

一种基于 ZigBee 的智能家居自动服务提供方法

潘子辉¹, 沈苏彬¹, 吴振宇²

(1. 南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003;
2. 南京邮电大学 物联网学院, 江苏 南京 210003)

摘要:由于当前许多智能家居自动服务系统中使用的传统架构设计不完善、使用的数据处理方式不合理,存在着网关资源利用不充分、网关节点缺乏基于数据分析的自动服务提供、数据处理方式不能适应应用环境等问题。为解决这些问题,提出一种基于 ZigBee 的智能家居自动服务系统。利用 ZigBee 无线网络、机器间通信等技术,设计了一种新型的智能家居系统架构,提出了一种通过差值聚类的方式判断温湿度异常值的算法。通过加入实现该算法的智能网关模块,减少传感器网络功耗和网络资源的占用,在不需要人为操作的情况下,提供相关服务。基于该设计,实现了一种基于 ZigBee 网络的智能家居自动服务系统原型,通过实际环境下的实验,验证了架构的可行性与算法的适用性。

关键词:智能家居;自动服务;智能网关;ZigBee

中图分类号:TP393

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2018)01-0200-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2018.01.043

An Automatic Service Provision Method in ZigBee-based Smart Home

PAN Zi-hui¹, SHEN Su-bin¹, WU Zhen-yu²

(1. School of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China;
2. School of IoT, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: Because the design of traditional architecture is not complete and the data processing is unreasonable in current smart home service system, there exists some problems such as insufficient utilization of gateway resources, lack of automatic service provision based on data analysis for gateway nodes, data processing not adapting to the environment and so on. In order to solve these problems, we propose an automatic service system of smart home based on ZigBee in this paper. We design a novel architecture of smart home by using the technique of ZigBee wireless network and machine-to-machine communications. A clustering algorithm of temperature and humidity using difference of data is proposed. A new gateway module implementing the proposed algorithm is added as the core of automatic service system, which can reduce the energy consumption of wireless sensor network and the use of network resource. It makes the system work automatically and provides service without any control of user. By testing the system in realistic environment, we prove the feasibility of the architecture and the usability of the proposed algorithm.

Key words: smart home; automatic service; smart gateway; ZigBee

0 引言

随着无线传感器网络的普及应用,智能家居技术的应用不断涌现。智能家居的应用环境要求智能家居系统必须能够分析不同的信息,在任何时间、不同地点为用户提供各类服务^[1]。类似“远程医疗”、“电子医疗”和“能源管理技术”都涉及到了智能家居技术^[2]。目前,许多文献中都提出了各自的智能家居系统的设计^[1,3-8],然而,普遍存在以下问题:

(1)许多智能家居系统中,使用网关作为数据从无线传感器网络传输到传统 IP 网络的途径。然而,这些网关仅仅是起到了数据在不同网络中的传输作用,并没有对数据进行处理或分析,提供相关的自动服务;

(2)大量的决策和操作通过人为操作,而较少地提供自动服务,缺少对于传感器数据价值的挖掘。

为解决这些问题,进一步完善智能家居自动服务应用,提出一种基于 ZigBee 的智能家居自动服务系

收稿日期:2017-02-01

修回日期:2017-06-15

网络出版时间:2017-10-19

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61502246);江苏省科技计划项目(未来网络前瞻性研究项目)(BY20130951108)

作者简介:潘子辉(1991-),男,硕士研究生,研究方向为计算机网络;沈苏彬,博士生导师,CCF(E200005482S),研究方向为计算网络、下一代电信网及网络安全。

网络出版地址: <http://cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20171019.1624.036.html>

统。研究当前智能家居系统中可用的技术,提出一种充分利用网关节点资源、本地和远程协同提供服务的智能家居系统架构和具体设计方案,提出一种对于温湿度数据异常情况判断的解决方案,并在此基础上开发实现此智能家居自动服务系统。

1 相关技术分析

通过分析相关的智能家居自动服务系统整体架构和数据异常值分析技术,描述当前智能家居自动服务系统整体架构设计方法,提出其中的不足与解决方法。同时,分析当前的异常值检测技术特点,描述其在应用场景适用性上的问题,并提出相应的解决方案。

1.1 系统整体架构

当前已提出的智能家居自动服务相关应用一般均采用传感器网络-传输控制平台-服务器-客户端的系统整体架构。在这种架构中,传感器数据从底层传感器网络经由控制传输平台发送至服务器进行计算,从而提供相应服务。

当前提出的智能家居自动服务系统在此架构的基础上均提出了各自的方案^[1,3-8],然而使用类似的架构会产生一些问题。一方面,控制传输平台的硬件设备没有得到充分利用,缺少数据分析,缺少自动服务的提供。另一方面,当前架构依赖于客户端的人为控制,缺少分析数据而提供的自动服务。因此,文中在当前架构中加入智能网关,提出了一种智能家居自动服务应用的整体架构,实现利用智能网关提供自动服务。

1.2 数据异常值分析

智能家居系统中,通过分析数据获得其中包含的事件,对于一些环境事件的自动处理是自动服务重要的提供方式。而这些事件在数据上往往表现为数据中出现的异常值^[9]。因此,对于数据异常值的判断技术影响已提供自动服务的质量。

在各类异常数据中,如红外报警等异常可以直接被传感器所感知并识别,而难以识别的异常情况主要是隐含在数据中的异常值。其中比较有代表性的即为温湿度数据。目前,在智能家居应用中,通常使用聚类的方式对异常值进行检测^[10]。在文献[11]中,提出了一种使用二次曲面拟合的方式对温湿度数据进行分析处理。通过二维曲面的拟合,利用温度与湿度之间的相关性,可以有效地拟合出温湿度的合理范围。而文献[9]则利用 K -means 算法进行异常值的判断。 K -means 算法是典型的基于距离的聚类算法,采用距离作为相似性的评价指标,两个对象的距离越近,其相似度就越大,从而能有效判断数据中的异常值。

然而,无论是使用二次曲面拟合还是 K -means 聚类,都需要存储所有数据并进行高复杂度的计算才能

进行异常值的判断。而网关节点计算资源和存储资源比较缺乏,这些方式都不能满足网关节点环境下的性能需求。为解决该问题,文中提出一种基于差值的温湿度异常值检测算法。利用该算法,可以在占用较少网关节点计算和存储资源的情况下,更好地检测温湿度异常值,从而自动检测异常事件。

2 需求分析与方法设计

为了解决网关资源利用不充分,缺少自动服务的提供等问题,设计实现了一种智能家居自动服务系统,在常用的基本系统架构中加入智能网关。同时,为解决温湿度数据异常值分析在存储、计算资源相对缺乏的网关节点难以工作的问题,提出一种针对温湿度的差值聚类算法以检测温湿度异常值。

2.1 系统架构

为解决当前智能家居自动服务系统整体架构的问题,提出图1所示的系统架构。在该架构中,加入了智能网关系统,其包含了本地服务器与传输控制平台。

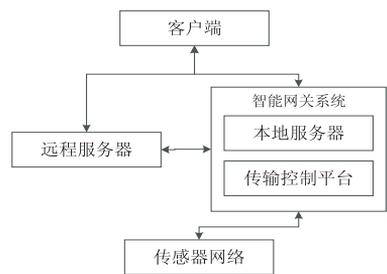


图1 智能家居自动服务系统整体架构

通过该架构,一方面,利用智能网关作为传输控制平台,实现传感器网络与上层IP网络的数据交互。服务器存储数据,进行较为复杂的计算,提供相关服务。另一方面,智能网关节点获取数据,进行力所能及的计算,提供及时的相关服务。客户端则根据使用环境,选择连接远程服务器或智能网关,实现了本地与远程协同提供相关自动服务的能力。

2.2 温湿度异常值智能分析

对于温湿度数据,传统的处理方式在存储、计算资源相对缺乏的网关节点难以工作。为解决该问题,文中提出并实现了一种轻量级的针对温湿度数据的异常值判断算法。由于地表在一天内的温度变化主要受日照的影响,温度曲线的变化比较小。一般温度每天零点降低,直到日出后开始提升,午后达到最高,之后又不断降低。因此,将温度数据与前后数据相比的变化作为数据点进行聚类。分别根据日出、日落时间划分区间形成三个类进行聚类。

利用温度数据其本身的特点,制定分类条件避免在 K -means 算法中 K 的选取和初始划分不当带来的分类效果较差的情况。同样,根据温湿度特点,事先制

定了合理的簇,因此不需要进行多次迭代以确定簇,从而有效地将算法的时间复杂度控制在 $O(n)$ 。而在网关节点处,只需存储最近的少量数据和聚类结果,大大地节省了节点的存储资源。算法流程如图 2 所示。

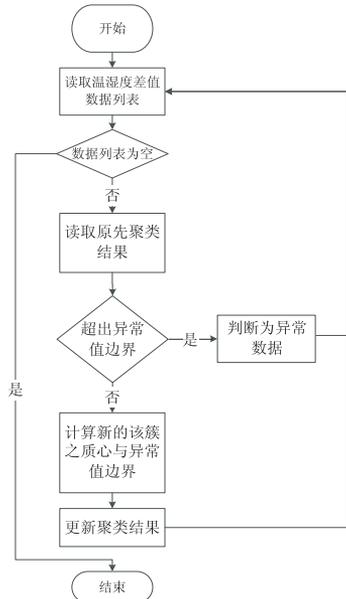


图 2 基于差值聚类的温湿度异常值检测算法流程

2.3 消息格式

在机器间通信系统中,消息格式是使用机器间通信的系统中保证数据完整性、可靠性和控制准确性的最重要因素^[5]。文中制定统一的传感器数据消息格式。

消息格式:“起始位|数据类型位|数据符号位|数据十位|数据个位|位置位|时间计数位|结束位”。

起始位:“\$”为起始位;

数据类型位:以一个字符表示数据类型,如“t”表示温度,“h”表示湿度;

数据符号位:以一个字符表示数据的符号,如“p”表示数据为正,“n”表示为负;

数据十位:所发送的数据的十位数字;

数据个位:所发送数据的个位数字;

位置位:表示收集数据的传感器节点的物理位置;

时间计数位:时间计数 n 表示采集间隔 * n 之前时间的数据;

结束位:“#”为结束位。

例如:消息“\$tn09a3#”即表示第 3 个时间计数数据,a 地点温度数据零下 9 度。

利用该消息格式,可以通过对传感器数据进行分类、事件判断、时间分析、位置分析等方式,获取传感器数据中所包含的信息,针对各类数据或事件进行处理。

3 系统实现

根据上述提出的方法设计,实现了一种基于 Zig-Bee 的智能家居系统,分别对传感器网络、智能网关、服务器和移动客户端四个基本模块进行开发,并实现各模块之间的协同工作。

3.1 系统实现的架构

根据智能家居自动服务系统的需求,智能家居系统应当具备自动分析传感器数据,对分析结果对应的事件进行响应的能力。基于这些自动控制的思想,提出的智能家居自动服务系统模块架构如图 3 所示。系统分为四个模块:无线传感器网络、智能网关、服务器和客户端,主要实现以下功能:

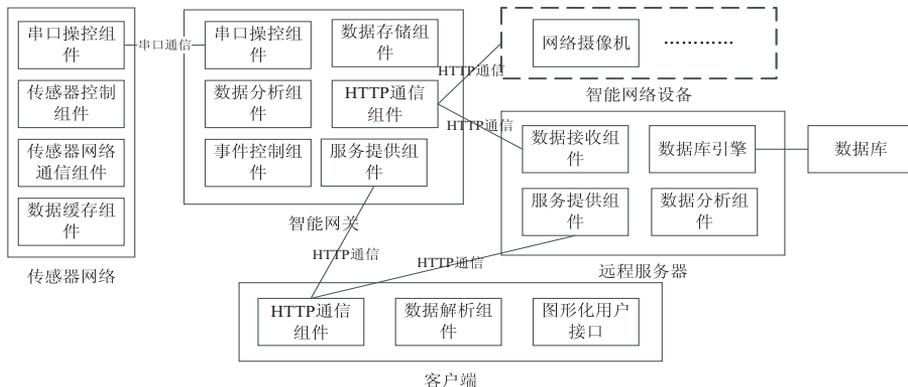


图 3 智能家居自动服务系统模块架构

(1)异常事件自动拍摄记录。在有人进入房间触发红外报警等异常事件或发生火灾等意外导致温湿度出现异常时,系统自动调用摄像机对事件进行拍摄记录,在智能网关进行保存并同时上传至服务器。用户可以通过移动客户端查看事件发生的时间与拍摄记录;

(2)温湿度最新监测数据提供。传感器每隔一段时间会采集各个地点的温度与湿度并发送至智能网

关,智能网关作一定数据的缓存并及时上传至服务器。用户可以通过移动客户端及时获取当前房间的温湿度环境情况。

3.2 无线传感器网络

当前,无线传感器网络受到各界的关注,红外、蓝牙等无线通讯技术也得到了极大的发展。然而,由于环境限制或是功耗过高,这些技术并不适用于智能家

居系统。ZigBee^[12-14] 技术则解决了其中的一些问题。

ZigBee 是一种短距离、低功耗、低速率、低成本的无线接入技术^[15]。目前,ZigBee 技术广泛应用于灾害管理、智能城市、电子医疗等众多领域^[16]。在智能家居自动服务系统中,传感器网络需要长期布置在家中并采集房间中的相关数据,而 ZigBee 低功耗、低成本的特点正符合这种长期布置节点的需求,能够以较低的成本和维护成本,长时间有效采集房间中的各类数据。因此,文中采用 ZigBee 技术作为智能家居自

动服务系统中传感器网络的载体,利用目前使用较多的德州仪器开发的 Z-stack 协议栈进行开发。通过 Z-stack 协议栈提供的串口读写、周期发送等接口,实现了传感器数据的获取、传输、缓存等一系列功能。

3.3 智能网关模块

智能网关模块是该系统的核心模块,该模块需要实现数据收集、数据存储、数据处理、数据分析、事件触发、摄像机操作、数据获取接口等一系列功能。根据所需功能,设计了图 4 所示的类结构。

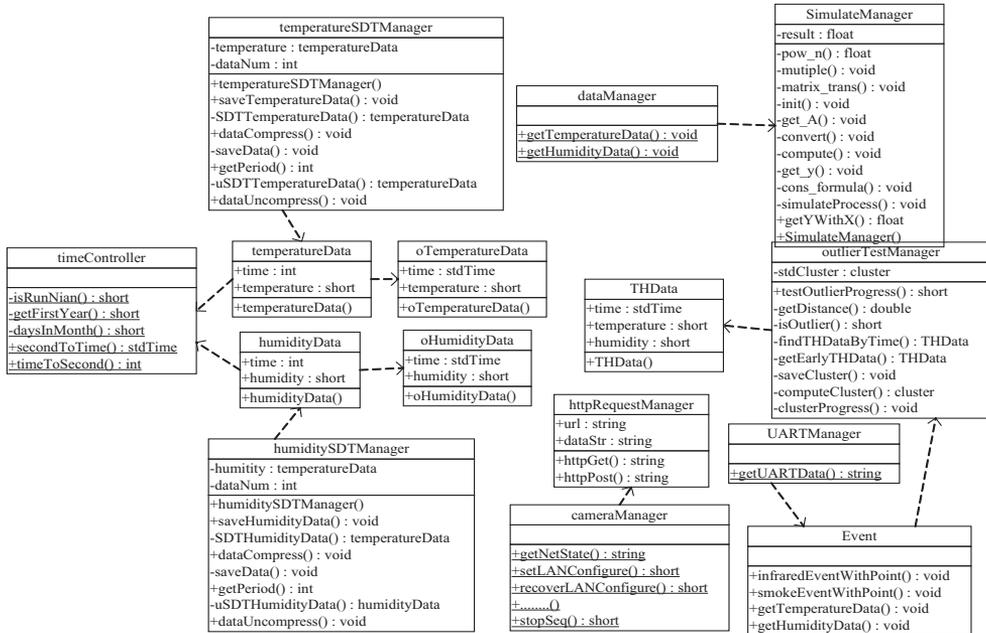


图 4 智能网关实现类图

为了保证各类数据的区分,系统分别针对各类数据定义了各自的数据模型,实现了数据接收组件、数据处理组件、事件处理组件和 HTTP 通信组件。其中数据接收组件用于从传感网络接收数据并进行解析,数据处理组件处理解析后的数据,事件处理组件通过解析出的事件进行相关操作,而 HTTP 通信组件用于网关与传统 IP 网络各类通信。

3.4 其他模块

该系统中的远程服务器使用当前在服务器端较为成熟的 JSP 技术^[17] 实现。在服务器端,使用 Java Web 开发中常用的 bean+DAO+JDBC+Servlet 的方式进行开发。使用 bean 类创建数据类型,JDBC 连接数据库,通过 DAO 实现数据类与数据库数据之间的转换。而远程服务器的数据获取组件与服务提供组件均使用 Servlet 技术实现,通过服务器提供 HTTP 请求接口,智能网关与客户端发送对应 HTTP 请求的方式,上传数据或获取服务。

该系统的客户端基于 iOS 移动终端开发实现,使用良好的图形化界面,提供自动环境监测、自动事件记录等相关服务,主界面如图 5 所示。



图 5 客户端主界面

4 系统测试与分析

系统测试环境如下:

(1) 硬件环境:各类传感器若干、ZigBee 开发板若

干,台式 PC 机 1 台,服务器 1 台,iphone5s 智能手机 1 台。

(2)软件环境:Ubuntu 14.04 操作系统,Windows 8.1 操作系统,JDK 1.8.0_73,apache-tomcat 8.0.33 服务器,MySQL 5.7 数据库,ios 8.3 系统。

在此测试环境下,对提出的基于差值聚类的温湿度异常值检测算法的实际效果进行测试。采用与传统的 K -means 算法比较的方式,以温湿度数据的差值作为数据点,计算在单次迭代下各数据点与质心距离的平均值,分析数据点聚类后的离散程度,判断聚类效果。经过实际测试,使用两种算法的平均质心距离如图 6 所示。

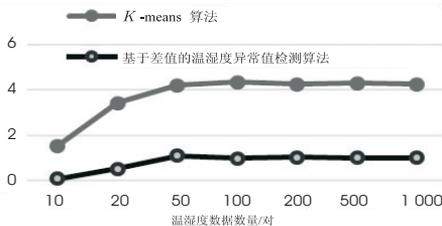


图 6 数据点距离质心的平均距离

另外,在该测试环境下,通过出入房间模拟入侵事件,使用热水杯提高传感器节点的温度来模拟火灾,测试系统对于红外事件、温度异常事件的响应能力。测试结果显示,摄像机自动调整拍摄位置至有人出入的门和发生温度异常的传感器节点处并进行拍摄,拍摄照片在智能网关端保存并自动上传至服务器,用户可以通过移动终端及时地查看到情况。

通过测试结果可以看出,在测试环境下,基于差值聚类的温湿度异常值检测算法实际效果良好,数据点到质心的平均距离小于 K -means 算法。基于 ZigBee 的智能家居自动服务系统能正常工作。

5 结束语

针对当前已提出的智能家居系统中没有充分利用网关资源,缺乏基于数据的自动服务等问题,设计并实现了一种基于 ZigBee 的智能家居自动服务系统。利用基于差值聚类的温湿度异常值检测算法在性能较低的节点处实现了异常值高效、可靠的检测。通过新型的系统整体架构与功能模块的设计与实现,达到了减少功耗和网络资源占用,在本地和远程协同提供相应服务的目的。通过系统测试,结果证明了该检测算法与系统架构的可行性与优势。

参考文献:

[1] HAN D M, LIM J H. Design and implementation of smart home energy management systems based on Zigbee [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2010, 56(3):

1417-1425.

- [2] CHAN M, CAMPO E, ESTÈVE D, et al. Smart homes – current features and future perspectives [J]. Maturitas, 2009, 64(2):90-97.
- [3] BASU D, MORETTI G, GUPTA G S, et al. Wireless sensor network based smart home; sensor selection, deployment and monitoring [C]//Sensors applications symposium. [s. l.]: IEEE, 2013:49-54.
- [4] 王朝华,陈德艳,黄国宏,等.基于 Android 的智能家居系统的研究与实现 [J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(6):225-228.
- [5] NIYATO D, XIAO L, WANG P. Machine-to-machine communications for home energy management system in smart grid [J]. IEEE Communications Magazine, 2011, 49(4):53-59.
- [6] ZUALKERNAN I A, AL-ALI A R, JABBAR M A, et al. InfoPods; Zigbee-based remote information monitoring devices for smart-homes [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2009, 55(3):1221-1226.
- [7] GILL K, YANG S H, YAO F, et al. A Zigbee-based home automation system [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2009, 55(2):422-430.
- [8] 周游,方滨,王普.基于 ZigBee 技术的智能家居无线网络系统 [J]. 电子技术应用, 2005, 31(9):37-40.
- [9] SOUZA A M C, AMAZONAS J R A. An outlier detect algorithm using big data processing and internet of things architecture [J]. Procedia Computer Science, 2015, 52:1010-1015.
- [10] VÁZQUEZ F I, KASTNER W. Clustering methods for occupancy prediction in smart home control [C]//IEEE international symposium on industrial electronics. [s. l.]: IEEE, 2011:1321-1328.
- [11] 蔡爱杰,司良友,夏继秋,等.基于二次曲面拟合的二维传感器数据处理技术研究 [J]. 传感器与微系统, 2009, 28(7):30-32.
- [12] BARONTI P, PILLAI P, CHOOK V W C, et al. Wireless sensor networks; a survey on the state of the art and the 802.15.4 and Zigbee standards [J]. Computer Communications, 2007, 30(7):1655-1695.
- [13] 任秀丽,于海斌. ZigBee 无线通信协议实现技术的研究 [J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(6):143-145.
- [14] 彭燕. 基于 ZigBee 的无线传感器网络研究 [J]. 现代电子技术, 2011, 34(5):49-51.
- [15] 原羿,苏鸿根. 基于 ZigBee 技术的无线网络应用研究 [J]. 计算机应用与软件, 2004, 21(6):89-91.
- [16] YI P, IWAYEMI A, ZHOU C. Developing ZigBee deployment guideline under WiFi interference for smart grid applications [J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2011, 2(1):110-120.
- [17] 张波,张福炎. 基于 JSP 技术的 Web 应用程序的开发 [J]. 计算机应用研究, 2001, 18(5):99-101.