

基于无线传感器网络的温室环境监测系统研究

秦飞舟¹, 李 婷², 李贯峰¹

(1. 宁夏大学 物理电气信息学院, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏大学 数学计算机学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要:为实现温室生产高效化和自动化,设计了一种基于无线传感器网络技术的温室环境监测系统,在简要介绍监测系统的总体结构的基础上,详细阐述了系统的硬件平台和网络节点软件的设计。分析表明,该系统可以满足低耗能状态下温室环境实时监测的需求。

关键词:环境监测; ZigBee; 无线传感器网络; 数据采集

中图分类号: S 126; TN 926 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2014)23-0036-03

农业温室是现代设施农业的基础,温室中的温度、湿度、光照强度及二氧化碳浓度等直接影响作物的生长,环境信息的监测是实现温室生产高效化、自动化最为关键的环节,在温室生产中具有极其重要的地位。温室监测系统的主要作用是准确及时地检测、反馈温室作物的生长环境情况,从而指导农户依据作物生长的需求对温室环境进行调节,以实现温室作物精准的、密集的、智能的培育,提高产量和品质,降低生产成本,实现温室农业生产的智能化。传统的温室环境数据采集系统采用了有线通讯布网方式和人工测量的方法,布线组网困难、测量误差大、作业效率低、不易维护、功耗较大,限制了温室农业的发展。无线传感器网络(Wireless Sensor Networks, WSN)技术结合了传感器技术、嵌入式计算技术、现代网络技术、无线通信技术和分布式信息处理技术,具有自组织、易部署、高可靠性等优点被广泛应用各领域^[1]。

现利用 ZigBee 技术,提出了一种基于无线传感器网的温室环境信息监测系统的设计方案,并从低功耗硬件设计,节点切换休眠并延长休眠时间,优化无线传感网络以降低冗余数据的传输 3 方面实现了低功耗系统。

1 系统的体系结构

该系统在借鉴国内外农业数字化温室系统的设计经验基础上,使用了广泛应用在无线传感器网络中的 ZigBee 协议^[2],构建了一个由感知应用层、分布管理层和 Web 应用层组成的温室监测系统,其体系结构如图 1 所示。

第一作者简介:秦飞舟(1972-),女,江苏泰兴人,硕士,副教授,研究方向为数据库方向及物联网应用。E-mail: qinfz_1972@qq.com.

基金项目:宁夏自然科学基金资助项目(NZ12162);科技部国际合作专项资助项目(2011DFA11780)。

收稿日期:2014-07-08

感知应用层:此层包含无线传感器节点、路由节点和协调器节点(汇聚节点)。传感器节点部署在温室环境监测区域内,可以自行组织成一个网络,负责采集环境数据并传输至路由器节点。路由器节点汇聚采集节点的数据并实现数据的有效复用与融合,将数据逐层转发。协调器节点是分布式处理中心,属于全功能设备,用户通过协调器节点对温室监控网络进行设置与管理,利用串口链路与 PC 机通信,发送监测任务和收集监测数据。环境信息包括温度、湿度、光照强度及二氧化碳浓度。对该层而言,有关信息感知的方式、信息的传送方式及通信协议的设计显得尤为重要。

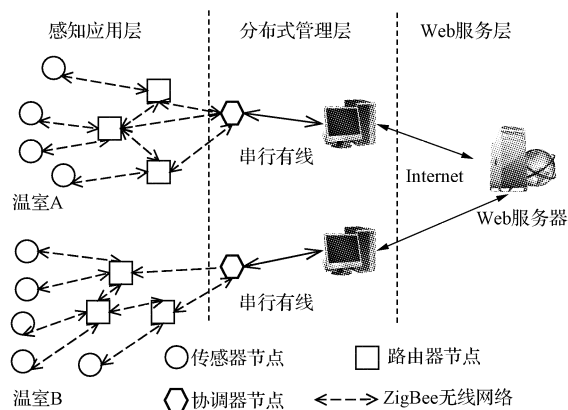


图1 网络体系结构图

Fig. 1 The architecture diagram of network

分布式管理层:协调器节点将每个温室的环境信息转发到网关,网关提取有用的数据发送到监控主机,监控主机为一台计算机,用来显示和存储环境监测的数据,对网络发送命令,实现数据的实时存储、分析、计算和可视化。

Web 服务层:分布式管理层通过互联网将环境数据上传到 Web 服务层。作为系统的一个重要特点,远程用户可以通过 Web 接口访问数据。这样用户就能够从服

务器获取并可视化数据。考虑到无线传感器网络的安全性,用户仅能查看数据但没有更改数据的权限。

2 节点硬件设计

终端传感节点的结构框图如图 2 所示,主要由数据处理模块、数据采集模块、无线通信模块和能量供应模块组成,数据采集节点在设计中主要考虑了低能耗、存储能力、节点间的通信和协调能力等因素^[3]。数据处理模块采用超低功耗 MSP430 单片机,MSP430 系列单片机是 TI 公司推出的一种 16 位超低功耗、具有精简指令集(RISC)丰富的寻址方式(7 种源操作数寻址、4 种目的操作数寻址)、运算速度快的混合信号处理器,在等待方式下,耗电为 0.7 μA ,在节电方式下,最低可达 0.1 μA ,终端传感节点在停止采集时与微控制器均处于休眠模式,关闭显示背光,以最大限度地降低系统功耗,该微控制器非常适合于 ZigBee 无线通信节点这种需要低能耗的应用场合。射频模块采用 CC2530 作为无线通讯芯片,CC2530 是 Chipcon 公司推出的真正意义上的 SOC (系统芯片)ZigBee 产品,CC2530 结合了领先的 RF 收发器的优良性能,业界标准的增强型 8051CPU,系统内可编程闪存,8KB RAM 和许多其它强大的功能,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。不同模块或芯片需要不同的电压,直流电源是 12 V,通过 LM2575-5V,可以输出 5 V 电压;通过 AS1117-3.3V,可以输出 3.3 V 电压,3.3 V 电压可以提供给 MCU、射频模块和数据存储器。温室环境数据的采集需要利用各类传感器来实现,传感器的精度对整个系统有着重要的影响,传感器的选择应遵循的实际需求的原则,每种传感器的技术参数见表 1。

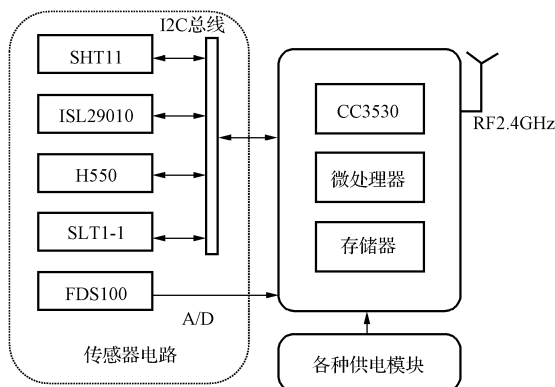


图 2 传感器节点结构图

Fig. 2 The structure diagram of sensor nodes

在硬件结构上,协调器、路由器节点的整体框架与传感器节点大致相同,并删减了用以采集环境参数的各类传感器和信号变换单元,同时增加了用于远程数据传

输单元,由于涉及到较多的数据处理,因此这 2 种节点配置可靠性较高的固定电源。

表 1 各传感器技术参数

传感器型号 The sensor type	技术参数 Technical parameters
温湿度传感器 SHT11	检测电流 0.5 mA,待机电流 0.3 μA ,控温精度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$,湿度精度 $\pm 3.5\%\text{RH}$,接口为 I2C 总线
光照强度传感器 SL29010	检测电流 0.25 mA,待机电流 0.1 μA ,测量精度 $\pm 50\text{ lx}$,接口为 I2C 总线
土壤温湿度传感器 SLST1-5	测量电流 1.5 mA,待机电流 1 μA ,测量精度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$,接口为单总线
CO ₂ 浓度传感器 H550	工作电流为 15 mA,精度 $\pm 30\text{ mg/L}$,接口为 I2C 总线
土壤度传感器 FDS100	工作电流为 15 mA,精度 $\leq 3\%$,模拟输出信号

3 系统软件设计

3.1 TinyOS 操作系统

TinyOS (Tiny Micro Threading Operating System) 是一个专为嵌入式无线传感器网络设计的开源的操作系统^[4]。它具有一个基于组件(component-based)的架构,可快速更新和实现。由于传感器网络固有的内存约束,需要最大限度地减少代码大小,TinyOS 采用 nesC 语言开发节点程序,该语言支持 TinyOS 的组件和并发模型,并且提供组件之间的优化和编程时的竞争检测。用户只需要利用 TinyOS 操作系统来管理节点的硬件资源并执行相关的任务,而不必直接对硬件编程,使得节点应用程序开发更为方便。

3.2 网络通信程序设计

如果温室面积不是很大,路由节点只负责数据传输。该研究只涉及协调器节点和传感器节点数据采集节点的通信程序。传感器节点端软件的作用是定时完成数据的采集,根据 TinyOS 中特定的路由协议发往汇聚节点,流程图如图 3 所示。

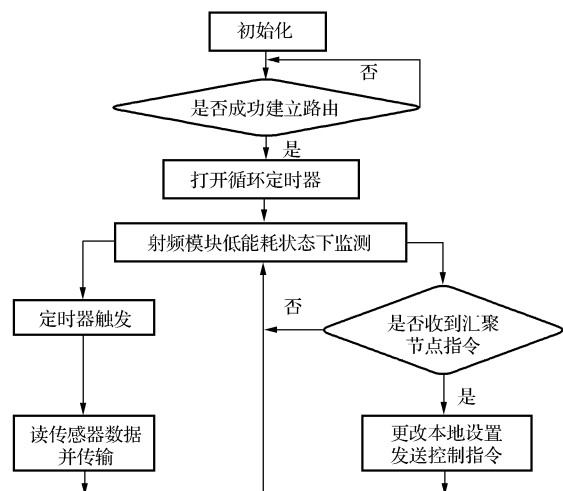


图 3 传感器节点控制流程

Fig. 3 The control flow of sensor nodes

传感器节点加电后,启动模块中的所有单元,完成初始化之后监听默认信道,检测网络。入网后就开启循环定时器,系统进入休眠。当定时器触发后,读取探测器的各类温室参数值并发送。

协调器节点主要负责整个网络的维护和数据的传输及与上位机的通信,因此需要有很强的存储能力、处理能力和通信能力^[3]。其流程图如图4所示。

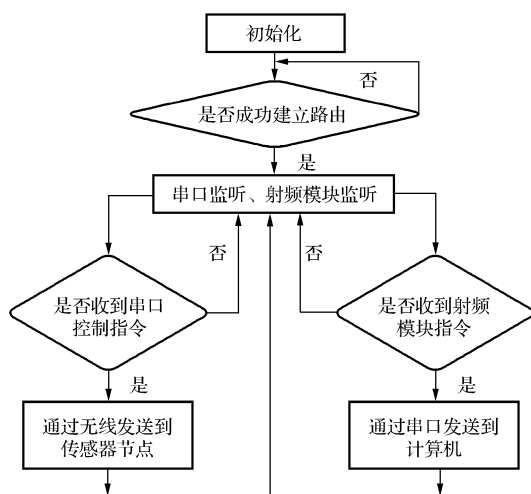


图4 协调器节点控制流

Fig. 4 The control flow chart of sink nodes

3.3 网络优化和低功耗软件设计

一旦大规模部署节点,系统会遇到网络拥塞和功率消耗的问题,为确保温室的正常运行,在设计中考虑了网络的优化和低功耗软件的设计方法。在监测温室环境参数的过程中,会包含大量的冗余信息,既影响网络带宽,又增加协调器节点压力。这些信息的损失不会影响数据的总体分布趋势,因此不需要在网络中传播。在设计中,SDT算法是用来避免冗余数据的传输,从而降低数据传输的频率,极大地优化网络性能,使网络能够适应自然的节点数量增加。另外在低功耗方面,除了硬

件用毫安级别的芯片组合外,在设计软件时也体现了低能耗的问题。在传感器节点的软件设计中,采用定时器中断模式,节点完成采样、数据发送等任务后进入低功耗模式下的休眠状态^[5]。协调器节点分发更改传感器节点的指令,动态调整采样频率以实现低功耗。

3.4 上位机程序设计

上位机软件是在Eclipse集成开发环境中,使用Java语言进行开发,遵循模块化设计原则开发上位机软件,软件由数据管理和实时监测2部分组成,实现了数据处理显示功能、系统实时监测功能、系统管理功能等。为了方便查询历史数据和对数据实时处理的需要,在选择数据库时,兼顾查询速度快和数据容量,选择了MySQL数据库。

4 结语

该文研究出了一种基于无线传感器网络的环境监测系统的解决方案,实现了对温室中温度、湿度、光照和二氧化碳浓度等环境参数的实时采集,利用ZigBee无线通信技术,通过多跳自组网的形式,将参数传送至监测主机并进行综合处理。系统具有低耗能、低成本、低维护量、高自动化的特点,可根据需要进行相应的扩充,在其它领域的应用也会有很好的发展前景。

参考文献

- [1] Burrell J, Brooke T, Beckwith R. Vineyard computing: Sensor networks in agriculture production[J]. IEEE Pervasive Computing, 2004, 3(1): 38-45.
- [2] Pantazis N A, Vergados D D. Energy efficiency in wireless sensor networks using sleep mode TDMA scheduling [J]. Ad Hoc Networks, 2009 (7): 322-343.
- [3] 李贯峰,陈冬梅. 基于 ZigBee 的农田监测系统的设计[J]. 农机化研究, 2013(11): 107-110.
- [4] Philip L, David G. Tiny OS Programming[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
- [5] 任伟,顾小莉,王丽华. 基于 ZigBee 的低功耗无线温室环境监测系统设计[J]. 农机化研究, 2014(9): 103-107.

Study on Greenhouse Environment Supervisory System Based on Wireless Sensor Networks

QIN Fei-zhou¹, LI Ting², LI Guan-feng¹

(1. School of Physics Electrical Information Engineering, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021; 2. School of Mathematics and Computer Science, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract: In order to achieve the greenhouse production efficiency and automation, a wireless real-time system based on wireless sensor network technology for the monitoring of greenhouse's ecological environment were devised. Based on the introducing of overall structure of the system, the hardware platforms and software of the network nodes were designed. The implementation results indicated that the system could meet the need of real-time monitoring of greenhouse environment.

Keywords: environmental monitoring; ZigBee; wireless sensor network; data acquisition