

室内环境分布式无线网络监测系统^①

周良元, 裴 东, 谭等泰

(西北师范大学 物理与电子工程学院, 兰州 730070)

摘 要: 室内空气质量的实时监测对居住安全非常重要, 采用分布式多点监测方法, 可以全面掌握家庭环境情况, 预防室内污染, 并有效避免毒性危险. 设计了基于无线网络的室内空气污染多点监测系统, 实现对不同的房间的甲苯、VOC 以及 CO 三种室内有害气体的监测. 文中设计了多种方法, 针对性优化了系统的能耗问题. 其系统构架也可以用于其它类型气体以及温度、湿度等环境参数的监测.

关键词: 无线传感器网络; 室内环境; 气体传感器

Indoor Environmental Monitoring System with Distributed Wireless Network

ZHOU Liang-Yuan, PEI Dong, TAN Deng-Tai

(College of Physics and Electronic Engineering, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Real time monitoring for the air quality indoor is critical to the residing safety, by distributed multipoint monitoring, the family environment can be grasped to prevent the indoor pollution, and avoid the danger of the toxic gas. An air pollution monitoring system based on the wireless network is developed in this paper. The energy management is optimized by several methods designed in this paper. The system is designed for the monitoring of formaldehyde, VOC and CO gases in different room, which can also be used for monitoring of temperature, humidity and other environmental parameters.

Key words: wireless sensor networks; indoor air quality; gas sensor

随着近代工业的迅速发展, 室内空气污染问题愈发严重^[1]. 室内空气质量的好坏密切关系到人们的生存质量和生命健康. 研究表明空气中含有毒气体 CO, 甲醛, 以及分粉尘颗粒等, 会导致头痛, 目眩, 恶心刺眼等症状^[2]. 调查表明全球近一半的人处于室内污染中, 室内环境污染已经引起 35.7% 的呼吸道疾病, 22% 的慢性肺病和 15% 的气管炎、支气管炎和肺癌^[3]. 室内环境监测能有效提供室内环境状态, 预防室内污染, 为室内环境的治理提供依据.

无线传感器网络(wireless sensor networks, WSNs)是多学科高度交叉的一个新兴的重要研究领域. 它集信息采集、通信和计算能力于一身, 能够很好的实现环境信息的感知, 实现多通道数据交互. 网络中通常具有多个节点, 它们具有原始数据采集、本地信息处理、无线通信和与其他节协同工作的能力, 但其计算能力、存

储能力、无线通信能力和电源供应能力是有限的^[4].

室内气体监测所用气体传感器功耗较大, 针对无线网络节点通常采用电池供电, 能源有限且安装后不易更换或充电等问题^[5], 本文从元器件选择到硬件电路设计均体现了低功耗特点, 并且设计出分布式智能监测方法, 采用室内人数计算模块智能控制系统运行状态, 极大降低了系统功耗.

1 系统构架设计

如图 1 所示, 无线传感器网络包括网络主节点, 气体监测子节点, 人体感应子节点三个部分. 这三种节点均包含单片机控制芯片与 RF 通信模块, 同时各自又包含其特定的功能模块. 软件部分均由 C 语言编写, 文中做出了系统设计流程图, 说明了整个系统的控制逻辑.

^① 收稿时间:2012-05-25;收到修改稿时间:2012-06-20

各个节点外壳均经设计易于安装在墙壁上，其中网络主节点位于客厅，从人体感应节点获取室内人员数量，并根据人数情况控制气体监测用子节点的工作模式；人体感应模块位于主门口，用于监测室内人员数量；各个气体监测子节点位于其他房间，对应重点监测其常见有害气体。例如，在厨房重点监测 CO，煤气；在卧室重点监测氧气，粉尘等。

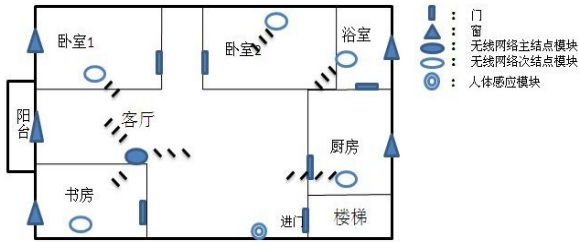


图 1 无线传感器网络示意图

1.1 系统网络主节点

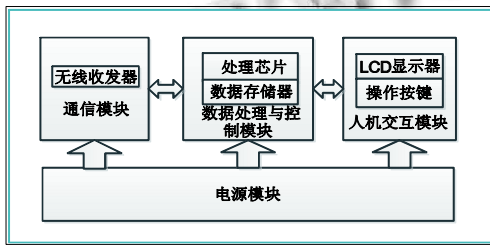


图 2 网络主节点原理框图

如图 2 所示，网络主节点模块包括：气体传感器、敏感模块、单片机及显示等设备、nRF24L01 模块。它是整个系统的枢纽，实现对系统的控制，并提供人机交互界面实时显示监控所得数据。

1.2 气体监测用网络子节点

如图 3 节点原理框图所示，此节点与系统主节点有类似。

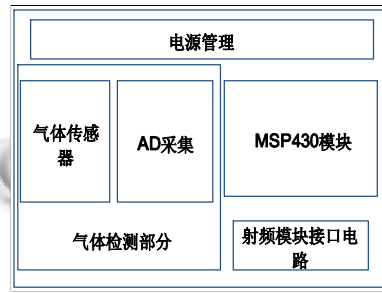


图 3 网络子节点原理框图

与主节点相比，其没有人机交互模块而多了数据检测用的气体检测模块。它包括射频无线收发模块、MSP430 单片机以及气体检测模块、AD 采集电路等。多个此类子节点位于各不同的房间，气体监测模块将监测数据传递给 RF 模块，并发送给网络的主节点。其设计原理图，如图 4 所示。

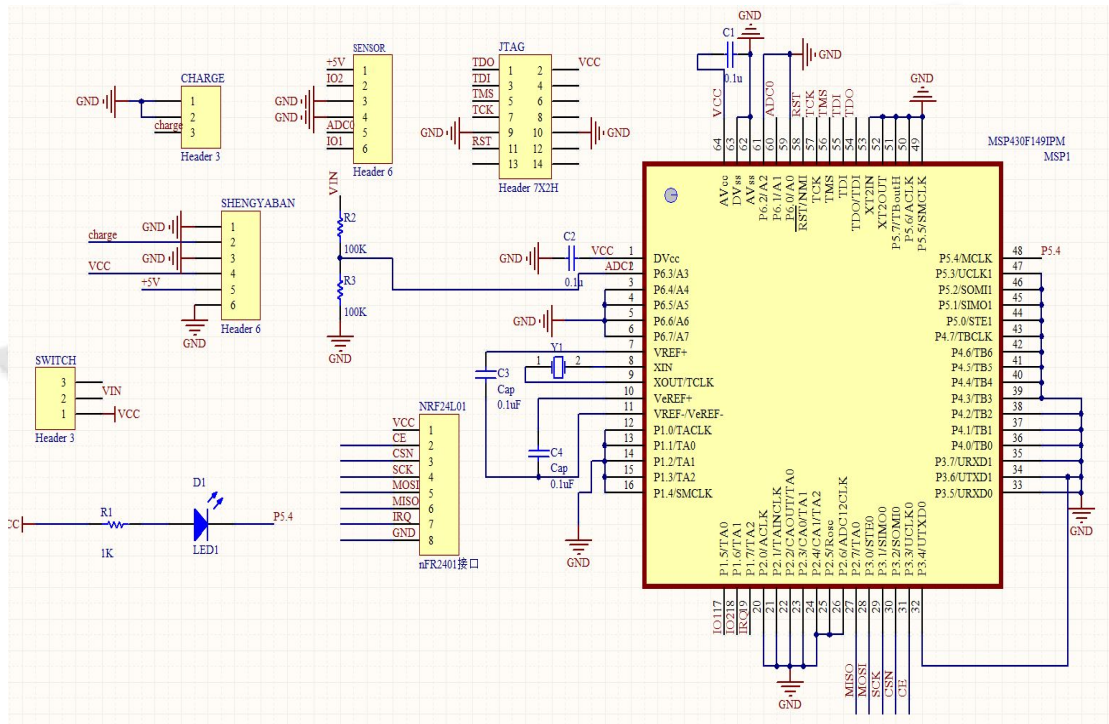


图 4 气体监测网络子节点原理图

1.2.1 无线收发芯片

nRF24L01 芯片是瑞士 NORDIC 公司生产的一款工作在 2.4~2.5GHz 世界通用 ISM 频段的单片无线收发器芯片. 此芯片拥有极低的电流消耗: 当工作在发射模式下发射功率为 -6dBm 时电流消耗为 9.0mA, 接收模式时为 12.3mA. 工作电压只有 1.9V 到 3.6V.

1.2.2 气体传感器工作原理

气体传感器是基于不同的敏感原理, 运用多种不同的材质与工艺制造而成. 它们共同的特点是可以检测几种不同的气体, 但选择性差. 这种非单一选择性是由其敏感机理所决定的. 本文选用的基于半导体金属氧化物敏感材料的气体传感器, 由费加罗公司制造, 型号为 TGS26xx 系列, 对 CO, VOC 以及甲苯等室内气体, 具有较强敏感性.

1.2.3 气体检测模块

气体监测模块为自行设计的由气体传感器、基准稳压源、ADS1110 以及外围接口电路组成的监测模块. 其设计原理根据气体传感器的工作特性. 它能有效测得目标气体浓度, 并且将采集所得数据通过 SPI 总线接口传出. 对于不同目标气体, 其采用的气体传感器类型不同. 在文章末尾给出了此模块实物图.

1.3 人体感应应用网络子节点

此节点由 MSP430 芯片控制 PIR(passive infrared detection)模块实现. 其中 PIR 模块采用深圳杰华电子有限公司的型号 GH-718 红外人体感应模块. 模块感应到人员时, 能自动生成高低电平输出. 其使用工作电压为 DC 4.5~20V, 静态电流为 50uA, 高电平输出 3.3V 低电平输出为 0V, 保持时间为 3-900 秒之间, 可以自主调节, 感应角度为 110 度, 最大感应距离为 7 米. 如图 1 中所示, 此节点位于主门口处, 用于感应测定人员的出入, 人员进入时输出一个正脉冲, 出去时输出一个负脉冲, 用于计算室内人数. 在控制芯片中设置一个变量 N, 用于存储室内人员总数, N 的初始值为零. 方法参考陈廷侠设计的红外计算器^[6].

2 软件控制

系统的软件控制设计是实现该系统的分布式结构的关键.

主节点在接收到人体感应模块的使能信号后, 便进入了数据采集的工作状态. 此时, 它向气体采集子节点发送控制指令, 控制子节点的工作状态, 以达到数据采集的目的. 当室内人员数大于零, 各个节点均正常工作时, 系统采用定时检测方式, 通过主节点定时, 周期循环检测室内环境.

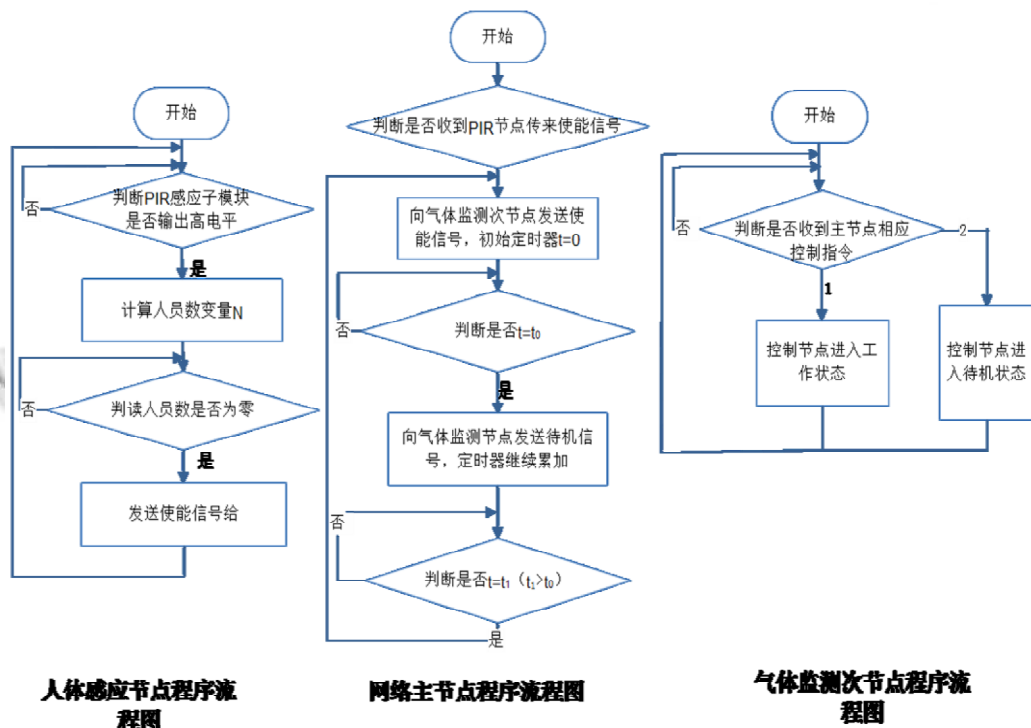


图 5 系统各节点流程图

气体监测子节点具有两种工作模式,分别为工作模式和睡眠模式. 工作模式时,此节点所有模块上电,模块运行检测室内气体浓度;睡眠模式时,除气体传感器检测模块以外的其它模块运行,节点不进行数据采集. 由于气体采集节点主要功耗损失在气体传感器检测部分电路工作时,所以,在保证数据有效性的同时尽量降低其初始化时间极其关键. 根据测试结果,确定特定气体传感器最佳采样时间(本文实验部分提供了示例),采样任务完成后子节点进入睡眠模式.

人体感应子节点是一个常开的节点,时刻感应出入的人员. 室内人数的测定应用了红外对管的检测原理,每次先检测到外管、再内管有感应信号时,代表进一人次;每次先检测到内管、再外管有感应信号时,则代表出一人次. 最终把计算所得室内总人数N存入内部寄存器,并传输到射频模块,发送给主节点.

3 实验结果

实际应用中,系统中选用的金属氧化物气体传感器从启动到稳定工作能获得正常数据需要一段启动时间,该段时间原理上是用来加热传感器内热电阻^[7],使其达到检测电阻所需的目标温度. 图 6 为测试所得的 TGS2602 传感器测试模块从加电到稳定的曲线图. 由图中曲线可知,从 260 秒开始,传感器测试状态基本达到稳定. 此数据可以应用为软件控制中该气体数据的最佳采样时间.

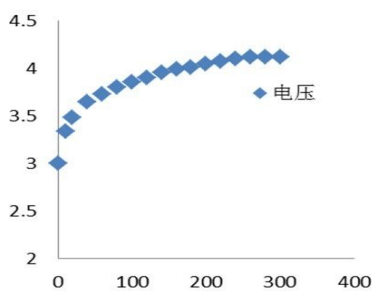


图 6 传感器 TGS2602 工作输出电压图(20°C 65%RH)

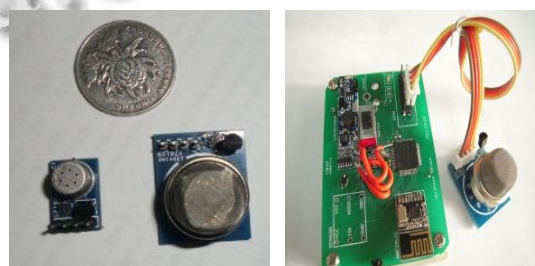
实验分别对三个气体监测类型的气体检测模块的功耗出了测试. 结果如表 1 所示. 由表可知,模块处于稳定监测状态时,如果提供 7200 毫安时的锂电池,单个节点只能连续工作一天或者几天时间. 如果采用本系统设计的节能方式,则能有提高效率监测时间至一年到几年.

表 1 气体监测模块功率表

检测气体(传感器)	CO (TGS2600)	甲苯 (TGS2602)	VOC 气体 (TGS2620)
模块功耗	228.7mW	301.8mW	232.5mW

气体检测模块的实物图如图 7(a)所示. 图 7(b)为网络子节点的实物图,其中气体检测模块与数据采集部分用导线连接,因此实现了气体监测类型的选择性. 并为其它类型气体检测,预留下接口,实现了系统的可扩展性.

在实验室主室放置一个网络主要节点,两个侧室分别放置一个气体监测子节点,主门口放置人体感应节点. 经过测试可以在主节点的 LCD 上得到各个子模块发来的数据,验证了网络的可靠性.



(a)气体检测模块 (b)气体监测子节点

图 7 传感器子节点实物图

4 结论

本文实现了一种基于无线传感器网络的室内空气质量监测方案,通过室内分布的无线监测传感器,监测致病、致癌、致死的有毒气体. 利用小型无线网络通讯控制,可以实时掌握室内空气质量. 电源管理是此类无线网络中的难题也是本文研究的要点. 除了从各器件选择注重低功耗以外,本文通过三种方法优化了电源管理. 第一,感应判断室内人员数量,从而智能控制子节点的运行模式;第二,间歇性环境数据采集;第三,最优化单次气体采样时间. 本项目方案和系统架构具有一定的通用性,也可以推广并应用到其它生活或工业监测项目中.

参考文献

- 1 Jones A. Indoor air quality and health. Atmospheric Environment, 1999,33(28):453-455.
- 2 Blaschke M, Tille T, Robertson P. MEMS gas-sensor array for monitoring the perceived car-cabin air quality. Sensors

(下转第 12 页)

设初始舆论在 $[0, 5]$ 万人上产生并爆发, 6个不同的网络集群持有不同的初始意见, 并分别占比重的55%, 57%, 59%, 61%, 63%, 65%, 在 $t=20$ 的峰值点上, 计算当前PE最终涌现概率分别为0.48, 0.59, 0.6, 0.78, 0.88, 0.97, 整体呈高度关联趋势. 舆情流在一定规模上超过50%时, 形成新闻学中对于舆情研究的“统治的多数理论”, 即超过半数的初始意见发展并对最终舆情走向产生全面的和整体决定性的影响. 网络集群对舆情在初始阶段的产生发展呈现多样性, 并且是非均匀分布的, 随着时间演化, 个体意见发展会向两个方向发展, 关联度较高的个体意见会在不确定时间范围内, 趋近某一个不为0的函数值, 而关联度极低的意见会在时间演化进程中影响函数逐步减少为0, 最终的舆论趋势水平会无限接近于最初的大多数个体所持的意见, 这就是社会心理学家所谓的“心理反抗现象”, 即“与接受者观点完全相反的传播容易激发接受者的心理反抗的情绪现象”. 利用PETRI建模的意义在于把杂乱而模糊的有一定发展规律的事态用分析的眼光进行评价, 在合适的时机采取适当的措施做有利的调整.

6 结论

本文通过引入PETRI网分析方法, 首先对舆情流进行了形式化定义和方法描述, 并且详细定义说明了舆情流的方向性、流所具有的规律和原则、产生和转换等流的关键特性, 并在此基础上建立了舆情流关联过程控制模型, 对模型进行了理论分析说明, 特别是对模型中舆情流的发生量, 爆发量, 流速, 类型, 依赖关系等, 给出明确定义, 之后分别解释如何运用PETRI方法进行了定理说明及推论分析, 这样的分析方法目前鲜见报道, 特别是对二者运用的结合, 也属先例.

文章通过对该模型的建模分析, 在假设舆情爆发趋势正态分布, 考虑网络集群建立关联的前提下, 讨

论舆情流产生发展的演进形态, 动态引入节点间的关联度变量, 研究了基于关联网络的集群组织 i 与各组织节点间的关联, 以及与组织 i 联系的 k 个组织节点舆情流动的一般规律. 其次, 提出通过调控网络集群与其他舆论节点间的关联度, 对网络中流入的舆情流量、流速和结网过程进行控制, 进而可以调控舆情流形成速度, 控制或者影响集群中的极端个体, 降低或者加强集群之间的关联关系, 都可以影响到舆论的最终形成. 针对某一具体事件或者现象, 影响舆论形成的因素往往是复杂多变的, 有很多不确定性因素在其中, 但是, 从混乱无序的个体意见到具有明显倾向的大众舆论的涌现过程中, 舆情产生演进是存在共同规律可供研究的. 在新闻学中提出的“统治的多数”理论和心理学中的“心理反抗”现象, 都可以与舆情演进规律研究相互借鉴, 互相验证, 进而证实模型提出与建立的合理性.

最后, 舆论主体的属性分析, 不同利益群体对舆情的诱导和推动, 公权力介入对舆论的影响都是该演进规律中不可忽视的重要原因, 进一步细化主体属性、将利益群体分类、媒体的影响、政府部门的干预以及对于舆情的处置速度等因素, 这些都是作者下一步即将深入研究的问题.

参考文献

- 1 袁崇义.Petri网原理.北京:电子工业出版社,1998.
- 2 王思斌.社会学教程.第三版.北京:北京大学出版社,2010.
- 3 于真,姚宣霞,孙向辉,等.一种网络流量控制机制.系统仿真学报,2010,22(6):1392-1396.
- 4 蒋昌俊.Petri网的行为理论及其应用.北京:高等教育出版社,2003.
- 5 南方都市报.KCIS 社会舆情 2011 年度观察. <http://www.kcis.cn/artShow.php?artId=33>,2011-11-28.

(上接第24页)

Journal, IEEE,2006,6(5):298-308.

- 3 董波,沈念俊,都嘉琦,芦荟,仙人掌等植物净化室内装修污染的研究.安徽建筑,2011,18(1):144-145.
- 4 朱蒙.无线传感器网络综述.科技广场,2010,28(5):79-81.
- 5 张大踪,杨涛,魏东梅.无线传感器网络低功耗设计综述.传

感器与微系统,2006,25(5):10-14.

- 6 陈廷侠,段世政.基于AT89C51红外计数器的设计.新乡学院学报(自然科学版),2011,28(3):224-226.
- 7 徐定钧.基于金属氧化物气体传感器的车内有害气体检测研究[硕士学位论文].合肥:中国科学技术大学,2009.