

基于 Android 的智能家居移动终端软件设计 *

李阿红

(咸阳职业技术学院, 陕西 咸阳 712000)

摘要:设计了一种基于 Android 的智能家居移动终端软件,利用云平台、物联网、远程监控等技术对家居室内环境进行实时监控与管理,用以提高城市居民家居舒适度与生活水平,继而推动智慧城市的发展与建设。首先,搭建了基于 PMV 室内热舒适度预测模型,对家居室内环境的热舒适度进行预测;然后对智能家居室内环境监控系统进行设计,用于实时监测家居室内环境;随后以室内热舒适度预测模型和室内环境监测系统为基础,对智能家居移动终端软件的整体框架进行设计,实现用户能够对家居室内环境进行远程监控与管理的目的;最后,分别对监控系统、预测模型以及基于 Android 的智能家居移动终端软件进行实验测试。实验结果表明:基于 ARIMA 的 PMV 预测模型对未来短时间内室内热舒适度的预测平均误差为 0.044 7,精准度较高;监控系统对温度采集的误差维持在 0.01~0.02 之间,湿度误差维持在 0.01%,平均精确度为 98.6%;基于 Android 的智能家居移动终端软件能够对室内环境进行远程的实时监控,并根据未来短时间内室内热舒适度的预测值对室内环境参数进行调整。

关键词:智慧城市;智能家居;移动终端;PMV

中图分类号:TP274

文献标识码:A

DOI 编码:10.14016/j.cnki.1001-9227.2023.08.214

Android-based smart home mobile terminal software design

LI Ahong

(Xianyang Vocational Technical College, Xianyang Shaanxi, 712000, China)

Abstract: This paper designs a smart home mobile terminal software based on Android, which uses cloud platform, Internet of Things, remote monitoring and other technologies to monitor and manage the indoor environment of the home in real time, so as to improve the comfort and living standards of urban residents, and then promote the development and construction of smart cities. Firstly, the overall framework of smart home mobile terminal software is designed; Then, the core smart home indoor environment monitoring system and the PMV indoor thermal comfort prediction model based on ARIMA are studied and designed. Finally, the monitoring system, predictive model and Android-based smart home mobile terminal software are experimentally tested. The experimental results show that the average error of the PMV prediction model based on ARIMA for indoor thermal comfort in the short period of time is 0.0447, which is highly accurate, and the error of temperature acquisition of the monitoring system is maintained between 0.01~0.02, the humidity error is maintained at 0.01%, and the average accuracy is 98.6%. Android-based smart home mobile terminal software can remotely monitor the indoor environment in real time, and adjust the indoor environment parameters according to the predicted value of indoor thermal comfort in a short period of time in the future.

Key words: smart cities; smart home; mobile terminals; PMV

0 引言

随着科学技术的不断发展,城市的管理、教育、医疗等与市民息息相关的行业也在不断的发展,通过物联网、大数据、云平台等先进的科学智能信息技术,为市民提供更好的生活与工作服务,催促城市经济发展^[1],继而推进智慧城市建设成为各学者研究的热点。刘冰等提出将实景三维成果应用与智慧城市建设,为智慧城市全空间基础信息平台建设提供了一个新的思路^[2];曾令松等针对如何推进区县智慧城市建设的可持续发展问题,提出了科学顶层规划、强化区域统筹、建立保障体系等措施^[3];陈桂龙分析与探究了以新 IT 和绿色能源为主线、以新能源结构为保障的绿色智慧

城市,标志着智慧城市 3.0+时代的到来^[4]。综上可知,针对如何推进现代智慧城市的发展问题,目前大部分研究都处于思路规划、发展方向与建议措施等方面,具体的建设方案较少,因此,设计了一种基于 Android 的智能家居移动终端软件,利用云平台、物联网、远程监控等技术对家居室内环境进行实时监控与管理,用以提高城市居民家居舒适度与生活水平,继而推动智慧城市的发展与建设。

1 智能家居室内热舒适度 PMV 预测模型

为了实现用户对家居室内的环境进行远程管理,引入智能家居室内热舒适度 PMV 预测模型,对家居室内未来某段时间内的热舒适度变化情况进行预测,让用户能够根据预测结果对室内环境进行管理和调整,保证室内环境能够保持最宜人的舒适状态。

1.1 PMV

PMV 指数是一种无量纲数值^[13],代表的是在温度、湿度、风度等 6 种指标下的人体平均热感觉,其计算公式可以表示为:

$$PMV = (0.303 \times e^{-0.036M} + 0.028) M - W - 3.05 \times 10^{-3} \times [57733 - 6.99(M - W) - P_a] -$$

收稿日期:2023-03-03

* 基金项目:咸阳职院 2021 年度“双高”专项研究项目《“双高”背景下英语教育专业“一核心两融合三贯通”人才培养模式研究》(2021SGA01)

作者简介:李阿红(1977-),女,陕西咸阳市人,本科,副教授,主要研究方向为软件技术,咸阳职业技术学院服务智慧农业——大数据技术应用创新团队(科研团队编号 CX202001)核心成员。

$$\begin{aligned}
& 0.42[(M-W)-58.15]- \\
& 1.7 \times 10^{-5} M(5867-P_a)-0.0014 M(34-t_a)- \\
& 3.96 \times 10^{-8} f_{cl}[(t_{cl}+273)^4-(t_s+273)^4]- \\
& f_{cl} h_c(t_{cl}-t_a)
\end{aligned} \quad (1)$$

式中, M 、 W 分别代表人体的新陈代谢量与做功功率; t_a 、 t_s 、 t_{cl} 分别代表空气、平均辐射以及穿衣人体与裸体表面的平均温度; P_a 代表室内环境中水蒸气分压力; f_{cl} 代表穿衣人体与裸体表面之比; h_c 代表对流交换系数。

根据 PMV 值,国际上将人体热感觉分为 7 种,两者对应关系如表 1 所示。

表 1 PVM 值与人体热感觉对应关系

热感觉	冷	凉	稍凉	中性	稍暖	暖	热
PMV 值	-3	-2	-1	0	1	2	3

1.2 基于 ARIMA 的 PMV 预测模型构建

考虑到智能家居室内热舒适度 PMV 预测模型的输入数据是由智能家居室内环境监控系统采集的,这些数据中存在受季节波动等因素影响的不平稳时序数据,会严重影响模型的预测精准度。因此,引入 ARIMA(p,d,q) 将时序数据中影响平稳性的特征进行提取,提高模型输入数据的平稳性。

ARIMA(p,d,q) 是一种包含了回归、移动平均和差分模型的时间序列预测模型,其中 d 代表差分阶数, p 代表自相关阶数, q 代表移动平均阶数。对数据序列进行差分处理和平稳性检测后,得出经过一阶处理后的序列处于稳定,因此搭建 ARIMA 模型时 $d=1$,同时通过 ACF 和 PACF 分析方法,得出 $p=9$, $q=11$,此时 ARIMA(p,d,q) 的计算公式可以表示为:

$$\Delta^d X_t = \frac{\theta(B)}{\varphi(B)} \mu_t = \frac{1-\theta_1 B^1 - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q}{1-\varphi_1 B^1 - \varphi_2 B^2 - \dots - \varphi_p B^p} \mu_t \quad (2)$$

受天气与季节影响的原始数据能够更加平稳,基于 ARIMA 的 PMV 预测模型的精准度越高,该模型可以表示为:

$$\Delta^1 X_t = \frac{1-\theta_1 B^1 - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_{11} B^{11}}{1-\varphi_1 B^1 - \varphi_2 B^2 - \dots - \varphi_9 B^9} \mu_t \quad (3)$$

2 智能家居室内环境监控系统

2.1 系统硬件设计

智能家居室内监控系统的硬件部分主要在设备端,包括通讯和执行 2 个模块,其具体方案设计如图 1 所示。

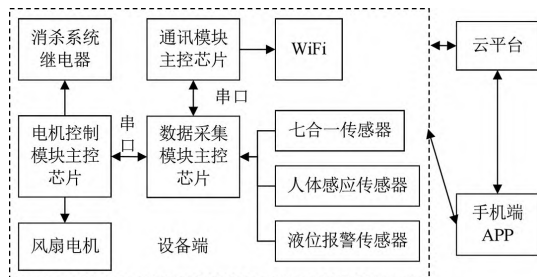


图 1 智能家居室内环境监控系统硬件部分设计

如图 1 所示,设备端的通讯与执行模块主要通过串口通讯技术进行连接,由 WIFI 将其与云平台和智能家居移动终端进行连接,构成一个整体^[7-8]。由电源模块向通讯模块与执行模块进行供电,保证智能家居室内环境监控系统运行的稳定性和抗干扰性。

2.1.1 通讯模块硬件选择

通讯模块硬件选择的关键是主控 MCU 与 WIFI^[9],选择基于 RISC-V CPU 内核开发的 32 位高性能高可靠性单片机

APT32F1031K9T6 作为主控 MCU,该芯片的具体数据如表 2 所示。

表 2 APT32F1031K9T6 具体数据

名称	大小/数量
flash	80 K
RAM	8 K
DFlash	3 K
HWD	1
DMA	6ch
IWDT	1
WWDT	1
CNTA	1
BT	4
Op. Volt	1.8 V~5.5 V
Temp	-40~85
Freq	48 MHz

分析表 2 可知,该芯片的工作电压在 1.8 V~5.5 V 之间,温度条件为 -40 ℃~85 ℃,其成本与功耗都较低,且运行速度快,能够对智能家电、设备等进行良好的控制,适用于提出的智能家居室内环境监控系统。

WIFI 模块选择基于 W600 芯片的串口转 WIFI 模块的 E103-W05B,该模块具有通信距离长、运行稳定、串口 AT 指令配置便捷等特点,常用于医疗监护、工业控制与智能家居领域,其具体数据如表 3 所示。

表 3 E103-W05B 具体数据

名称	大小/数量
芯片方案	W600
工作频率	2.4 GHz~2.484 GHz
发射功率	20 dBm
通信距离	400 m
产品尺寸	17 * 16 * 2.5 mm(±0.2)
产品净量	(1.6±0.1)g

E103-W05B WIFI 模块支持串口 AT 指令配置,能够快速实现网络访问功能,其实际图如图 2 所示。



图 2 E103-W05B 实际图

2.1.2 执行模块硬件选择

执行模块的硬件选择重点在信息采集与电机控制 2 个部分。其中,信息采集部分包括主控 MCU 的选择与传感器的选择。

(1) 信息采集

① 主控 MCU 选择

选择 N32 系列的 N32G455 作为信息采集主控芯片, N32G455 具有 144 MHz 高频、高达 180MIPS,且接口资源丰富,拓展性好,使用温度在 -40~105 摄氏度之间,能够保证对室内环境参数进行实时精准的采样,同时其运行效率高、抗干扰能力强,因此,十分适用于设计的智能家居室内环境监控系统。

② 传感器选择

通过 N32G455 对二氧化碳传感器、甲醛传感器、温度传感器、湿度传感器以及七合一传感器收集的数据进行采集^[10-11],其中七合一传感器可以同时二氧化碳、甲醛、PM2.5、激光等 7 种环境参数进行检测,常用于空气质量监测、空气净化器、新风换气系统等领域,其数据检测精准度高,稳定性好。

选择菲尔斯特 FST100-2203A 环境监测专用七合一传感器,该传感器结构精致、安装方便,内置高性能微处理器,灵敏度高,长期稳定好,其监测获取的每种参数值都能转换成标准电信号进行传输,能够满足设计的智能家居室内环境监控系统以及将数据传输至移动终端软件。其详细参数如表 4 所示。

表 4 FST100-2203A 具体数据

功能	数据
测量范围与精准度	CO ₂ :400~2 000 ppm
	PM2.5/PM10:0~1 000 ug/m ³
	温度:0~60 摄氏度
	湿度:0%~100%RH
	TVOC:0~1 000×10 ⁻⁹
	CH ₂ O:0~400×10 ⁻⁹
输出信号	RS458 输出(Modbus 协议)
供电电压	5~36 VDC
工作温度	0~50 ℃
功耗	<50 mA

(2) 电机控制部分

智能家居室内环境监控系统硬件中电机控制部分选择电机控制器专用的主控 MCU,即采用 ARM-Cortec-M0 为内核,运算类别多,能够适用于多种模拟器,功耗较低的 SC32F5832(64)。

电机驱动芯片选择 SDM10G60FB,该芯片具有高度集成与可靠性的优点,能够为系统提供保护,创造安全工作范围。

2.2 系统软件设计

智能家居室内环境监控系统的软件设计主要分为通讯模块与执行模块。其中,通讯模块软件设计包括对运行流程、监控程序、平台通讯程序以及 WIFI 程序设计;执行模块软件设计包括信息采集部分与消杀系统程序。

2.2.1 通讯模块软件设计

(1) 通讯模块运行流程如图 3 所示。

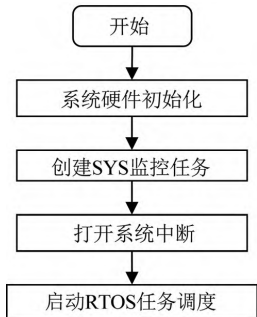


图 3 系统通讯模块运行流程图

如图 3 所示,通讯模块的运行流程主要分为 4 步,首先,对系统硬件进行初始化操作;随后创建 SYS 监控任务,对系统进行扫描;然后,当信号达到设定阈值时,打开系统中断;最后启动 RTOS 任务调度^[12],实现系统各个模块的功能。

(2) 监控程序

智能家居室内环境监控系统软件部分的核心是监控程序,该部分需要首先将各项任务进行初始化,并创建监控任

务;随后创建云平台通讯、电机控制通讯以及 WIFI 任务,最后对其他程序的运行状态进行检查与监控,继而保证整个系统软件程序的稳定性和可靠性。监控任务每间隔 20 毫秒进行一次。

(3) 平台通讯程序

智能家居室内环境监控系统的平台通讯程序设计流程如图 4 所示。

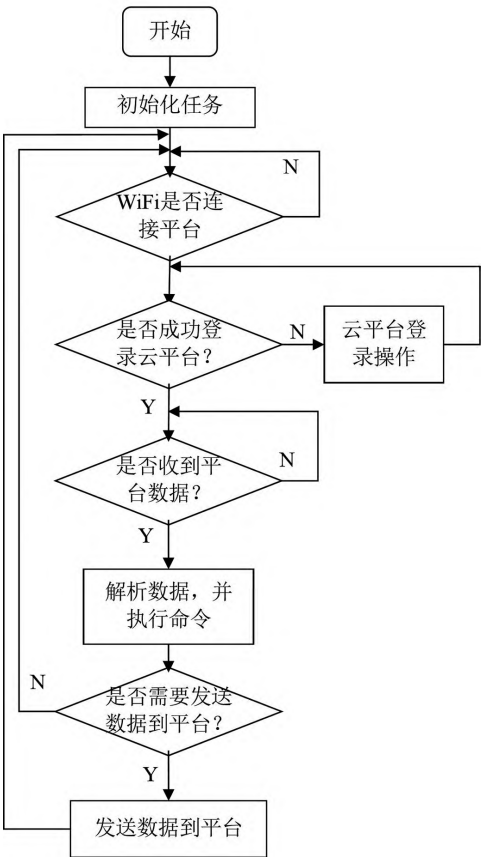


图 4 系统的平台通讯程序流程图

该部分首先对任务进行初始化,然后检查 WIFI 与云平台的连接情况,若成功连接并登录,则对接收的平台数据进行解析,并执行命令,最后判断是否需要将解析数据发送至平台。

(4) WIFI 程序

该部分设计的主要目的是确保成功连接云平台,继而实现监控数据的收发任务。

2.2.2 执行模块软件设计

(1) 信息采集

智能家居室内环境监控系统执行模块的信息采集部分软件设计流程如图 5 所示。

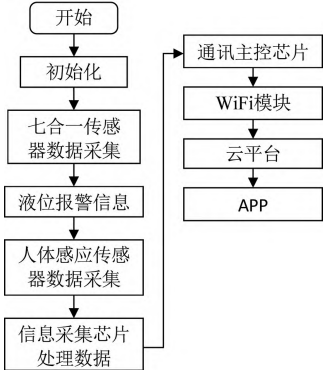


图 5 信息采集部分软件设计

如图 5 所示,该部分首先进行初始化操作,随后依次对七合一传感器数据、液位报警信息、人体感应传感器进行数据采集,然后通过信息采集芯片对所有数据进行处理并传输至通讯主控芯片,最后由 WiFi 模块连接云平台,将数据输入云平台,再由云平台发送至智能家居移动终端。

(2) 消杀系统

消杀系统程序设计的主要目的是执行移动终端下达的消杀指令,对家居室内进行消毒杀菌。

3 基于 Android 的智能家居移动终端软件设计整体框架

3.1 移动终端软件整体流程设计

基于 Android 的智能家居移动终端软件设计的目的是便于用户对家居室内环境进行监控与管理提高日常生活水平。因此,核心设计为智能家居室内环境监控系统,旨在对家居室内环境的温度、湿度、风速、辐射温度等指标进行实时监测,并获取实时数据;同时,搭建 PMV 预测模型对家居室内未来某短时间内的热舒适度变化情况进行预测,并根据预测结果对室内环境进行调整,继而保证室内环境保持最宜人的舒适状态;最后根据室内环境监控系统与 PMV 预测模型的功能,设计了一种基于 Android 的智能家居移动终端软件,让用户通过移动终端软件实现对家居室内环境进行远程监测与操控。

3.2 智能家居室内环境监控系统设计方案

智能家居室内环境监控系统主要由云平台^[5]、用户端与设备端 3 个部分组成,其结构示意图如图 6 所示。

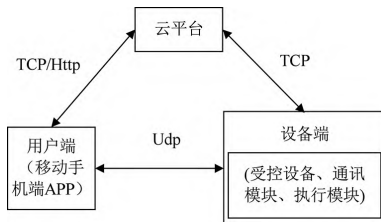


图 6 智能家居室内环境监控系统设计方案

如图 6 所示,系统的用户端与云平台主要通过 TCP、Http 协议通信对设备端的控制器、受控制设备以及温度传感器、湿度传感器等进行控制,用户端与设备端之间的通信主要依靠于 UDP 通信^[6]。其中,设备端部分的主要功能是对家居室内环境的各种数据进行采集,同时接收云平台与移动终端软件下发的指令对设备的运行状态进行控制;用户端的主要功能是接收设备端输出的数据进行显示,并将用户指令发送至设备端;云平台的主要功能是将设备端采集的数据与用户指令记录进行储存,同时可以通过 TCP 协议通信对设备端进行控制。

3.3 移动终端软件总体方案设计

设计的移动终端软件具体方案如图 7 所示。

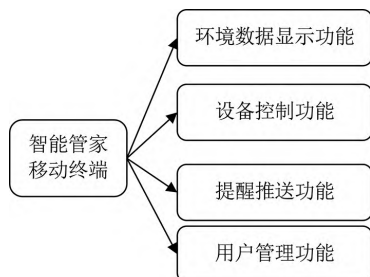


图 7 基于 Android 的智能家居移动终端软件设计方案

如图 7 所示,设计的基于 Android 的智能家居移动终端软件主要与用户进行绑定,通过手机 APP 实现对家居室内环境的远程监控,其功能模块包括环境数据显示、设备控制、提醒推送以及用户管理 4 个模块。

4 实验验证

4.1 实验数据

使用专业检测仪器对用户 A 家居室内环境的各项参数进行数据采集,采集时间为 2023 年 1 月 1 日到 2023 年 1 月 30 日,共计 30 天,数据粒度设置为 10 秒,共采集室内二氧化碳、甲醛、PM2.5、温度、湿度等 7 种数据,具体数据如表 5 所示。

表 5 室内环境实验数据集部分数据

时间	温度/℃	湿度(%)	风速	PMV
2023 年 1 月 1 日	17.65	45.96	0.5	-0.9
2023 年 1 月 2 日	16.45	45.63	0.5	-0.9
2023 年 1 月 3 日	16.12	45.75	0.5	-0.9
2023 年 1 月 4 日	15.45	45.68	0.5	-0.9
2023 年 1 月 5 日	13.25	46.57	0.5	-0.9
.....				
2023 年 1 月 26 日	7.56	56.41	0.62	-3
2023 年 1 月 27 日	9.66	56.41	0.62	-3
2023 年 1 月 28 日	10.74	56.42	0.62	-3
2023 年 1 月 29 日	8.21	56.44	0.62	-3
2023 年 1 月 30 日	8.11	56.41	0.62	-3

将采集到的所有原数据以 7:3 的划分比例分别训练集与测试集。

4.2 基于 ARIMA 的 PMV 预测模型测试结果与分析

采用 4.1 小节创建的训练集对预测模型进行训练,然后通过采用测试集进行实验测试,并将预测结果与测试集中实际值进行对比,则测试结果如图 8 所示。

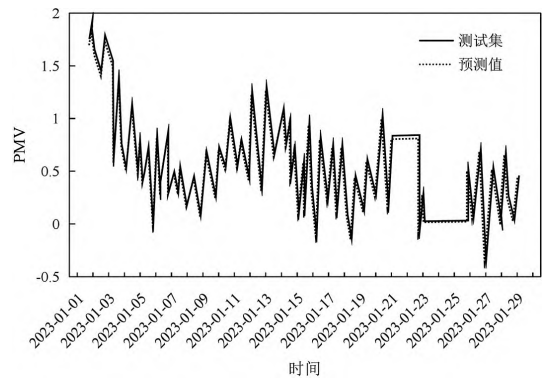


图 8 基于 ARIMA 的 PMV 预测模型测试结果

分析图 8 可知,代表预测值的灰色曲线与测试集的黑色曲线十分贴近,计算可得预测平均误差为 0.044 7,表明该模型对室内未来短时间内的热舒适度进行较为精准的预测。

4.3 智能家居室内环境监控系统测试结果

本次实验主要对智能家居室内环境软件的整体性能进行测试,包括用户端与云平台的运行情况,以及设备端传感器数据采集精准度进行测试,验证系统整体性能。

本次实验利用智能家居室内环境监控系统对用户 A 的家居室内环境进行监控,时间为 2023 年 1 月 26 日~2023 年 1 月 30 日,并将其采集的数据与专业仪器检测的数据进行对比,以温、湿度为例,其测试结果如表 6 所示。

表 6 智能家居室内环境系统测试结果

时间	专业检测数据	监控系统采集数据	云平台是否正常运行	用户端是否能够查看与控制
2023 年 1 月 26 日	温度:7.56℃ 湿度:56.41%	温度:7.54℃ 湿度:56.40%	是	是
2023 年 1 月 27 日	温度:9.66℃ 湿度:56.41%	温度:9.55℃ 湿度:56.40%	是	是
2023 年 1 月 28 日	温度:10.74℃ 湿度:56.41%	温度:10.71℃ 湿度:56.40%	是	是
2023 年 1 月 29 日	温度:8.21℃ 湿度:56.41%	温度:8.22℃ 湿度:56.40%	是	是
2023 年 1 月 30 日	温度:8.11℃ 湿度:56.41%	温度:8.09℃ 湿度:56.40%	是	是

分析表 6 可知,智能家居室内环境监控系统能够对室内环境各项指标进行较为精准的采集,其中,采集的温度与实际检测温度之间的误差维持在 0.01~0.02 之间,平均精确度为 98.6%,湿度误差维持在 0.01%,且云平台与用户端功能可以正常运行,表明设计的智能家居室内环境监控系统具有可行性与有效性。

4.4 基于 Android 的智能家居移动终端软件测试结果与分析

智能家居室内环境监控系统采集的数据与基于 ARIMA 的 PMV 预测模型的预测结果都将通过智能家居移动终端软件的环境数据显示功能在用户的 Android 手机端进行显示,同时将环境参数调整意见通过提醒推送功能向用户进行推送提醒,最后由用户通过远程操作对监控设备进行控制与管理。

4.2 与 4.3 小节已经对智能家居室内环境监控系统与基于 ARIMA 的 PMV 预测模型进行了测试,因此,本节实验主要对基于 Android 的智能家居移动终端软件的用户管理功能模块与设备控制功能模块进行测试与验证,测试结果如表 7 所示。

表 7 基于 Android 的智能家居移动终端软件测试结果

功能模块	测试操作	测试结果
用户注册	在 Android 手机上下载智能家居移动终端软件,并通过手机号进行注册	注册成功
用户管理	设置用户名,修改用户头像,设置权限,环境数据调取查看	设置、修改成功,能够调取环境数据与推送提醒信息。
设备控制	利用移动终端软件,对家居室内环境监控设备进行远程操控,启动消杀任务,调整室内温度等。	消杀任务完成,室内温度根据 PMV 值进行调整。

分析表 7 可知,基于 Android 的智能家居移动终端软件能够对室内环境进行远程的实时监控与管理,满足提高城市居民生活水平与家居舒适度,继而推动智慧城市发展的目的。

5 结论

为了推动智慧城市的发展与建设,从利用云平台、物联网等技术来提高城市居民生活水平、家居舒适度入手,提出

了一种基于 Android 的智能家居移动终端软件对家居室内环境进行远程的实时监控与管理,实验结果表明通过智能家居室内环境监控系统与基于 ARIMA 的 PMV 预测模型能够让居民对自己家中的环境进行远程调整,时刻保持最舒适的居住环境。但受时间限制,只对监控系统与 PMV 预测模型进行了详细设计,而基于 Android 的智能家居移动终端软件的提醒推送功能、用户管理功能模块没有做详细的分析与研究,同时实验只对一个用户的家居环境进行了测试,实验数据不足,因此,后续还可以对基于 Android 的智能家居移动终端软件进行更详细的设计与研究,实验数据只能为推动智慧城市的发展与建设提供一份参考。

参考文献

[1] 党西风. 智慧城市建设对超大城市经济发展的影响[J]. 合作经济与科技,2023,(5):8-11.

[2] 刘冰,陈磊. 实景三维成果如何服务于智慧城市——全空间基础信息平台赋能智慧城市[J]. 智能建筑与智慧城市,2023,(2):172-174.

[3] 曾令松,邓端,路锬. 区县智慧城市建设探究——以江夏区为例[J]. 智能建筑与智慧城市,2023,(2):166-168.

[4] 陈桂龙. 中国智慧城市迈入 3.0+时代[J]. 中国建设信息化,2023,(3):60-61.

[5] 倪家明,黄刚,崔晓萌,等. 华为云平台资源服务质量自动评价方法[J]. 自动化技术与应用,2023,42(2):139-142.

[6] 李会民,颜明会,任红彬,等. 基于 UDP 协议实现数据安全、高效传输的方法研究[J]. 北华航天工业学院学报,2022,32(6):8-10.

[7] 王雄卫. 基于物联网技术的智能管家系统设计[J]. 计算机时代,2022,(5):60-62

[8] 高云泽,王莉莉,董文睿,等. 基于前后端分离算法的 ACM 智能管家系统[J]. 智能计算机与应用,2022,12(3):80-86.

[9] CEVA 为 TI SimpleLink Wi-Fi 无线 MCU 提供语音用户界面解决方案[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2023,23(1):95.

[10] 马莉萍,马生龙,李云霞,等. 基于适配体的荧光生物传感器对 Hg²⁺ 的检测技术研究[J]. 甘肃科学学报,2023,35(1):10-14+22.

[11] 田亚娟,付大平,伍世辉. 多传感器信息融合技术在机器人中的应用研究[J]. 自动化与仪表,2023,38(2):51-53+75.

[12] 刘佳辉,刘强,李彤召. 基于国产芯片和 RTOS 的农业病虫害检测系统[J]. 物联网技术,2023,13(2):33-34+39.

[13] 陈雪松,朱鑫海,王浩畅. 基于 PMV-LSTM 的中文医学命名实体识别[J]. 计算机工程与设计,2022,43(11):3257-3263.

[14] 程妍菲,张明辉,王宝珠. 基于 WT-BiLSTM-ARMA 模型的 PM2.5 浓度预测研究[J]. 计算机时代,2023,(1):44-49.

[15] 汪尧,黄宁,武润升,王军良. 基于改进自回归差分移动平均模型的网络流量预测[J]. 通信技术,2021,54(12):2626-2631.