

基于 ZigBee 的太阳能集热器无线跟踪系统

沈卓民, 姜周曙*, 黄国辉

(杭州电子科技大学 自动化研究所, 浙江 杭州 310018)

摘要: 为解决太阳能集热器吸收热能效率低、布线难度大及管理不便等问题,将 ZigBee 无线通信技术应用到太阳能集热器跟踪系统中。开展了太阳能集热器热能吸收效率研究,建立了太阳位置和当地地理位置之间的关系,研制了精确跟踪太阳位置的集热器无线控制系统;采用了 Cortex_M3 架构的 32 位处理器 STM32W108,在处理器内部集成了 ZigBee 无线通信部分;通过全球定位系统(GPS)获取了当地地理位置和本地时间计算太阳位置;采用了 C# 上位机软件监控和管理无线系统。测试结果表明:该系统能精确跟踪太阳,提高集热器吸热效率;并具有组网方便、布线少、数据传输可靠等特点。

关键词: 太阳能集热器; 无线跟踪系统; ZigBee; STM32W108; 全球定位系统

中图分类号: TP23;TK51 文献标志码:A

文章编号: 1001-4551(2012)10-1228-04

Solar collector wireless tracking system based on ZigBee

SHEN Zhuo-min, JIANG Zhou-shu, HUANG Guo-hui

(Institute of Automation, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to solve the problems of solar collector, such as low efficiency to absorb the heat energy, large hardness to wiring and inconvenience to manage, ZigBee wireless communications technology was applied to the solar collector tracking system. After researching heat absorption efficiency of solar collector, the relationship between the position of the sun and the local location was established, and then wireless control system of collector for tracking the position of the sun accurately was developed. In this system, MCU of STM32W108, which is a 32 bit microprocessor with Cortex_M3 architecture, was used to integrate the ZigBee wireless communication module in microprocessor, global position system (GPS) was used to obtain the local geographical location and the local time for calculating position of the sun, the upper computer software designed by C# was used to monitor and manage the wireless system. Test results indicate that the system can track the sun accurately and improve collecting heat efficiency obviously. It also has advantages of convenient networking, less wiring and high reliability of data transmission and so on.

Key words: solar collector; wireless tracking system; ZigBee; STM32W108; global position system(GPS)

0 引言

当前,人类正处于全球化石能源日趋枯竭的困境,面临着化石能源的大量使用所带来的生态环境恶化的问题。新能源的使用是引发绿色能源革命和绿色建筑的交汇点,是节能的主流^[1]。太阳能作为一种可再生清洁能源,可免费使用,资源又丰富,有良好的发展前景。直接利用太阳能主要有两种方式:太阳能集热器和太阳能电池。目前,太阳能集热器已经广泛应用到工业和日常生活中,如太阳能光热发电、太阳

能热水器、太阳能热泵等。但由于太阳位置随时间而变化,集热器的太阳辐照量也随之改变,降低了太阳能利用率^[2]。鉴于此,科研人员采用当地经纬度和时间来计算太阳位置,使太阳能集热器精确跟踪太阳,以获得最大太阳辐照量。

随着网络及通信技术的飞速发展,人们对无线通信的需求越来越大^[3]。目前,国内工业上的太阳跟踪监控系统基本采用有线通信方式,给整个工程的施工布线和网络管理带来较大难度,不能满足人们的需求。而短距离无线通信技术的发展,不仅降低了系统

收稿日期: 2012-05-18

作者简介: 沈卓民(1988-),男,浙江舟山人,主要从事智能仪表与控制装置方面的研究. E-mail:shenzm1988@163.com

通信联系人: 姜周曙,男,教授,博士. E-mail:jiangzhou_shu@163.com

成本,而且为复杂工业现场和恶劣气候环境的施工和维护带来便利。ZigBee 无线通信协议在组网和数据可靠性方面有不容忽视的优势,为提高集热器太阳辐射量和集热器吸热效率,并降低系统成本和布线难度。

本研究研制基于 ZigBee 技术的太阳能集热器无线跟踪系统,以实现低成本、高可靠性的无线环保节能系统。

1 总体方案介绍

传感网络通讯模型及硬件构成如图 1 所示。

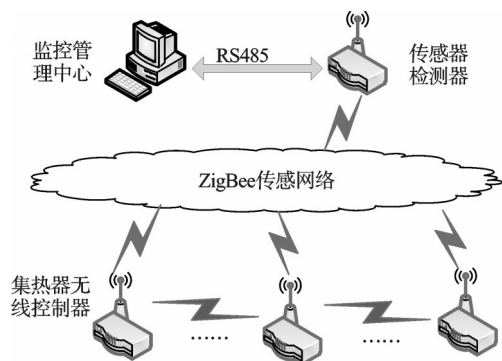


图1 传感网络通讯模型及硬件构成

由图 1 可见,系统控制分为传感器检测器和太阳能集热器无线控制器。传感器检测器用来检测 GPS 数据获得当地地理位置,并检测当地温、湿度状况及风速,把这些数据通过 ZigBee 无线网络广播给集热器无线控制器。一个区域的太阳能集热器阵列只需安装一个传感器检测器,不仅降低系统成本而且布线极其简单;而无线控制器根据接收到的数据计算太阳位置、判断天气状况,以控制集热器电机的运行状态。

因此,研究者需要先计算出太阳位置,可由太阳高度角 α 与方位角 β 来确定,即:

$$\sin \alpha = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos h \quad (1)$$

$$\tan \beta = \frac{\cos \varphi \cos \delta \sin h}{\sin \varphi \sin \alpha - \sin \delta} \quad (2)$$

式中: δ —太阳赤纬角, φ —当地纬度, h —时角^[4]。

太阳赤纬角与时角可由当地时间确定,同时纬度也是确定的,因此只要得到当地地理位置与时间信息就可以确定此时此刻的太阳位置。

2 系统总体设计

2.1 无线网络架构

目前,最常见的几种短距离无线通信技术有 WiFi、蓝牙和 ZigBee^[5]。与其他无线通信技术相比,ZigBee 具有成本低、功耗低、可靠性高、组网能力强等特点,主要应用于低数据速率场合^[6-7]。系统中采用 ZigBee Pro 协议栈,该协议栈适合规模较大、较复杂的

无线传感网络,如用于家庭自动化、环境监测和智能能源应用的 Mesh 网。在无线 Mesh 网络中,任何无线设备节点都可以同时作为接入点和路由器使用,网络中的每个节点都可以发送和接收信号,每个节点都可以与一个或者多个对等节点直接通信^[8]。采用 Mesh 网拓扑的另一个原因在于节点能够灵活地加入和退出网络。因此,ZigBee 比较适用于近距离的无线传感网络。

2.2 硬件设计

系统硬件由传感器检测器和太阳能集热器控制器两大部分组成。检测器和控制器的核心 MCU 都是 STM32W108,它们的基本外围电路和 ZigBee 无线通信部分的外围电路相同,其功能模块电路不同。STM32W108 是意法半导体(ST)公司最新推出的一个完全集成的系统级芯片,该芯片集成了符合 IEEE802.15.4 标准的 2.4 GHz 收发器、32 位 ARM Cortex-M3 微处理器、Flash 闪存、RAM 存储器以及基于 ZigBee 系统使用的很多通用外设^[9-10]。STM32W108 无线接收器使用差分信号通路,以减少对噪声干扰的敏感性。STM32W108 芯片不同版本分别固化了 802.15.4 MAC、ZigBee、RF4CE 等协议栈,程序员无需理解、开发网络协议,就可以进行符合相关标准的无线网络产品开发,这不仅给开发程序员带来了方便,也是目前与其他 2.4 GHz SoC 的最大区别之一。

传感器检测器主要由电源、传感器检测电路和调试接口组成。传感器检测器的功能是检测 GPS 数据、风速传感器和温湿度传感器,并把数据广播给太阳能集热器控制器;其另一个功能是作为终端设备,通过 RS485 总线与监控计算机通信,通过上位机软件查看设备网络状态和设备运行状态,便于系统监控管理。传感器硬件整体框图如图 2 所示。

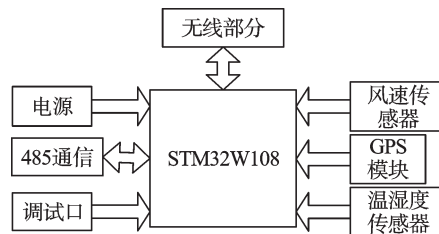


图2 传感器硬件整体框图

在设计硬件电路时特别需要注意的是无线 RF 部分阻抗平衡和电感、电容组成的匹配网络。STM32W108 核心板无线部分阻抗匹配电路设计如图 3 所示。图 3 中,本研究采用外置 50 Ω 阻抗匹配变压器 T1,提供了不平衡 50 Ω 阻抗变换,实现了 STM32W108 的最佳负荷。

风速传感器测风速范围是 0~50 m/s。传感器输出 5 V 脉冲信号,频率 0~1 000 Hz;而单片机由 3.3 V 供电,故不能直接接入单片机,该脉冲信号通过光耦

ApplicationTick()函数在程序中主要完成用户需求性功能,如检测风速、温湿度、处理接收到的数据及控制跟踪等;该函数还提供特定服务保持网络正常运行。

当太阳能集热器控制器(即Sensor节点)加入了由传感器检测器(即Sink节点)建立的的网络后,它们之间就会进行信息交互。首先,Sink节点开始组播自己的身份;若Sensor节点接收到了MSG_SINK_ADVERTISE信息,把Sink节点的地址放到自己的地址表中,并发送SENSOR_SELECT_SINK信息应答Sink节点;接着Sink节点就会收到该信息,它会先判断发送该消息的Sensor节点的地址是否已经加入到它的地址表,如果没有就把Sensor节点的地址加入到自己的地址表中,同时发送SINK_READY信息;当Sink节点和Sensor节点建立连接后,就可以进行数据的发送和接收。在DATA阶段,Sensor节点就可以向Sink节点发送数据,其中最重要的一点就是调用emberSendUnicast()函数,进行单播发送信息;当Sink节点收到Sensor节点发送过来的数据后就回复一个ACK。

3 调试结果

经测试,太阳能集热器无线控制系统的ZigBee网络节点能灵活地加入和退出网络,且集热器能精确地跟踪太阳位置。传感器检测器作为Sink终端节点通过RS485总线与监控计算机通信,其通信波特率为115 200 bps。第一次配置网络的时候在上位机软件中需设置控制模式和跟踪频率。控制模式分为自动控制 and 手动控制;跟踪频率即太阳能集热器校对太阳位置的频率。软件测试过程如下:

(1) 上位机监控软件开启监控后,发送数据通知传感器检测器组建无线网络。Sink节点广播组网信号,如周边的节点收到此信号就自动加入到网络中来;它还把检测到的风速、温湿度、经纬度、时间值以及本身的ID号和网络信息都传给上位机并在软件中显示。主界面显示的ZigBee网络参数:Sink节点ID为0080E102000020A1,频道号为0X1A,广播频率为60 s,并允许节点加入网络。

(2) 组网形成后,网络中的Sensor节点都会单播自身信息给Sink终端节点,Sink节点把以下这些Sensor节点发生的事件信息发送到上位机:加入网络节点ID号、该节点加入/离开网络的时间、当前网络状态和集热器跟踪状态。

监控软件主界面如图5所示。图5中,ID号后4位为20B5的节点在第1条记录中加入网络,第6条中离开网络,并在第10条记录中再次加入网络,最终在第12条记录中离开网络。



图5 监控软件主界面

4 结束语

本研究研制的太阳能集热器无线跟踪系统采用内嵌ZigBee协议的STM32W108为核心处理器,提高了系统的性价比。ZigBee无线数据传输在本方案的应用,使系统施工布线简单,大大降低了成本,整个系统数据传输可靠性高、功耗低。集热器还能精确跟踪太阳,提高了集热器吸热效率,而且能适应强风等恶劣环境,使机械损伤程度降到最低,便于整个系统管理。ZigBee无线通信不仅适用于布线复杂、气候恶劣等工业环境,在日常生活中也具有广阔的应用前景。

无线跟踪系统还可应用到太阳能光伏发电系统中以提高发电效率,在未来的太阳能应用中具有广阔前景,意义深远。

参考文献(References):

- [1] 宣晓东. 太阳能光伏技术与建筑一体化应用初探[D]. 合肥:合肥工业大学建筑与艺术学院,2007.
- [2] 金晶晶. 太阳光线自动跟踪装置[D]. 沈阳:沈阳工业大学视觉检测技术研究所,2007.
- [3] 蔡型,张思全. 短距离无线通信技术综述[J]. 现代电子技术,2004(3):65-67.
- [4] 杨培环. 高精度太阳跟踪传感器与控制器的研究[D]. 武汉:武汉理工大学机电工程学院,2010.
- [5] GISLASON D. ZigBee Wireless Networking[M]. America: Newnes,2008.
- [6] 瞿雷,胡咸斌. ZigBee技术及应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- [7] 孙利民,李建中,陈渝,等. 无线传感器网络[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
- [8] HOSSAIN E, LEUNG K K. 无线Mesh网络架构与协议[M]. 北京:机械工业出版社,2009.
- [9] 沈建华,郝立平. STM32无线射频ZigBee单片机原理与应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2010.
- [10] STMicroelectronics. STM32W108 CB Performance line. [EB/OL]. [2009-09-01]. <http://www.st.com/internet/mcu/product/251301.jsp>.

[编辑:李辉]