

基于 APP 的智能家居环境监测系统的设计与实现

刘 练, 周凤星

(武汉科技大学 冶金自动化与检测技术教育部工程研究中心, 武汉 430081)

摘要: 设计并实现了一种基于 APP 的智能家居环境监测系统, 实时监测室内 CO、CO₂、O₃ 及 PM2.5 的浓度; 当被检测气体或 PM2.5 浓度超过标准值时, 系统会立即推送报警消息到用户的智能手机, 提醒用户启动相应的空气净化程序对室内进行净化处理; 系统利用 MQ7、MG811、MQ131 及 GP2Y1010AU 4 种气体检测传感器分别检测室内 CO、CO₂、O₃ 及 PM2.5 的浓度, 然后将污染气体及 PM2.5 浓度信息通过 GPRS 传送到后台服务器, 智能手机端 APP 通过 WIFI 或 3G 查询后台服务器即可获取污染气体及 PM2.5 浓度信息; 经实践证明, 该系统所测得污染气体及 PM2.5 浓度的精确率达到 98%, 并能将浓度变化情况用曲线展示给用户, 让用户方便及时地了解到室内环境状况。

关键词: 智能家居; 气体检测传感器; GPRS; 智能手机; Quartz 2D

Design and Implementation of Environment Monitoring System at Smart Home Based on APP

Liu Lian, Zhou Fengxing

(Ministerial Engineering Research Center for Metallurgical and Automation and Measurement Technology, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, China)

Abstract: Design and implement an environment monitoring system at smart home based on APP, which can monitor the concentrations of CO, CO₂, O₃ and PM2.5 in real-time. In either the concentration of detected gas or PM2.5 exceeds the standard value, the system will immediately push the alarm message to users' smart phones to alert users to start the appropriate procedures for indoor air purification treatment. System uses MQ7, MG811, MQ131 and GP2Y1010AU four kinds of gas detection sensors to detect indoor CO, CO₂, O₃ and PM2.5 concentrations, then sent the pollutant gas and PM2.5 concentration information to the backstage server through GPRS, APP on smart phone will obtain information on pollutant gas and PM2.5 concentration by querying the server through WIFI or 3G. Practice proves that precision of polluting gases and PM2.5 concentrations measured by this system reaches to 98%, and it presents change of concentrations to users with a curve, allowing users to be kept informed of the indoor environment status conveniently.

Keywords: smart home; gas detection sensor; GPRS; smart phone; Quartz 2D

0 引言

在国家发展“十二五”规划中, 智能家居是物联网技术的第三大应用领域, 物联网大潮下的智能家居行业在中国乃至全世界都有广阔的前景, 智能家居正在成为一个大的产业, 它蕴藏着巨大的市场潜力^[1-3]。

随着科学技术的持续发展, 社会信息化程度越来越高, “三网合一”、“三屏合一”等新概念不断被提出, 智能家居也因此成为未来家居的发展方向。在智能家居系统中, 对室内环境的监测是一个重要的内容。智能手机越来越普及, 其拥有高速的数据传输能力, 可以通过 WIFI 及 3G 与外设进行无线连接^[4]。基于此, 可将传感器节点获得的数据以无线方式发送给服务器, 智能手机通过 WIFI、3G 等方式与服务器完成通

信^[5], 并获取数据, 然后使用 Quartz 2D 绘制数据变化曲线^[6]。

1 系统总体架构设计

环境监测系统采用基于 Cortex-M3 架构的 STM32F103RB 单片机作为数据采集节点的 MCU, 以预装 Ubuntu12.04 的 PC 机作为服务器, 以基于 Android 及 IOS 平台的智能手机作为 APP 的展现平台^[7]。系统结构图如图 1 所示。

系统包括 3 个部分: (1) 数据采集节点。该部分的主要功能是采集传感器的模拟信号并进行模拟转换, 然后通过 GPRS 无线网络将数据传输到 Internet, 再通过 Internet 传输到后台服务器^[8]; (2) 后台服务器。该部分将从 Internet 上获取到的数据保存到 SQL Server 数据库, 并提供与客户端 APP 交互的接口; (3) 智能手机 APP。该部分主要功能是展示室内各空气污染气体及 PM2.5 的浓度变化情况, 并在浓度超标时进行及时的提醒与报警。

2 系统硬件设计

2.1 气体传感器采样信号处理电路

为了提高测量精度及系统使用寿命, 系统选用 MQ7、MG811、MQ131 及 GP2Y1010AU 4 种气体检测传感器。MQ7

收稿日期: 2014-02-27; 修回日期: 2014-04-10。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61174106); 武汉科技大学大学生创新基金(11ZRA175)。

作者简介: 刘 练(1988-), 男, 湖北省鄂州市人, 硕士, 主要从事物联网、嵌入式及移动端开发方向的研究。

周凤星(1952-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事冶金机械故障诊断、检测与自动化技术方向的研究。

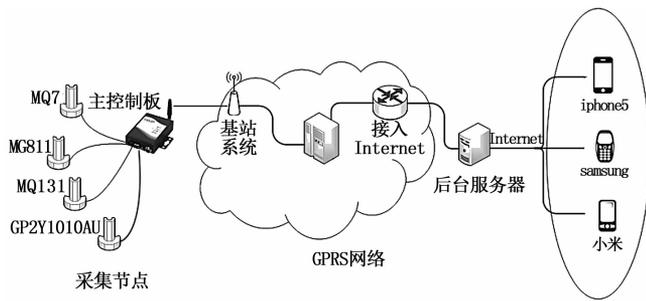


图 1 系统工作流程图

对一氧化碳具有很高的灵敏度和良好的选择性, 其具有长期的使用寿命 (正常使用条件下, 其使用寿命可达 5 年) 和可靠的稳定性, 适宜于一氧化碳、煤气等的探测, 其使用温度为 $-10 \sim 50^{\circ}\text{C}$, 浓度斜率小于 0.6。本文着重介绍使用 MQ7 进行 CO 采样信号处理电路的设计。MG811、MQ131 及 GP2Y1010AU 具有与 MQ7 相似的原理、特点及设计思路。

MQ7 一氧化碳检测传感器的原理如图 2 所示。MQ7 的表面电阻 R_s , 是通过与其串联的负载电阻 R_L 上的有效电压信号 V_{RL} 输出而获得的。二者之间的关系为:

$$R_s/R_L = (V_C - V_{RL})/V_{RL}$$

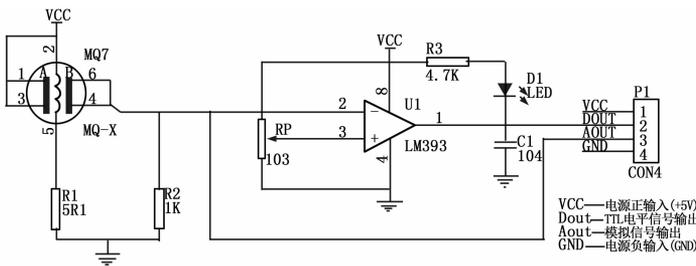


图 2 MQ7 一氧化碳检测传感器原理图

在 MQ7 处于由洁净空气转至一氧化碳气氛中时, 在一个完整的加热周期 (由高电压至低电压 2.5 min) 内可测得 R_L 上的输出信号变化情况, 如图 3 所示。

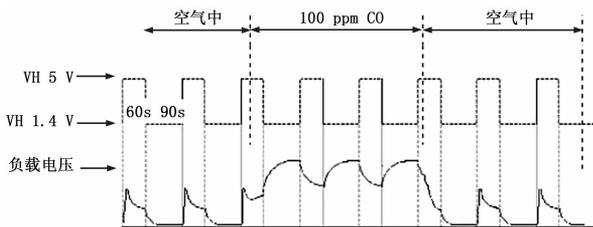


图 3 R_L 上的输出信号变化情况

MQ7 具有模拟量输出及 TTL 电平输出两路信号输出, 其模拟量输出 $0 \sim 5\text{V}$ 电压, 浓度越高电压越高, TTL 输出有效信号为低电平, 因此, 可将 MQ7 的 AOUT 及 DOUT 直接与单片机的 IO 口相连, 单片机根据输出电压的值即可计算出相应的一氧化碳浓度值。

为保证测量的精确度, 本系统用 200 ppm CO 校正传感器对 MQ7 进行了灵敏度的调整, 具体调整程序如下: (1) 将传感器连接在应用回路中; (2) 接通电源, 通电老化 50 个小时; (3) 调整负载电阻 R_L 至获得 200 ppm CO 浓度时所需要的信号值。

2.2 GPRS 无线通信模块

选用西门子公司生产的工业级双频模块 MC52i 作为 GPRS 的数据传输部分。由于该模块内部内嵌有 TCP/IP 协议栈, 单片机可直接使用 AT 指令集对 GPRS 模块进行控制, 并将串口上的原始数据转换成 TCP/IP 数据包进行传送。MC52i 模块正常工作时, 其所需供电电压的输入范围是 $3.3 \sim 4.8\text{V}$ 。当 MC52i 以最大功率传送数据时, 其供电电流的峰值能达到 2 A。为避免由于电压跌落导致模块出现重启等异常状况^[9], 在模块电源输入端采用开关稳压芯片 LM2576-ADJ 作为电源芯片, 并在输出电压端口并联多个 $470\ \mu\text{F}$ 的大电容。LM2576-ADJ 是一款可调节输出型开关稳压芯片, 它性能稳定、输出电流驱动能力强, 最大输出电流可达 3 A, 具有较强的抵抗电压跌落的能力。

3 系统软件设计

3.1 气体浓度采集模块软件设计

STM32F103RB 单片机通过串口发送 AT 指令控制 GPRS 模块的各项操作, 模块开机初始化之后, 与后台服务器建立链路连接并按设定格式传送 GPRS 数据包。模块每执行一条指令, 均会向单片机发送返回值, 包括响应信息和结果码, 以表明当前执行情况, 单片机根据返回信息来控制模块的工作进程。

双频模块 MC52i 使用内嵌的 TCP/IP 协议来发送数据, 其发送数据时的主要步骤是: (1) 进行 PPP 拨号并设置 APN 无线接入点; (2) 检查获得的本地 IP 地址; (3) 开启一个 SOCKET, 建立 TCP 或 UDP 连接; (4) 查询建立的 TCP SOCKET 连接情况; (5) 把数据加载到发送缓冲区; (6) 加载数据, 把数据发送到网络端; (7) 接收到服务器发送的数据; (8) 关闭建立的 TCP SOCKET 连接及无线连接。数据发送流程如图 4 所示。

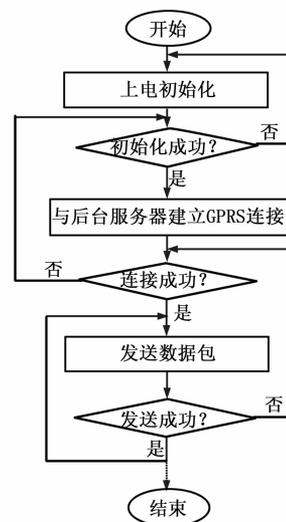


图 4 GPRS 数据发送流程

3.2 提高 GPRS 数据传输稳定性采取的措施

GPRS 模块通过 GGSN 连接 Internet 网络, 当模块一段时间不进行数据传输时, GGSN 会断开模块的网络连接以节省信道资源。为避免网络中断, 系统设定每隔 1.5 min 向后台服务器发送一段心跳信息, 以保证模块长期在线。针对可能造成 GPRS 链路断开的外部干扰, 系统设计了网络连接状态自检机

制，定期向后台服务器发送检测信息，若重复几次仍未收到应答信号则判断设备已掉线并立即通过 AT 指令重启 MC52i 并重新建立连接。此外，这里采用 STM32F103RB 单片机内部自带的看门狗以及 MAX813 外部硬件看门狗两级看门狗机制来解决系统死机、假在线等问题，一旦单片机没有正常接收 GPRS 模块返回的信息，立即控制 GPRS 模块的 RESET 引脚重启模块并恢复连接^[10]。

3.3 服务器及智能手机端 APP 软件设计

服务器端采用 J2EE 及 Spring 框架进行开发。系统通过 Internet 实时接收采集节点发送来的数据，然后对接收的数据进行分析处理后将数据插入到 SQL Server 数据库中，当任一污染气体或 PM2.5 的浓度值超过标准时，系统立即发送推送通知到智能手机。

为实现服务器及智能手机发送和接收推送通知功能，智能手机端 APP 首先进行消息推送注册，并将从 APNS Server 上获取的 device token 发送给后台服务器，服务器即可将需要发送的消息发送给 APNS Server，APNS 在自身的已注册 Push 服务的 device 列表中，查找有相应标识的 device，并把消息发送到相应的 device。具体实现流程如图 5 所示。

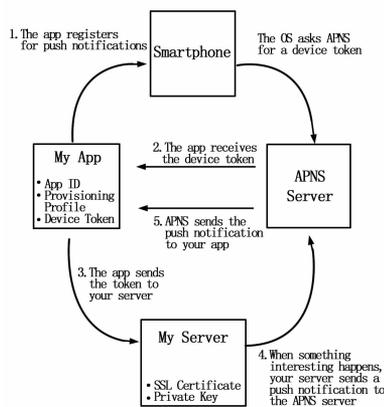


图 5 消息推送流程图

智能手机端 APP 主要用来查看各污染气体及 PM2.5 的浓度变化情况，并在收到污染气体或 PM2.5 浓度超标的推送消息时进行报警，以提醒用户启动空气净化程序进行空气净化。本 APP 中使用 Quartz 2D 绘制浓度变化曲线，将最近 5 小时内各污染气体及 PM2.5 的浓度变化通过曲线进行展示，让用户能快速、直观地了解到室内污染气体及 PM2.5 的浓度变化情况。系统使用 Timer 进行定时任务，每隔一小时从服务器获取一次数据，并重绘浓度曲线。在系统收到污染气体或 PM2.5 浓度超标的推送消息时，系统会启动语音播报提醒用户。

使用 Quartz 2D 绘制污染气体及 PM2.5 弄得变化曲线的算法设计如下。

1) 从后台服务器获取最近 6 小时的污染气体及 PM2.5 浓度数据，以 1 分钟为一个时间单位，6 小时内即有 300 条数据；

2) 对获取到的浓度值进行处理，为使气体浓度值能与智能手机上的坐标对应，需将获取的浓度值减去浓度标准值后取相反数，即

$$y = -(y - standard)$$

3) 获取当前的 CGContextRef，并且通过 CGContextSe-

tRGBStrokeColor (context, 150.0/255.0, 152.0/255.0, 156.0/255.0, 1); CGContextSetLineWidth (context, 3); 分别设置画笔的颜色及宽度；

4) 以时间作为 X 轴，X 值从 0~300 以 1 分钟为单位递增，对应的 Y 值为处理后的浓度值，依次配对形成的 300 对数据作为 300 个坐标点，通过 CGContextAddLineToPoint (context, x, y); CGContextStrokePath (context); CGContextMoveToPoint (context, x, y); 循环 300 次依次将 300 个坐标点用直线进行连接，即可绘制出最近 6 小时污染气体及 PM2.5 的浓度变化曲线。

4 系统测试结果

为验证本文所设计系统的实用性，将采集节点置于室内，并在智能手机上安装本系统中设计并实现的 APP。打开 APP 后，可以清楚地观察到室内各污染气体及 PM2.5 的浓度变化曲线如图 6 所示。图中，CO 浓度变化曲线原点处的浓度值为空气中的 CO 浓度标准值 0.8 ppm，在 X 轴下方的为正常的浓度值，而在 X 轴上方的则说明 CO 浓度偏高，需进行室内空气净化处理。实验所测得的浓度精确率达 98%。CO₂、O₃ 及 PM2.5 的浓度变化曲线辨识方法与 CO 相同。

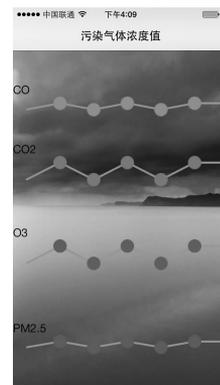


图 6 实测污染气体及 PM2.5 浓度值

5 结束语

实际测试结果表明，本文所设计的系统能高效率地实时监控室内污染气体及 PM2.5 的浓度变化情况，并能在室内污染气体或 PM2.5 浓度超标时立即提醒用户，尤其在室内发生煤气泄漏等突发状况时，系统能迅速报警并通知用户进行处理，以此可避免火灾、窒息、一氧化碳中毒等灾难的发生，极大地增强了室内的安全防护，提高了用户的生活品质。系统充分利用智能手机的移动特性及其强大的数据处理能力，通过图形来展示污染气体及 PM2.5 浓度变化情况，并利用推送通知和语音播报进行及时的提醒及报警，整个系统部署方便、简单易用、实用性强、成本低。随着智能家居成为未来家居的发展方向，该系统必将拥有广阔的市场。

参考文献：

[1] 邵鹏飞, 王 喆, 张宝儒. 面向移动互联网的智能家居系统研究 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (2): 1-3.
 [2] 徐子豪, 张腾飞. 基于语音识别和无线传感网络的智能家居系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (1): 1-3.

(下转第 2023 页)

- 规则 2: R_2 : If d_2 , then d_6 ;
- 规则 3: R_3 : If d_3 , then d_6 ;
- 规则 4: R_4 : If d_4 , then d_7 ;
- 规则 5: R_5 : If d_5 , then d_7 ;
- 规则 6: R_6 : If d_6 , then d_8 ;
- 规则 7: R_7 : If d_7 , then d_8 。

将上述规则库等效为 AFPN 模型, 如图 3 所示。

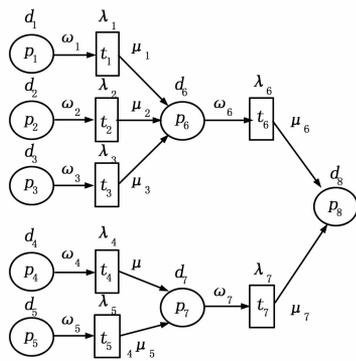


图 3 舰船电子综合化系统总线故障诊断的 AFPN 模型

3.2 AFPN 模型推理

由舰船电子综合化系统总线故障诊断的 AFPN 模型可知该模型分为两层, 设 $g(x) = 1/(1 + e^{-b(x-\lambda)})$, 其中: $b = 3000$, 算法学习速率 $\eta = 0.05$, 算法精度 $\varepsilon = 0.0001$ 。由于采用 BP 算法可以调整模型的权值 ω 和变迁的置信度 μ , 因此这里结合实际应用, 可以假设模型中所有变迁的激活阈值近似为 0.5, 即: $\lambda_j = 0.5, j = 1, 2, \dots, 7$ 。根据专家经验, 初始化 AFPN 模型的权值和变迁的置信度, 使用 50 批样本对舰船电子综合化系统总线故障诊断 AFPN 模型进行训练, 最后得到训练结果如表 2 所示。

表 2 AFPN 模型训练结果

名称	经验值	训练值	名称	经验值	训练值
ω_1	0.53	0.526 1	μ_1	0.38	0.359 7
ω_2	0.65	0.681 8	μ_2	0.73	0.755 6
ω_3	0.96	0.933 9	μ_3	0.91	0.939 1
ω_4	0.85	0.877 2	μ_4	0.86	0.823 8
ω_5	0.55	0.590 7	μ_5	0.60	0.644 7
ω_6	0.90	0.949 1	μ_6	0.86	0.891 1
ω_7	0.88	0.928 5	μ_7	0.78	0.748 3

完成 AFPN 模型参数训练后, 选择 5 批测试样本作为输入对训练后的 AFPN 模型进行模糊推理。这里选取某个测试样本作为输入进行说明, 该测试样本为: $\alpha(p_1) = 0.96, \alpha(p_2) = 0.78, \alpha(p_3) = 0.69, \alpha(p_4) = 0.76, \alpha(p_5) = 0.97$ 。判断模型中变迁 t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 是否可以激活, 由于 $\alpha(p_i) \cdot \omega_i > \lambda_i, i = 1, 2, 3, 4, 5$, 可知变迁 t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 都能激活, 则 $\alpha(p_6) = \max\{\alpha(p_1) \cdot \omega_1 \cdot \mu_1, \alpha(p_2) \cdot \omega_2 \cdot \mu_2, \alpha(p_3) \cdot \omega_3 \cdot \mu_3\} = 0.6051$ $\alpha(p_7) = \max\{\alpha(p_4) \cdot \omega_4 \cdot \mu_4, \alpha(p_5) \cdot \omega_5 \cdot \mu_5\} = 0.5492$ 。进一步判断模型中变迁 t_6, t_7 是否可以激活, 由于 $\alpha(p_i) \cdot \omega_i > \lambda_i, i = 6, 7$ 可知变迁 t_6, t_7 均可以激活, 则 $\alpha(p_8) = \max\{\alpha(p_6) \cdot \omega_6 \cdot \mu_6, \alpha(p_7) \cdot \omega_7 \cdot \mu_7\} = 0.5118$ 。诊断结果为: 该测试样本数据可以导致舰船电子综合化系统总线故障的发生, 其原因是总线终端软件配置错误引发的, 该推理结果与海上作业中实际测试一致。

4 结论

本文提出一种基于自适应模糊 Petri 网的舰船电子综合化系统总线故障诊断方法。该方法具有很强的自适应能力和推理能力, 克服了传统单纯依靠人工经验故障诊断的不确定性和偶然性, 可以实现舰船电子综合化系统总线快速精确的故障诊断。下一步研究将考虑使用遗传、蚁群等多种智能算法进一步增强 AFPN 模型的自适应能力和学习能力。

参考文献:

- [1] 吴文铁. 基于 CPN 的舰船电子综合化系统总线建模 [J]. 计算机应用与软件, 2012, 29 (11): 116-118.
- [2] 胡国鹏. 基于现场总线的舰船网络及其互连技术 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2005.
- [3] 张宇浩, 吴勇, 张建东. 模糊 Petri 网在航电总线系统故障诊断中的研究 [J]. 测控技术, 2011, 30 (6): 80-82.
- [4] 桑亚辉, 张一帆. 基于 FPN 的弹载 1553B 总线系统故障诊断研究 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (5): 1251-1253.
- [5] 贾民力, 赵学民. 基于 WFPN 的 1553B 总线网络故障诊断研究 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (8): 2056-2058.
- [6] 马敏, 黄建国, 夏侯士戟. 基于自适应模糊 Petri 网的雷达故障诊断方法研究 [J]. 仪器仪表学报, 2008, 29 (2): 261-265.
- [7] 刘心, 印桂生, 张磊. 一种自适应模糊 Petri 网及其应用 [J]. 计算机应用研究, 2009, 26 (10): 3801-3803.
- [8] 潘海兰, 蒋文蓉, 吴嘉琪. 基于自适应神经网络加权模糊故障诊断研究 [J]. 计算机测量与控制, 2011, 19 (7): 1599-1601.

(上接第 2020 页)

- [3] 吴佳兴, 李爱国. 基于云计算的智能家居系统 [J]. 计算机应用与软件, 2013, 30 (7): 1-3.
- [4] 樊宁. 基于 Android 平台的无线控制系统设计与实现 [D]. 上海: 华东理工大学, 2012.
- [5] 孟潜, 朱天宇. 一种基于智能手机的新移动医疗系统模式 [J]. 计算机应用研究, 2013, 30 (7): 1-2.
- [6] DevDiv 移动开发社区. iOS 开发实战体验 [M]. 北京: 海洋出版社, 2012.

- [7] 汪宇, 吕卫, 杨博菲, 等. 基于 Android 平台的智能家居监控系统 [J]. 电视技术, 2012, 36 (2): 2-3.
- [8] 阮越广. 基于 SimplicTI 的无线智能热量表硬件设计 [J]. 仪表技术与传感器, 2012, (1): 2-3.
- [9] 赵明富. 基于 GSM/GPRS 的变电站遥控系统 [J]. 电力自动化设备, 2005, 25 (8): 33-34.
- [10] 汤国峰, 刘猛, 黄卫佳, 等. 双轴倾斜角度测量系统设计 [J]. 传感器与微系统, 2009, 28 (12): 83-85.