

基于 WSN 的农业信息远程监控系统的设计与实现*

骆凯^{1,2}, 李淼¹, 胡泽林¹

(¹中国科学院合肥智能机械研究所 合肥, 230031)

(²中国科学技术大学信息科学技术学院 合肥, 230027)

摘要: 为提高农业自动化、信息化水平, 本文通过对国内外农业信息监控系统研究现状的分析, 应用无线传感网络和 GSM 网络, 开发了反应农作物生长环境的农业信息远程监控系统, 解决了农业信息远距离采集与实时传输问题。介绍了该系统的硬件组成和相应软件开发, 探讨了无线传感网络在农业信息采集中的算法, 并对该系统的传输特性与运行效果进行了试验验证。

关键词: WSN; GSM; 远程监控; 农业信息采集; MSP430 单片机

Abstract: In order to improve efficiency and automation, relieve the burden rested on farmers, remote monitoring technology is necessary to collect field information and give notice to farmers related on time. In this paper a new remote monitoring system for agriculture was elucidated. A specific monitoring controller based on wireless sensor network(WSN) and GSM was developed for this situation to manage date and communicate with computer. The design and realization way, running effect of the system were expatiated.

Key words: WSN; GSM; Remote monitoring; Agricultural data acquisition; MSP430singlechip

中图分类号: S274

文献标识码: A

文章编号: 1001-9227(2008)04-0014-04

0 引言

无线传感网络(wireless sensor network, WSN)具有感知、计算、无线通信能力和控制功能, 可被广泛地应用于国防、军事、环境监测、交通管理、医疗卫生、抗灾、设施农业等领域。WSN 的应用是信息感知和采集控制的一场革命, 有着广泛的应用前景。

近年来, 国外在农、林、牧业的信息传输方面进行了系统研究。如: 欧盟 ISI 启动了 WirelessInfo 项目(1998~2003), 期望运用 GSM/GPRS/HSDCS 无线通信技术, 建立先进农林管理多媒体服务系统^[5]; 华盛顿州立大学的 Andrade-Sanchez 等人将无线传感网络应用于葡萄园、果园和田野, 并对各种环境下的网络性能做了大量的分析研究^[1]。国内在农业系统远程监控及农业信息化等方面获得了较快发展。黄刘生等人对基于无线传感的集约灌溉农业实现方法做了深入的讨论^[2]; 句荣辉等人应用 GSM 短消息技术实现了温室环境的实时控制, 提高了系统的自动化程度^[8]。但是, 如何利用 WSN 和 GSM, 建立一个适应于农业领域的远程监控系统, 从而实现判断作物生长环境的智能化、自动化, 是一个有待于进行深入研究的问题。为此, 本文首先分析了农业远程监控系统的组成结构, 设计了适应于农业领域无线网络, 研制了 GSM 的通信控制器, 在此基础上, 开发了基于 WSN 的农业信息远程监控系统, 并对该系统的传输特性与结果进行了试验

验证。

1 农业信息远程监控系统的组成

由于农业覆盖范围大、地形极为复杂, 作业环境比较恶劣, 一般农业设备无法适应, 而 WSN 以其节点高密度、大范围、强动态性特点, 已成为实现农业信息采集与传输的有效方法。虽然 WSN 单节点通信能力受限, GSM 有网络延时, 但对于数据传输量较小、实时性要求相对较低的农业系统, WSN 与 GSM 结合是实现其信息远程传输的经济合理的方法。利用 GSM 的短消息业务不需要建立拨号连接, 只需把要发送的信息加上目的地址发送到短消息中心, 再由短消息中心转发到目标设备。农业信息监控系统组成结构如图 1 所示。它包括无线传感模块、汇聚节点和计算机子系统三大部分。传感器采集农作物环境数据, 微控制器将自身编号及环境信息由 RF 发送装置送至汇聚节点。汇聚节点接收到数据后, 先消除冗余信息, 再打包成短信格式送至 GSM 模块, 远距离发送至计算机子系统。短信收发平台通过 GSM 短信猫实时接收环境数据, 将其解码后存入环境信息数据库, 启动预警程序, 根据历史数据及实时数据得到预测等级, 将异常发送给用户。

2 无线传感网络设计

无线传感网络是一种自组织网络, 由多个网络节点自主完成拓扑结构。自组织网络中的节点加入或者离开后, 系

收稿日期: 2008-01-26

* 中科院知识创新工程重要方向项目(KGCX2-SW-511)

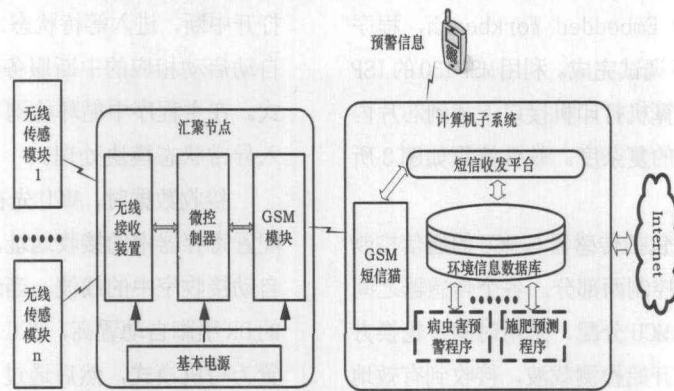


图1 系统的组成结构

统会重新生成拓扑结构,不影响系统的正常工作^[6]。网络拓扑结构可以分为星型、树型和网状结构。

2.1 无线传感网络体系结构

在农业领域,不同地区在不同时节作物有所不同,即使同一地区也因为地形的差异和季节的变更会种植不同的作物,他们对同一环境有着不同的适应度,如果网络层次过深,算法上难以实现,单层覆盖面积过大,则会使得区分不同作物的数据带来困难,本文采用的网络结构如图2所示。簇由网络中相邻的节点组成,簇中每个节点将采集的数据传送给簇头节点(也是传感节点),由簇头节点经过数据融合后再将压缩得到的数据发送给汇聚节点。簇的形成和簇头节点的选择由网络中采用的LEACH协议实现^[6]。汇聚节点是网关,直接与GSM网络相连,通过“多跳”路由方式把融合后得到的数据传送到汇聚节点,汇聚节点再利用通信卫星实现服务器与其之间的通信。服务器端是整个网络的管理中心。由其结构可以看出,该网络分为两层:第一层是簇内部以及簇之间的通信网络;第二层为汇聚节点、GSM、服务器三者间的通信网络。

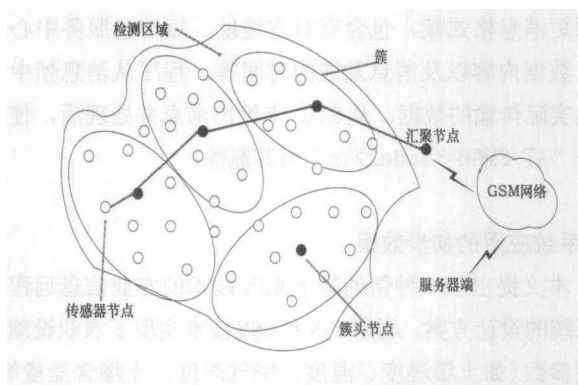


图2 传感网络的体系结构

2.2 传感节点设计

传感节点是直接面对复杂物理世界,对于严格能量约束的无线传感节点设计,系统功耗是一重要指标。

(1) 传感节点硬件结构

本系统传感节点的控制采用TI公司的16位单片机

MSP430系列,在电池供电的低功耗应用中具有独特的优势。其工作电压在1.8~3.6V之间,正常工作时功耗可控制在200 μ A左右,低功耗模式时可实现2 μ A甚至0.1 μ A的低功耗。MSP430单片机堪称目前世界上功耗最低的单片机,其应用系统可以做到用一枚电池使用10年^[4]。本系统采用MSP430F149芯片提供了五种低功耗工作模式,集成8通道12位A/D转换、2个16位定时器、2个USART接口,48个GPIO端口、2048B RAM和60KB flash,完全可以满足设计需要。射频部分使用的是Nordic公司的单片机收发芯片nRF905,它采用GFSK调制解调技术,工作电压为1.9~3.6V,工作于433\868\915MHz 3个频道。nRF905由频率合成器、接收解调器、功率放大器、晶体振荡器和调制器组成,具有低功耗的Shock Burst工作模式,可以自动完成前导码和CRC的工作,使用SPI接口与MCU通信。其低功耗性能极为突出,以-10dBm的输出功率发射时,电流只有11mA,在接收模式时电流为12.5mA。数字量传感器有温度湿度传感器,模拟量传感器有光照强度、土壤酸碱度、土壤温湿度等。

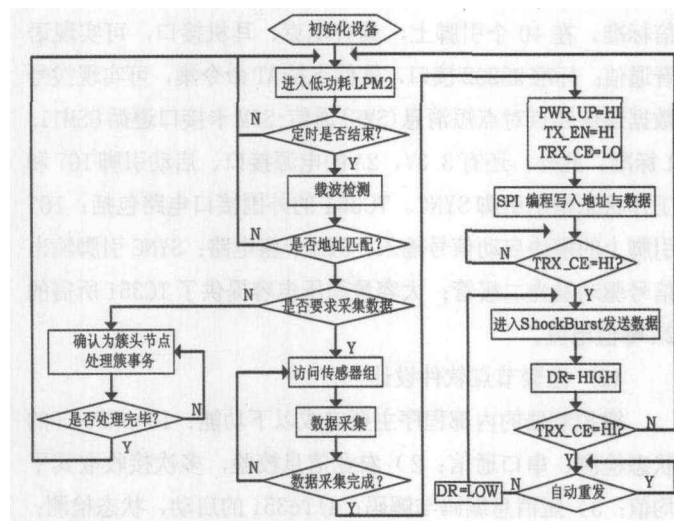


图3 传感节点的软件流程

(2) 传感节点软件设计

为了降低功耗,节点采用突发工作方式,平时工作在节能模式下。到定时时间,唤醒CPU来采集和传输数据。软件

开发环境为 TI 公司提供的 IAR Embedded Workbench, 程序使用 C 语言编写, 在 IAR 环境下调试完成。利用 MSP430 的 ISP 功能, 将编译好的文件通过计算机打印机接口下载到芯片内部 Flash 中, 降低了系统开发的复杂度。软件流程如图 3 所示。

传感节点的主要控制程序包括传感器与 MCU 的通信控制和无线收发模块与 MCU 的通信控制两部分。各个传感器之间相互独立, 数据采集的时间由 MCU 分配, 采用时间片轮换方式。当达到定时时间后, 节点开始检测载波, 接收到有效地址信息时, 如果所得到的信息不是要求采集数据, 节点被默认为簇头节点, 处理簇内事务。否则, 就作为普通传感节点, 采集数据。传感器向微控制器发出准备好信号, 要求读取数据, 微控制器收到准备好信号, 发送串行时钟信号, 开始以串行方式接收数据, 数据传送完成后关闭传感器, 微控制器将自身编号及采集到的数据打包。数据采集好后, 微控制器通过串口 0 以 SPI 总线模式与无线发射模块通信。首先向串口发送地址信息和数据, 这些信息被存储在 nRF905 的存储器中。令 TRX_CE 有效, nRF905 被唤醒并进入 Shock Burst 模式开始将其存储器中数据发送出去。每成功发送一次数据, DR 信号将变为高电平, 通过检测 DR 信号即确认发送成功与否。

2.3 汇聚节点设计

(1) 汇聚节点硬件结构

核心部件有微控制器 MSP430F149、GSM 无线通信模块 TC35i 和无线收发模块 nRF905。MSP430F149 的串口 0 既与 TC35i 通信, 又与 nRF905 通信, 串口 1 作为拓展, 用于与 PC 机通信。TC35i 是 Siemens 公司生产的 GSM 无线调制解调器, 集成了射频单元和基带处理器, 支持 GSM7.07 和 GSM7.05 通信标准。在 40 个引脚上, 具有麦克、耳机接口, 可实现语音通信; 标准 RS232 接口, 软件支持 AT 命令集, 可实现拨号数据通信和点对点短消息 (SMS) 通信; SIM 卡接口遵循 GSM11.1 标准。此外, 还有 3.3V、2A 的电源接口、启动引脚 IGT 和工作状态指示引脚 SYNC。TC35i 的外围接口电路包括: IGT 引脚上的模块启动信号输入; SIM 卡座电路; SYNC 引脚输出信号驱动发光二极管; 大容量稳压电容提供了 TC35i 所需的 2A 峰值电流。

(2) 汇聚节点软件设计

微控制器的内部程序主要完成以下功能: 1) nRF905 的状态检测、串口通信; 2) 农业信息校验, 多次接收取其平均值; 3) 短消息编码与解码; 4) TC35i 的启动、状态检测; 5) 与 TC35i 的串口通信; 6) 通信异常状态处理。程序使用 C 语言编写, 在 IAR Embedded Workbench 环境下调试完成。

从结构上看, 控制程序包含主程序和串口通信、I/O 控制、中断处理、异常处理等几个模块。软件结构主要采用基于中断的任务调度方法, 主程序完成系统自检、初始化后,

打开中断, 进入等待状态。MSP430F149 接收到中断请求后, 自动启动相应的中断服务模块。串口接收采用程序查询方式。在主程序中循环检测 TC35i 的状态, 若检测出错则进入异常状态模块处理。

接收数据时, MCU 先在 nRF905 的待机状态中写好射频配置寄存器中的接收地址, 然后将 nRF905 置于接收模式, 自动接收空中的载波。当地址匹配且校验正确时, nRF905 的 DR 引脚自动置高, MCU 在检测到这个信号后, 将 nRF905 置为待机模式, 然后通过 SPI 总线从接收数据寄存器中读出有效数据。接收完一个地址上的数据后, MCU 自动将 nRF905 的配置寄存器给其它接收地址。

(3) GSM 短消息指令分析

短消息编码与解码是控制软件的核心。目前, 发送短消息常用 Text 和 PDU (Protocol Data Unit, 协议数据单元) 模式。使用 Text 模式收发短信代码简单, 实现起来十分容易, 但不能收发中文短消息; 而 PDU 模式不仅支持中文短消息, 也能发送英文短消息。PDU 模式收发短消息可以使用 3 种编码方式: 7-bit、8-bit 和 UCS2 编码。本设计采用 PDU 模式的 8 位码编码方式。程序对现场设备传送过来的数据自动计算长度、自动分段, 保证每条信息只发送 140 个字符^[3]。程序开始时, 需要发送指令将 TC35i 初始化, 其中 “AT+CMGF=0\r” 用于设置 PDU 编码模式, “AT+CSCA=PhoneNumber\r” 设置短消息中心号码, “AT+SSYNC=1\r”, 用于指示灯。发送短消息前, 用 “AT+CSQ\r” 测试信号是否正常, 如返回 “OK”, 即可发送短消息。发送时, 首先使用 “AT+CMGS=charlength\r” 设置发送数据长度。如果有新的短消息来到, 则 TC35i 将向串口自动提示 “+CMTI ‘SM’,<index>”; MCU 接收到此信号后, 发出读取消息指令 “AT+CMGR=<index>\r”; TC35i 将返回短消息格式帧, 包含有对方地址、短消息服务中心地址、数据内容以及消息发送的时间等。程序从消息帧中分解出实际传输的数据, 从 SIM 卡读出消息并处理后, 使用指令 “AT+CMGD=<index>\r” 将其删除。

3 系统应用的初步效果

本文提出了一种新的基于 WSN 技术的农业信息远程监控系统的设计方案。利用 WSN 和 GSM 技术实现了农业设施中主要参数 (如土壤湿度、温度、空气湿度、土壤含盐量等) 远程采集与处理。应用该技术可对农作物生长环境进行实时跟踪与诊断 (如病虫害预警、施肥预测等), 虽然目前还处于研发阶段, 但它的各项优势已经突显出来, 如初期建设周期短、投资小、易于升级、易于重组, 可以灵活便捷地组成适应不同规模、不同情况、不同要求的农业信息测控系统, 并且所构建的系统成本低、功耗低、稳定可靠、具有低复杂度。

4 结语

基于 WSN 的农业信息远程监控系统, 结合 WSN 和 GSM 的特点, 将一个农业作业区资源信息集中起来, 该系统具有如下特点:

(1) 应用先进的 WSN 技术与覆盖广泛且成本低的 GSM 网络结合方法实现数据采集和传输, 解决了农业信息采集难和远程传输的困难;

(2) 应用双层无线网络将一个农业管理区的资源有效统一起来, 且实现了监控系统的全程自动化, 有助于提高农业作业效率, 降低生产成本。

参考文献

- 1 Andrade-Sanchez, Pedro. Performance assessment of wireless sensor networks in agricultural setting [A]. 2007 ASABE Annual International meeting[C]. 2007, Minneapolis, USA
- 2 Wang Yang, Huang Liusheng, Wu junmin et al. Wireless sensor network for extensive irrigated agriculture [A]. 4th Annual IEEE Consumer communica-

tion and Networking Conference[C]. 2007, Las Vegas, USA

- 3 周国祥, 周俊, 苗玉彬, 等. 基于 GSM 的数字农业远程监控系统研究与应用[J]. 农业工程学报, 2005, 21(6): 87-90
- 4 成荣. 温室无线测控系统的设计与实现[D]. 中国科学技术大学自动化系, 2007
- 5 Karel C, Josef F, Adam S, et al. Wireless supporting of agriculture and forestry information systems- WirelessInfo[A]. In presentation at the 4th AGLE conference on Geographic Information Science in Brno[C]. 2001
- 6 王雪. 无线传感网络测量系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007. 46-83
- 7 裴伟, 徐志祥, 宫建华, 等. 基于 GSM 短消息的无线智能配水监控系统[J]. 中国农村水利水电, 2004-5: 7-9
- 8 句荣辉, 沈佐锐. 基于短消息的温室生态健康呼叫系统[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3): 226-228

(上接第4页)

便于实现大量数据的高速传输。

(6) 高速以太网 HSE

HSE (high speed ethernet) 是现场总线基金会 H1 的高速网段的解决方案。现场总线基金会将 HSE 定位于控制网络集成到 internet 的技术。HSE 采用链接设备将远程的 H1 网段的信息传送到以太网主干上。这些信息可以通过以太网送到主控制室, 并进一步送到企业的 ERP 和管理系统。操作员在主控制室可以直接使用网络浏览器等工具查看现场的操作情况, 也可以通过同样的网络途径将操作控制信息送到现场。

以上是几种典型的控制网络。就目前而言, 由于投资效益与商业利益的关系, 控制网络仍然处于多种总线共存的局面, 但发展共同遵从的统一的标准规范, 真正形成开放的互连系统, 是大势所趋。随着以太网技术日趋成熟以及控制网络与 Internet 关系日趋紧密, 工业以太网技术将成为控制网络的主流^[2-4]。

4 结论

工业控制网络既是一个开放的通信网络, 又是一个全分布控制系统, 它作为智能设备的联系纽带, 挂接在总线

上, 作为网络节点的智能设备连接成网络系统, 并通过组态进一步构成自动化系统, 实现基本控制、补偿计算、参数修改、报警、显示、监控、优化以及测、控、管一体化的综合自动化功能。工业控制网络是一个以智能传感器、自动控制、计算机、通信、网络等技术为主要内容的多学科交叉的新兴技术, 在过程自动化、制造自动化、楼宇自动化、交通、电力等领域都有广泛的应用前景, 被誉为 21 世纪最有希望的自动化技术。

参考文献

- 1 李会军. 现场总线技术的发展与应用[J]. 华北电力技术, 2003, 4: 23-27
- 2 阳宪惠. 工业数据通信与控制网络[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002: 1-20
- 3 段德权. 现场总线和现场总线控制技术[J]. 信息技术, 2003, (03): 25-26
- 4 夏继强, 邢春香, 耿春明, 满庆丰. 工业现场总线技术的新进展[J]. 北京航空航天大学学报, 2004, (04): 358-362