

# 果园环境参数远程检测 WSN 网关节点设计\*

何东健 邹志勇 周曼

(西北农林科技大学机械与电子工程学院, 陕西杨凌 712100)

**【摘要】** 为解决果园环境参数远程检测中网关节点因电磁干扰造成 ZigBee 模块传输距离过短, 不能满足动态配置 ZigBee 网络的不足, 采用核心板加底板及模块化接口的硬件设计思路, 提高系统的抗电磁干扰能力; 采用串口编程及单线程通信策略实现 ZigBee 网络动态配置, 用判断 2 次接收数据差值及变化趋势决定是否传输数据以减少功耗。测试表明, 网关节点可稳定采集数据并远程传输, 提高了抗电磁干扰能力, 与电路板集成设计相比通信距离增加了 1 倍, 并可灵活地动态配置 ZigBee 网络。

**关键词:** 果园 环境参数 无线传感器网络 远程检测 网关节点

中图分类号: S24; TN925+.93 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2010)06-0182-05

## Design of WSN Gateway Nodes for Remote Detection of Orchards Environment Parameters

He Dongjian Zou Zhiyong Zhou Man

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

### Abstract

In the remote detection of orchard environmental parameters, gateway nodes suffer from two deficiencies that remain to be solved: short transmission distance of ZigBee module due to electromagnetic interference; failure to meet the dynamic configuration of ZigBee network. The hardware design adopted the structure of kernel board plus motherboard and modularized interface to improve anti-electromagnetic interference performance. The software design adopted two strategies, i. e. serial programming and single thread communication, to realize dynamic configuration of ZigBee network. To reduce energy consumption of the system, gateway nodes decided whether to upload data according to the difference between consecutively-received data and the variation tendency. The test results indicated that gateway nodes could realize stable data acquisition and remote data transmission. Due to the improvement of anti-electromagnetic interference performance, communication distance was doubled compared with the design of integrated circuits board. Moreover, the ZigBee network could be configured flexibly and dynamically.

**Key words** Orchards, Environmental parameters, Wireless sensor networks, Remote detection, Gateway nodes

### 引言

果园中环境、气象及土壤因子, 对果树的生长发育、栽培技术的实施、病虫害的预防等均有极为重要的影响<sup>[1]</sup>。目前, 我国果园参数自动检测系统开发处于起步阶段, 农业环境检测多采用气象站定点采

集形式, 无法采集广域农田、果园生态环境参数。因此, 需要研究、设计、开发出适合检测较大范围果园或农田环境因子的新系统。近年来, 随着高性能、低成本嵌入式技术发展而受业界广泛关注的无线传感器网络(wireless sensor networks, 简称 WSN), 已在目标监控和跟踪方面得到初步应用<sup>[2-4]</sup>。

在 WSN 系统中网关节点至关重要,其主要功能是收集节点信号、数据处理与传输、管理 WSN 网络,并将采集的信息通过网络接口传送到 Internet 服务器上<sup>[5]</sup>。文献[5~7]设计的网关节点仅能实现数据传输的基本功能。为实现方便、高效率、动态地管理 WSN 网络,迫切需要研究、实现 WSN 网络动态配置与管理,并提高网关节点的抗电磁干扰性能。

本文拟采用低功耗 ARM EMPU,遵循 ZigBee 协议,设计、开发可实现网络动态配置、且具有抗干扰性能的网关节点软硬件系统。

## 1 远程采集系统结构

在果园生产管理中,需要自动检测环境温度、湿度、光强度以及土壤温度、湿度等参数,并及时在 WEB 上发布。基于上述应用需求,设计的 WSN 系统拓扑结构如图 1 所示。将终端节点、路由节点、网关节点分布在果园不同的物理空间<sup>[8]</sup>,构成园中的无线传感器网络。网关节点负责配置整个无线传感器网络,收集各节点采集的信号,进行相应的数据处理与封装后,由通信单元将信息传送到服务器,并通过 Internet 发布。

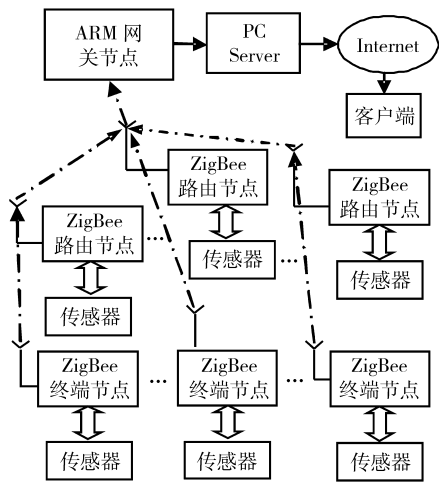


图 1 系统拓扑结构框图

Fig. 1 Topology structure of system

## 2 网关节点设计

### 2.1 硬件设计

#### 2.1.1 芯片组选择

考虑到果园中节点数目较多,数据量相对较大,且需实现远程检测,故选用 32 位 CPU<sup>[9]</sup>;因网关节点可能在野外使用,为减少能耗,需采用功耗低的 CPU。综合考虑功耗、性价比和设计需求,采用韩国三星电子 ARM9 内核的 S3C2410A 低功耗 EMPU。ZigBee 网络通信的射频模块选用低功耗的 CC2430。为适应各种网络环境,Internet 通信采用 BENQ

M23G GRPS 模块和 CS8900A Ethernet 控制器 + ADSL Modem 2 种入网方案。

#### 2.1.2 网关节点硬件构架

在前期开发中,采用一块电路板集成设计的形式,基本实现了数据传输功能,但试验发现,EMPU、ZigBee 射频模块、GPRS 模块之间存在一定程度的相互电磁干扰,严重地影响 ZigBee 射频模块的通信距离(仅为 6 m 左右)。为解决这一问题,拟采用核心板加底板及模块化接口的设计思路。

考虑到网关节点集成了基于 ARM9 内核的 EMPU,其外部工作频率在 130 MHz 左右,GPRS 模块工作在 900/1 800 MHz,ZigBee 射频模块工作在 2.4 GHz,且其发射距离极易受电磁干扰的影响,根据 PCB 电磁兼容设计布局与布线的重要原则“高速数字电路部分要合理地分开”<sup>[10]</sup>和 ZigBee 射频电路的 PCB 设计建议“如果 PCB 板上使用高速数字电路其必须避开 RF 电路”(CC2430 数据手册),故本系统采用核心板加底板的设计思路,硬件构架如图 2 所示。

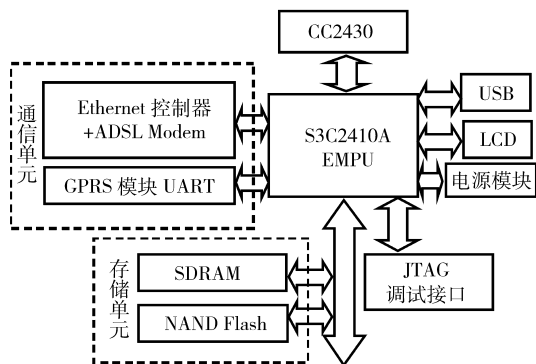


图 2 网关节点硬件结构框图

Fig. 2 Hardware structure of gateway nodes

(1)核心板。为方便硬件调试及提高通用性,核心板以小系统的形式设计。包括 S3C2410A EMPU,存储单元电路(2 片 K9F1208uom 构成 64 MB 的 NAND Flash,2 片 HY57V561620 构成 64 MB 的 SDRAM),及 Ethernet 控制器 CS8900A 和 JTAG 调试接口。

(2)模块通信接口。为增强对果园网络环境的适应能力,设计了模块化通信入网方案,采用 UART 进行模块通信,接 GPRS 模块便可连接到 Internet。

(3)底板。主要由电源电路、射频模块、LCD 驱动器和 UART、USB 接口组成:

网关节点中各单元电路工作电压不尽相同,故设计将 12 V 直流转换为 5 V、3.3 V 和 1.8 V 直流的电源电路,给各单元电路供电,12 V 直流由外部电源适配器或蓄电池提供。

射频模块选用 TI 公司功耗低、性价比高的

CC2430 SOC, 用作 ZigBee 网络的协调器。

LCD 电路总线是从核心板引到底板上, 为保证信号传输的可靠性, 采用 74LVCH162245A 芯片对信号进行驱动。

UART 实现与 CC2430 及模块接口通信, USB 接口用于接 USB 器件。

对比试验表明, 设计的网关节点与下一级 ZigBee 路由节点的通信距离, 比早期设计的系统提高了 1 倍左右, 达到 12 m, 且系统稳定性更好。

## 2.2 软件设计

软件设计包括定制操作系统、ZigBee 网络动态配置程序和数据传输应用程序。

### 2.2.1 操作系统定制

为方便用户使用, 采用图形化的 WinCE 5.0 操作系统。用微软 Platform 5.0 软件, 根据网关节点软件功能的需要及节点的硬件架构, 修改 SAMSUNG 公司的 BSP, 自行定制出操作系统。

### 2.2.2 ZigBee 网络动态配置程序分析与设计

在实际应用中, 根据季节及实际使用状况, 采集区域内各采集节点均需动态进行调整<sup>[11-12]</sup>, 如信号采集周期长短、使用采集节点的疏密程度及节点故障检测等, 以实现每个采集节点的动态管理, 达到合理布置节点及节约电池电量的目的。基于上述应用需求, 系统软件设计重点实现了动态配置 ZigBee 网络功能。

ZigBee 网络动态配置程序设计中, 采用 RS-232 串口编程及单线程通信策略, 其程序流程如图 3 所示。约定数据编码格式为: 控制指令用命令 ID 表



图 3 ZigBee 网络配置应用程序流程图  
Fig. 3 Flow chart of configuration program for ZigBee networks

示(char[]型), 如 SP 表示发送周期命令; 待配置节点用节点 ID 号表示(int 型); 配置值用参数值 Value 表示(float 型)。

在配置应用程序界面中输入配置编码, 信息经

程序处理后通过 EMPU 串口发送给底板上的 ZigBee 网络协调器 CC2430, 再以无线方式转发给节点 ID 号指定的采集节点; 当有新的采集节点加入 ZigBee 网络时, 底板上的协调器 CC2430 通过其串口把节点网络地址信息发送给 EMPU, 经配置程序处理后在其界面上显示, 同时等待为新节点输入节点属性描述信息的操作, 然后把该信息发送给服务器端; 当某个采集节点出现故障时, 在其界面上显示出故障提示信息。从而实现灵活控制网络中每个节点的功能。

### 2.2.3 数据传输应用程序

数据传输应用程序将网关节点上 ZigBee 网络协调器收集到的各节点信息传送给远程服务器。数据传输编码格式为: 节点 ID、温度、湿度、光强度、土壤温度、土壤湿度和电池余量(除节点为 int 型, 其他均为 float 型)<sup>[13]</sup>。

底板上的 ZigBee 网络协调器 CC2430 与 S3C2410A EMPU 通过串口互传数据。S3C2410A 对当前收到的数据与前一次收到的数据进行数值比较且分析其变化趋势, 若两者的差值小于一定值且数值变化趋势相反, 本次采集的数据不向 PC Server 发, 反之, 则往上发送。此差值依据农业专家意见设定, 从而减少数据传输次数以达到节约能量、降低通信费用的效果<sup>[14]</sup>。

数据传输程序采用多线程方式编写实现, 一个线程用于接收 ZigBee 网络协调器 CC2430 从串口发来的数据, 另一个线程用于编写基于 TCP/IP 协议的网络套接字程序与 PC Server 进行通信, 其程序流程如图 4 所示。系统中串口每次传输的数据量相对较少, 因此, 采用 3 线式接法, 可省去硬件流控制线。

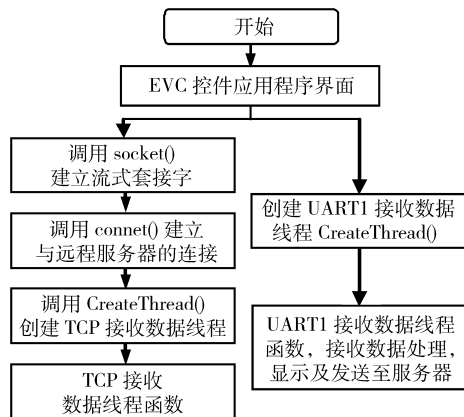


图 4 网关节点数据传输应用程序流程图  
Fig. 4 Flow chart of data transmission program for gateway nodes

考虑到远程网络会发生故障, 因此, 数据传输应用程序可将收集的数据写入文件中, 待网络正常后,

再发送给 PC Server。

当采用 GPRS 方式与远程 PC Server 通信时,网关节点还可根据用户需要编写短信息(SMS)发送给用户,实时、灵活地通知用户<sup>[15-16]</sup>。

### 3 系统测试与结果分析

#### 3.1 系统测试

##### 3.1.1 测试条件

将 ZigBee 网络的 4 个小节点置于实验室外用电池供电,其中 2 个设置成全功能的路由器节点,另外 2 个设置成半功能的终端节点。为测试方便,各节点只接一个温度传感器。设计的网关节点放在实验室内,网关节点上的 CC2430 设置成协调器,用 12 V、2 A 的电源适配器供电。网关节点和 4 个小节点构成一个树型无线传感器网络。用 1 台具有静态 IP 地址的 PC 机用作远程服务器进行测试。

##### 3.1.2 测试方法及评价指标

在网关上运行应用程序,测试网关节点动态配置、数据实时转发及系统运行的稳定性。

###### (1) ZigBee 网络配置测试

首先在网关节点运行网络配置应用程序,然后启动 ZigBee 网络。在网络配置应用程序界面上操作如下:输入配置命令 SP(发送周期)、节点 ID 号 1、节点发送周期参数值为 3 min,然后按配置按钮,系统弹出“ZigBee Config Success!”对话框,表明配置成功。若不成功,将弹出“fails”对话框。

###### (2) 数据传输测试

在服务器上运行广州致远电子有限公司 TCP/UDP 测试工具,然后运行网关节点上的数据传输应用程序,在操作界面输入 PC Server 的 IP 地址、端口号,再启动 ZigBee 网络。在设定的采集周期内网关节点串口 1 将收到各节点采集到的数据,经其处理后在网关节点上显示并通过以太网方式传送给 PC Server。数据传输应用程序界面如图 5 所示,TCP 通信测试软件收到的数据如图 6 所示。

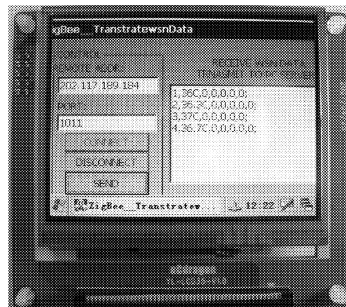


图 5 网关数据传输程序运行界面

Fig. 5 Running interface of data transmission program for gateway nodes

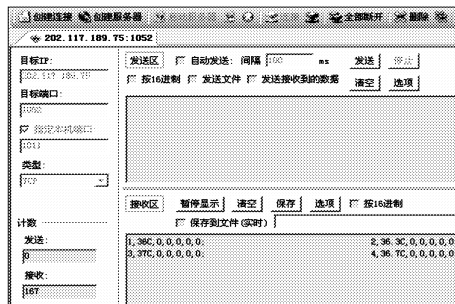


图 6 TCP 测试程序运行界面

Fig. 6 Running interface of TCP testing program

#### 3.2 结果分析

图 5、图 6 中显示的“1,36C,0,0,0,0,0”中,1 表示 1 号节点,36C 表示当前温度值,0 表示其他量或采集时刻信息,表明网关节点成功将协调器收集到的数据转发给 PC Server。经连续 72 h 测试,表明设计的网关节点功能符合设计要求,系统运行稳定。

#### 4 结论

(1) 采用核心板加底板及模块化接口的设计思路,提高了抗电磁干扰能力,通信距离比电路板集成设计提高了 1 倍,且仅需改动底板部分硬件便可应用到其他领域,提高了通用性。

(2) 实现了动态配置 ZigBee 网络,提高了 ZigBee 网络应用的灵活性和管理的高效性。数据可写入文件,克服了远程网络故障时采集数据丢失的不足。

#### 参 考 文 献

- 袁媛,李绍稳,汪伟伟,等. LabVIEW 软件平台在果园生态环境远程监测系统中的应用[J]. 农业工程学报,2007,23(6):186~188.  
Yuan Yuan, Li Shaowen, Wang Weiwei, et al. Application of LabVIEW to remote monitoring system for orchard environment [J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(6):186~188. (in Chinese)
- Jennifer Yick, Biswanath Mukherjee, Dipak Ghosal. Wireless sensor network survey[J]. Computer Networks, 2008, 52(12): 2 292~2 330.
- 彭燕,何东健. 基于 Zigbee 技术的果园生态环境监测系统[J]. 农机化研究,2009,31(4):164~167.  
Peng Yan, He Dongjian. A system based on Zigbee technology to monitor eco-environment in orchard [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2009, 31(4):164~167. (in Chinese)
- Zhang Qian, Yang Xianglong. A wireless solution for greenhouse monitoring and control system based on ZigBee technology [J].

- Journal of Zhejiang University Science A, 2007, 8(10): 1584 ~ 1587.
- 5 杨奎武. 嵌入式无线传感器网络网关节点的设计与实现[J]. 重庆师范大学学报:自然科学版, 2007, 24(3): 54 ~ 88.  
Yang Kuiwu. Design and implementation gateway based on GPRS model in wireless sensor networks[J]. Journal of Chongqing Normal University: Natural Science Edition, 2007, 24(3): 54 ~ 88. (in Chinese)
  - 6 何明星. 基于 ZigBee 与 GPRS 技术的无线传感器网络网关的设计[J]. 矿工自动化, 2009(8): 106 ~ 109.  
He Mingxing. Design of wireless sensor network gateway based on ZigBee and GPRS technology[J]. Industry and Mine Automation, 2009(8): 106 ~ 109. (in Chinese)
  - 7 韩华峰, 杜克明, 孙忠富, 等. 基于 ZiBee 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.  
Han Huafeng, Du Keming, Sun Zhongfu, et al. Design and application of ZigBee based telemonitoring system for greenhouse environment data acquisition[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(7): 158 ~ 163. (in Chinese)
  - 8 Wang Ning, Zhang Naiqian, Wang Maohua. Wireless sensors in agriculture and food industry—recent development and future perspective[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2006, 50(1): 1 ~ 14.
  - 9 郭祥东. 基于无线传感器网络的海洋环境监测预警系统设计[J]. 山西大同大学学报:自然科学版, 2009, 25(4): 22 ~ 25.  
Guo Xiangdong. Design on marine environment monitor system and forecast based on wireless sensor network[J]. Journal of Shanxi Datong University: Natural Science, 2009, 25(4): 22 ~ 25. (in Chinese)
  - 10 曾峰, 巩海洪, 曾波. 印刷电路板(PCB)设计与制作[M]. 第2版. 北京: 电子工业出版社, 2005: 76 ~ 77.
  - 11 张潜, 杨祥龙, 郭希山, 等. 低成本适用型温室环境测控系统[J]. 农业机械学报, 2008, 39(2): 195 ~ 197.
  - 12 冯友兵, 张荣标, 沈敏. 面向精确灌溉的无线传感器网络构建[J]. 农业机械学报, 2009, 40(1): 56 ~ 59.  
Feng Youbing, Zhang Rongbiao, Shen Min. Construction of wireless sensor networks for precision irrigation[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(1): 56 ~ 59. (in Chinese)
  - 13 郭志伟, 张云伟, 李霜, 等. 基于 GSM 的农田气象信息远程监控系统设计[J]. 农业机械学报, 2009, 40(3): 161 ~ 166.  
Guo Zhiwei, Zhang Yunwei, Li Shuang, et al. GSM-based remote monitoring system of farm field meteorological information[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(3): 161 ~ 166. (in Chinese)
  - 14 Ruiz-Garcia L, Barreiro P, Robla J I. Performance of ZigBee-based wireless sensor nodes for real-time monitoring of fruit logistics[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 87(3): 405 ~ 415.
  - 15 LpezRiquelm J A, Soto F, Suarda J, et al. Wireless sensor networks for precision horticulture in Southern Spain[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2009, 68(1): 25 ~ 35.
  - 16 张喜海, 张长利, 房俊龙, 等. 面向精细农业的土壤温度监测传感器节点设计[J]. 农业机械学报, 2009, 40(增刊): 237 ~ 240.  
Zhang Xihai, Zhang Changli, Fang Junlong, et al. Smart sensor nodes for wireless soil temperature monitoring systems in precision agriculture[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(Supp.): 237 ~ 240. (in Chinese)

(上接第 146 页)

- 9 Considine T, Patel H A, Anema S G, et al. Interactions of milk proteins during heat and high hydrostatic pressure treatments: a review[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2007, 8(1): 1 ~ 23.
- 10 Marcos B, Aymerich T, Dolors Guardia M, et al. Assessment of high hydrostatic pressure and starter culture on the quality properties of low-acid fermented sausages[J]. Meat Science, 2007, 76(1): 46 ~ 53.
- 11 Master A M, Krebbers B, Berg R, et al. Advantages of high pressure sterilisation on quality of food products[J]. Trends in Food Science & Technology, 2004, 15(2): 79 ~ 85.
- 12 San Martín M F, Barbosa-Cánovas G V, Swanson B G. Food processing by high hydrostatic pressure[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2002, 42(6): 627 ~ 645.
- 13 Dong-Un Lee, Volher Heinz, Dietrich Knorr. Evaluation of processing criteria for the high pressure treatment of liquid whole egg: rheological study[J]. LWT-Food Science and Technology, 1999, 32(5): 299 ~ 304.
- 14 Ahmed J, Ramaswamy H S, Alli L, et al. Effect of high pressure on rheological characteristics of liquid egg[J]. LWT-Food Science and Technology, 2003, 36(5): 517 ~ 524.
- 15 韦来红, 张晓娟. 咸蛋腌制过程中几项理化指标变化规律的研究[J]. 中国家禽, 1997(11): 44 ~ 45.