

基于 ZigBee 和能量感知的田域环境监测系统设计

侯 瑞¹, 黄亦翔², 张 凯¹, 吕 炆¹, 贡 亮²

(1. 南京信息工程大学 信息与控制学院, 南京 210044;

2. 上海交通大学 机械与动力工程学院, 上海 200240)

摘 要:针对田域环境面积大,有线组网方式成本高,布线困难等问题,提出了一种以 ZigBee 无线传感网络技术为核心的田域环境监测系统,并给出了节点能量优化方案。该系统包括信息采集部分和数据接收部分。信息采集部分由田域环境里布置的终端节点、路由器节点和协调器节点组成,终端节点和路由器节点负责采集空气温湿度,土壤电导率等参数,协调器节点负责汇聚信息。数据接收部分由网关服务器与手机、电脑组成。重点阐述了数据采集部分每层节点的硬件与软件设计,节点能量感知应用还有监测软件开发。试验结果表明:使用了能量感知方法和能效优化方案的网络,生存期最长,传送了更多的数据。系统的设计开发可为精细农业的发展提供数据支持。

关键词:田域环境; ZigBee; 能量感知; 能效优化

中图分类号:TP 274

文献标志码:A

文章编号:1006-7167(2017)05-0057-04



Design of Farmland Environment Monitoring System Based on ZigBee and Energy Aware

HOU Rui¹, HUANG Yixiang², ZHANG Kai¹, LÜ Yang¹, GONG Liang²

(1. School of Information and Control, Nanjing University of Information Science & Technology,

Nanjing 210044, China; 2. School of Mechanical Engineering,

Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: Generally the size of farmland is large. It is high cost and poor flexibility to use wired network. Aiming at this situation, a farmland environment monitoring system by using the ZigBee wireless sensor network technology as the core and a scheme on node energy optimization are presented. This system includes two parts: the information collection and the data storage. The information collection consists of end-node, router-node and coordinator-node. Parameters such as temperature, humidity and soil electric conductivity are measured by end-node and router-node. Coordinator-node is responsible for collecting datum. The data storage consists of server and computer. The experimental result shows that the network which uses energy aware and energy efficiency method can live longer and send more data. This monitoring system may provide data support to the development of precision agriculture.

Key words: farmland environment; ZigBee; energy aware; energy efficiency

收稿日期:2016-09-05

基金项目:国家科技支撑计划项目(2014BAD08B01);国家青年自然科学基金项目(51305258);上海市科委项目(1411104600)

作者简介:侯 瑞(1991-),男,江苏南京人,硕士生,主要研究方向为无线传感器网络。

Tel.: 18795811061; E-mail: altitude1820@163.com

通信作者:张 凯(1965-),男,山东泰安人,教授,硕士生导师,主要从事智能交通与检测。

Tel.: 13813838622; E-mail: zkark@nuist.edu.cn

0 引 言

农田是不可增长的自然资源,如何在有限的农田资源基础上,借助先进的科学技术手段提高农田生产效率、经济效益和环境效益已成为我国必须解决的重大课题^[1-3]。无线传感器网络(Wireless Sensor

Network, WSN)由低功耗体积小的网络节点通过自组网的方式建立通信连接,它可以应用在很多场合,例如:文献[4]中在农业领域应用 WSN 预防森林火灾;文献[5]中在地铁环境里建立 WSN 监测地铁实时环境;文献[6]中把 WSN 用于实验室安全预警。

目前基于 ZigBee WSN 在精准农业上应用研究已有很多,但是对于在大规模农田种植领域中的传感器网络路由协议,节能策略却缺少深入研究^[7-9]。本文提出的系统基于能量感知和 ZigBee 无线通信技术,考虑到了节点能量管理和延长网络生存期的问题,提出了能量优化方案,可实现对田域环境信息的远程监测,并且提高了网络的使用寿命。

1 系统总体结构

田域环境 WSN 系统主要由信息采集端和数据接收端两部分组成。其中信息采集端包括 WSN 中的终端节点、路由器节点和协调器节点。终端节点使用空气温湿度传感器、土壤水分传感器等采集数据再利用 ZigBee 近距离无线通信将数据发送至路由器节点。路由器节点不仅负责下级数据的转发,同时也有测量环境的功能。协调器节点负责接收路由器节点传送的数据再利用 GPRS 模块将数据发送至网关服务器。所有节点由锂电池进行供电,太阳能电池板进行充电。数据接收端由网关服务器和手机、PAD 和电脑组成。其中网关服务器用来存储协调器节点发送的环境信息,手机、笔记本移动端可以查看田域环境信息。整个系统结构如图 1 所示。

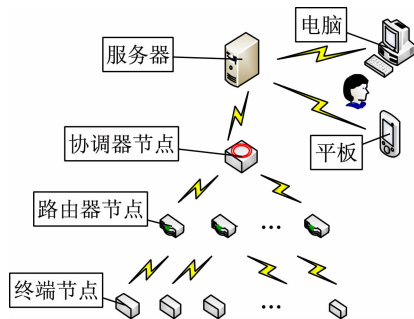


图 1 系统整体结构示意图

2 节点硬件设计

信息采集端是由 ZigBee 技术组成的无线局域网。本文设计的网络可以分成 3 层,分别对应终端节点、路由器节点和协调器节点。由于每层网络有自己各自的任务,故其结构和电路也会有区别。

2.1 终端节点和路由器节点结构设计

终端节点和路由器节点的处理芯片是 Silicon Labs 公司的 C8051F340。该芯片所需外围电路少,有两路串口,自带多路 10 位 AD 转换接口,充分满足了

设计需求^[10]。ZigBee 无线通信选择鼎泰克公司基于 CC2530 开发的 DRF1605H 模块,该模块传输数据稳定,插上天线可在 1 km 距离内稳定使用,无线频率在标准的 2.4 GHz,具有优良的抗干扰性^[11]。无线通信模块与处理器芯片通过串口连接。节点的电源由锂电池供电,充电管理芯片采用高输出电流的 CN3702,它具有封装外形小、外围元器件少、使用方便简单等优点,可以对单节和多节锂电池进行完整的充电管理^[12]。由于芯片和传感器的供电电压不一,故需要 DC-DC 电源模块,该模块具有升压和降压两种。终端节点和路由器节点的结构如图 2 所示。

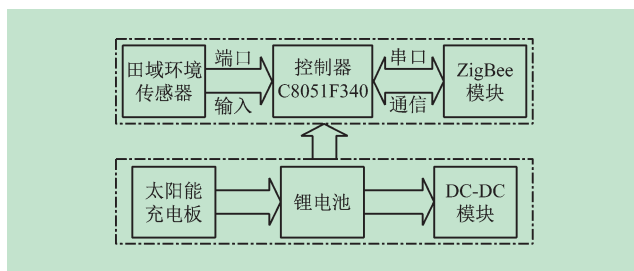


图 2 终端节点和路由器节点结构图

2.2 协调器节点结构设计

协调器节点的结构与终端节点、路由器节点略有不同,其增加了一个 GPRS 模块,省略了田域环境传感器。GPRS 通信采用芯讯通公司的 SIM900A 模块, SIM900A 体积小,工作频率有 4 种,含有 TTL 电平接口可以与控制器芯片通过串口连接^[13]。利用该模块连接远程服务器,将协调器上无线通信模块接收到的数据解析完毕后发送至网关服务器。协调器节点结构如图 3 所示。

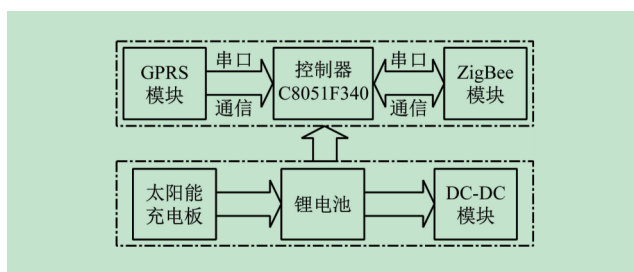


图 3 协调器节点结构图

2.3 能效优化和能量感知电路设计

本系统使用背景是田域环境,由于田域环境布线困难且不实际,故节点的能量是有限的,节约节点能量是必需的。本设计中使用继电器模块,在传感器不工作时,关闭传感器电源,仅令控制器和 ZigBee 模块有电。继电器模块电路见图 4。继电器的两端接锂电池的正极,5 号脚接三极管的集电极,三极管基极连接控制器芯片的 P3.6,三极管由控制器芯片控制导通闭

合,当三极管处于导通状态时,电池电压从继电器的 3 号引脚引出,然后流入 DC-DC 模块,为传感器供电^[14]。

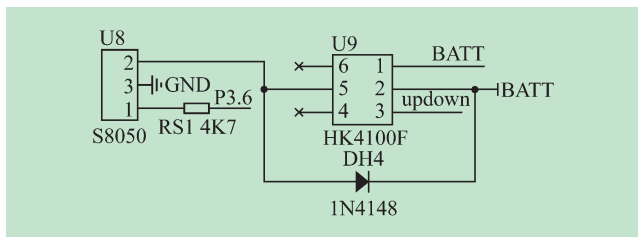


图 4 能效优化电路图

本系统中的路由器节点任务多,耗电量也是最大的,所以需要具有能量感知功能,由于控制器芯片引脚耐压值是 5 V,电池电压远高于 5 V,故需要串联 2 个电阻进行分压, R_{20} 和 R_{21} 是 2 个精密电阻,在继电器模块打开之后控制器芯片通过 AD 转换可读出当前电源剩余电量。节点能量感知电路如图 5 所示。

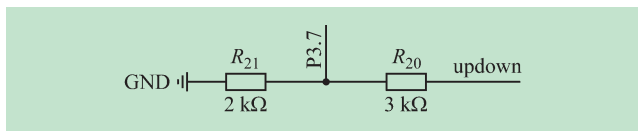


图 5 电源能量感知电路

3 节点软件设计

3.1 终端节点程序设计

系统终端节点的主要任务:采集各路传感器的数据,将数据进行 AD 转换,将转换后的数据发送到路由器节点。为了降低节点能耗,延长无线传感器网络的使用寿命,仅当节点有收发任务时,开启所有模块的供电,否则只保留处理器芯片和 CC2530 有电。终端节点的工作主流程如图 6 所示。同时终端节点应该保存路由器节点的能量信息,当某个路由器节点能量过低时,该路由器节点会对下级的节点发送能量信息,终端节点之后的数据应该发送到别的路由器节点,该过程利用中断实现。中断流程如图 7 所示。

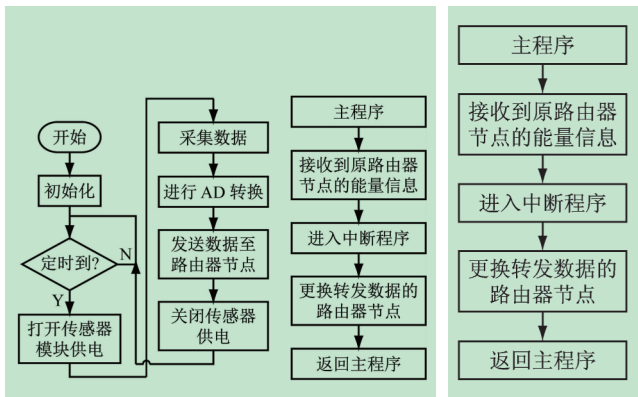


图 6 终端节点主流程图

图 7 终端节点中断流程图

3.2 路由器节点程序设计

如 2.3 节所述,路由器节点要承担更多的任务,其能量消耗也是最大的,所以路由器节点应具有监测自身剩余能量的功能,当自身能量低于阈值时,发送消息至下级的节点通知其更换另一个路由器节点,当该路由节点能量重新充满之后发送消息至下级节点,通知其继续发送数据到该路由器节点上^[15-16]。路由器节点的工作主流程如图 8 所示。路由器节点的转发数据功能通过处理器芯片的中断程序实现,当路由器节点收到下级发送的数据后,启动中断程序,进入转发数据状态,中断流程图如图 9 所示。

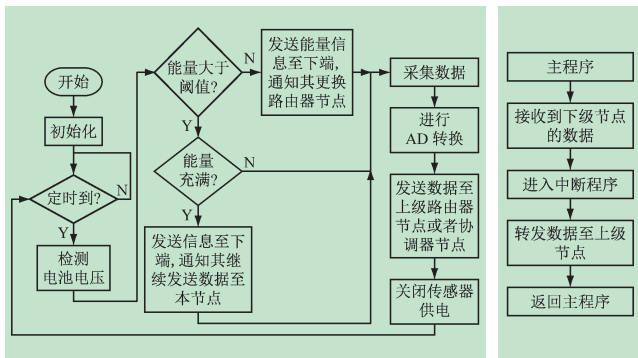


图 8 路由器节点主流程图

图 9 路由器节点中断流程图

3.3 协调器节点程序设计

协调器节点的主要任务:接收来自路由节点的数据信息,将数据信息进行解包,将解包后的数据通过 GPRS 模块发送到网关服务器。协调器节点的工作流程图如图 10 所示。

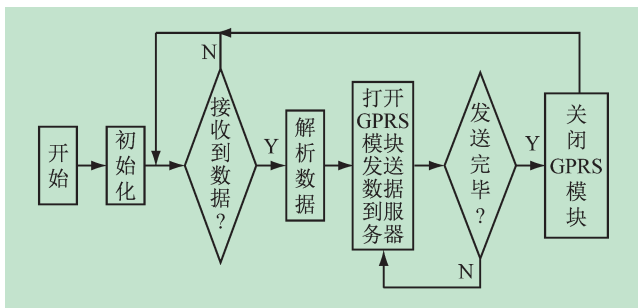


图 10 协调器节点工作流程图

4 监测软件开发

数据接收端由网关服务器和监测网页组成。协调器节点上的 GPRS 模块使用 TCP/IP 协议与服务器通信。服务器的监听程序接收到数据后,经过数据识别,得知发送数据的原始节点编号,将数据存储在对应的数据库表中。数据库采用 SQL Server 关系型数据库。用 C#语言开发的窗体应用程序可以从数据库表中读取数据。该窗体应用程序界面如图 11 所示。

基于 ASP.NET 平台开发的 Web 应用,用户可通

过互联网进行访问,及时地获取田域环境信息。该系统目前已经应用于上海交通大学农业与生物学院的温室中。图 12 为环境监测 Web 页面。



图 11 数据接收程序界面图

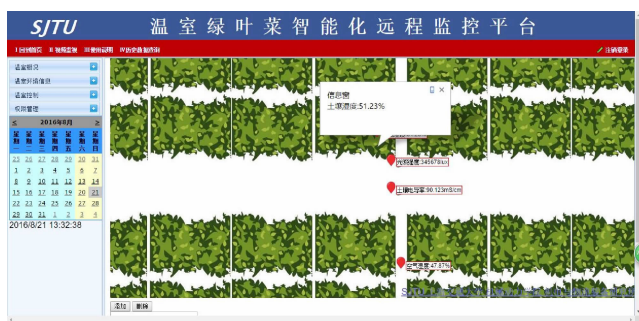


图 12 环境监测 WEB 页面

5 试验设计与结果

为了检测本系统的节能效果和数据传送是否稳定,设计了 3 组试验进行对比。第 1 组试验设计:对所有节点都关闭能效优化和能量感知功能,即开启 DC-DC 模块一直保持,对传感器持续供电;第 2 组试验设计:对所有节点都开启能效优化功能,即只在田域环境传感器需要工作时,才开启 DC-DC 模块,但仍然关闭能量感知功能,即终端节点不会更换上级路由器节点;第 3 组试验设计:对所有节点都开启能效优化和能量感知功能。3 组实验都是在没有太阳能供电,仅对锂电池一次供电的情况下进行的,由于材料有限,设计终端节点和路由器节点都是 2 个。图 13 为节点实物图。



图 13 节点实物图

试验结果显示,在没有太阳能持续供电,对锂电池充满电使用的情况下,第一组方案终端节点和路由器节点生存期明显较短,生存期最长仅能支持 20 h,存活最短的节点是承载更多转发任务的路由器节点,而且当该路由器节点耗完电之后也无法转发下级节点的数据,

造成数据丢失;第 2 组方案由于采用了能效优化功能,生存期比第 1 组方案大大提高,生存期最长的节点可以支持 2 d 以上的连续工作,但是承担更多转发任务的路由器节点在耗完电之后,下级的终端节点不会改变传送路径,所以造成了一部分数据丢失;而第 3 组方案由于使用了能量感知功能,当承担更多任务的路由器节点电量低于阈值的时候,下级节点会改变传送路径,平衡了路由器节点的能量消耗,减少了数据的丢失。

6 结语

本文针对田域环境条件,完成了基于 ZigBee 技术的田域环境监测网络系统的硬件设计与软件开发,能够实现对田域空气温湿度、土壤湿度等参数的实时采集。通过 Web 应用,用户可以及时、便捷地了解田域环境信息,并且对无线传感器网络节点使用能效优化和能量感知功能。试验结果证明了节点的生存期相比没有使用能效优化功能的节点更长,并且保证了更多的数据传送量。

参考文献 (References):

- [1] 焦俊,操俊,潘中,等. 基于物联网的农田环境在线监测系统[J]. 农业工程,2014,4(6):18-23.
- [2] 赵春江. 对我国未来精准农业发展的思考[J]. 农业网络信息,2010(4):5-8.
- [3] 陈威,郭书普. 中国农业信息化技术发展现状及存在的问题[J]. 农业工程学报,2013,29(22):196-205.
- [4] 周光发. 基于 GIS 和 ZigBee 技术的森林防火监测系统[J]. 实验室研究与探索,2013,32(8):22-24,28.
- [5] 叶杨婷. 基于 ZigBee 和 GPRS 的地铁环境监控系统设计[J]. 实验室研究与探索,2015,34(12):65-68.
- [6] 郭迎,陈艳,惠飞. 基于无线传感网络的实验室远程监控预警系统[J]. 实验室研究与探索,2016,35(3):105-109.
- [7] 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(7):229-232.
- [8] 赵悦,程跃,张宏坤,等. 基于 ZigBee 的温室测控系统设计[J]. 实验室研究与探索,2014,33(12):131-134.
- [9] 吴华瑞,赵春江,张海辉. 农田无线传感器网络中的簇首轮换机制[J]. 农业工程学报,2009,25(S2):170-174.
- [10] 沈三民,李俊,谭秋林,等. 基于 C8051F040 的 CAN 总线技术的多节点通信网络设计[J]. 仪表技术与传感器,2011(2):60-62.
- [11] 史艳红,张玉杰. 基于 ZigBee 和 LabVIEW 的多地无线温湿度监测系统[J]. 机床与液压,2015,43(22):131-134.
- [12] 贾科进,王文贞,杜太行,等. 基于 ZigBee 无线传感器网络的土壤墒情监测系统[J]. 节水灌溉,2014(3):69-71.
- [13] 张堃,栾卉,蒋明杰,等. 具有环境监测功能的智能路灯控制系统设计[J]. 实验室研究与探索,2015,34(12):61-64,81.
- [14] 张雁琳. 基于 Arduino 的 ZigBee 无线传感节点的硬件设计[J]. 电子设计工程,2015,23(24):162-165.
- [15] 胡耀锋,张建明,王新胜,等. 能量感知的无线传感器网络多路径路由研究[J]. 计算机工程与设计,2009,30(21):4811-4814.
- [16] 陈志,骆平,岳文静,等. 一种能量感知的无线传感网拓扑控制算法[J]. 传感技术学报,2013,26(3):382-387.