

办公空间智能空气管理系统设计研究

胡鸿, 王钰涵

(北京工业大学, 北京 100124)

摘要: **目的** 办公空间智能空气管理系统通过采用人工智能技术, 依托物联网系统和交互设计, 对办公空间中不同场所的空气质量进行自动监测和治理。**方法** 通过智能空气管理系统中空气监测传感器对办公空间不同场所的室内空气进行实时监测, 将信息上传到服务器进行数据分析, 当室内空气污染指数、温度、干湿度等数值超过设定的适合工作环境的阈值, 服务器发出命令, 该房间的中央空调、空气净化器、新风系统、加湿器等相应设备自动清理空气中的污染物, 调节温度和干湿度。**结论** 利用开源硬件 Arduino, ZigBee 无线传输模块, 按约定的协议, 将空气监测传感器、空气管理设备和服务器连接起来进行信息交换和通信, 构成一个智能空气管理系统, 实现对办公空间空气质量的精准监测、智能控制与决策处理。

关键词: 系统设计; 智能空气管理; 人工智能; 物联网; 交互设计; 办公空间

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)20-0037-05

Intelligent Air Management System Design for Office Space

HU Hong, WANG Yu-han

(Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

ABSTRACT: The intelligent air management system for office space automatically monitors and controls the air quality in different places in the office space by using artificial intelligence technology, relying on the Internet of things system and interactive design. By monitoring the indoor air in different places, the air monitoring sensor in the intelligent air management system for office space can upload the information to the server for data analysis. When the indoor air pollution index, temperature, dry humidity and other values exceed the set threshold for the appropriate working environment, the server send an order, then the central air conditioner, air purifier, fresh air system and humidifier will automatically clean up the pollutants in the air, regulate the temperature and dry humidity. Using the open source hardware: Arduino, ZigBee wireless transmission module, according to the agreed protocol; air monitoring sensors, air management device and the server are connected for the information exchange and communication, to form a smart air management system, to achieve accurate monitoring, intelligent control and decision processing of air quality in office space.

KEY WORDS: system design; intelligent air management; artificial intelligence; internet of things; interactive design; office space

现代人生活和工作 80%~90%的时间在室内度过。世界卫生组织证实: 人类 68%的疾病与室内空气污染有关, 室内空气污染比室外空气污染严重 5 倍以上。现代人正经历 18 世纪工业革命“煤烟型污染”、19 世纪石油和汽车工业“光化学烟雾污染”之后以“室内环境污染”为标志的第三污染时期。北京市卫生

防疫站根据国家室内空气质量检测的 15 个指标对北京的一些公共场所进行了检测, 结果表明, 北京市各种公共场所室内的空气污染普遍超标, 已经对人们的健康形成了威胁^[1], 因此, 本文以办公空间为例, 借助于人工智能技术, 依托物联网系统和交互设计, 通过对室内空气质量进行自动监测、控制和治理的智能

收稿日期: 2017-08-29

作者简介: 胡鸿(1966—), 女, 四川人, 硕士, 北京工业大学副教授, 主要从事交互设计、设计战略与服务设计方面的研究。

空气管理系统设计研究,对优化公共空间空气管理进行探讨。

1 室内和办公空间空气质量研究现状

世界卫生组织1974年4月在荷兰召开“室内环境质量与健康”会议,首次在国际上讨论室内环境污染问题,后来又发布了室内空气质量标准,为各国制定相关法规提供依据。美国、日本、意大利、德国等世界发达国家和地区,自20世纪70年代以来投入了大量人力和物力,对室内环境污染问题进行研究,分别制定了本国的室内环境质量标准^[2]。我国关注室内环境问题较早,自20世纪70年代就开始有学者研究^[3]。为了减少室内环境污染,控制室内装饰装修材料中的有害物质含量,我国从2001年起发布了一系列强制性国家标准《室内装饰装修材料有害物质限量》(GB 18580—GB 18588, GB 6566, GB 24410)对十多种室内装饰装修材料的有害物质限量作出了明确规定。最新版的《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB 50325—2010)也于2010年8

月,由住建部与国家质量监督检验检疫总局联合发布。2002年国家质量监督检验检疫总局、卫生部和国家环保总局,联合颁布了适用于住宅和办公建筑的《室内空气质量标准》(GB/T 18883-2002)^[4],2003年国内举办了“首届室内环境与健康国际会议”,2006年中国环境科学学会室内环境与健康分会成立^[5]。

研究表明,影响办公空间空气品质的污染主要分为3个类型:第1类为有机和无机有害气体污染物,其中无机有害气体主要包括打印机、复印机在工作时释放的臭氧;有机有害气体污染物主要包括挥发性有机化合物(VOC),如来源于办公空间装修和办公桌椅释放的甲醛、苯系物等^[6]。第2类为可吸入颗粒物,主要是室外雾霾从新风入口或门窗进入带来的PM_{2.5}、复印机和打印机工作时产生的粉尘、吸烟的烟雾等,在空调工作时随风飘散到办公室各处^[7]。第3类为微生物,主要是细菌、病毒等。当办公空间内相对湿度>65%或<45%病菌繁殖滋生最快。

办公空间污染的空气环境,对上班族身体健康造成危害,成为了上班族的慢性杀手^[8],见表1。

表1 办公室空气污染对上班族造成的危害
Tab.1 Office air pollution hazards to workers

办公室空气污染物	来源	危害
PM _{2.5}	室外空气污染及室内人员流动	引发哮喘、支气管炎和心血管病,严重时引发肺癌
甲醛	各种人造板材、化纤地毯、油漆涂料	呼吸道严重刺激和水肿、眼睛刺痛、头痛,支气管哮喘
苯系物	室内建筑和装饰材料,电子、电气设备等	引起免疫水平失调,影响中枢神经系统功能。导致再生障碍性贫血,严重时将导致白血病
氨气	制冷剂、防冻剂	刺激鼻、喉和肺,引发呼吸系统疾病
臭氧	密集的电脑、打印机和复印机	臭氧浓度超标除了威胁着人们的呼吸系统,还对人们的神经系统造成危害,导致出现记忆力低下、头晕等症状,使人精神匮乏,破坏人体的免疫能力。还可能导致孕妇腹内胎儿发育畸形

2 办公空间空气管理和存在的问题

目前办公空间空气管理对于3个类型污染物的治理,大多通过办公室内的空调、空气净化器、加湿器等设备来处理,大型办公空间通常使用全热交换新风系统来控制室内的有害气体污染物。

空气净化器从工作原理上主要分为两种:一种是用风机将空气吸入机器,通过内置滤网过滤空气的被动吸附过滤式空气净化;另一种则是向空气中释放净化灭菌因子的主动式空气净化。现有市场上智能空气净化器不仅能催化氧化甲醛,利用改性活性炭净化VOC,吸附过滤空气中至20纳米的颗粒物消毒杀菌,还能通过进出风口空气质量检测对室内环境实时监测,通过手机APP远程操控与智能调整处理风量,达到净化和节能最佳效果。但空气净化器占用一定空间面积,使用也受面积大小的限制,需独立操作,适合独立办公室使用。

新风系统由主机、送风管道、排风管道、送风口、排风口及其他附件组成。通过将室内受污染的空气经排风口及风机排往室外,使室内形成负压,再将经进风口进入室内的新鲜空气进行新风过滤、灭毒、杀菌、增氧、预热(冬天)使室内空气净化。适用于大面积办公区使用的全热交换新风系统,管道与进出风口通常隐藏在建筑装修中,不占办公空间,系统由主机中央控制,一个主机可以带动多个房间。然而现有新风系统使用存在以下不足:缺乏监测功能,不能通过信息可视化,显示每个房间室内空气的实时状况;缺少分布式控制功能,全热交换新风系统不能实现每个房间单独控制,当局部空间室内空气污染物超标时,不能单独对该空间进行处理;处理系统需要更加智能化,现有管道新风系统中能够对局部空间空气进行调节的只有地送风系统,但也只能手工控制关掉或关小风口,不能针对不同的污染采取更有针对性的有效措施。

通过选取年龄在 22 ~ 50 岁的办公室人群所做的工作现状调查,从回收的问卷分析可以看到,69.12% 的用户认为空气不流通是办公空间空气不好的主要原因,这与 61.76% 的办公空间安装了空调,经常处于密闭工作环境、污染物容易沉积的状况相符,见图 1。

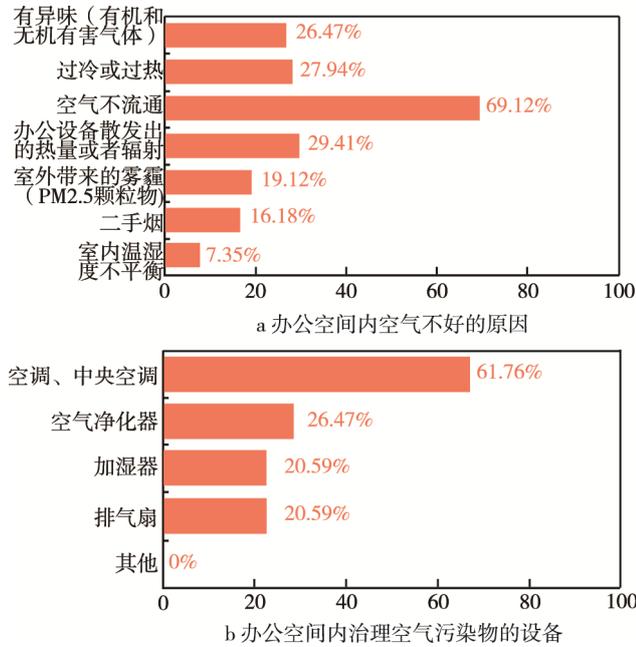


图 1 问卷调查统计
Fig.1 Questionnaire survey

由此可见,根据目前办公空间空气管理的现状,结合办公室人群的需求调查,理想的空气管理系统应该是集合现有空气净化产品和系统的优点,能够实时监测、分析办公空间不同场所的室内空气,自动清理空气中的污染物和调节温度、干湿度,提供流动的、清新空气的智能空气管理系统。

3 办公空间智能空气管理系统架构

要做到根据自主监测数据,在污染物超过设定阈值时自主决策采取处理措施,并控制特定设备工作,使系统像人一样分析判断、作出决定和采取行动,这样的智能空气管理系统就必然是利用人工智能的物联网系统。通过空气监测传感器等信息设备,实时采集需要监控的办公空间的空气污染指数、温度、干湿度等数据,连接中央空调、新风系统、加湿器等相应设备,并通过控制每个房间空气管理的智能空气管家进行互动,与互联网结合形成的一个物与物、所有的物品与网络连接的物联网,既可以通过每个房间的智能空气管家界面直接向用户输出监测和分析的信息,以便其决策和采取行动;又可以将物联网信息通过人工智能进行分析、判断和处理,使智能空气管理系统“主动感知、智能处理、准确反应”,给用户提供手动控制或智能空气管理系统自动控制的不同选择,优化用户体验^[9]。

智能空气管理系统将空气管理系统分解为监测、分析和处理等不同子系统。

监测系统:即智能检测部分,通过智能空气管家中的温湿度传感器,CO₂ 传感器、PM2.5 传感器等,测量办公空间中的有害气体、温湿度、二氧化碳浓度等数值。数据分析系统:智能空气管家将传感器监测到的数据,通过 ZigBee 无线传输模块上传到云平台,进行数据采集、分析和处理,通过云计算进行信息校准,分析出最优的处理方案。处理系统:根据云服务器分析出的最优治理方案,智能空气管家通过 ZigBee 模块向办公空间中组网连接的空调、新风系统、加湿器等设备发出指令,对空间里的空气污染物或者是温湿度进行处理,使办公空间的空气环境达到一定的舒适感和安全感。智能空气管理系统架构见图 2。

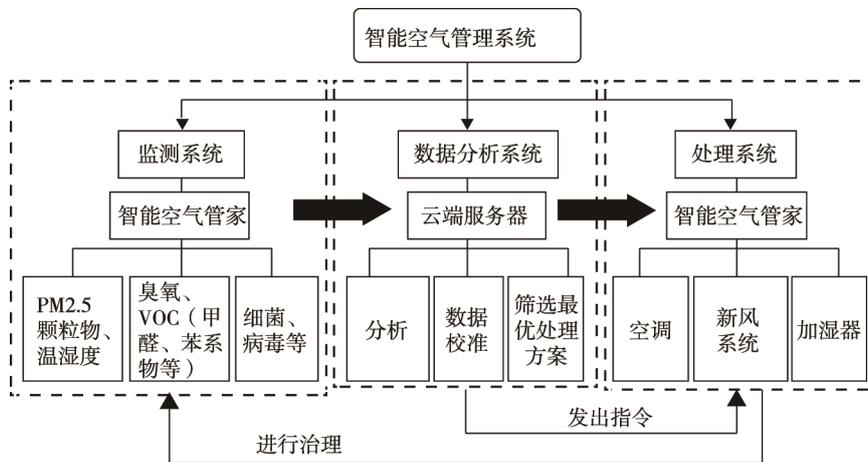


图 2 智能空气管理系统架构
Fig.2 Intelligent air management system architecture

智能空气管理系统的监测信息处理是用 ZigBee 进行组网,采集办公空间内的环境信息,通过网络上传到云(数据库),利用局域网,通过 WiFi 控制的一些空气设备直接和智能路由器连接,不能联网的可以通过 ZigBee 进行控制,再通过 ZigBee 组网和路由器连接,进行对空气设备的智能控制^[10-11],见图 3。

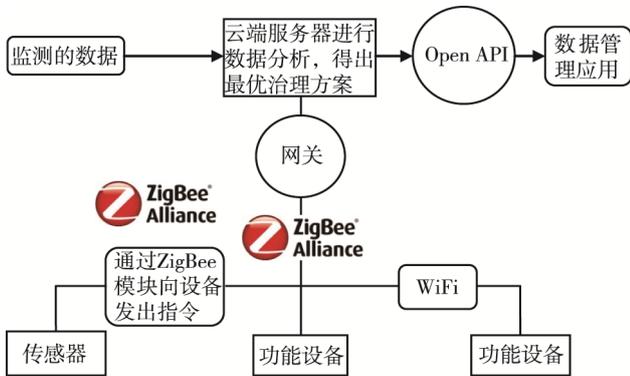


图 3 监测分析处理系统架构

Fig.3 Monitoring and analysis system architecture

4 办公空间智能空气管家设计

连接中央空调、新风系统、加湿器等空气管理设备的办公空间智能空气管理系统,要做到实现单个房间的自主控制,就需要设计进入每个室内末端的智能

控制设备,即智能空气管家。智能空气管家是实现分布式、智能化空气管理的重要一环,它的工作流程为:“传感器监测空气污染物”→“数据上传服务器”→“服务器进行阈值分析”→“污染物超标接受服务器指示向功能设备发出工作命令”→“功能设备治理达标后继续监测”。电路设计见图 4,智能空气管家的电路设计由两部分组成:一实现室内空气监测、数据分析和信息可视化 3 种功能的电路设计,由 Arduino 开发板作为数据分析的处理器,室内空气监测功能由监测室内空气温湿度传感器、MQ135 有害气体传感器和 PM2.5 粉尘颗粒传感器来实现,连接在 Arduino 开发板上蓝牙模块将空气监测模块中的监测数据上传至服务器,Arduino 开发板接收监测数据后输出信号到连接在上面的触摸屏显示可视化信息;二设备控制的电路设计,由继电器、蓝牙模块、串口屏 3 个元件组成,其中,蓝牙传感器,主要功能作为信号传输的主要媒介;串口屏,主要功能是呈现温湿度传感器、PM2.5 粉尘颗粒传感器、有害气体传感器所监测出来的数值,通过串口屏转接板连接 Aduino 开发板,将其数据传输到串口屏中通过在虚拟串口软件 VisualTFT 进行调试编程,呈现出实时空气监测数值^[12-13]。监测出来的空气污染物的阈值如果超标,服务器会发出命令,蓝牙模块接收到命令后,控制继电器开启空气治理设备。

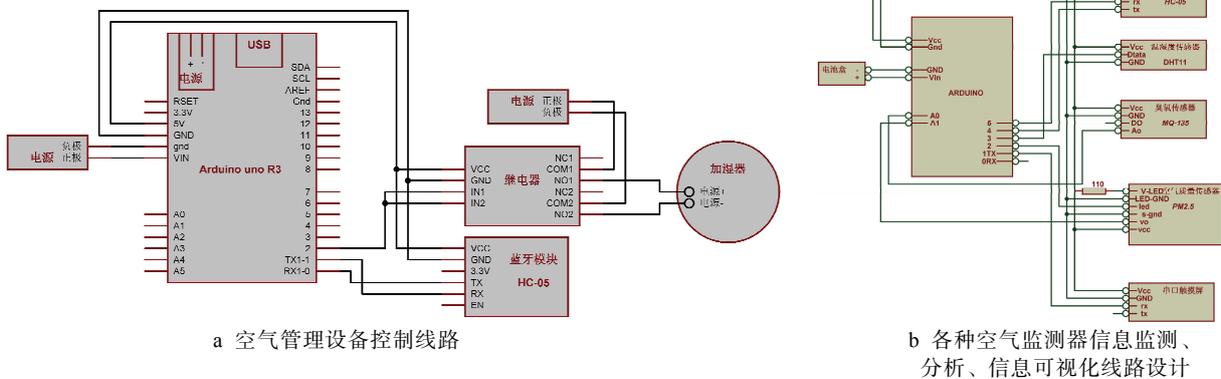


图 4 电路设计
Fig.4 Circuit design

除了为后台的服务器提供智能监控、对空气管理设备发布指令外,智能空气管家还通过 LED 屏界面与用户交互,使用户享有良好的使用体验,见图 5。智能空气管家 LED 屏的 UI 界面设计:第一级页面的内容主要有室内温度、湿度,室内的易挥发性污染物和 PM2.5 颗粒污染物的监测的数值和 ICON 小图标的设计,根据室外实时环境,分别以晴天、多云、雨、雪、阴天和雾霾动态图形为基本背景,给用户群提供室外天气信息。第二级页面是控制页面,页面包括:转钮、空调温度、日期、时间和空调 ICON。可通过触摸屏幕由智能模式切换为手工模式,通过控制页面,用户可控制空调温度等,设置个性化的需求。



图 5 LED 屏 UI 界面设计
Fig.5 LED screen UI interface design

智能空气管家既可以放在办公桌上，也可以嵌挂在墙面。产品的顶部有 4 盏呼吸灯，空间内污染物超标后会亮起红灯，等污染物清除之后红色呼吸灯逐渐变回亮白色。它融于办公环境，既给上班族带来温馨的提醒，又毫不张扬，默默守护着人们的健康，见图 6。



图 6 智能空气管家设计
Fig.6 Intelligent air housekeeper design

5 结语

随着人工智能和物联网技术的进一步发展，加上体验设计和服务设计的日益成熟，办公空间空气管理系统会向更加人性化的趋势发展，更加强调舒适的用户体验。智能空气管理系统会自动搜寻与分析更符合办公人群的空气环境，不单单是根据标准来进行监测、分析和处理，还可以利用大数据，记录每天工作人群对空间空气的满意度，进行更贴合群体的智能处理。智能空气管理系统将不只局限于用在办公空间，会面向更多公共空间，与更多智能产品进行互联，给用户带来更好的体验，让人们享受更舒适健康的生活。

参考文献：

- [1] 许亮, 董万里. 室内环境设计[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2003.
XU Liang, DONG Wan-li. Indoor Environment Design [M]. Chongqing: Chongqing University Press, 2003.
- [2] 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.
PENG Yu-dan. Numerical Simulation and Risk Evaluation of Formaldehyde Pollutant of Indoor Air[D]. Tianjin: Tianjin University, 2010.
- [3] 宋旗跃. 实施清洁生产与发展循环经济的比较研究 [J]. 科技创新与生产力, 2007, 165(10): 6—7.
SONG Qi-yue. The Comparative Study of Implementing Clean Production and Developing the Recycling Economy[J]. Scientific and Technological Innovation and Productivity, 2007, 165(10): 6—7.
- [4] 宋广生. 室内空气质量标准解读[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
SONG Guang-sheng. Interpretation of Indoor Air Quality Standards[M]. Beijing: China Machine Press, 2003.
- [5] 宋广生. 我国室内环境治理的发展状况及趋势[J]. 中国环保产业, 2013(1): 17—24.
SONG Guang-sheng. Development Status and Trend on Indoor Environmental Treatment in Our Country [J]. China Environmental Protection Industry, 2013(1): 17—24.
- [6] 陈清. 室内空气中挥发性有机物的污染及其控制[J]. 上海环境科学, 2001, 20(12): 616—619.
CHEN Qing. Pollution and Control of Volatile Organic Compounds in Indoor Air[J]. Shanghai Environmental Science, 2001, 20(12): 616—619.
- [7] 中国人生科学学会绿色工作专业委员会. 室内空气中的有毒有害物质[J]. 建筑知识, 2002(1): 25—26.
Green Work Professional Committee of China Life Science Society. Indoor Air Hazardous and Harmful Substances[J]. Architectural Knowledge, 2002(1): 25—26.
- [8] 黄玉凯. 室内空气污染的来源、危害及控制[J]. 现代科学仪器, 2002(4): 39—40.
HUANG Yu-kai. Sources, Harm and Control of Indoor Air Pollution[J]. Modern Scientific Instruments, 2002 (4): 39—40.
- [9] 李深安. 基于物联网网关的智能家居系统室内定位技术研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2015.
LI Shen-an. Based on the Internet of Things Intelligent Home System Indoor Positioning Technology Research[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2015.
- [10] 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.
ZHAO Wei, WEI Yong-bin. Design of Indoor Environment Monitoring System Based on ZigBee Technology[J]. Techniques and Applications, 2013, 14(9): 62—64.
- [11] 金马海. 基于 ZigBee 无线传感器网络的远程数据监测的设计与实现[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2010.
JIN Ma-hai. Design and Realization of Remote Data Monitoring Based on ZigBee Wireless Sensor Network[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2010.
- [12] 杨楠. 基于 Arduino 的智能产品原型设计研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014.
YANG Nan. Research of Intelligent Product Prototype Design Based on Arduino[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2014.
- [13] 冯庆胜, 李红, 冀勇钢. 基于蓝牙技术组建无线家庭网络[J]. 嵌入式网络技术应用, 2005(9).
FENG Qing-sheng, LI Hong, JI Yong-gang. The Wireless Home Network Based on Bluetooth Technology [J]. Embedded Network Technology Application, 2005 (9).