

基于 ZigBee 2007/PRO 协议的冰箱物品计费系统

李 诚, 孙 晖*

(浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要:为解决目前酒店房间内信息监控系统采用有线部署的局限问题,将一种基于 ZigBee 2007/PRO 协议的无线传感器网络技术应用到冰箱物品计费系统中。在介绍 ZigBee 技术的基础上,设计了整个系统框架,详细介绍了系统的软件和硬件的设计,实现了酒店前台对各房间信息的集约化管理。研究表明,该方案消除了传统传感器网络布线带来的局限,具有无线传输、维护便捷、低成本、高可靠性和低误码率等特点。

关键词:ZigBee2007/PRO 协议栈;无线传感器网络;冰箱物品计费系统

中图分类号:TP393.17;TN915

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2011)09-1106-03

Goods-billing system in refrigerator based on ZigBee 2007/PRO protocol

LI Cheng, SUN Hui

(College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: In order to solve the limit problems of wired deployment about information-monitored system in the hotel room, the wireless sensor network technology based on ZigBee 2007/PRO protocol for the refrigerator billing-management system was investigated. Based on the introduction of ZigBee technology, the entire system framework was designed, the software and the hardware designs of the system were introduced in detail, and the function that the hotel foreground intensively managed information in every room was achieved. The study results show that, the scheme eliminates the limitation which the traditional network cabling brings, and has the characters, such as wireless transmission, convenient maintenance, low-cost, high reliability and low bit error rate.

Key words: ZigBee 2007/PRO protocol stack; wireless sensor network; goods-billing system in refrigerator

0 引 言

随着现代服务业的快速发展,酒店房间内信息的采集和及时传输已成为服务业全面信息化的发展瓶颈。酒店房间信息管理系统作为一种传感器网络,传统的构建方案有两种:一种是总线制布线,通常采用由 485 芯片为核心的 ModBus 总线技术^[1],该方案在施工现场存在布线困难,不利于整个系统的升级改造;在 100 Kbps 速率以下,才可能使用规定最长的电缆长度 1 219 m,最大节点数只有 128 个,不能满足大型酒店的需求;而且误码率为 1.0×10^{-7} ,且长距离传输需中

继器才能保证。另一种是采用 TCP/IP 技术的双绞线布线技术^[2],该方案在施工现场同样存在布线困难,不能自组网使其开发成本增加,对于大型酒店工程,双绞线的成本也占较大比例。此两种传统的布线技术对于旧的酒店改造工程尤为不利。

新兴的无线传感器网络逐步地替代传统的传感器网络,以其安装简易、升级便捷、低功耗等特点深受全球各组织的欢迎。而 Wi-Fi 和 Bluetooth 技术由于网络大小分别局限于 32 个节点和 7 个节点,使之不适用于大网络、多节点的无线传感器网络。ZigBee 技术作为一种新兴的无线技术,其网络自组织能力拥有最大 65 000 多个节点的网络容量,由于通过大幅简化协议

收稿日期:2010-12-27

作者简介:李 诚(1985-),男,山东龙口人,主要从事无线传感器网络方面的研究. E-mail: leekevin@foxmail.com

通信联系人:孙 晖,男,副教授,硕士生导师. E-mail:sunroam@188.com

(不到蓝牙的 1/10),降低了对通信控制器的要求,且 ZigBee 免协议专利费,因此所需成本即为每块控制器芯片的价格。2007 年第三季度 ZigBee 联盟推出新版本 ZigBee 2007/PRO 规范,可以使网络受到外界干扰无法正常工作时,将网络动态地切换到另一个工作信道上,加上 ZigBee 本身物理层的扩频技术和应用层的应答重传功能,保证了传感器网络高可靠性通信的实现,也使其拥有 1.0×10^{-10} 的低误码率^[3]。

本研究提出一种基于 ZigBee 2007/PRO 协议无线传感器网络技术的解决方案,以 TI 的射频芯片 CC2530/2531 为核心,采用网状网络结构,实现酒店前台对各房间信息的集约化管理。

1 酒店冰箱计费系统设计原理

本研究在酒店房间内安置一台销售冰箱,内含各种食品、药物等以便客人使用,并对客人使用物品的类别和数量信息进行及时汇总并通过无线传感器网络发送给前台,使前台实时地对消费情况进行信息管理。同时冰箱作为一种无线传感器网络的一个节点,具有对房间内温度、冰箱内温度等数据的采集汇总功能,以及背景灯光调节、LCD 显示友好界面等功能。

每个房间的子节点和前台总节点构成整个无线传感器网络系统,其拓扑结构如图 1 所示。该系统设计的无线传感器节点按功能分为协调器节点和路由器节点。每个房间内的冰箱节点都作为路由器节点,可以相互接收并转发周围房间内的信息^[4],采用按需距离矢量(AODV)路由协议^[5],将邻节点数据信息按最优路径发送给协调器。前台监控中心的节点是协调器节点,是整个网络的核心,负责建立和维护网络,并作为无线传感器网络的网关,将汇集所有路由器节点的信息传递至上位机 PC 中。

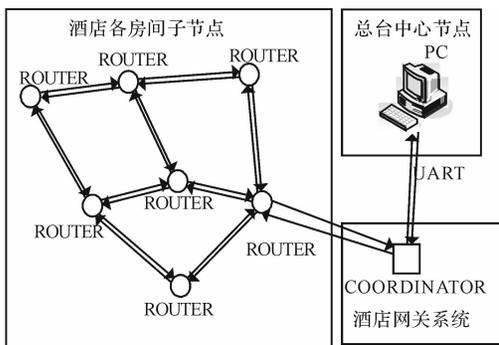


图 1 酒店计费系统拓扑结构

该系统所有的节点都是对等全功能设备(FFD)^[6],这样在某些局部的空间内,都具有相互收发

(或转发)信息的功能,大大减小了网络死角问题。

2 ZigBee 节点的硬件模块

酒店前台 ZigBee 节点作为协调器节点,其硬件模块由处理器模块、无线模块和电源模块构成,如图 2 所示,主要负责建立、维护网络,并将节点信息转发给 PC 机处理。房间内冰箱 ZigBee 节点作为路由器节点,是由处理器模块、传感器模块、无线模块、电源模块和显示模块 5 部分组成,如图 3 所示,处理器模块通过串行 UART 总线和无线模块通信,通过 485 总线和传感器模块通信,通过并行线和显示模块 LCD 相连。

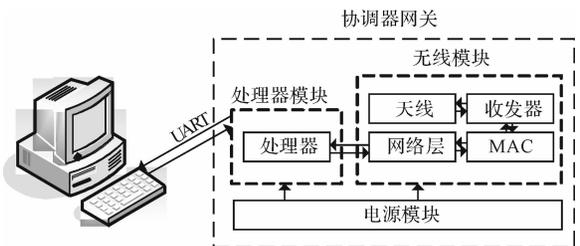


图 2 协调器节点硬件模块图

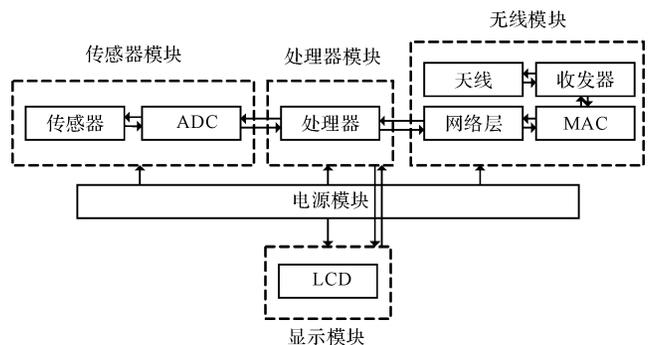


图 3 路由器节点硬件模块图

电源模块负责给传感器模块、处理器模块、无线模块和显示模块供电,采用 3.3 V 和 5 V 双路供电,显示模块可支持显示房间内物品的各种信息。

2.1 处理器模块电路

处理器模块采用的是 STC12C5A08S2 芯片,通过 5 V 电源供电,其中第 5 脚(RXD1)、第 7 脚(TXD1)通过电平转换装置和无线模块的 RXD、TXD 相连。第 42 脚(RXD2)、第 43 脚(TXD2)和 485 芯片相连,485 芯片进而和冰箱内部每层托盘的传感器模块通信。

2.2 无线通信模块电路

无线收发模块采用了 TI 公司最新的产品 CC2530F128^[7],该芯片特点如下:集成了整个 ZigBee2007/PRO 协议栈,以 128 KB 的系统内可编程 Flash 用于装载整个协议栈。双 USART 模式使其作为协调器时,和上位机 PC 通信;作为路由器时,和处理

器模块 MCU 通信。芯片采用 3.3 V 电源供电,其中 P0.2 (RXD) 和 P0.3 (TXD) 脚和 STC12C5A08S2 芯片通信。外部晶振 32 MHz 用于数据收发,通过单极天线或者 PC 天线进行无线通信。

2.3 传感器模块

每个房间内的冰箱系统需采集的信息有室内温度、冰箱内温度、冰箱内托盘物品存储状况、冰箱门状态等信息。

对于室内和冰箱内温度信息,本研究采用 DS-18B20 数字温度传感器,独特的单线接口方式,使之在与微处理器连接时仅需要一条口线即可实现微处理器与 DS18B20 的双向通讯,降低微处理器 I/O 口资源紧张的程度。而测温范围为 $-55\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +125\text{ }^{\circ}\text{C}$,固有测温分辨率 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,使之在室内和冰箱内通用,对程序的开发程度降低。

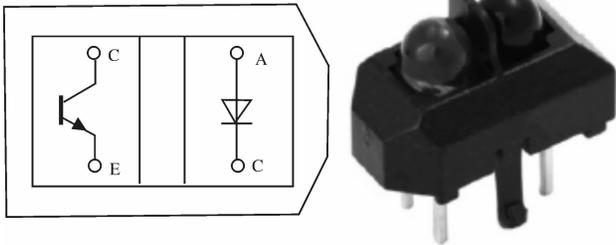


图 4 TCRT5000 结构示意图

对于托盘物品的存储情况,本研究使用 TCRT5000 作为检测方法。TCRT5000 是一种红外传感器,其工作原理如图 4 所示,AC 红外发射二极管处在 VCC 下处导通状态,当物体靠近 TCRT5000 时,其发射红外线经反射被 CE 端接收,使之导通,通过产生电平的变化判断物品是否被取走。进而可以进入计费模式,完成下冰箱的工作。

3 软件设计

3.1 软件的整体功能和启动流程

ZigBee 节点采用 ZigBee 2007/PRO 协议栈,路由器节点的任务是将采集的各路信号经过中央处理模块转换成通信协议的标准格式后,通过 ZigBee 无线网络^[8] 发送到协调器中,协调器节点接收通信数据后发送给上位机进行处理。协调器(左)和路由器(右)启动流程图分别如图 5 所示。

该系统所用开发环境为 IAR7.51,所用 Z-Stack 版本为 2.3.0,在 TI 提供的 Z-Stack^[9] 基础上,修改成组内串口模式,无需绑定,下位机路由器节点在上电后自

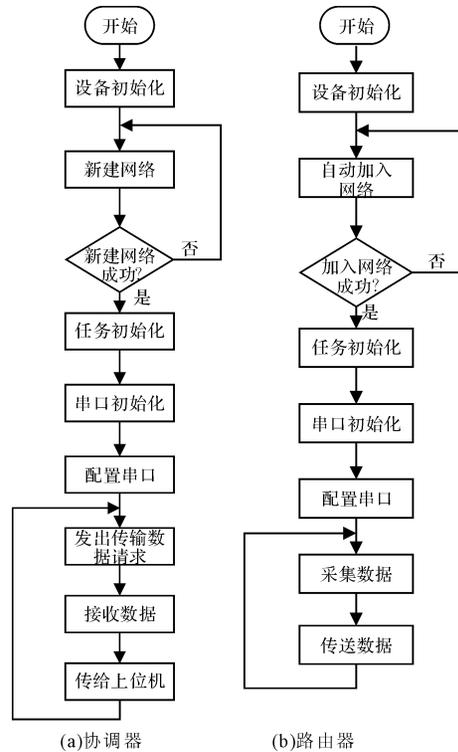


图 5 协调器和路由器上电流程图

动加入网络,并向组内发送串口提供的传感器数据信息。

3.2 匹配地址的设计

由于整个无线传感器网络是按短地址发送,而每次上电加入网络后其短地址是随机分配,为了解决房间号和发送相对应的问题,本研究采用了上位机地址映射关系。其解决思路如下:

路由器每次上电后,将自身固定的物理地址(64 位长地址)和入网后随机分配的网络地址(16 位短地址)二者信息存储到地址匹配缓冲池中,并通过 Flash 的 ClusterID 形式发送给协调器并转发给上位机 PC 中,存储在前台数据库中,前台数据库建立“房间号—长地址—短地址”映射表,由此,路由器每次上电将更新长地址和短地址的映射信息,而房间号和长地址的映射信息是由物理移动冰箱至所定房间时设置。这样房间号和短地址匹配起来,每次发送信息就可以正确发送。

当各房间向总台发送信息时,路由器节点按 SerialApp 的 ClusterID1 形式发送信息给协调器,协调器接收信息后按 SerialApp 的 ClusterID2 形式返回给路由器,若路由器没有收到 ClusterID2 形式的数据包,则继续以 ClusterID1 形式发送数据信息,若收到,则一次发送信息结束,这就是 ZigBee 的应答重传机制。保证了数据在大网络传输途中不丢失。

(下转第 1116 页)

逻辑单元(LE),本研究方法消耗 192 bits ROM 资源和 590 个逻辑单元(LE)。

4 结束语

本研究介绍了采用分段多项式逼近算法实现 DDS 中相幅转换模块的方法,与传统的 ROM 查找表方法相比,可降低整个 DDS 系统占用的资源。本研究在 Quartus II 开发环境下完成了一个二阶分段多项式逼近的 DDS 设计,并在 Cyclone II 系列 EP2C8Q208C8 芯片上实现了验证、调试,在性能和资源消耗方面与基于 ROM 查找表的结构作了比较。同时对电路结构作模块化和参数化处理,使其具有一定的通用性。

参考文献 (References) :

[1] ELSAI M, ELMASRY L M. An improved ROM compression technique for direct digital frequency synthesizers[C]//Proceeding of IEEE International Symposium Circuits and Systems,2002:437-440.

[2] CARO D,STROLLO A G. Reducing lookup-table size in direct digital frequency synthesizers using optimized multipar-tite table method[J]. **IEEE Transactions on Circuits and**

System I:Regularpapen, 2008,44(7):2116-2127.

[3] CURTICAPEAN F,PALOMAKI K,NIITTYLAHTI J. Quad-rature direct digital frequency synthesizer using angle rotation algorithm[C]// Proceeding of IEEE International Symposium Circuits and Systems,2003:81-84.

[4] SUNG T Y, KO L T, HSIN H C. Low-power and high-SFDR direct digital frequency synthesizer based on hybrid CORDIC algorithm[C]//IEEE International Symposium Circuits and Systems,2009:249-252.

[5] LANGLOIS J,AL KHALILI D. Novel approach to the design of direct digital frequency synthesizers based on linear interpolation[J]. **IEEE Transactions on Circuits and System II:Analog and Digital Signal Process**, 2003,50(9):567-578

[6] ASHRAFI A, ADHAMI R, MILENKOVIC A. A direct digital frequency synthesizer based on the quasi-linear interpolation method[J]. **IEEE Transactions on Circuits and Systems I**,2010,57(4):863 - 872

[7] ASHRAFI A, ADHAMI R. Theoretical upperbound of the spurious-free dynamic range in direct digital frequency synthesizers realized by polynomial interpolation methods[J]. **IEEE Transactions on Circuits and Systems I**,2007,54(10):2252-2261. [编辑:李 辉]

(上接第 1108 页)

3.3 集约化管理

酒店前台的 PC 机和协调器节点相连,PC 机上的上位机软件对整个酒店房间内冰箱具有集约化管理功能,如对冰箱的制冷、开锁、LCD 显示等。并有将各房间信息汇总至数据库和实时显示的功能。软件界面如图 6 所示。



图 6 管理软件部分界面图

4 结束语

为了及时、方便地获取酒店房间内的数据信息,笔者研究开发了基于 ZigBee2007/PRO 协议栈的酒店冰箱计费管理系统,并已进入投产阶段。该系统具有成本低、安装维护方便、大网络节点等特点,非常适用于

酒店管理系统。经大量数据的测试,整个系统可以可靠工作,没有出现误操作状况,尤其以安装便捷、维护简单等优点而得到广泛的应用。

参考文献 (References) :

[1] 卢文俊,冷 杉,杨建军,等. 基于 Modbus 协议的控制器远程监控系统[J]. 电力自动化设备,2003,23(6):54-56.

[2] 李 新,张 淳,张从力,等. 基于以太网的多路通信电源远程控制方案[J]. 重庆大学学报:自然科学版,2006,29(9):28-32.

[3] 张 莉. ZigBee 技术在物联网中的应用[J]. 电信网技术,2010,3(3):1-5.

[4] 齐 楠,韩 波,李 平,等. 基于 ZigBee 的智能家庭无线传感网络[J]. 机电工程,2007,24(2):20-22.

[5] 马 军. 一种基于 AODV 的多路径路由协议[J]. 计算机应用与软件,2010,27(3):219-221.

[6] 李文仲,段朝玉. ZigBee 2007/PRO 协议栈实验与实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2009.

[7] Texas Instruments. CC253x/4x Datasheet[EB/OL]. [2010-09-24]. <http://www.ti.com/cn/litv/pdf/swru191b.pdf>.

[8] GAO Mei-juan ,XU Jin. ZigBee Wireless Mesh Networks for Remote Monitoring System of Pumping Unit[C]// Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Control and Automation. Chongqing : [s. n.], 2008:5901-5905.

[9] 吴光荣,全剑敏,章剑雄,等. 基于 ZigBee 技术的空调控制系统[J]. 机电工程,2009,26(7):11-13.

[编辑:李 辉]