

一种基于中间件的温室远程监测系统的设计与实现

刘红义^{1,2}, 赵 方¹, 李朝晖¹, 罗海勇², 宋茂强¹

(1 北京邮电大学 软件学院, 北京 100876; 2 中国科学院 计算技术研究所, 北京 100080)

摘 要: 设计并实现了一种基于无线传感器网络(WSN)中间件的温室远程监测系统. WSN 中间件位于操作系统和应用程序之间, 对网络协议、节点操作系统和硬件底层细节进行屏蔽, 为上层应用提供统一的接口和一组公共服务. 使用温室 WSN 中间件, 能够方便地根据具体应用需求, 对影响作物生长的温室环境因素进行动态、实时地远程监测, 从而提高温室生产自动化管理水平.

关键词: WSN; 中间件; 温室; 远程监测系统

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)08-0190-04

Design and Implementation of a Remote Greenhouse Monitoring System Based on WSN Middleware

LIU Hong-yi^{1,2}, ZHAO Fang¹, LI Zhao-hui¹, LUO Hai-yong², SONG Mao-qiang¹

(1 School of Software Engineering, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;

2 Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: A remote greenhouse monitoring system based on WSN middleware was introduced in this paper. The WSN middleware, which was located between the operating system (hardware firmware) and applications, shielded the difference of various network protocols, node operating systems and the hardwares and provided one uniform interface and a set of common services. Using the WSN Middleware, the various environmental factors, which impacted on the production of greenhouse crops, can be dynamically monitored at a remote site in real time, which improved the labor efficiency of greenhouse product.

Key words: WSN; middleware; greenhouse; remote monitoring system

1 引言

国内外现有的温室环境监测系统大都采用有线传输方式^[1], 存在部署工作量大、灵活性不够、成本较高等不足. 而采用无线传感器网络(Wireless Sensor Networks, WSN)技术^[2]对温室环境进行监测, 可以有效解决上述问题.

目前大多数基于 WSN 的系统开发比较复杂^[3], 需要应用软件开发人员了解专门的硬件平台, 不仅影响开发进度, 而且系统的跨平台性能较弱, 不便于进一步推广应用. 在温室环境应用中, 采

用温室 WSN 中间件技术^[4-5], 屏蔽下层硬件的异构性, 给应用软件开发人员提供统一应用程序接口(API), 不仅可以使应用软件开发人员全身投入应用层程序开发, 而且还可以提高软件的可重用性, 从而促进 WSN 应用技术的发展.

文中基于温室环境监测需求, 设计和实现了一种基于 WSN 中间件技术的温室环境远程监测系统.

2 WiFi 传感网系统结构

根据温室环境监测特点, 文中采用了如图 1 所

示的系统网络架构^[6]. 该系统主要由分布在温室内的 WiFi 传感节点(Node)^[7]、数据汇集节点(Sink)和系统管理中心(网关)等三部分组成. 其中 WiFi 传感节点负责定期采集温室环境信息(温湿度、光照度等), 数据汇集节点负责接收 WiFi 传感节点采集的各种数据. 数据汇集节点和传感节点基于 WiFi 网络进行数据通信. 系统管理中心负责将 WSN 网络接入 Internet, 并对数据包的相关信息(温湿度、光照度等)进行提取和解析, 然后存储到数据库, 供以后分析和显示用.

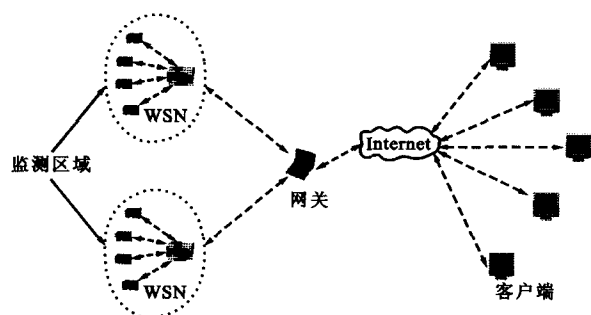


图1 系统结构图

基于 WSN 中间件的温室监测系统的体系结构如图 2 所示. 其中监测的目标网络为无线传感器网络.

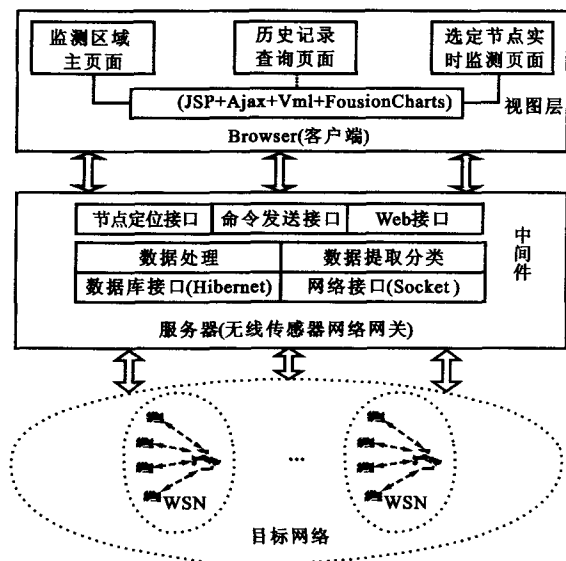


图2 温室 WSN 监测系统的体系结构

文中设计的基于 WSN 中间件的温室监测系统主要包含以下功能模块:(1)网络接口模块:对整个无线传感器网络进行监听;(2)数据处理模块:解析无线传感器网络协议,接收无线传感器网络中的节点数据包、分析数据包中的数据,对解析好的数据进行分类;(3)命令发送模块:接收 browser 部分的命

令设置请求,对无线传感器网络的属性进行设置;(4)定位计算模块:读取节点的位置信息,发送到 WEB 接口用于节点图像在 browser 部分的显示;(5)WEB 接口模块:发送 browser 部分所需要的数据,响应 browser 部分的数据请求;(6)数据库操作模块:在服务器端完成数据库的相关操作及上载地图的存储功能、异常事件告警和日志存储功能.

网络接口使用 Socket 与 WSN 通信. 数据库接口利用 Hibernate 技术实现数据持久化,并为上层提供数据库操作接口. 数据提取分类模块负责判断接收到的数据包类型. 数据处理模块根据数据包类型的判断结果进行相应处理. 节点定位接口为上层提供 WSN 定位接口. 命令接口为上层用户提供发送命令的服务. WEB 接口为视图层提供数据操作接口. 视图层提供用户交互界面.

3 温室 WSN 中间件设计

在温室环境监测应用中,用户往往仅关心节点采集的数据内容(如温度、湿度、光照度等),对于消息发送方式、时钟频率并不关心,这时采用 WSN 中间件技术,可以有效提高软件的可重用性^[8].

本系统设计了如图 3 所示的温室 WSN 中间件,其中网关负责解析 WSN 数据包,并转换为 Internet 数据包,实现 WSN 接入 Internet. 通过屏蔽 WSN 底层,开发人员可以专注于应用开发,提高开发效率.

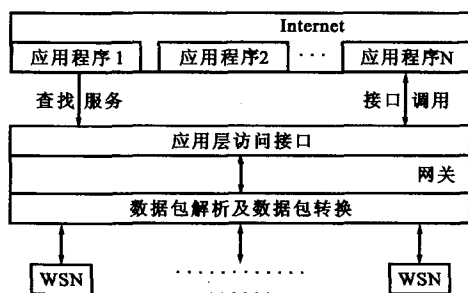


图3 温室 WSN 中间件的工作示意图

4 温室远程监测系统设计

4.1 WiFi 传感节点

WiFi 传感节点由传感器模块(SH11/TSL2550)、处理及无线电通信模块(GS1010)和电源供应模块三部分组成,其结构如图 4 所示.

传感器模块集成了 SH11 和 TSL2550 等传感器,它们分别负责监测区域内温湿度和光照度信息的采集,该信息均为数字信号输出,无需 A/D 转换.

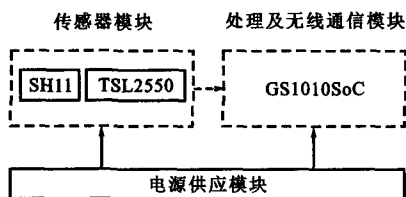


图4 基于GS1010的传感节点体系结构

由于SH11和TSL2550传感器在出厂前已经进行了校正和补偿,一致性较好。处理及无线传输模块采用了低功耗高集成度的SoC芯片GS1010,负责完成整个传感节点的数据存储、处理和无线收发操作。电源供应模块为传感节点提供正常运行所需要的能量,文中采用3.6VDC5号AA电池供电,并使用转换效率较高的开关电源提供GS1010工作所需1.8VDC。当节点休眠时,仅有GS1010的实时钟(RTC)模块工作,工作电流小于 $5\mu\text{A}$ 。

GS1010 SoC芯片的系统结构如图5所示。它是GainSpan公司开发的超低功耗单片WiFi解决方案,芯片中使用了两个32-bit ARM7处理器,其中一个为应用处理器(Application CPU),它内部集成了Flash和SRAM等存储器,用于保存程序和数据,外扩了两个ADC、IIC、GPIO等接口,用于接收来自传感器采集的模拟和数字信息。另一个处理器(WLAN CPU)集成了802.11b/g的MAC/PHY层,主要负责无线数据收发,还可实现RF开关和功率控制等功能。该芯片支持IEEE802.11b/g/n协议栈,可随机接入目前已广泛部署的WiFi网络,具有建设成本低、使用前景广泛等特点。

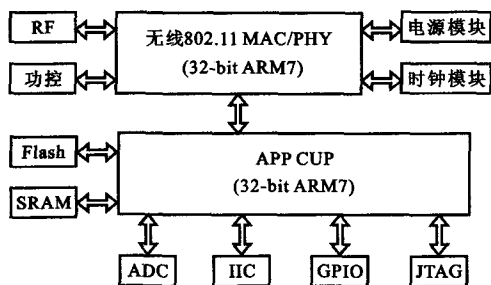


图5 GS1010芯片内部结构

4.2 服务器软件平台

本系统服务器端软件开发采用了J2EE技术,系统平台包含视图层、业务逻辑层和数据访问层等三层结构。其中视图层采用Ajax+Jsp技术,客户端可以使用多种方式显示温室环境信息。客户端基于Ajax无刷新技术和异步通信技术,定期主动向服务器端发出请求,以获取最新的环境信息。业务逻辑层

采用Servlet技术响应客户端发出的各种请求,它利用Socket套接字监听网络是否有数据包到达,还可根据温室环境的变化发送指令数据包。业务逻辑层不仅要负责完成对接收到的数据包进行解包和解析,并使用Servlet技术把相关信息发送到互联网,而且还要对Servlet接收到的用户指令进行打包,然后发送到无线传感器网络,从而实现WSN和Internet网络的相互融合。数据访问层采用Hibernate技术实现数据库的访问,Hibernate技术采用对象/关系映射模型,有效屏蔽了底层数据库,为业务逻辑层提供各种数据操作接口,实现软件开发的模块化。

服务器软件主要包括以下两大功能:

(1) 无线传感器网络节点数据的采集和管理

这部分功能进一步细化为网络接口、数据提取分类和定位算法接口等。它们主要负责接收来自无线传感器网络节点的数据包,在对数据包进行分解后,对相关数据进行处理,完成环境监测和传感网的管理功能。定位算法接口读取节点位置的相关配置文件,对节点位置进行相应转化。

(2) 监测数据的组织与管理

这部分功能主要由数据库接口、数据处理、命令发送接口和Web接口实现。当Web接口发现修改网络属性请求时,向传感器网络发送修改属性命令。将封装好的数据发送给Web接口,响应browser部分的数据请求,完成采集数据的数据库存储操作,并对日志进行记录,接收Web接口发来的数据库索引请求提取相应数据给Web接口,对节点的相关信息(包含位置信息)进行封装。

服务器端软件结构如图6所示。

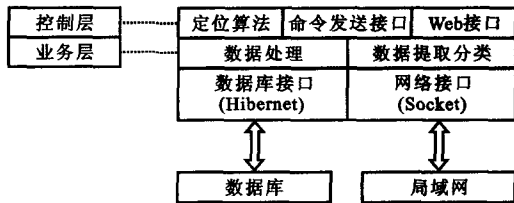


图6 演示系统服务器端软件结构

4.3 网关数据监听

网关使用Socket编程对无线传感器网络进行监听,并接收传感器数据。该监听机制采用JAVA语言实现,通过使用NIO工具包进行并发型服务器程序设计,仅仅使用一个或者很少几个Socket线程,就可以处理成千上万个活动的Socket连接,可大大降低服务器端程序开销。网络I/O采取非阻塞模式,线程不再在读或写时阻塞,操作系统可以更流畅

地读写数据并可以更有效地向 CPU 传递数据进行处理,提高系统性能。

当网关监听到无线传感器网络数据包时,将接收这些数据包,并传输到数据服务器,网关程序在完成数据包解析后,将其存入数据库,并将数据按照 IP 协议格式重新打包,接入 Internet。

4.4 数据包解析

本系统使用的 GS1010 硬件系统产生如下三类数据包:网络层数据包、管理包和数据包。网络层数据包用于建立和维护一个网络连接,它们包括 802.11 的 MAC 层扫描、认证帧,以及 ARP 数据包和 DHCP 数据包。在网络连接、释放和重新载入过程中,这些数据包会在无线局域网和网络协议栈中自动发送。管理数据包在节点和网络管理系统(NMS)之间传送,这些数据包格式遵循简单网络管理协议(SNMP)。传感节点数据服务程序负责定期收集来自多个传感器的数据,然后将这些数据按规定的格式打包,然后周期性地传送给数据服务器。

服务器监测底层无线传感器网络,当网络产生数据时,以数据包的形式发送到服务器网关。节点发送的数据包格式如表 1 所示。该数据包遵循 TLV (Tag-Length-Value)规则。

表 1 无线传感器网络节点数据包格式

Data Format	Length	Time Stamp	Node ID	Sequence Number	Data
Version Number					
Extensible	Extensible	Tag - Length - Value	Tag - Length - Value	Tag - Length - Value	Tag - Length - Value

根据表 1 的格式,数据包格式中可扩展项为: Data Format Version Number 项和 Length 项。其中 Data Format Version Number 项为数据的版本号,版本号 0-15(0x00-0x0F)是协议中的保留项。系统中的版本号定义为 16(0x10);Length 项描述了剔除 Data Format Version Number 项和 Length 项后的数据包长度,它是以 byte 为单位描述的。

数据包格式中的必选项有 TimeStamp、NodeID、SequenceNumber、Data 项。其中 TimeStamp 项:包含着数据采集的 4-byte 大小的时间戳;NodeID 项:包含着节点的 ID 号,以 6-byte 的 MAC 地址形式保留;SequenceNumber 项:是一个将所有连续发送的数据包数目累加的计数器,用来测试网络中的数据包发送错误率;Data 项:数据长度取决于网络中采集的节点数据。包含了光照数值、温度数

值、节点电压、节点 RSSI 值等信息。

5 结束语

文中设计和实现了一个轻量级的温室 WSN 中间件,并基于该中间件,实现了一个基于 WiFi 传感器网络的温室环境信息实时远程监测系统。该系统与网关通信并利用 Socket 监听程序接收数据包,进而解析数据包并将解析后的数据存入数据库。实验系统验证了该中间件的有效性。

参考文献:

[1] 谭静芳,刘成勋. 浅谈温室自动控制技术的发展概况[J]. 农业装备技术,2005,31(5):23-25.

[2] 孙利民,李建中,陈渝,等. 无线传感器网络[M]. 北京:清华大学出版社,2005.

[3] Kohvakka Mikko, Arpinen Tero, Hannikainen Marko, et al. High-performance multi-radio WSN platform[C]// Proceedings of the 2nd international workshop on Multi-hop ad hoc networks: from theory to reality. New York, 2006:95-97.

[4] 李仁发,魏叶华,付彬,等. 无线传感器网络中间件研究进展[J]. 计算机研究与发展,2008,45(3):383-391.

[5] 王琳,别红霞,李锦涛,等. 煤矿瓦斯报警无线传感器网络节点设计与实现[J]. 电子技术应用,2006,32(5):71-73.

[6] 薛振华. 基于 Web Service 的传感器网络交通信息采集[D]. 大连:大连理工大学,2008(12):8605.

[7] 侯培国,雷巧玲. 基于无线传感器网络的空气质量监测系统[J]. 工业仪表与自动化,2009(3):110-113.

[8] Mainwaring A, Polastre J, Szewczyk R. Wireless sensor networks for habitat monitoring[C]// WSNA'02. Atlanta, Georgia, USA, 2002.

作者简介:

刘红义 男,(1984-),硕士研究生.

赵方 女,(1968-),博士,副教授.研究方向无线传感器网络、下一代网络协议.

李朝晖 女,(1966-),博士,副教授.研究方向为图像与视频处理、多媒体技术.

罗海勇 男,(1967-),博士,高级工程师.研究方向为无线定位、普适计算和多媒体技术.

宋茂强 男,(1957-),教授.研究方向为通信软件、流媒体监控技术.