

基于 ZigBee 无线网络的大棚种植温度监测系统

鲁照权 黄梅初 杜征 刘芳 (合肥工业大学电气与自动化工程学院, 安徽合肥 230009)

摘要 针对大棚种植温度监测系统, 讨论了无线温度监测系统的技术要求, 阐述了基于 ZigBee 无线检测网络的系统结构与硬件、软件设计。随着规模农业的快速发展, 无线网络农业自动化系统将有非常广阔的推广应用前景。

关键词 现代化规模农业; 温度监测; 无线网络; ZigBee

中图分类号 S126 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)13-05682-03

Greenhouse Planting Temperature Monitoring System Based on ZigBee Wireless Network

LU Zhao-quan et al (College of Electric and Automation Engineering, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui 230009)

Abstract Aiming at greenhouse planting temperature monitoring system, the technical requirements of the wireless temperature monitoring system was discussed. The system structure, the design of software and hardware based on ZigBee wireless detection network were expounded. With the rapid development of large-scale agriculture, the wireless network agricultural automation system would have a very wide popularization and application foreground.

Key words Modern large-scale agriculture; Temperature monitoring; Wireless network; ZigBee

基于无线网络技术的自动监测系统分布在各个检测点的传感器自动收集包括土壤湿度、氮浓度、pH 值、降水量、温度、空气湿度和气压等数据。无线网络将这些数据和地理位置信号传送到中央监控室供种植者参考。以测量种植黄瓜的塑料大棚温度为例, 笔者设计了基于无线网络技术的温度采集显示系统。

黄瓜栽植后, 要密闭大棚 4~5 d, 尽量提高气温至 30℃ 以上, 甚至短期内达到 40℃, 以促进活棵。活棵以后, 应适当降低气温。大棚中晴天白天气温的调节范围, 原则上可参考黄瓜光合作用光合成的适温。黄瓜光合成的适温为 27~28℃。午后要适当增加通风, 使温度大体上降低到光合成适温以下 5℃; 傍晚要停止通风, 做好保温工作。虽然大棚中夜间温度随着外界温度逐渐下降, 但要尽可能保持适温。由于阴雨天光照弱, 大棚中温度一般较晴天降低约 5℃。黄瓜适宜的地温为 18~20℃, 根毛生长最低界限的地温为 13℃。与其他果菜类相比, 黄瓜对地温更为敏感。地温过低时, 生长停滞, 叶片下垂, 叶色变黄。所以, 大棚内空气温度和地温的保持对黄瓜的生长非常重要。

1 无线温度监测系统技术要求

无线自动测温系统的发射模块根据生产需要零散分布在大棚内, 以检测空气与地表温度。系统的主要技术要求: 成本低, 减少投资成本是其今后广泛应用的关键因素; 功耗低, 由于供电不便, 发射模块使用电池供电, 功耗要尽可能低; 接收端可以采用市电, 无市电地区可以采用太阳能电池供电; 系统能识别本网络发来的各点温度测量值, 并且能准确确定温度值所属的地理位置; 系统能滤除别的网络发来的任何数据; 接收端能对各点的温度实时显示。

无线局域网技术目前比较流行的有 802.11 标准 (WiFi)、HomeRF 标准 (家庭网络)、蓝牙标准 (Bluetooth) 及 ZigBee 标准。而满足低功耗、低成本等要求的只有 ZigBee。ZigBee 是一组基于 IEEE 802.15.4 无线标准开发的有关组网、安全和应用软件方面的技术标准。ZigBee 致力于实现一种适用于固定、便携或移动设备的低复杂度、低成本、低功耗、低速率的

短距离双向无线通信网络。它可工作在国际免授权的 2.4 GHz、美国 915 MHz 和欧洲 868 MHz 3 个免费频段上。2.4 GHz 频段上具有 250 kbps 的最高数据传输率。典型应用的可靠传输距离为 10~75 m, 但实际传输距离根据发射功率和应用环境而定。

2 无线温度监测系统结构

ZigBee 网络层支持星形、网状网和树形 3 种类型拓扑结构。根据测温点分散分布的特点, 选择如图 1 所示的网状网拓扑结构。网状网通过自组织和无线路由功能可提供多个数据通信路径。当最优通信路径发生故障时, 网状网会在冗余的其他路径中选择最合适的路径供数据通信。因此, 网状网有效缩短了信息传输延时, 并提高了网络通信的可靠性。

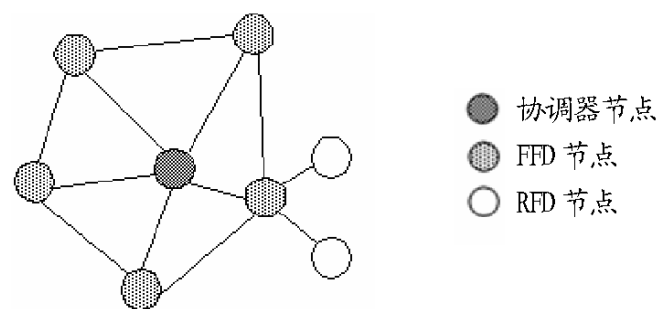


图1 网状网拓扑结构

Fig.1 The topology structure of mesh network

ZigBee 网络中的设备分为 FFD (全功能设备) 和 RFD (简化功能设备) 2 种。FFD 是具有路由与中继功能的网络节点。FFD 也可作为协调器 (Coordinator) 使用。协调器是网络组织者, 负责网络组建和信息路由。一个 ZigBee 协调器创建一个新的网络, 为新加入的设备分配 16 位短地址。

无线温度监测系统由多个 (最多可以有 65 535 个) 温度检测与发射模块 (简称发射端) 和 1 个接收与协调模块 (简称接收端) 组成。发射端安装在大棚内需要测量温度的位置, 接收端 (图 1 所示网络中的协调器) 安装在中央监控室内。发射端和接收端的结构如图 2 所示。

该无线温度监测系统为 10 个大棚的 60 个温度监测点而设计。10 个大棚一字排列, 间距 2 m。大棚中心高 2.5 m, 宽 6 m, 长 30 m, 面积 180 m²。在每个大棚内均匀布置 6 个温度采样发射模块, 其中 3 个采集空气温度, 另外 3 个采集地表温度。系统整体结构框图如图 3 所示。

为了保证整个系统的可靠性, 发射模块一部分是 RFD 节

作者简介 鲁照权 (1962-), 男, 安徽合肥人, 博士, 教授, 从事无线网络技术与应用、自动化系统与应用方面的研究。

收稿日期 2008-03-03

点,一部分是具有路由和中继功能的FFD节点(每个大棚中有2个FFD节点,4个RFD节点)。传感器的测温数据在ZigBee RFD或FFD模块中转化为ZigBee通信协议包,传给就近的FFD模块,以多跳通信的方式把数据包传给ZigBee协调

器。ZigBee协调器收到数据包后,一方面按原路径返回收到确认信息,以到达发送数据的RFD或FFD模块,实现握手信号,完成一次完整的ZigBee无线通信;另一方面,ZigBee协调器收到的数据供显示与管理。

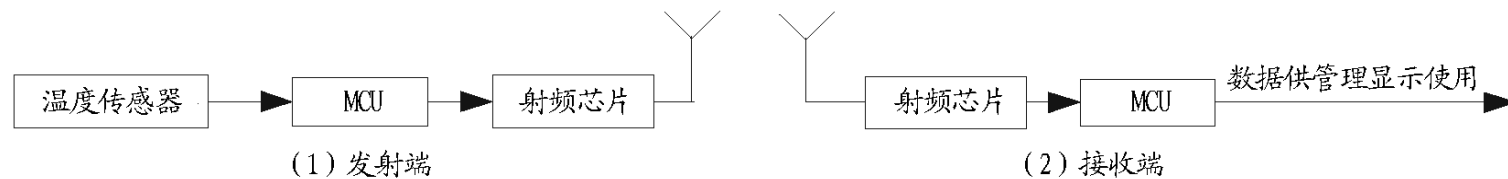


图2 发射端、接收端示意

Fig.2 Schematic diagram of the sending module and receiving module

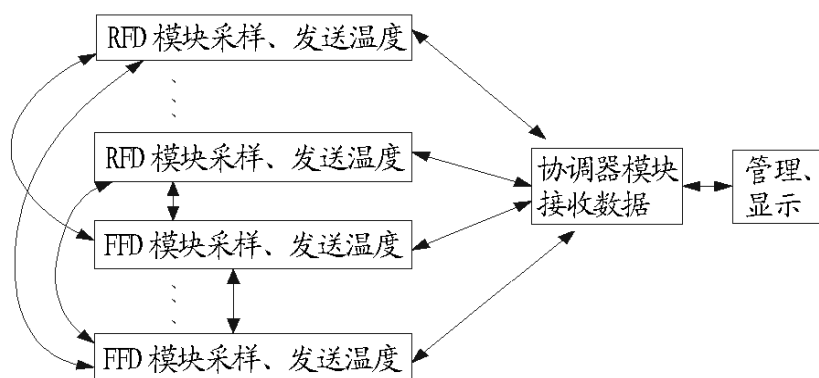


图3 无线温度监测系统结构

Fig.3 The structure of the wireless temperature monitoring system

3 系统硬件设计

选择DS1820、ATmega48、CC1100构成发射端,ATmega48、CC1100、DS2401构成接收端,可以使系统具备高可靠性、低成本、低功耗的特点。

DS1820是美国DALLAS半导体公司生产基于One Wire技术的数字式温度传感器,全部电路集成在形如一只TO-92封装的三极管内,测温范围为 $-55 \sim 125$ 。DS1820仅需一根信号线与MCU连接,无需外围元件,直接将温度转化成数字信号,以9位数字方式串行输出,并由信号线提供电源。

ATmega48是ATMEL公司生产的基于AVR增强型RISC结构的极低功耗8位CMOS微控制器。正常模式:1 MHz,1.8

V/300 μ A;32 kHz,1.8 V/20 μ A(包括振荡器);掉电模式:1.8 V/0.5 μ A。

CC1100是一种低成本的基于Chipcon'Smart RF技术且符合标准ZigBee协议的单片可编程UHF收发芯片,为低功耗无线应用而设计。其工作频段灵活,电路主要设定在315、433、868和915 MHz的频段。只需极少外部元器件,性能稳定且功耗低。CC1100为数据包处理、数据缓冲、突发数据传输、清晰信道评估、连接质量指示和电磁波激活提供硬件支持。CC1100的主要操作参数和64位传输/接收HFO(先进先出堆栈)可通过MCU的串行外围接口SPI控制。

DS2401是DALLAS的另一款基于One Wire技术的电子注册码,提供绝对唯一的识别功能。内含一个64位ROM,其中包括48位唯一序列码、8位CRC校验码和8位族码(01H)。DS2401的这个序列号恰好可以作为接收端(网络协调器)的ID码,用来作为这个网络的标识符。

发射端的硬件电路如图4所示。传感器DS1820将采集到的数据发送给ATmega48,ATmega48将数据通过SPI口发送给CC1100,再由CC1100将数据打包后发送给监控室接收模块。接收模块的硬件电路是图4中除掉传感器的部分后加上一个DS2401,其余硬件结构一样。

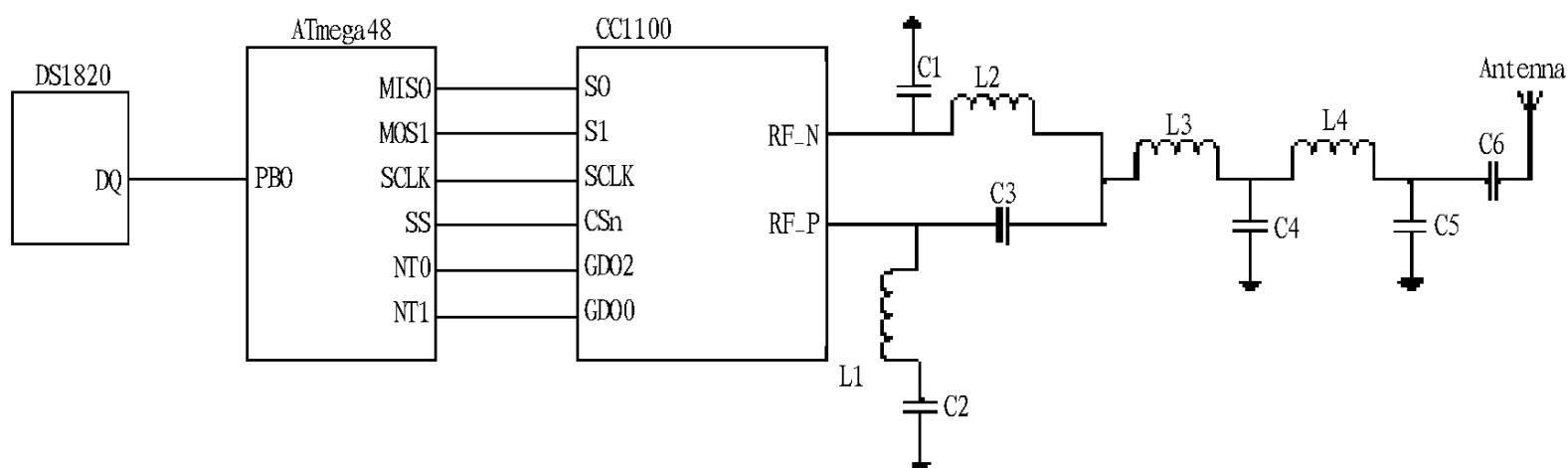


图4 发射端硬件电路

Fig.4 Hardware circuit diagram of the sending module

4 系统软件设计

4.1 数据帧格式 RFD或FFD子节点(即发射端)通过ZigBee无线网络与监控室的接收端之间以数据帧形式相互传递命令与数据。ZigBee网络的数据帧格式中,帧控制域包含所定义的帧类型、协议版本和路由发现等;目的地址值为16位的目的设备网络地址或者为广播地址(0xFFFF);源地址值为16位源设备的网络地址。除了帧报头,数据帧还包括负载部分,帧负载长度是可变的,不同类型帧的负载格式是不一样

的。ZigBee网络的命令帧格式,就是在数据帧格式中的帧载荷为网络层命令标识符和可变长的命令载荷。网络层命令标识符域表明所使用的网络层命令,包括路由请求、路由应答、路由错误。

该文构建的系统共有60个发射节点和1个接收节点(协调器)。这60个发射节点的网络短地址由网络中的协调器来分配,其值范围为0x0000~0x003C,网络协调器的地址为0x003D;将协调器本身的ID码加上发射模块的地址总共10

个字节——对应发给各发射模块作为发射端的ID码。接收端对收到的有效载荷进行分析,提取有用数据(发射模块的ID码和温度值)。CC1100提供为数据包导向的通信协议内置的硬件支持:CC1100在传输模式下,数据包处理器会添加可控数量的前导字节和2个字节的同步字节存储在TXFIFO内的数据包中。当收到同步词汇时,CC1100的GDO0引脚被声明。这个信号可作为外部中断信号来唤醒单片机。

4.2 发射端软件设计 图5(a)、(b)分别为定时采样中断程序与通信中断程序流程图。发射端由电池供电,为了提高其使用寿命,必须尽可能减少系统的工作时间,让系统在非测温情况下进入睡眠状态。因此,ATmega48采用定时采样中断方式工作。由于大棚内温度变化缓慢,采样周期可设定为1min。每次中断时将从DS1820读出的温度检测数据存储到CC1100的发送堆栈TXFIFO,等待CC1100进入发送模式下将数据发送出去。ATmega48完成以上工作后便进入睡眠状态。

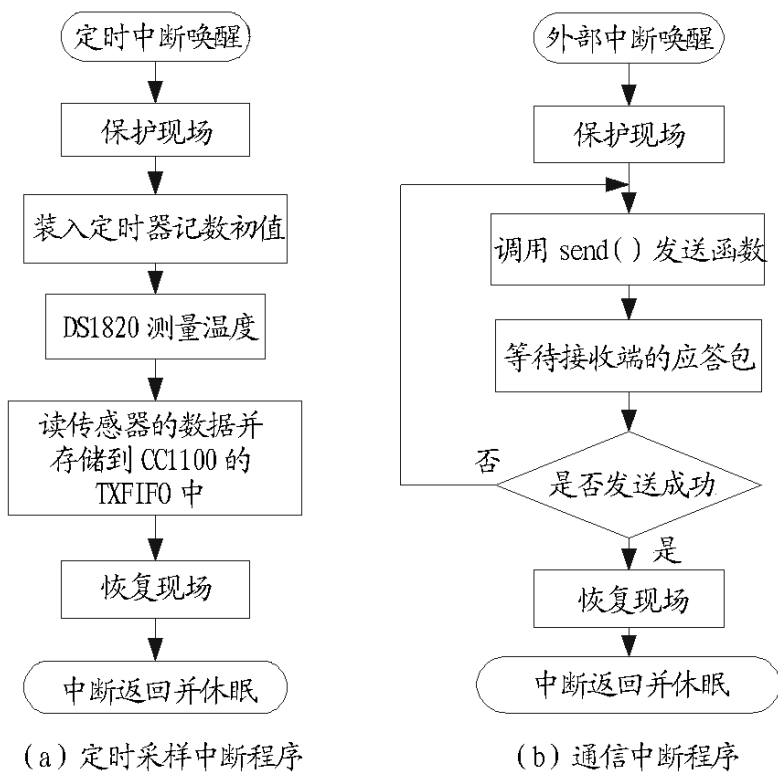


图5 系统发射端定时采样中断程序、通信中断程序流程

Fig.5 Program flow chart of the timing interrupt sampling and communications interrupt of sending module

CC1100有一个可选的在一段可控时间之后自动终止接收模式的功能。这个功能称为电磁波激活(WOR)。CC1100不是一直处在接收模式等待接收端请求发送数据命令的到

(上接第5681页)

城市的磨合、素质的提高、逐步适应城市生活、具备市民的基本条件提供了合适的保障条件。因此,农民工这个带有鲜明过渡性名称,是目前最适应农民市民化进程的称谓。

4 结语

农民工名称的保留,并不意味着它将是农民工的终身印记,更不意味着要保存不合理的城乡分割的二元社会结构。当农民工经过选择、适应,做出留在城市工作的最终选择,并迁移了户籍,有较稳定工作和收入,就应当及时转为市民,而不应再称之为农民工。对此,应建立畅通的“转入”机制。同时,应当在有利于保障农民工权益的前提下,打破对农民工在就业、工资待遇、居住、医疗、社会保障、子女入学等方面的不平等待遇,使他们享受与市民同样的权利。当绝大多数农民工完成了市

来,而是周期性地从深度休眠状态激活,从而不需要MCU的作用即能测到请求发送数据命令。ATmega48在休眠状态下由CC1100激活。当CC1100侦测数据包的同步词汇时就给ATmega48发一个外部中断信号。ATmega48响应中断后调用数据发送函数send(),将存储在TXFIFO中的温度值发送给监控室的接收端。发射端接收应答包后便自动进入休眠模式,直到下一次发送数据的开始。

4.3 接收端软件设计 监控室内接收端按一定的顺序逐一请求各发射端发送温度数据。接收端向某一发射端发送请求发送数据命令后,等待数据包的到来。收到数据包后,接收端再请求下一个发射端发送数据,循环往复。

当CC1100侦测到发来的数据包的同步词汇时就给ATmega48发一个外部中断信号。在中断程序中里调用接收函数receive(),若接收到的数据包中,检测校验码是正确的,就发一个应答包到数据包来源的发射端,表明已收到数据。将接收到的ID码与注册表中的ID码进行比较,如果与其中的某个ID码相匹配,则数据被处理并保存,并显示在屏幕上将该测温点的温度值刷新。

5 结语

现代化规模农业生产需要科学技术支撑。无线温度监测系统能实时、准确地测量并显示大棚内各点的温度,使种植者能及时了解农作物的生长环境,从而及时、有效地采取措施,保证农作物快速、健康成长。该文提出的无线温度监测系统是农业自动化系统的一个典型范例。随着规模农业的快速推进和发展,基于无线网络技术的农业自动化系统具有非常广阔的推广应用前景。

参考文献

- [1] 蒋挺,赵成林.紫蜂技术及其应用[M].北京:北京邮电大学出版社,2006.
- [2] 王幸之,钟爱琴.AT89系列单片机原理与接口技术[M].北京:北京航空航天大学出版社,2004.
- [3] 闫银发,公茂法,汤元信.基于ZigBee技术的无线网络抄表系统设计[J].电测与仪表,2006(43):43-45.
- [4] 耿萌,张效义,欲宏毅.ZigBee路由技术研究[J].传感器与微系统,2006,25(11):82-85.
- [5] ZigBee Alliance document[Z].
- [6] IEEE Std. 802.15.4. Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPAN) [EB/OL]. (2003-04-15) [2008-02-15] <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4-2003.pdf>
- [7] Chipcon. CC1100 Data Sheet. Chipcon corporation[Z].
- [8] Chipcon. AN038, CC1100/CC2500—Wake-on-Radio[Z].

民化过程,完全取得了市民的平等权利,农民工这个带有过渡性的名称,将告别历史舞台。

参考文献

- [1] 陈映芳.农民工:制度安排与身份认同[J].社会学研究,2005(3):119-132,244.
- [2] 国务院研究室课题组.中国农民工调查报告[M].北京:中国言实出版社,2006.
- [3] 巫继学.农民工在中国经济中的十大革命性意义[EB/OL]. (2006-03-17) [2008-02-01] <http://finance.zgrw.com/>.
- [4] 黄黎若莲,郑功成.和谐社会与公共政策:回应中国农民工的呼唤[EB/OL]. (2007-03-02) [2008-02-01] <http://www.smg.cn/>.
- [5] 董星,张海波.农民工社会政策及其建构[J].社会保障研究,2006(1):182-183.
- [6] 国家统计局.半数以上农民工设想未来定居城市[N].中国青年报,2006-10-25(2).
- [7] 邱四维,信海光.未来20年,一场深刻的社会变革[EB/OL]. (2005-11-04) [2008-02-01] <http://news.xinhuanet.com>.
- [8] 唐勇林.91.7%受访者认为有必要进行户籍改革[N].中国青年报,2007-02-26(1).