

面向智慧社区的环境监测系统设计与实现

黎山峰¹, 杨雷¹, 孙建军²

(1. 东莞理工学院 电子工程学院, 广东 东莞 523808; 2. 华南理工大学 电子与信息学院, 广州 510641)

摘要: 针对“智慧城市、智慧社区”建设的需求, 设计并实现了通过智慧社区服务平台可实时发布环境参数的监测系统; 该系统以 ST 公司的 ARM 芯片 STM32F103C8T6 为核心, 分别通过 GP2Y1010AU0F、UV10SF 和 DHT11 模块完成对环境中的 PM2.5 值、紫外线强度和温湿度各参数的实时采集, 辅之 SIM900A 模块实现 GPRS 数据传输, 最后借助乐联网平台, 用网页、微信等方式进行数据发布和管理, 从而实现用户使用 PC 机或手机终端实时查看监测点环境参数的目的; 经实验证明, 该系统测量准确度温度为 $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 、湿度为 3.8%、PM2.5 值为 7.2%、紫外线强度为 7.9%, 数据采集准确、通信方式灵活, 符合未来智慧社区建设的发展趋势, 具有一定的创新性和推广价值。

关键词: 智慧社区; PM2.5; 紫外线强度; 物联网; 监测

Design and Implementation of Environmental Monitoring System for Intelligent Community

Li Shanfeng¹, Yang Lei¹, Sun Jianjun²

(1. School of Electronic Engineering, Dongguan University of Technology, Dongguan 523808, China;

2. School of Electronic and Information, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: A monitoring system of releasing real time environment parameters through the intelligent community service platform is designed and implemented to meet the needs of building “wise city, intelligent community”. The core control system of the environment detection system is based on the STM32F103C8T6 ARM chip of ST semiconductor company, acquires the PM2.5 value, ultraviolet radiation intensity, temperature and humidity in the environment through the Sharp GP2Y1010AU0F, UV10SF and DHT11 module respectively, transmits the data of GPRS through the SIM900A module, finally with the internet of things platform, distributes and manages data through the Web page, the blog, the WeChat and other methods, so that the users can see the environment parameters of the monitoring stations through the PC or mobile phone terminals. Experiments show that measuring accuracy of the system is $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ for temperature, 3.8% for humidity, 7.2% for PM2.5, 7.9% for Ultraviolet rays, the data is stable and the communication mode is flexible, in line with the development trend of the future intelligent community construction, has certain innovation and can be promoted.

Keywords: intelligent community; PM2.5; ultraviolet radiation intensity; internet of things; detection

0 引言

当前,“智慧城市、智慧社区”的建设成为一个社会热点。通过智慧社区服务平台发布的信息,人们能实时地获取身边环境参数^[2],特别是一些通过大众媒体了解不到的 PM2.5 值、紫外线强度等,将成为其中建设的一个重要内容。随着传感器技术^[1]智能化、网络化的不断发展,物联网技术^[5]在数据采集系统中得到广泛应用,为构建高效、准确的环境检测系统提供了可能^[4]。目前国内外公司实现类似相关功能主要靠多设备拼接实现^[7],功能单一受限,且缺乏人性化、有效的通讯手段^[3]。本环境检测系统基本能解决现有的技术问题^[9],满足功能需求,具有一定的创新性。

1 系统的整体设计方案

1.1 设计的技术参数要求

测量范围: 温度 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$, 湿度 $20\sim 90\%\text{RH}$, PM2.5 值 $10\sim 250\mu\text{g}/\text{m}^3$, 紫外线强度 $1\sim 500\text{mW}/\text{m}^2$ 。

分辨率: PM2.5 值 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$, 温度 0.1°C , 湿度 $1\%\text{RH}$, 紫外线强度 $1\text{mW}/\text{m}^2$ 。

测量准确度: PM2.5 值 8%, 温度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, 湿度 5%, 紫外线强度 10%。

1.2 系统结构及原理

系统整体框图如图 1 所示,由数据采集从机、系统主机和网络平台与用户等三大部分组成。

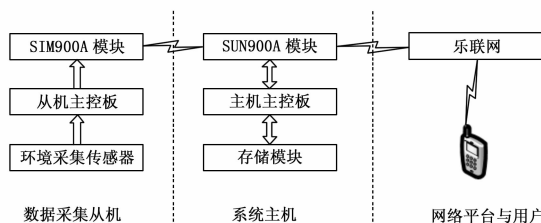


图1 系统设计整体框图

各个数据从机采集当前 PM2.5、紫外线强度以及温湿度

收稿日期:2015-03-03; 修回日期:2015-03-31。

基金项目:973 计划项目(2013CB834300, 2013CB834305); 东莞市重大科技专项(2011215101)。

作者简介:黎山峰(1979-),男,江西临川人,主要从事传感器技术、测控等方向的研究。

杨雷(1964-),河南邓州人,博士,教授,主要从事测控技术方向的研究。

等相关环境参数,通过 GPRS 方式^[9]将环境参数按照一定的数据格式发送到系统主机。主机接收到从机发送过来的数据,进行保存。最后主机把接收到的数据统一上传到当前国内免费的“乐为物联网平台”上面,从而让人们随时能通过比如微信、微博等公众平台来进行浏览查阅。

2 系统的整体硬件设计

2.1 主机的硬件设计

系统主机的硬件电路结构如图 2 所示: 由电源模块、STM32 控制模块、SIM900A 模块和 Flash 存储模块组成。

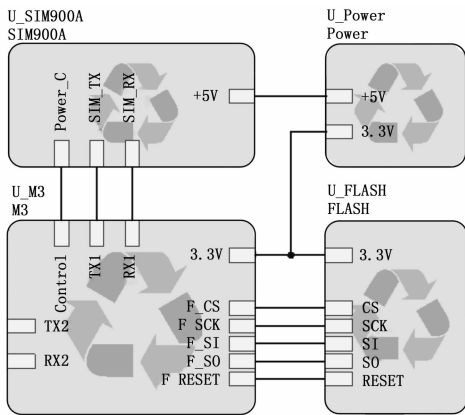


图 2 系统主机电路图

电源模块产生 3.3 V 电压和 5 V 电压, 3.3 V 主要为 STM32 控制模块和 FLASH 模块供电; 5 V 负责为 SIM900A 模块供电。

STM32 控制模块采用 ST 公司 STM32F103C8T6, 负责系统的控制。该芯片具有 64k 的 Flash、20k 是 RAM 和高达 1.25DMips/MHz 的处理性能, 外接 16 MHz 的晶振, 内部 4 倍频达 64 MHz 的处理频率能满足环境参数收集和和网络控制的 处理速度需求。该芯片的串口 1 负责与 SIM900A 通信, 串口 2 用于开发的调试接口。同时将 PA 口通过模拟时序的方式完成与 Flash 存储器接口访问, 实现数据存储功能。

SIM900A 模块负责 GPRS 通信, 主要是收集各从机的环境数据, 在 STM32 控制模块汇总后统一发送到乐联网。

2.2 从机的硬件设计

数据采集从机由电源模块、STM32 控制模块、SIM900A 模块、DHT11 温湿度模块、UV10SF 紫外线强度模块和 PM2.5 检测模块组成。其电路图如图 3 所示。

电源模块负责为整个从机系统提供 3.3 V 和正负 5 V 电压。

STM32 控制模块采用 ST 公司 STM32F103C8T6, 负责从机系统的控制。该芯片的串口 1 负责与 SIM900A 通信; 将 PA0 模拟单总线时序实现, DHT11 的温湿度采集。

UV10SF 负责强度采集, 它能很好的探测 $200\sim 400\text{ nm}$ 光谱范围的紫外线辐射, 并产生光电流, 最终输出 $0\sim 0.1\text{ V}$ 的电压信号。设计中使用 OP27 对其进行放大, 以满足主控制器 AD 采样的量程需求。

PM2.5 的采集使用的是夏普的 GP2Y1010AU0F。设计中该模块的输出脚接主控芯片的 AD1 引脚使用内置的 ADC 进行电压采集,最后计算出当前的颗粒浓度。

SIM900A 模块负责 GPRS 通信, 将采集到的 4 个环境参数发送到主机。

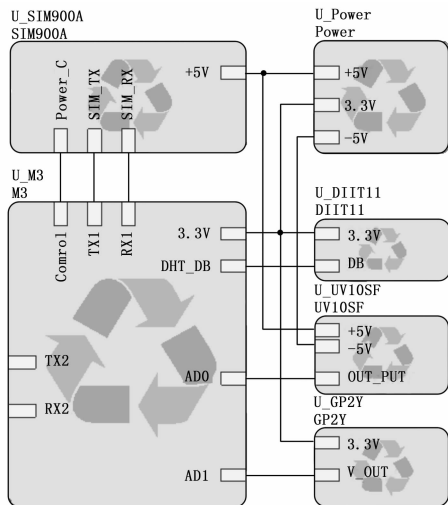


图 3 数据采集从机电路图

3 系统的整体软件设计

3.1 主机的软件设计

主机的运行流程图如图 4 所示。

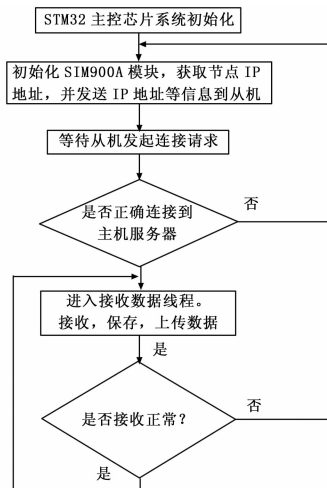


图 4 主机运行流程图

首先,主控芯片进行自身的初始化,然后初始化 SIM900A 模块了,再把 SIM900A 模块接入 GPRS 网络,主控芯片发送 AT 指令“AT+CSTT”启动 GPRS 任务并设置接入点,再发送 AT 指令“AT+CHCR”激活移动场景,发起 GPRS 连接。

网络接入成功之后，发 AT 指令“AT+CIFSR”获取当前 SIM900A 节点在 GPRS 网络中的节点 IP 地址。获取后，编辑以一定格式的数据包并以短信的方式发送到从机，让其解析短信命令并等待从机发起连接的请求。当从机成功接收到短信并向主机发起连接，主机终端就会进入接收数据的线程。接下来，主机终端每次成功接收到一帧数据之后，就马上解析，并保存在以当前日期命名的文件中。在保存完成数据之后，主控芯片就会把数据包的数据按照一定的格式通过 SIM900A 上传到乐为物联网的发布平台上。

3.2 从机的软件设计

从机软件设计流程如图 5 所示。

首先，主控芯片进行自身的初始化，然后就是初始化SIM900A模块了。初始化成功之后，从机就一直处于等待主机

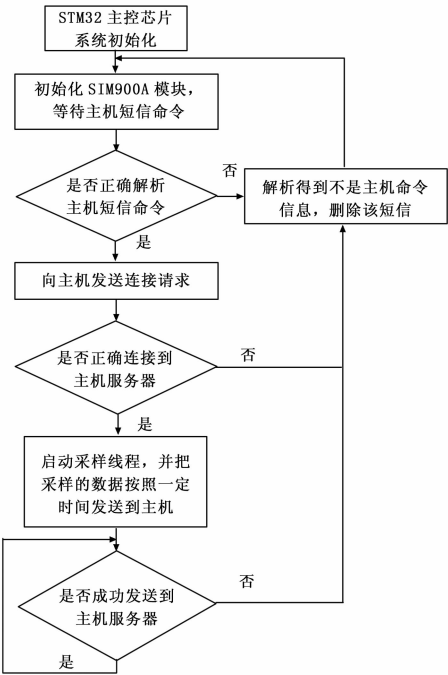


图 5 从机软件设计流程图

发送采样命令的短信。如果从机接收到一条短信，那么就会对短信内容进行解析。如果该短信是一条主机发送过来的采集命令短信，那么从机解析正确之后就会得到主机当前的 IP 地址。

在前面正确解析得到主机的 IP 地址之后，从机就根据该 IP 地址向主机发起 GPRS 连接请求。在发起的连接成功之后，从机就会启动采样线程，把温湿度与空气颗粒浓度，按照一定的字符串格式作为一个数据包发送到主机终端。每次成功发送一个数据包之后，主机就会返回一个应答包。从机将会超时等待一段时间并接收这个应答包。如果在这个超时等待的时间还没有收到，那么证明连接的链路已经掉线了。此刻，从机线程就会挂起当前发送数据的线程，重新调度到等待主机终端命令的线程，从而等待主机终端的重新连接。

4 实验结果与分析

以某小区的环境为例，用本测试系统选取 4 个不同地点进行测量，辅之相对应的校准仪器，测量与分析结果如下所示。

4.1 温湿度测量与分析

温度测量选取 FLUKE 1524 作校准仪器，实验数据如表 1 所示。

表 1 温度测量值与精度					
FLUKE 1524	测量值/℃	7	18	28	38
	准确度/℃	±0.03	±0.03	±0.05	±0.05
本监测 系统	测量值/℃	7.4	17.8	28.6	38.4
	准确度/℃	±0.4	±0.2	±0.6	±0.4

湿度测量选取 FLUKE 971 作校准仪器，实验数据如表 2 所示。

4.2 PM2.5 值测量与精度分析

在某社区对 4 个相隔一定距离的点的 PM2.5 值进行测量，该系统的测量值与校准仪器的测量值进行比较。校准仪器为格林创新的微电脑激光粉尘仪 LD-5C，其测量精度是±6%，测定时间设置为 2 min，采集数据记录如表 3 所示。

分析^[6]：设所测环境的 PM2.5 真值为 p_0 ，校准仪器的测

表 2 湿度测量值与准确度					
FLUKE 971	测量值/(%RH)	50	58	72	80
	准确度/(%)	2	2	2	2
本监测系统	测量值/(%RH)	51	59	71	82
	准确度/(%)	3.9	3.6	3.5	4.3

表 3 PM2.5 测量值与精度					
测试点		A	B	C	D
LD-5C 仪器	测试值 $p_1/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	83	84	90	97
	精度 $\alpha/(\%)$	6	6	6	6
本监测系统	测试值 $p/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	84	86	91	96
	精度 $\beta/(\%)$	6.8	7.8	6.7	7.5

量值为 p_1 ，用相对精度为 α 的仪器测得的值满足 $\left| \frac{p_1 - p_0}{p_0} \right| < \alpha$ ，有 $\frac{p_1}{1 + \alpha} < p_0 < \frac{p_1}{1 - \alpha}$ ，那么本测试系统的 PM2.5 检测值的相对精度

$$\beta = \left| \frac{p - p_0}{p} \right| < \max \left\{ \left| 1 - \frac{p_1}{p(1 + \alpha)} \right|, \left| 1 - \frac{p_1}{p(1 - \alpha)} \right| \right\}$$

通过计算，精度 β 值为：
 $\beta_A = \max \{0.068, 0.051\}$, $\beta_B = \max \{0.078, 0.039\}$,
 $\beta_C = \max \{0.067, 0.052\}$, $\beta_D = \max \{0.047, 0.075\}$ ，数据记入表格。

4.3 紫外线强度测量与分析

紫外线强度选取杭州远方的 U-20 紫外辐照度计进行校准，在中午阳光最强的时候进行户外测试，取十五分钟内的平均紫外线到达地面的辐射量，数据记录如表 4 所示（计算方法如 4.2 所述）。

表 4 紫外线强度测量值与精度					
远方 U-20	测量值/(mW/m ²)	103	95	89	76
	测量准确度/(%)	5	5	5	5
本监测系统	测量值/(mW/m ²)	101	92	86	75
	测量准确度/(%)	7.4	8.7	8.9	6.7

测量结果表明，技术指标达到设计要求，误差在允许的误差范围之内。

4.4 采集数据的发布

把采集的数据绑定到一个微信的个人帐号或是社区的公众帐号^[10]，设置推送时间，上传至乐联网平台，公开发布出去，让更多的人了解被测环境的实时情况。显示界面如图 6 所示。

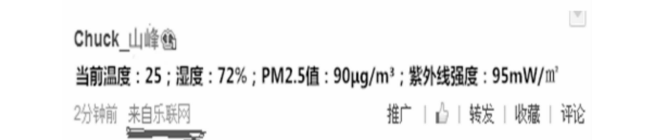


图 6 微博发布效果图

5 结语

该文系统地介绍了一种环境监测系统的软硬件设计方法，并详细论述了其部分关键模块的实现原理。经实际应用验证，该系统测量准确度温度为±0.4℃、湿度为 3.8%、PM2.5 值为 7.2%、紫外线强度为 7.9%，结果说明该系统实现了设定的技术参数指标，同时数据传输可靠稳定，通信方式灵活，可广泛加以推广和应用。当然，系统的人机界面还不够友善，在可操作性方面有待进一步改进。

参考文献:

[1] 杨 雷, 张建奇. 电子测量与传感器技术 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2008.

[2] 王宏记, 李中华. 基于物联网技术的跨区域气象环境污染监测系统 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (8): 2259-2261.

[3] 刘 春, 金哲媛. 环境监测中无线传感器网络路由算法的改进 [J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28 (2): 146-151.

[4] 行鸿彦, 武向娟, 等. 自动气象站数据采集器温度通道的环境温度补偿 [J]. 仪器仪表学报, 2012, 33 (8): 1868-1875.

[5] 沈苏彬, 范曲立. 物联网的体系结构与相关技术研究 [J]. 南京邮电大学学报 (自然科学版), 2009, 29 (6): 1-11.

[6] 宋 跃, 时章明, 周明辉. 基于 FLEX10K 实现的虚拟常用信号发生器 [J]. 电子测量与仪器学报, 2003, 17 (2): 40-44.

[7] Yang Y, Che N C, et al. Integrated Adjustment of Chinese 2000. GPS Control Network [J]. Survey Review, 2009, 41 (313): 226-237.

[8] 杨进中, 张剑平. 基于物联网的环境教育系统设计与实现 [J]. 华中科技大学学报 (自然科学版), 2012 (S1): 57-60.

[9] 张 杰, 胡世安, 龙子夜, 等. 基于 GPRS 的无线数据传输系统及其应用探讨 [J]. 电子测量与仪器学报, 2009 (S1): 154-157.

[10] 杨焕峥, 欧阳乔. 基于 STM32 的乐联网的电能监测系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (8): 2353-2355.

(上接第 1784 页)

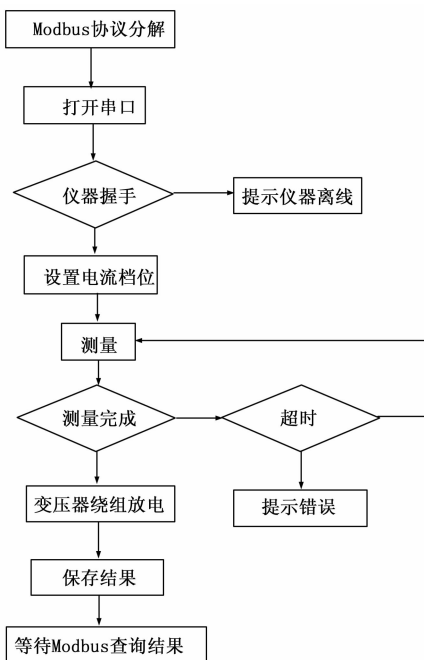


图 3 虚拟 Modbus 服务器测量直流电阻流程

4 实例应用

ETC—C3 型电气试验车采用了全新的虚拟 Modbus 协议, 将软件组态和硬件组态理念紧密结合, 实现了电力抢修时快速达到故障现场, 快速展开试验数据分析, 快速抢修恢复供电的目的。2014 年 6 月利用该试验车对某市北郊 110 kV 变电站备用变压器进行了预防性试验测试, 试验车到达现场后, 首先根据变电站的设备种类进行试验对象配置, 对变电站的电力设备进行增添, 并标明铭牌参数实现对试验参数的设定。然后根据实际电力设备对象设置需要的测试仪器, 并且对测试仪器的网络地址, 试验参数等进行设置完成虚拟 Modbus 的网络配置。最后连接试验接线, 并在试验软件菜单的引导下进行设备绝缘参数测量和分析, 完成试验。

试验软件依次通过虚拟 Modbus 协议调用各个下位机测试仪器进行绝缘参数测量, 其中工频高压耐压试验过程测控软件与下方试验调压器通过 Modbus 协议进行数据通信后, 工控机的测控界面如图 4 所示。整个试验过程工控机准确的控制了自动调压器的升压过程, 并且与下位机测试仪器液晶屏显示的试验过程信息完全一致。数据更新流畅, 无卡顿, 达到了预期效果。



图 4 耐压试验界面

5 结论

电气试验车作为一种综合的集控电气试验平台对提高电力设备的试验检修效率起到了积极作用, 但是目前电力检修集控设备缺乏统一通信标准制约了电气试验车集控系统的可靠性和高效性。

本文开发的电气试验车虚拟 Modbus 协议技术, 针对各种电力测试设备重新定义了通信协议, 并通过开发虚拟 Modbus 协议服务器软件进行了实际应用。现场试验表明该方法克服了不同厂家不同类型设备与电气试验车监控主机之间的通讯协议匹配问题, 提高了电气试验车的系统集成度和设备兼容性。该协议的成功应用和推广, 也将为高压电气试验设备通讯功能的标准化起到推动作用。

参考文献:

[1] 姚志荣. 电气试验车软件系统的设计与开发 [J]. 高电压技术, 2003, 29 (11): 52-54.

[2] 陈永强. 智能式现场高压试验车的设计与应用 [J]. 黑龙江电力, 2011, 33 (5): 391-394.

[3] 霍 良. 变电站电气试验车通过技术鉴定 [J]. 中国铁路, 1993, 2: 36.

[4] 彭道刚. 基于 Modbus 协议的 ARM 嵌入式监测平台设计与实现 [J]. 电力自动化设备, 2009, 29 (1): 115-118.

[5] 胡四泉. 基于无线传感器网络的 Modbus 虚拟设备 [J]. 计算机应用, 2011, 31 (1): 9-14.

[6] 翁自觉. 基于 MODBUS 协议的 OPCUA 服务器的设计 [J]. 计算机应用与软件, 2014, 31 (2): 89-92.

[7] 杨志义, 张 勇, 张凯龙, 等. 基于 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 的 Modbus/TCP 协议的实现与性能分析 [J]. 计算机测量与控制, 2012 (6): 1632-1635.

[8] 杨艳华, 周永录, 苏红军, 等. 通用串口到 Modbus RTU 的协议转换器设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2012 (2): 604-606.