

基于 WSN 的农业生态环境监控

孙涛, 林亮, 祁蕾茜
(桂林理工大学 理学院, 广西 桂林 541004)

摘要: 针对农业生态环境实时监控的需要, 以无线射频芯片 CC2430 为核心设计了基于无线传感器网络 (WSN) 的农业生态环境监控系统。详细介绍了该监控系统的拓扑结构及软硬件设计思路, 采用 ML-MAC 数据链路层协议并提出基于簇头负载均衡的 WSN 分簇节能路由算法 (CLBCES), 进一步降低了功耗和成本, 非常适合在规模化农业生产中广泛使用。

关键词: 无线传感器网络; 农业生态环境监控; 簇头负载均衡

中图分类号: TP393/TP212

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)06-0059-03

Agricultural ecological environment monitoring based on wireless sensor networks

Sun Tao, Lin Liang, Qi Leiqian

(College of science, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: Aimed at the real-time monitoring requirements of the agricultural ecological environment, we design a RF CC2430 as the core agricultural ecological environment monitoring system based on WSN. In this paper, the monitoring system's topology and the design ideas on its software and hardware are expounded. Using the ML-MAC data link layer protocol and proposes the clustered energy saving routing based on the cluster-head load balancing for WSN, the system has further reduced the power consumption and cost, which is very suitable for large-scale agricultural production is widely used.

Key words: wireless sensor networks; agricultural ecological environment monitoring; cluster-head load balancing

无线传感器网络是一种新兴的无线网络技术, 近年来凭借着低成本、低功耗、低复杂度的优势得到了迅猛发展, 广泛应用于军事、农业、工业、环境监测等各个领域。本文结合规模化农业的发展和科技兴农的战略国策, 在前人的基础上改进并设计了基于无线传感器网络的农业生态环境监控系统, 并将其成功运用到生产实践中。

本文以低成本、低功耗的无线射频芯片 CC2430^[1]为核心, 搭载低功耗、高精度的 SHT21^[2]温湿度传感器和 TSL2561^[3]光强传感器, 设计了基于 WSN 的农业生态环境监控系统。系统采用低负载、低冲突的 ML-MAC^[4]数据链路层协议并提出基于簇头负载均衡的 WSN 分簇节能路由算法 (CLBCES), 进一步降低了系统能耗, 大大延长了网络生存时间。

1 系统结构及拓扑

鉴于农业环境的特殊性, 采用 WSN 中基于簇的分层网络模型来保证整套系统具有良好的可扩展性、鲁棒

性和易管理维护性, 如图 1 所示。基于簇的分层结构具有天然的分布式处理能力, 簇头就是分布式处理中心, 每个簇成员都把数据传给簇头, 在簇头里完成数据处理和融合, 然后由其他簇头多跳转发或直接传给用户节点。拓扑结构大致分为以下 3 层: (1) 传感器节点层, 主要功能是采集数据信息并将数据传输给路由节点 (即簇头), 主要由处理器模块、无线通信模块、传感器模块和电源模块构成, 如图 2 所示。(2) 路由节点层具备较强的通信能力和数据处理能力, 与传感器节点交互信息通过多跳路由完成数据从源节点到汇聚节点的传送。(3) 汇聚节点通过串口与计算机相连组成管理节点层。管理人员通过计算机监控、维护整个网络, 并对测得数据进行分析 and 处理, 为人工干预提供科学依据, 远程用户还可以通过 Internet/GPRS 与管理节点进行交互, 实现远程监控及数据共享; 通过 GPRS 网络自动将报警信息发送到管理员手机上面, 不会漏过任一条报警信息, 随时随地监测环境状态, 若出现异常, 能第一时间予以解决。

网络与通信 Network and Communication

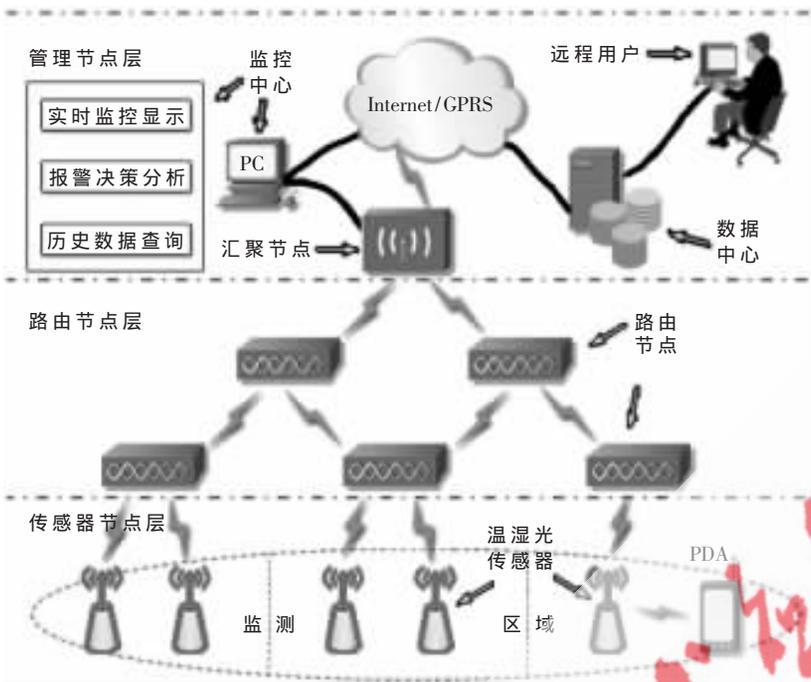


图 1 基于 WSN 的农业生态环境监控系统拓扑

2 硬件组成

本系统通过处理器模块、无线通信模块、传感器模块和电源模块的协作,实现了数据的采集、处理和无线收发等功能。

传感器节点分布在各待测区域,考虑到性能、功耗、体积和成本等因素,选用高性能、低功耗、高灵敏度、强抗干扰性的 CC2430 芯片作为处理器模块和无线通信模块,采用最新研发的 SHT21 高精度温湿传感器,并结合使用第二代光强数字转换芯片 TSL2561、负载低功耗 LCD 显示屏,实现了数据的采集、处理、无线收发和即时显示等功能。使用 2 节普通 AA 干电池作为电源模块,经实验,连续工作 7 天时,每个节点每天平均功耗为 1.2 mW,可使用 20~24 个月。此外,系统还包含 PDA 无线报警模块,可以和监测网络中的任何一个节点进行交互,时时刻刻监测环境状态,提供直观的现场操作能力。

3 软件系统组成及实现

WSN 的协议框架包括物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层。而高效率能源一直是 WSN 设计考虑的最重要因素,要达到节能,就要使传感器节点最大限度地处于低能量状态,所以使用的通信协议是决定能耗的关键。

3.1 物理层

物理层负责载波频率的产生,信号的调制解调等,CC2430 提供了对 IEEE 802.15.4 物理层协议的支持,节

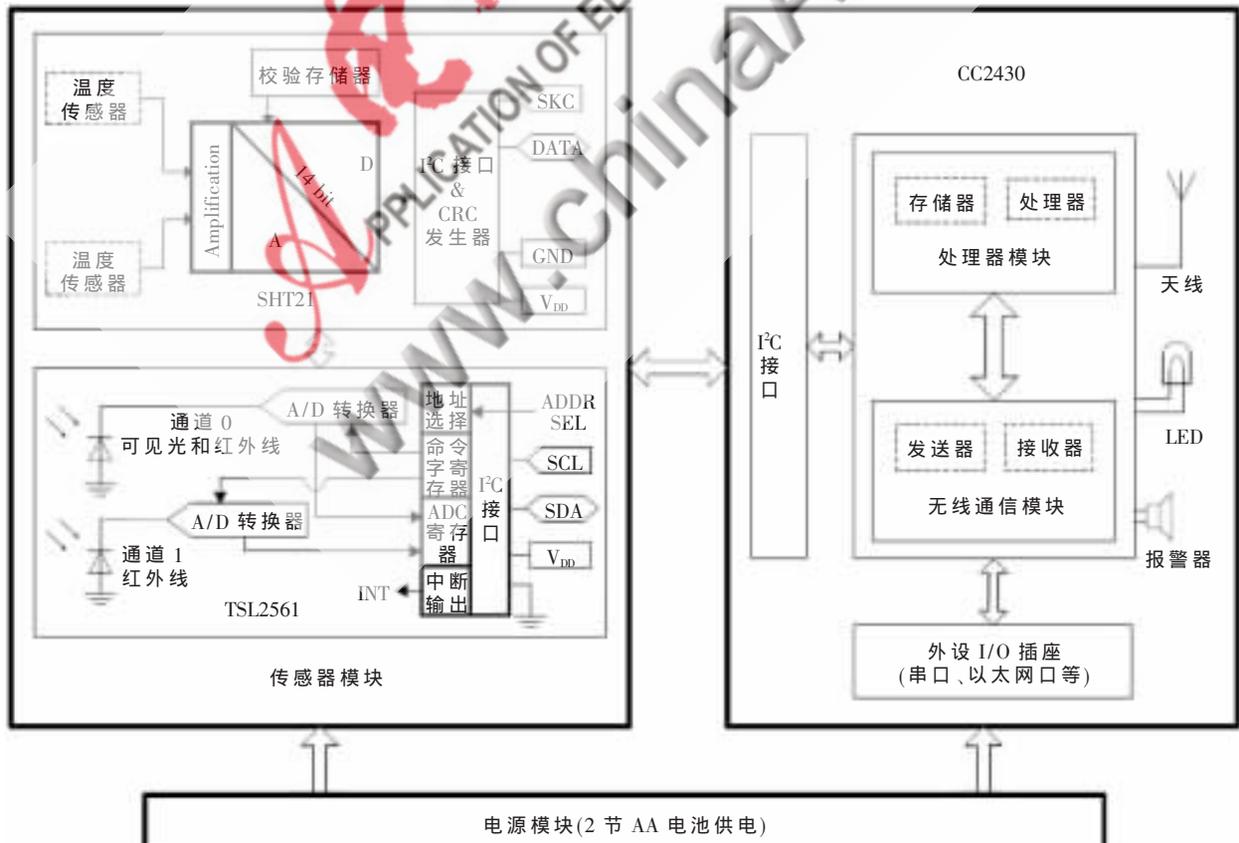


图 2 基于 CC2430、SHT21、TSL2561 的节点模块框图

网络与通信 Network and Communication

点主要通过 CC2430 的寄存器配置来实现物理层的协议功能。

3.2 数据链路层

数据链路层负责媒体接入和差错控制,可以在通信网络中确保节点之间的连接并保证源节点发出的信息可完整、无误地到达目标节点。

WSN 中主要有冲突、传输、控制消息和空闲侦听四种能源消耗,其中空闲侦听占有能耗的 30% 以上。本文采用低负载和低冲突的多层 MAC 协议(Multi-Layer MAC, ML-MAC)。通过减少空闲侦听时间和冲突次数来减少节点的能耗。ML-MAC 特有的机制也能将两个或多个节点试图在同一时间发送数据量的值最小化,减少冲突,这样需要重发损坏数据包的能量便可以节省下来,这较 S-MAC 和 T-MAC 能耗大大降低。ML-MAC 是基于分布竞争上的 MAC 层协议,节点通过无线电信号电平寻找下一跳,从而避免了 T-MAC 的早睡问题。同时 ML-MAC 又是一个自我组建的 MAC 层协议,它不需要一个中心节点来控制所有节点的运作,进一步降低了能耗。仿真结果表明,ML-MAC 与现有的 MAC 协议相比能耗有了大幅度的降低。

3.3 网络层

网络层协议负责路由发现与维护,在无线传感器网络中,大多数节点无法与汇聚节点直接进行通信,因此需要利用中间节点进行路由转发,以完成数据传送,可以说路由算法的选择是无线传感器网络设计成功与否的关键。

基于分簇的层次型无线传感器网络模型虽然可对资源进行平衡分配,具有拓扑管理方便、能量利用高效、数据融合简单等优点,但由于簇头到汇聚节点的距离一般较远,在簇头与汇聚节点之间采用多跳通信方式,按照从簇头到汇聚点的路径多跳转发,导致了能量消耗不均衡,靠近汇聚点的簇头由于需要转发其他簇头的数据造成负载过重、能量过早耗尽、降低整个网络生存时间。

为此本文提出基于簇头负载均衡的 WSN 分簇节能路由算法 (CLBCES),该算法结合了 CHLBC^[5]路由算法和 CSER^[6]路由算法并加以改进,在实现簇头负载均衡的同时降低了存储开销和控制消息开销。

CLBCES 路由算法主要思想:根据传感器节点到汇聚节点距离的远近,选举产生非均匀分布的簇头,构建由簇头组成的骨干传输网络,生成从汇聚节点到簇头的跳数场和以汇聚节点为根节点的簇间转发路径。从簇头低负载的需求出发,传感器节点在选择簇头时,综合考虑距离簇头的远近和簇头的中转数据量的大小,调整簇网络的规模,使簇头负载均衡。同时通过增设阈值保证节点剩余能量均衡,即节点向汇聚节点发送数据时,搜索所有能够到达汇聚节点的路径,若路径上节点的剩余能量都很充足,则按照 MTPR 算法选择能耗之和最小的路径;若路径上节点的剩余能量都较少时,就按照 MM-

BCR 算法选择路径;当某节点的剩余能量小于该阈值时,则在选择路由时应尽量避免该节点,以此来延长整个网络的生存周期。

CLBCES 路由算法既考虑了总的传输能量又考虑到了网络中节点的剩余能量。仿真结果表明,该路由算法有效地解决了多跳通信方式下簇头能耗不均衡的问题,延长了网络生存时间,非常适合应用于中小型 WSN。

3.4 应用层

基于网络组建的目的,在应用层上除了实现对硬件和其他组件的初始化、启动、停止以及系统能量管理的功能外,还需要开发和使用相应的软件系统完成人机交互。

随着规模化农业生产进一步发展,采用 WSN 技术建设农业环境自动监控系统,用一套网络完成温、湿、光等的数据采集和环境控制,可有效提高农业集约化生产程度,简化系统复杂度,降低设备成本,使农业环境监测和管理更加科学,控制更加简单,从而达到提高经济作物产量、改良品种、调节生长周期、提高经济效益的最终目的。该系统还可为珍贵植物的生长条件进行检测,根据分析结果农业人员就可以在人造环境下进行逼真的模拟,为高经济价值作物的生长条件分析与人工干预等提供科学依据。本文下一步的研究工作是根据实时监控数据并参考最佳作物生长指标对农业环境进行自动调节,真正做到无人值守、自动管理。

参考文献

- [1] 刘玉英,史旺旺.基于 CC2430 温湿度监测的无线传感器网络设计[J].微计算机信息,2009,57(10):130-131,26.
- [2] 吴玉康,邓世建,袁刚强,等.SHT11 数字式温湿度传感器的应用[J].工矿自动化,2010,36(04):99-101.
- [3] 杨明慧,杨鹏,史旺旺.基于 TSL2561 的无线光强传感器节点设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2010,10(6):38-40.
- [4] JHA M K, PANDEY A K, PAL D, et al. An energy-efficient multi-layer MAC (ML-MAC) protocol for wireless sensor networks[C]. International Journal of Electronics and Communications, 2010.
- [5] 江海峰,钱建生,李世银,等.簇头负载均衡的无线传感器网络分簇路由协议[J].计算机工程与应用,2010,46(23):111-114.
- [6] 王春雷,柴乔林,王华,等.基于分簇的无线传感器网络节能路由算法[J].计算机应用,2007,27(02):342-345.

(收稿日期:2010-10-27)

作者简介:

孙涛,男,1987年生,在读硕士,主要研究方向:网络优化与应用统计。

林亮,女,1952年生,教授,硕士生导师,主要研究方向:运筹优化和不确定理论。