

基于ZigBee网络的动物养殖环境温湿度远程监测系统

马国强¹, 田云臣¹, 马吉飞², 路宁³, 包蕊⁵

(1.天津农学院 计算机与信息工程学院, 天津 300384;

2.天津农学院 动物科学与医学学院, 天津 300384; 3.天津市农委信息中心, 天津 300380)

摘要: 对集约化、智能化的养殖业来说, 环境监测十分关键, 尤其是温湿度, 这是最基本的监测指标。文中基于 ZigBee 无线自组织网络和 DHT11 温湿度传感器设计和实现了动物养殖环境远程监测系统, 并采用 B/S (浏览器/服务器) 模式, 通过远程控制系统实现远程实时监控。试验结果表明, 该系统对传感器数据的采集性能稳定, 可扩展至多类型传感器, 能应用于智能化养殖业的生产管理。

关键词: 动物养殖; 物联网; 环境监测; B/S

中图分类号: TP274.+4; S817.3

文献标识码: A

文章编号: 2095-1302 (2016) 06-0030-04

0 引言

一切生命体赖以生存的环境中必不可少的元素除了合适的光照、水分、空气、养料, 还有环境的温湿度。环境温湿度对农业、医药业、气象业、食品行业、工控行业等都有极其重要的影响^[1]。

畜禽养殖是经济体中的一个重要组成部分, 规模化畜禽养殖已成为畜禽养殖的趋势^[2,3]。

我国畜禽业正处在由规模化养殖向更加智能化养殖转型的关键时期。在动物养殖过程中, 尤其针对刚出生的动物, 恒定的温湿度指标是保证成活率的关键因素。因此, 设计出一种能方便地为饲养员使用的温湿度实时监测系统就显得尤其重要。故环境调控水平是决定动物养殖行业生产水平高低的重要因素之一^[4]。一些大型养殖场配置了传统的环境监控系统, 采用 PLC (可编程逻辑控制器) 作为现场监控中心, 采用有线方式分布设备^[5,6]。其系统布线复杂, 容易造成接触不良等问题, 导致维护困难且成本较高。

目前, 物联网技术的不断发展与成熟, 为精细农业发展中存在的问题提供了新的解决方案, 并在精细管理农业环境领域取得了很大的进展。精准管理农业环境的技术在动物养殖领域的应用中也有了突破性进展。Soldatos A G、刁智华^[7-11]等对设施环境的无线监控系统信息采集做了研究; 吴秋明^[12]

等基于物联网的干旱区智能化微灌系统, 设计并实现了棉花智能化微灌系统; W.S. Lee 等提出了传感技术在农作物精确种植中的应用, 利用无线传感技术精确采集农业现场数据信息, 实现农作物的精确管理^[13]; 韩华锋等基于 ZigBee 技术设计了一套温室环境远程监控系统, 可以精确采集温室环境的数据信息^[14]。

本文在参考和借鉴相关研究的基础上, 提出了一种结合 ZigBee 无线自组网技术和温湿度传感器技术的动物养殖环境远程监测系统。系统采用 CC2530 模块作为 ZigBee 无线网的通信硬件, 并在模块上增加 CC2591 功率放大芯片, 保证了有效通信距离和信号质量; 采用 DHT11 温湿度传感器监测环境的温湿度参数。系统采用 B/S 结构体系, 以 HTML5 为标准, 开发网络管理信息系统; 遵循“胖服务器端、瘦客户端”的原则, 既最大化利用网络服务器的运算和处理能力, 又减少使用客户端主机的存储空间和运算资源。同时设计了智能化远程监测模型, 为动物养殖环境监测的智慧化提供了理论基础, 为下一步实现动物养殖环境监控的智能控制和科学决策打下基础。

1 系统总体方案设计

1.1 系统的总体目标和设计指导思想

本系统定名为“动物养殖环境远程监测系统”, 系统功能的总体目标是利用物联网技术, 通过各种传感器实时采集、监测养殖环境参数, 并实时存储入数据库文件中; 利用互联网技术实现远程访问系统的网络信息系统, 监测环境数据及其分析结果; 指导饲养员工作, 使养殖环境达到最佳状态, 保障动物生长、发育的环境, 实现科学养殖、提高效益的目标。

系统设计的指导思想是“技术先进, 系统实用, 结构合理, 产品主流, 成本低易维护”。具体设计原则如下:

收稿日期: 2016-03-13

基金项目: 2015年天津市地方标准修订计划 (2015-156); 2014年天津市兽医生物技术创新团队项目; 天津市科技支撑计划重点项目: 水产养殖业物联网技术集成研究与应用示范 (14ZCZDNC00009); 公益性行业 (农业) 科研专项: 现代渔业数字化及物联网技术集成与示范 (201203017)

(1)可行性和适应性相统一。保证技术和经济上的可行性,保证使用上的适应性。做到有比较高的性能价格比。

(2)先进性和成熟性相统一。结合最新开发技术,采用先进的设计理念、技术、方法;采用技术成熟的设备,保证系统的稳定可靠,不能做成试验性系统。考虑技术先进性和开放性的同时,还应从系统结构、技术措施、设备性能、系统管理、厂商技术支持及维修能力等方面着手,采用成熟的产品,确保系统运行的可靠性和稳定性。

(3)标准性和开放性相统一。既要遵循已有的各级各类标准,又要兼顾系统功能日后不断扩展的潜在需求,努力实现系统的标准性和开放性相统一。

1.2 系统体系结构介绍

按照由下至上的顺序将整个系统分为感知层、传输层和应用层。感知层主要包括温湿度传感器以及相应的设备,用于采集现场的环境温湿度信息参数,以字符串的形式输出温湿度值;传输层主要包括 ZigBee 网络自组网设备,加电后自动组成 ZigBee 无线网,主要功能是将感知层的信息数据以空中电波为载体,传输到应用层设备(比如网络数据库服务器);应用层主要包括连接互联网的网络信息系统服务器,通过服务器端运行的脚本程序,读取和分析数据库服务器中存储的环境温湿度数据信息,以网页访问的形式提供给远程登录的用户,供用户对养殖环境决策分析使用。动物养殖环境温湿度远程监测系统体系结构如图 1 所示。

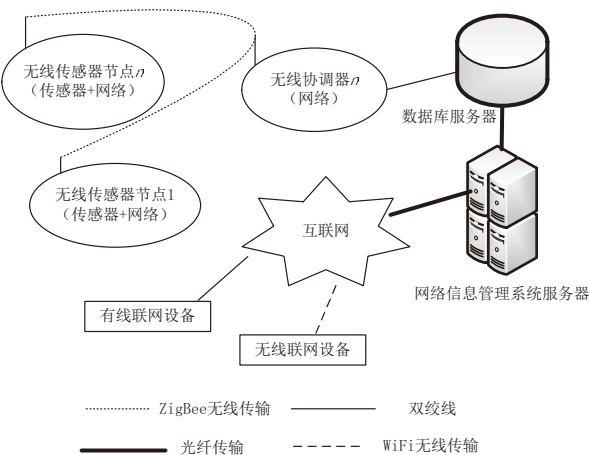


图1 动物养殖环境温湿度远程监测系统体系结构图

1.3 系统数据流图

数据流图也称为数据流程图(Data Flow Diagram, DFD),是一种便于用户理解和分析系统数据流程的图形工具,重点表示信息和数据从输入到输出的过程中所经历的一系列变换。本系统的顶层数据流图如图2所示。

1.4 无线传感器节点设计

传感器节点是组成无线传感器网络的基本元素,本系统中传感器节点由温湿度传感器 DH11 和美国国家仪器公司(TI)

的 ZigBee 芯片 CC2530 构成。实物和结构示意图如图 3 所示。

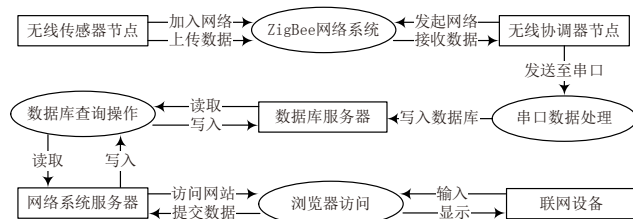


图2 动物养殖环境温湿度远程监测系统数据流图



(a) DHT11 传感器 (b) 终端节点 (c) 协调器节点

图3 CC2530 和 DHT11 组成的无线温湿度传感节点

DHT11 数字温湿度传感器是一款较为通用的空气环境温湿度传感器,同时也是一种已校准的数字信号输出形式温湿度复合传感器。它采用专用的数字模块采集技术和温湿度传感技术,确保产品具有极高的可靠性与卓越的长期稳定性。该传感器包括一个电阻式感湿元件和一个负温度系数(Negative Temperature Coefficient, NTC)热敏电阻测温元件,并与一个高性能 8 位单片机相连接。因此该产品具有品质卓越、超快响应、抗干扰能力强、性价比极高等优点。

CC2530 芯片是用于 2.4 GHz IEEE 802.15.4、ZigBee 和 RF4CE 的一个真正的片上系统(SoC)解决方案。它能够以非常低的总材料成本建立强大的网络节点。CC2530 结合了领先的 RF 收发器的优良性能,业界标准的增强型 8051 CPU,系统内可编程闪存,8 KB RAM 和许多其它强大的功能。CC2530 有四种不同的闪存版本 CC2530F32/64/128/256 分别具有 32/64/128/256 KB 的闪存。CC2530 具有不同的运行模式,使得它尤其适应超低功耗要求的系统。运行模式之间的转换时间短,进一步确保了低能源消耗^[15]。

为了简化开发,使用 CC2530 支持的 Z-Stack 网络协议栈。该协议栈是由 TI 开发的遵循 IEEE802.15.4、ZigBee 协议规范的网络协议栈^[16]。

1.5 无线自组织网络设计

为了保证网络通信的稳定性,同时基于每个协调器可以支持 255 个终端节点加入本网络的特点,本系统采用单簇型无线传感器网络设计。将养殖场区域设置成单簇型无线传感器网络,ZigBee 网络结构如图 4 所示。

自组织网络由两类网络节点组成,分别是发起网络的 ZigBee 协调器和自动加入网络的 ZigBee 终端传感器节点。Zigbee 终端节点工作流程如图 5 所示。ZigBee 协调器工作流

程如图 6 所示。

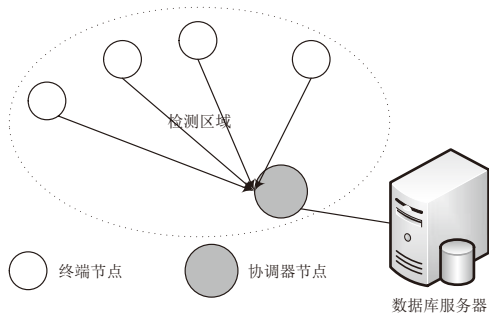


图 4 ZigBee 网络结构示意图

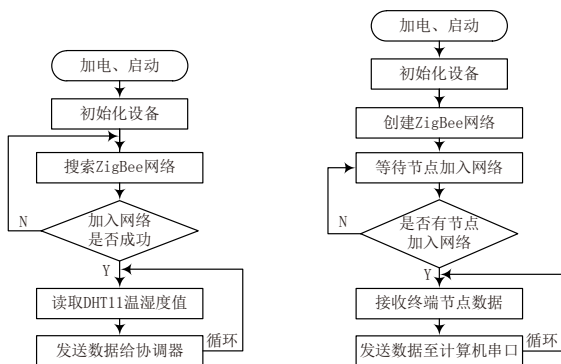


图 5 ZigBee 终端节点工作流程 图 6 ZigBee 协调器工作流程

2 固件程序

固件（firmware）一般存储于设备中的电可擦除只读存储器 E²PROM（Electrically Erasable Programmable ROM）或 Flash 芯片中，可由用户通过特定的刷新程序进行升级。在这里，固件程序即指存储于终端节点和协调器节点中的程序。

2.1 固件程序开发环境简介

IAR Embedded Workbench 是瑞典 IAR Systems 公司为微处理器开发的一个集成开发环境（下面简称 IAR EW），支持 ARM，AVR，MSP430 等芯片内核平台^[17]。

该集成开发环境中包含了 C/C++ 编译器、汇编工具、连接器、库管理器、文本编辑器、工程管理和 C-SPY 调试器。通过其内置的针对不同芯片的代码优化器，IAR Embedded Workbench 可以为 8051 系列芯片生成非常高效和可靠的 Flash/PROMable 代码。

2.2 终端节点固件程序中的关键代码简介

终端节点的主要功能是读取 DHT11 温湿度传感器的数据，并以温湿度数值的形式通过 ZigBee 网络的某个信道发送出去，供协调器接收。

关键代码文件如下：

（1）驱动 DHT11 温湿度传感器

代码文件名 DHT11.C。此部分代码由传感器供应商提供，其中包含参数定义、微秒级和毫秒级延时、传感器启动、数值读取等内容。

（2）网络频段选择和网络 ID 设置

代码文件名 F8wConfig.cfg。此文件属于 Z-Stack 网络协议栈中的配置文件。网络频段选择语句如下：

```
-DDEFAULT_CHANLIST=0x00000800 // 11 - 0x0B
```

网络 ID 设置语句如下：

```
-DZDAPP_CONFIG_PAN_ID=0xFFFF1
```

其中，0xFFFF1 为网络 ID。

（3）终端节点的消息传送

代码文件名 SampleApp.c。此文件是终端节点固件程序的主文件。其中 SampleApp_SendPeriodicMessage() 函数负责启动 DHT11 传感器，读取传感器的数据，并发送数据给协调器。

2.3 协调器固件程序

协调器固件程序的主要功能是发起 ZigBee 网络、接收终端节点加入网络申请、接收终端节点发送的数据，并将数据发送到计算机串口。

代码文件名 SampleApp.c。此文件是终端节点固件程序的主文件。其中 SampleApp_MessageMSGCB (afIncomingMSGPacket_t *pkt) 函数实现数据接收和发送到计算机端口的功能。

3 上位机通信软件

上位机通信软件是指和计算机串口进行通信、将串口接收的数据保存成数据库或文本文件的软件。

这里使用 Microsoft 公司的经典开发工具 Visual C++6.0 开发了“Serial To MySQL”上位机软件。其主要功能包括串口设置、连接 MySQL 服务器、接收串口数据、将串口数据写入 MySQL 数据库等功能。

该软件已申请软件著作权，并已经被受理。细节此处不再赘述。

4 服务器端远程监测系统

4.1 系统总体结构

该系统使用 Dreamweaver CS6 开发，是基于 PHP 脚本语言和 MySQL 数据库系统的网络信息管理系统，属于浏览器 / 服务器模式的信息管理系统。采用浏览器 + 网络远程访问的方式。远程监测系统的总体结构如图 7 所示。

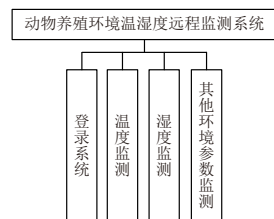


图 7 远程监测系统总体结构

4.2 温度监测页面

系统总体页面风格设计为白色、绿色和蓝色。白色代表

天空,绿色代表节能环保,蓝色代表大地。浏览器中的环境温度监测界面如图8所示。



图8 环境温度监测界面(局部)

5 结语

本文简要介绍了基于无线传感网技术的动物养殖环境远程监测系统的设计目标、基本原则和方法。从基于Z-Stack网络协议栈的ZigBee自组网方式到传感器节点和协调器节点设计,从串口通信到MySQL数据库存储,从服务器端的信息管理系统设计到主要页面布局都做了详细阐述。

通过在终端节点上更换不同的传感器,该系统还可以方便地进行扩展,以完成其他多种环境参数的监测。

如何有效部署多类型、多数量的传感器,如何保证网络传输数据的准确性和稳定性,以便更加全面地监测动物养殖环境信息,均有待于进一步的研究。

参考文献

- [1] 朱俊光,高健,田俊,等.基于物联网技术的远程温湿度监测系统[J].实验技术与管理,2014,31(11):94-97,103.
- [2] 史兵,赵德安,刘星桥,等.基于无线传感网络的规模化水产养殖智能监控系统[J].农业工程学报,2011,27(9):136-140.
- [3] 张军国,赖小龙,杨睿茜,等.物联网技术在精准农业环境监测系统中的应用研究[J].湖南农业科学,2011(15):173-176.

作者简介:马国强(1973—),男,河北省邢台人,讲师,博士。

(上接第29页)

实有效的方法来改善。因此,进一步提高人脸识别正确率和速度的方法是我们仍需要研究的内容。

参考文献

- [1] 吴迪.智能环境下基于视听信息多层次融合的身份识别[D].兰州:兰州理工大学,2014.
- [2] BestApp工作室.GOOGLE GLASS开发指南[M].北京:人民邮电出版社,2014.
- [3] 赵志伟.谷歌眼镜会是下一个颠覆性产品吗?[N].中国电子报,2013-03-12(005).
- [4] 石磊.一种可交互式的穿戴设备—翻译眼镜[D].杭州:浙江大学,2013.

作者简介:梁永睿(1990—),女,河北省石家庄人,硕士研究生。研究方向为嵌入式计算。

- [4] 王美芝,吴中红,刘继军.标准化示范猪场建设——标准化规模化猪场中猪舍的环境控制[J].猪业科学,2011,28(3):28-31.
- [5] 熊北海,罗清尧,杨亮.家畜精细饲养物联网关键技术的研究[J].中国农业科技导报,2011,13(5):19-25.
- [6] 朱军,麻硕士,毕玉革,等.种猪数字化养殖平台的构建[J].农业工程学报,2010,26(4):215-219.
- [7] Soldatos A G, Arvanitis K G, Daskalov P I, et al. Nonlinear robust temperature — humidity control in livestock buildings[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2005, 49(3):357-376.
- [8] 赵霞,吴建强,杜永林,等.物联网在现代农业中的应用研究[J].农业网络信息,2011(6):7-10.
- [9] Juan Ignacio Huircán, Carlos Mu Oza, Héctor Younga, et al. ZigBee — based wireless sensor network localization for cattle monitoring in grazing fields[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2010, 74(2):258-264.
- [10] 孙忠富,曹洪太,李洪亮,等.基于GPRS和WEB的温室环境信息采集系统的实现[J].农业工程学报,2006,22(6):131-134.
- [11] 刁智华,陈立平,吴刚,等.设施环境无线监控系统的设计与实现[J].农业工程学报,2008,24(7):146-150.
- [12] 吴秋明,缴锡云,潘渝,等.基于物联网的干旱区智能化微灌系统[J].农业工程学报,2012,28(1):118-122.
- [13] Leea W S, Alchanatis V, Yang C, et al. Sensing technologies for precision specialty crop production[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2010, 74(1):2-33.
- [14] 韩华峰,杜克明,孙忠富,等.基于ZigBee网络的温室环境远程监控系统设计与应用[J].农业工程学报,2009,25(7):158-163.
- [15] cc2530.http://baike.baidu.com/link?url=sRIzcebuC-ONfo55813cl7bsxBHYDBuO6zVzWi4sn4GMBBjnkJp4HjWSISier9lNBpe_ia5ljBfxUAPFwck7K.
- [16] 童英华.基于Z-Stack的无线温湿度采集系统[J].现代电子技术,2012,35(23):115-117.
- [17] 徐爱钧.IAR EWARM 嵌入式系统编程与实践[M].北京:北京航空航天大学出版社,2006.

- [5] 陈硕坚.谷歌眼镜掀起服务业革命[J].经理人,2013(12):42-43.
- [6] 杨文璐,郭明.基于Kinect的实时人脸识别系统[J].计算机应用与软件,2014,31(5):64-67,214.
- [7] 蔡芷铃,林柏钢,姜青山.基于人脸识别技术的Android平台隐私保护系统设计[J].信息安全,2014(9):50-53.
- [8] 尹璐,何晓光,毋立芳,等.多用途人脸识别系统的设计与实现[J].计算机工程与应用,2007,43(20):225-228.
- [9] 博格(巴).深入理解OPENCV--实用计算机视觉项目解析[M].北京:机械工业出版社,2014.
- [10] 章毓晋.基于子空间的人脸识别[M].北京:清华大学出版社,2009.