

文章编号:1005-0523(2013)04-0059-06

基于WSN的农业环境信息监控系统软件开发

刘媛媛¹,朱路¹,高波¹,黄德昌¹,杜江洪²

(1. 华东交通大学信息工程学院,江西 南昌,330013; 2. 南昌陆军学院,江西 南昌,330103)

摘要:在农业环境信息监测硬件系统的基础上,开发WSN-AEIMC(无线传感器网络农业环境信息监控)系统软件,该软件由上位机监控软件和嵌入式Web服务器组成。上位机监控软件基于Qt、数据库技术设计、开发,具有实时数据曲线绘制、历史数据查询及网络拓扑结构显示等功能,能实现远程自动监控环境信息和ZigBee网络参数。设计的嵌入式Web服务器支持智能移动终端浏览环境信息,查询历史数据,显示历史曲线,发送控制命令等功能。WSN-AEIMC系统软件提供Internet、GPRS的通信接口,集成传感器数据的处理机制,设计人机接口和图形化界面。测试结果表明:WSN-AEIMC系统软件具有界面友好、功能完善、人机接口丰富等优点,能驱动WSN-AEIMC系统实现有效监测和控制农业环境信息的需求。

关键词:无线传感器网络;农业环境信息监控;上位机监控软件;嵌入式Web服务器

中图分类号:TP319

文献标志码:A

精准农业^[1-2]代表了21世纪全球农业发展方向,作为农业科技革命的重要成果和农业知识创新工程的重要组成部分,已成为当今世界农业最富有吸引力的前沿课题。获取环境信息是精准农业的实现关键之一。由于农田覆盖面积较大、环境恶劣且多是无人值守区域等特点,需要在广阔的地域上进行信息获取及通信,有线通信所使用的线缆成本较高,并对耕作有影响,使得无线通信成为必然的选择。采用常规的无线通信方式获取农业环境信息,其功耗高、时延长、安全性无保障等因素极大制约了精准农业信息资源准确及时的供给,难以实现精准施肥、灌溉、施药等措施。因此,应用一种新的信息获取及无线通信技术,解决精准农业上述难题显得尤为必要。

无线传感器网络(wireless sensor network, WSN)是一种全新的信息获取和无线通信平台,能够实时监测和采集网络分布区域内的各种对象信息,将其应用于农田墒情信息监测领域有着广阔的应用前景。国外研究者Morais等^[3]将其应用于精准葡萄栽培,确保葡萄可以健康生长,进而获得大丰收。国内相关学者在节水灌溉和农田气象监测信息获取中应用无线传感器网络技术,文献[4]将无线传感器网络应用于农田土壤温湿度的监测,文献[5]将无线传感器网络用于温室监控,取得了较好效果。文献[6]基于无线传感器网络设计农作物的水分状况监测系统,并在此基础上开发了上位机软件系统^[7],为实现准确判断农作物水分亏缺程度,为精量灌溉提供科学依据,上述文献未能提供自动控制功能。通常,无线传感器网络节点通信能力有限,考虑到农业监测范围较大、地形较为复杂并且作业环境较为恶劣,一般的传感器网络系统无法适应。文献[8-9]采用了低功耗短距离通信和长距离GPRS网络传输相结合的方式,在区域内通过布置ZigBee传感器节点来实现动态监测农作物环境信息,如土壤湿度、空气温、湿度和光照等。该系统兼顾短距离与长距离通信的无线网络构架,其应用性强,必将在数据采集和农业控制领域中占据重要的地位。

收稿日期:2013-05-22

基金项目:国家自然科学基金项目(31101081);江西科技支撑计划项目(20111BBF60034);华东交通大学科学研究项目(09XX06)

作者简介:刘媛媛(1978—),女,讲师,硕士,研究方向为无线传感器网络。

本文在前期工作的基础上,设计WSN-AEIMC软件平台。在该软件的驱动下:WSN-AEIMC系统可以实时采集监测区域的空气温、湿度,土壤湿度,光照等信息,并将采集到的信息实时发送到手机或电脑上,为农业决策者提供必要的数据和服务。农业生产者可以通过手机对温室内的温度、湿度,光照度等指标进行调整,从而使农作物始终处在最佳的生长环境之中。WSN-AEIMC系统实现让农业生产者足不出户,利用手机或者电脑实现远程操作,只需按手机浏览器中的开控件,农业灌溉设备就开始浇水;再按一下停控件,马上停止浇水,实现真正意义上的农业环境信息智能监控。

1 监控系统及软件结构

无线传感器网络农业环境信息监控系统采用分层次,多个网络体系协同工作的设计思想。整个系统由3层组成:底层为ZigBee无线传感器网络感知层,采集农业环境信息同时能使其维持在最佳状态;中间层为嵌入式网关,负责ZigBee网络与GPRS/Internet网络的协同工作;顶层为上位机监控软件及应用服务,实现农业环境信息远程监控及底层无线传感器网络管理,并提供终端访问服务。系统整体结构组成如图1所示。系统监控软件(图1中实线方框部分)包括两部分:上位机监控软件和嵌入式Web服务器。上位机监控软件实现对ZigBee无线传感器网络控制,从嵌入式网关接收感知层各传感器节点的农业环境信息,完成数据解析、处理、存储、查询、统计、图表绘制等功能;并可通过网关发送控制指令至底层传感器节点完成远程参数设置,使其终端操作界面更加人性智能化。嵌入式Web服务器实现远程监控,支持任何移动终端访问数据。

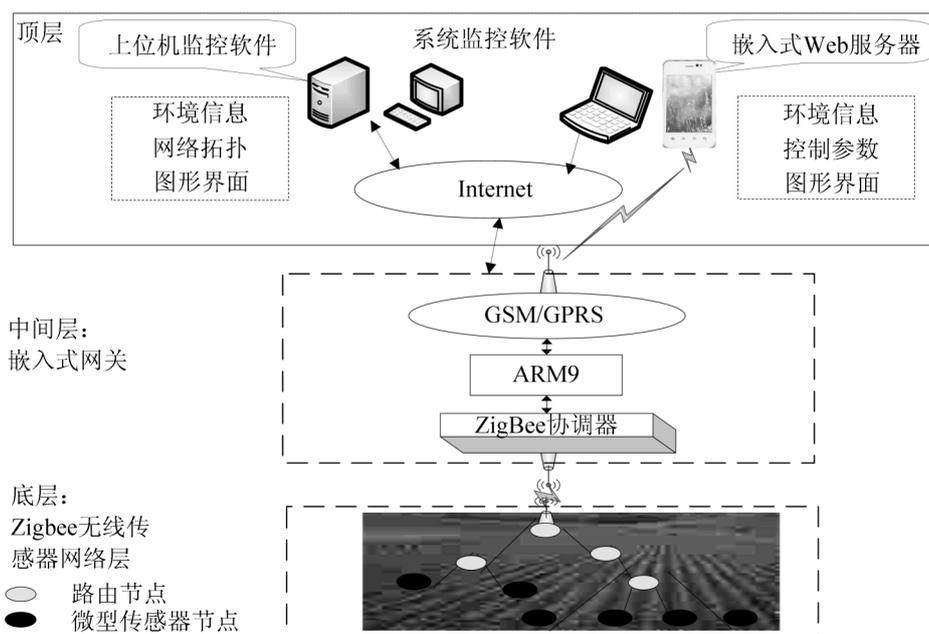


图1 监控系统及软件结构图

Fig.1 The structure of monitoring and controlling system and software

2 系统监控软件关键技术及设计

2.1 上位机监控软件设计

在Microsoft Visual Studio2008和Qt 4.7.2环境下,开发上位机软件。该上位机软件主要由系统初始化,数据处理,数据管理3个模块组成。系统初始化完成系统参数设置和控制命令发送;数据处理模块是WSN-AEIMC系统上位机软件的核心部分,提供图形用户界面,直观显示网络拓扑结构,节点参数曲线对比等;数据管理主要针对数据保存查询处理等工作,亦可将数据导出为表格文件,方便对数据进行详细分析。上位机监控软件为每个模块分配一个单独的线程,以确保监测系统健壮性。上位机监控软件的各项

块完成相应功能,相互联系,其总体结构如图2所示。下面详细介绍上位机监控软件的各项功能模块的关键技术及设计过程。

数据接收提供了标准TCP网络接口,TCP协议是基于服务器/客户端模式。在数据接收设计中,首先定义通信数据格式,数据格式是以数据帧的形式存在,数据帧的每个数据位所包含不同的信息,具体帧格式表1所示。然后,上位机利用TCP/IP协议接收嵌入式网关上传的ZigBee网络数据。最后,上位机通过服务器将ZigBee网络数据缓存,根据上述格式检测数据是否丢失,如某数据帧中少了某一位标志位,则丢弃该数据帧。数据正确则将数据由十六进制格式转为字符形式,进行后续处理。

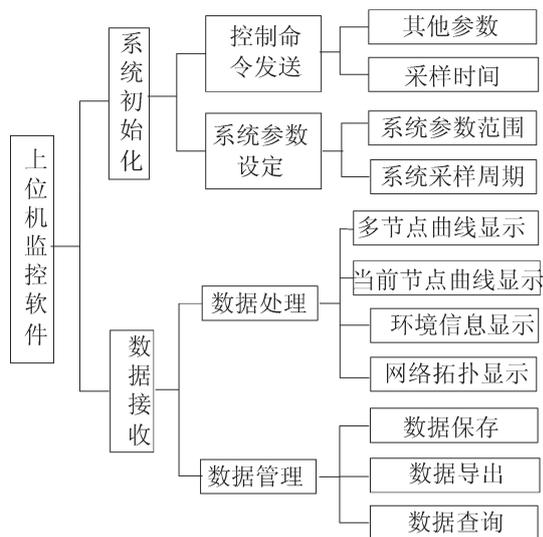


图2 上位机监控软件功能结构图

Fig.2 The function structure of upper computer monitoring and controlling software

数据处理机制是上位机监控软件的核心部分,主要包含数据查看,环境信息动态曲线显示,控制命令发送,拓扑结构绘制,多节点信息曲线对比等。下面主要介绍环境信息动态曲线显示和拓扑结构绘制的实现。本文采用了第三方提供的类库QWT设计环境信息动态曲线显示。QWT包含了丰富的绘图控件以及相关数据可视化操作的函数,开源易用,且配有详细的说明文档,为开发相关功能程序提供了极大的方便,节省了开发周期。ZigBee网络的拓扑结构是反映底层网络运行情况的主要形式。在上位机上绘制和实时更新ZigBee网络的拓扑结构,能实现掌握和监视底层网络的运行情况。因此,ZigBee网络拓扑结构绘制相当于“千里眼”。本文使用C++中map容器设计ZigBee网络拓扑结构绘制。QMap<Key,T>是Qt基本容器,存储(关键字,值),能够通过关键字快速查找相应的值。QMap<节点网络地址,节点号>利用ZigBee网络中网络地址的唯一性可以确定拓扑结构。ZigBee网络拓扑结构绘制设计过程如下:

Step 1:定义一个保存各节点坐标的一维数组 $p[N]$ (N为节点数);定义一个保存当前节点号和当前节点父亲节点号的二维数组 $info[N][2]$;定义QMap对象,用于索引网络地址与节点号之间联系,即 $QMap<QString,int>$ byteinfo。

Step 2:接收一组完整数据帧后,读取节点号以及当前网络地址,保存于byteinfo中。再读取当前节点父亲节点地址。然后判断 $byteinfo<父亲节点地址>$ 是否为0,若为0,则当前节点的父节点没有找到,需继续接收数据;如果不为0,则证明父节点数据已经接收保存过了,则父节点号等于 $byteinfo<父亲节点地址>$,此时将当前节点号(indexchild),父节点号(indexfather)保存于二维数组 $info[indexchild][0]$, $info[indexchild][1]$ 中。

Step 3:经过上述步骤得到了 $info[n][0]$, $info[n][1]$ 的值,分别为当前节点号、当前节点父节点号,利用绘图函数 $drawLine(p[info[n][0]],p[info[n][1]])$ 可绘制出网络拓扑结构。 $p[N]$ 一维数组在接收到数据

表1 ZigBee数据帧格式

Tab.1 The frame format of ZigBee data

| 字节号 | 意义 |
|-------|--------------------------|
| 0 | 数据帧头('&'0x26) |
| 1 | 节点编号(0x00-0xFF) |
| 2 | 器件类型(0x01-路由器,0x02-终端节点) |
| 3 | 帧编号(0x00-0xFF) |
| 4-5 | 温度(4-低8位,5-高8位) |
| 6-7 | 湿度(6-低8位,7-高8位) |
| 8-9 | 父亲节点地址(8-高8位,9-低8位) |
| 10-11 | 本节点地址(10-高8位,11-低8位) |
| 12 | 数据帧尾(';',0x2C) |

后,判断出拓扑图中没有该节点时,便实例化一个拓扑元素对象,将此对象坐标信息保存于 $p[n]$ 中。 n 代表第几个节点)。由于 $info[][]$ 数组的信息是根据接收数据实时更新的,故网络拓扑结构也是根据实际情况为实时变化的,满足动态显示效果。

数据管理利用数据库对数据进行保存、查询和后期处理。数据管理包括数据保存,按条件查询(节点编号,上传时间等),数据导出等功能,对以后分析调整网络系统提供了详细信息。数据库建立过程:首先,建立名为 $data.db$ 的数据库;然后,创建表、字段 $create\ table\ wendu$ (节点号 $varchar$, 帧编号 $varchar$, 温度 $varchar$, 湿度 $varchar$, 日期时间 $varchar$);最后执行SQL插入语句,保存数据。数据库数据查询与显示在Qt软件中很容易实现,Qt软件提供了操作数据库的类 $QSqlQueryModel$, $QSqlTableModel$,利用这两个类可以不使用SQL语句即可实现数据库数据的管理,比如数据删除,插入,排序,筛选等。

2.2 嵌入式Web服务器设计

在嵌入式设备中集成了Web服务,就能实现用户与嵌入式设备低成本、高通用性的信息交流,即客户端利用HTTP浏览器(如IE),在任何时间、任何地点都能实现与嵌入式设备的信息交互。本文在设计好的后台服务程序基础上,利用PHP开发嵌入式Web服务前端程序,连接数据库服务器,并设有登陆界面。嵌入式Web服务可以查询历史数据,显示当前最新数据,绘制历史参数曲线。嵌入式Web服务器的功能如图3所示。

在嵌入式Web服务器设计中,除了设计、完成传统监测系统的数据监测功能外,本文增加环境信息自动控制设计。用户可以利用智能移动终端(手机、平板电脑)的浏览器向ZigBee无线传感器网络发送控制命令,实现对设备对象的控制功能。控制设备对象的过程为:首先定义表2所示的两个设备对象控制命令格式,其中字节号0代表监控节点编号,用于区别不同监控节点;字节号1表示对继电器A的闭合/断开的控制,0代表断开,1代表闭合;字节号2表示继电器A闭合时间,范围在 $0\sim 0xFF(0\sim 255)$ s。然后利用事件处理函数 $GenericApp_ProcessEvent(\text{byte task_id}, \text{UINT16 events})$ 接收顶层软件下传的控制命令。最后采用消息处理函数 $GenericApp_MessageMSGCB(\text{afIncomingMSGPacket_t *pkt})$ 对接收的控制命令进行解析,把控制命令数据帧解析为对相应控制设备的继电器进行开/合操作,实现对控制设备的自动控制。

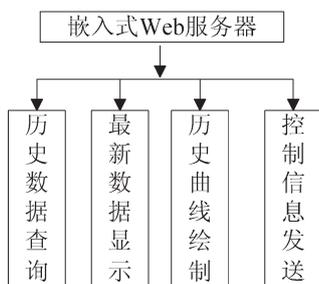


图3 嵌入式Web服务器软件功能结构图
Fig.3 The function structure of embedded Web server software

表2 控制命令帧格式

| Tab.2 The frame format of control command | |
|---|-----------------------|
| 字节号 | 意义 |
| 0 | 监控节点编号 |
| 1 | 继电器A控制(1-闭合,0-断开) |
| 2 | 继电器A闭合时间(0-0xFF,单位:s) |
| 3 | 继电器B控制(1-闭合,0-断开) |
| 4 | 继电器B闭合时间(0-0xFF,单位:s) |

3 测试结果

利用自主设计的无线传感器网络和嵌入式网关构建无线传感器网络数据采集及传输平台,以验证设计的上位机监控软件和嵌入式Web服务器是否满足WSN-AEIMC系统的功能要求。无线传感器网络部署方案描述如下:在监控区域内随机部署10个传感器节点,1个嵌入式网关,10个传感器节点形成树形的网络拓扑。如图4所示,协调器建立并维护整个网络,两个路由节点实现对终端节点的数据转发,终端节点分别对农业环境参数进行实时、自动监测,以ZigBee通信协议向嵌入式网关发送监测数据。网关实现ZigBee网络与Internet/GSM之间的透明传输。上位机收集嵌入式网关转发的数据,然后对数据进行处理,实现农业环境信息远程监测;同时,上位机或移动终端(手机、平板电脑等)可以通过发送命令控制设备对象(例如

喷灌、风扇)。

测试结果表明:上位机监控软件能实时显示如表3所示的监测数据,能实现曲线绘制、历史数据查询及网络拓扑结构显示等功能,也能实现远程监控和设置无线传感器网络感知层参数;嵌入式Web服务器支持手机浏览环境信息,查询历史数据,显示历史曲线,发送控制信息等功能。设计的WSN-AEIMC系统能根据当前环境信息,自动控制设备对象的开关,使农作物生长环境处于最佳状态,实现真正意义的智能监控。

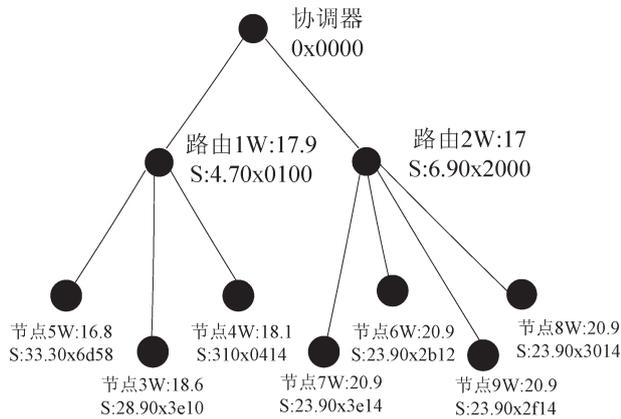


图4 无线传感器网络的拓扑结构
Fig.4 The tree topology of WSN

表3 系统终端节点的监测数据

Tab.3 The monitoring data of system end nodes

| 节点 | 地址 | 温度/°C | 湿度/% | 日期 |
|----|--------|-------|------|-----------------------|
| 3 | 0x3e10 | 18.6 | 28.9 | 2013-03-14 T 13:18:53 |
| 4 | 0x0414 | 18.1 | 31.0 | 2013-03-14 T 13:18:53 |
| 5 | 0x6d58 | 16.8 | 33.3 | 2013-03-14 T 13:18:53 |
| 6 | 0x2b12 | 20.9 | 23.9 | 2013-03-14 T 13:18:53 |
| 7 | 0x3e14 | 20.9 | 23.9 | 2013-03-14 T 13:18:53 |
| 8 | 0x3014 | 20.9 | 23.9 | 2013-03-14 T 13:18:53 |
| 9 | 0x2f14 | 20.9 | 23.9 | 2013-03-14 T 13:18:53 |

4 结论

完成WSN-AEIMC系统软件的开发,该软件由上位机监控软件和嵌入式Web服务器组成。上位机监控软件能实现网络拓扑结构显示,实时数据曲线绘制,环境信息保存,历史数据查询及导出等功能;采用关系型数据库MySQL对各种数据(包括传感数据和系统数据)进行组织和管理。设计嵌入式Web服务器,支持智能移动终端浏览环境信息,具有查询历史数据,显示历史曲线等功能;同时,利用智能终端(手机、平板电脑等)可以控制设备对象(例如喷灌、风扇)开关,只要按手机网页中的开关控件,灌溉设备就开始浇水;再按一下停,马上停止浇水。开发的WSN-AEIMC系统能使农业决策者足不出户,利用手机或者电脑就能实现远程操作,使农作物生长环境处于最佳状态,实现真正意义的智能监控。下一步工作将对特定的设施种植,建立决策支持系统,实现设施内部生物生长发育所需环境条件的自动、智能控制。

参考文献:

- [1] 汪懋华. "精细农业"发展与工程技术创新[J]. 农业工程学报, 1999, 15(1): 1-8.
- [2] 赵春江, 薛绪掌, 王秀, 等. 精准农业技术体系的研究进展与展望[J]. 农业工程学报, 2003, 19(7): 7-12.
- [3] MORAIS R, FERNANDES M A, MATOS S G, et al. A ZigBee multi-powered wireless acquisition device for remote sensing applications in precision agriculture[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 62: 94-106.
- [4] 刘卉, 汪懋华, 王跃宣, 等. 基于无线传感器网络的农田土壤温湿度监测系统的设计与开发[J]. 吉林大学学报:工学版, 2008, 38(3): 604-608.
- [5] 张荣标, 谷国栋, 冯友兵, 等. 基于IEEE 802.15.4的温室无线监控系统的通信实现[J]. 农业机械学报, 2008, 39(8): 119-122.
- [6] 高峰, 俞立, 张文安, 等. 基于无线传感器网络的作物水分状况监测系统研究与设计[J]. 农业工程学报, 2009, 25(2): 107-112.
- [7] 高峰, 俞立, 王涌, 等. 无线传感器网络作物水分状况监测系统的上位机软件开发[J]. 农业工程学报, 2010, 26(5): 175-181.

- [8] 刘媛媛,朱路,黄德昌. 基于GPRS与无线传感器网络的农田环境监测系统设计[J]. 农机化研究,2013,35(7):229-232.
[9] 汤文亮,陈松,周金栋,等. 基于EDV-Hop的免测距定位算法研究[J]. 华东交通大学学报,2012,29(3):40-45.

Software Development for Agricultural Environment Information Monitoring and Controlling Based on Wireless Sensor Network

Liu Yuanyuan¹, Zhu Lu¹, Gao Bo¹, Huang Dechang¹, Du Jianghong²

(1.School of Information Engineering East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China; 2.Nanchang Military Academy, Nanchang 330103, China)

Abstract: On the basis of the agricultural environmental information monitoring hardware, the software system of WSN-AEIMC (wireless sensor network - agricultural environmental information monitoring) is developed, which is composed of PC monitoring software and embedded Web server. The PC monitoring software designed according to Qt and database technology can perform many functions, such as real-time data curve drawing, historical data query, network topology display etc., so as to obtain remote monitoring of environment information and the ZigBee-WSN parameters. The embedded Web server supports any intelligent mobile terminals to browse through environment information, assuming the functions of querying historical data, displaying the history curve, sending control commands. The WSN - AEIMC provides the communication interface of Internet and GPRS, integrated sensor data processing mechanism, the man-machine and graphical interface. Test results show that the software system of WSN AEIMC has the advantages of friendly interface, complete functions and rich man-machine interface, which may effectively monitor and control agricultural environment information.

Key words: wireless sensor network (WSN); agricultural environment information monitoring and controlling (WSN-AEIMC); PC monitor software; embedded Web server