5 cm)中放入一定量的可燃性塑料让其隔离空气燃烧,将一氧化碳监测终端和铁盒放进玻璃容器(20 cm×16.5 cm×14 cm)中,马上用盖子将玻璃容器盖好;b)经过一段时间,打开盖子,同时取出铁盒;c)重复上述操作 2 次。

测试结果如图 13 所示,在玻璃容器中放入铁盒之后,随着可燃性塑料的不完全燃烧,一氧化碳浓度超标,打开玻璃容器的盖子,并且取出铁盒,一氧化碳浓度恢复正常,重复上述操作 2 次,实验结果具有一致性,说明系统一氧化碳浓度报警功能工作正常。

#### 5.2.3 二氧化碳浓度超标报警测试

具体步骤如下所示:a)用一定量的石灰石和一

定量的稀盐酸来制取二氧化碳,用 250 mL 集气瓶收集满一瓶二氧化碳气体,将二氧化碳监测终端和集气瓶放进玻璃容器(20 cm×16.5 cm×14 cm)中,迅速打开集气瓶磨砂玻璃片,立刻用盖子将玻璃容器盖好;b)经过一段时间,打开盖子;c)重复上述操作 2 次。

测试结果如图 14 所示,在放入集气瓶之后,随着二氧化碳气体迅速的扩散,二氧化碳浓度超标,打开玻璃容器的盖子,二氧化碳浓度恢复正常,重复上述操作 2 次,实验结果具有一致性,表明系统二氧化碳浓度报警功能工作正常。

从上述实验可以看出,系统完成了异常数据的检测,并实时记录检测数据与报警记录。

#### 5.3 数据传输完整性测试

为验证系统运行稳定性及数据传输完整性,让如前节所述的各个设备连续运行 48 h,数据集中器(CMU1)每隔 5 min 轮询一次数据,理论上每个监测终端应该上传 576 条监测数据,实际测试结果数据集中器(CMU1)在测试时间内收到每个监测终端发送的 576 条监测数据。测试某时刻系统界面与显示数据如图 8—图 11 所示。各个被测设备运行稳定,没有发生死机、重新启动和通信异常现象。

#### 5.4 通信测试

前节已经验证了系统能够正常进行通信,本测试验证系统通信异常时的情况。在如 5.1 节所述的测试系统正常运行的情况下,设计如表 2 所示测试方案。在不同的时间段,对系统做如表 2 所示的测试 10 次,每次测试均可以得到预期的测试结果,说明系统通信具有鲁棒性。

表 2 通信测试方案

步骤	测试描述	测试预期结果
1	将 CMU1 与 SN1 间的 RS-485 通信线路断开	CMU1 实时数据显示界面中 DN_CO 和 DN_CH2O 的通信状态灯显示为红色,两个监测终端对应的数据不刷新。
2	恢复 CMU1 与 SN1 间的 RS-485 通信线路	CMU1 实时数据显示界面中 DN_CO 和 DN_CH2O 的通信状态灯显示为绿色,两个监测终端对应的数据每 5 min 刷新一次。
3	将 CMU1 与 SN2 间的 RS-485 通信线路断开	CMU1 实时数据显示界面中 DN_CO2 的通信状态灯显示为红色,监测终端 DN_CO2 对应的数据不刷新。
4	恢复 CMU1 与 SN2 间的 RS-485 通信线路	CMU1 实时数据显示界面中 DN_CO2 的通信状态灯显示为绿色, DN_CO2 对应的数据每 5 min 刷新一次。
5	关闭 DN_CH2O 的电源	CMU1 实时数据显示界面 DN_CH2O 的通信状态灯显示为红色, DN_CH2O 对应的数据不刷新。
6	恢复 DN_CH2O 的电源	CMU1 实时数据显示界面 DN_CH2O 的通信状态灯显示为绿色, DN_CH2O 对应的数据每 5 min 刷新一次。

## 6 结束语

本文将嵌入式技术、数字传感器技术、ZigBee技术等相关技术结合,设计了一个室内空气质量监测系统,解决了现有环境监测系统需要人工作业和采集环境参数单一的问题,并能够准确、实时的采集和传输室内空气质量监测数据,实现了室内空气质量监测的智能化、网络化和采集环境参数多样化,保证了室内空气质量监测的实时性、监测数据的可追溯性及室内空气质量报警的即时性。本系统不仅可以应用于服务性场所,如学校、医院、地铁、办公场所、宾馆、商场、刚装修过的建筑物等,而且可以应用于生产场所,如化学化工厂的生产车间、木料加工场、油漆生产车间等,对室内空气质量的评价和安全管理方面具有重要的意义,将有广泛的应用前景。

### 参考文献:

- [1] The State Environmental Protection Dept. USA. EPA's indoor air quality (IAQ) home page[EB/OL]. [2001-10-01]. <http://www.epa.gov/iaq>.
- [2] 李启东. 室内空气污染研究之进展[J]. 上海环境科学, 2001, 20(10): 463-466.
- [3] 赵冰若, 朱瑞祥, 冯春生, 等. 室内有害气体远程报警系统设计[J]. 微计算机信息, 2009, 25(4/2): 24-26.
- [4] 万松峰. 基于 ARM & Linux 的手持式室内甲醛气体检测设备设计[J]. 西华大学学报, 2013, 32(2): 88-90.
- [5] 褚超群, 陈松, 刘志杰. 基于 MSP430 的一氧化碳报警系统设计[J]. 中国科技信息, 2014(1): 110-111.
- [6] 程磊, 李秋红, 袁腾, 等. 基于 ZigBee 与 ARM 的室内环境监测系统的设计[J]. 电源技术, 2013, 37(9): 1655-1675.
- [7] 赵伟, 韦永斌. 基于 ZigBee 技术的室内环境监控系统的设计[J]. 技术与应用, 2013, 14(9): 62-64.
- [8] Vincenzo D L, Alberto A, Martines C, et al. Air quality control for health care centres. The application of an intelligent distributed system [C]//IEEE Workshop on Environmental, Energy, and Structural Monitoring Systems, Crema, 2009: 27-30.
- [9] 中国环保网产品中心. 半导体传感器和电化学传感器的区别[EB/OL]. [2013-10-21]. <http://www.fusens.com/?article=650.html>.
- [10] Gi H C, Gi S C. Design of service system framework for web-based monitoring and control of indoor air quality (IAAQ) in subway stations [C]//IEEE Conference on New Trends in Information and Service Science, Beijing, China, 2009: 659-663.
- [11] 彭玉丹. 空气环境甲醛污染的数值模拟和风险评价[D]. 天津: 天津大学, 2010: 42-43.
- [12] 蔡增增. 基于无线传感器网络的交通采集系统[D]. 重庆: 重庆大学, 2012: 26-27.

## Design of Indoor Air Quality Monitoring System

FAN Ao-bo, TIE Zhi-xin, WU Ming-cheng, LIU Liang-gui

(School of Information Science and Technology, Zhejiang Sci-Tech University,  
Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** The conventional indoor air quality monitoring system has disadvantages, such as manual work, single environmental parameters collected, and low level of intelligence and networking. In allusion to these problems, an indoor air quality monitoring system is designed in this paper. The embedded technology is used to design indoor air quality acquisition terminal and data concentrator. The acquisition layer can be equipped with one or multiple hazardous gas monitoring terminal as needed by users. The wireless sensor networks (WSN) technology, the RS-485, and the Ethernet technology are combined for data communication. This achieves intelligence and networking of indoor air quality monitoring as well as diversity of environmental parameters, and guarantees instantaneity of indoor air quality monitoring, traceability of monitoring data and instantaneity of indoor air quality warning. The test proves that the system has features of simple operation, easy networking and real-time data monitoring and can meet the requirements of indoor air quality monitoring in a distributed environment.

**Key words:** embedded system; ZigBee; WSN; air quality monitoring; environmental pollution; intelligence

(责任编辑: 陈和榜)