

基于 CC1110 的无线楼宇温度采集系统

陶维维, 刘映杰, 习振华, 王 强

(兰州大学 信息科学与工程学院, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 介绍了一种基于 CC1110 无线低功耗单片机的楼宇温度采集系统。该系统主要由无线温度采集器、无线数据收集器以及 ARM 运算存储器组成。无线温度采集器定时采集温度和电源状态; 无线数据收集器接收所属网络中无线温度采集器的数据; ARM 运算存储器对多个无线数据收集器接收的数据进行读取、运算和存储。整个系统具有功耗低、通信协议简单、数据精度高及传输可靠的特点。

关键词: 无线传感器网络; 温度采集; 低功耗; CC1110; PT1000

中图分类号: TP368

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)01-0019-04

Wireless building temperature gathering system based on CC1110

Tao Weiwei, Liu Yingjie, Xi Zhenhua, Wang Qiang

(College of Information Science & Engineering, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: In this article, a wireless building temperature gathering system based on the low power RF transceiver and CC1110 is introduced. The system mainly consists of the wireless temperature acquisition, the wireless data collector and the ARM computing and storing development board. The temperature and status of power are gathered by the wireless temperature acquisition. All nodes' data of temperature and power status in one wireless networks are collected by the wireless data collector. The ARM computing and storing development board reads, calculates and stores data from all wireless data collectors. The system can reliably transmit high precision data with low power consumption and simple communication protocol.

Key words: wireless sensor network; temperature acquisition; low power consumption; CC1110; PT1000

目前,应用于无线传感器网络的无线通信技术主要有 ZigBee^[1]、蓝牙^[2]等,这些技术在可靠通信距离、数据传输速率、信道数量、信道带宽以及功耗等方面制约其应用。楼宇无线通信主要受复杂环境、信号穿透能力以及可靠通信距离三方面的制约。然而,ZigBee 和蓝牙工作频段在 2.4 GHz~2.5 GHz 之间,信号穿透能力差,可靠通信距离短,无法满足楼宇无线通信的要求。

TI 公司的 CC1110 无线单片机^[3,8]工作频率为低于 1 GHz 的 ISM/SRD 三个频段:300 MHz~348 MHz、391 MHz~464 MHz 和 782 MHz~928 MHz,信号穿透性强、通信可靠,是楼宇无线通信节点设计的最佳选择。无线楼宇温度采集系统采用无线多跳技术^[4]的思想在室内和走廊间构建无线传感器网络以降低系统功耗和硬件设计复杂度,完成温度数据的收集。同时,为了提高系统通信可靠性,避免无线传感器网络之间的干扰,采用固定频道分配技术^[5-6]。最后,将温度数据通过 RS485 总线存储在 ARM 运算存储

器的 SD 卡中,以便于进行分析、监控使用。

1 系统总体设计

无线楼宇温度采集系统结构框图如图 1 所示,整个系统由 ARM 运算存储器、 m 个无线数据收集器(中心节点)和 $m \times n$ 个无线温度采集器(温度节点)组成。

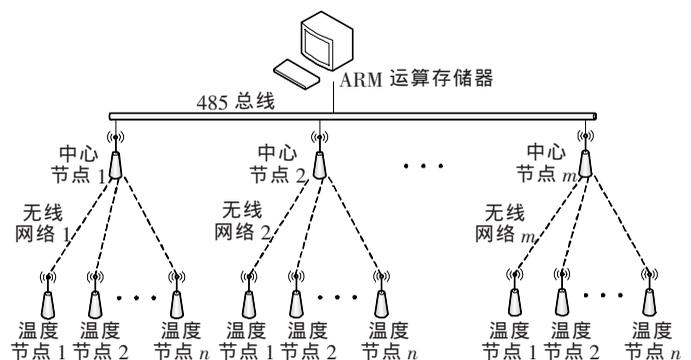


图 1 系统结构框图

2 系统硬件设计

整个系统硬件设计由无线温度采集器、无线数据收集器^[7]和ARM 运算存储器组成,选用 COMS 芯片实现低功耗^[4]。

2.1 无线温度采集器设计

无线温度采集器主要实现温度数据的采集、电源状态测量及发送,由温度采集电路、电源稳压电路、状态指示电路和无线收发电路组成,整体框图如图 2 所示。温度采集电路通过高精度接触式 PT1000 传感器、电桥电路、差分放大电路处理后再由单片机测量得到温度值。电源稳压电路为温度采集电路和状态指示电路提供 2.7 V 工作电压。无线收发电路由无线模块通过阻抗匹配电路和发射天线收发信息,工作频段为 433 MHz~464 MHz、传输速率为 2.4 Kb/s。无线温度采集器由两节 5 号干电池直接供电,定时休眠 5 min 后使能稳压电路、采集温度和电源状态并等待无线通信,通信完成或 4 s 内无通信则进入休眠 PM2 状态。系统休眠期间功耗为 1 μ A,正常工作功耗为 9.4 mA,无线通信功耗为 30 mA。

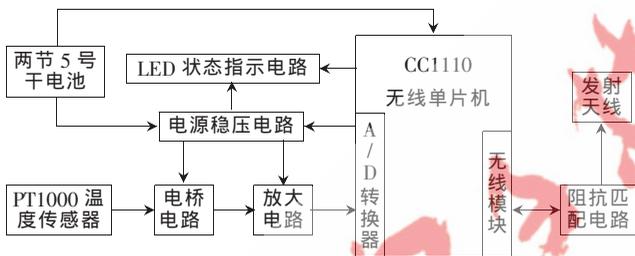


图 2 无线温度采集器框图

2.2 无线数据收集器设计

无线数据收集器主要实现收集本网络中无线温度采集器的温度数据和 ARM 运算存储器的 RS485 通信功能,由电源稳压电路、状态指示电路、RS485 通信电路和无线收发电路组成。无线数据收集器框图如图 3 所示。电源稳压电路为系统提供 3.3 V 工作电压。RS485 通信电路采用 MAX3485 半双工通信芯片,工作传输速率为 9 600 b/s,最多可连接 32 个通信节点。

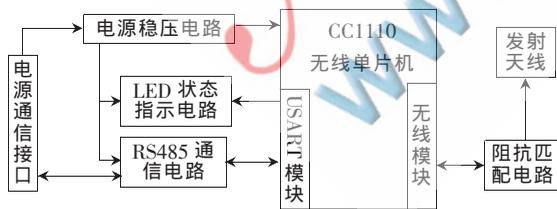


图 3 无线数据收集器框图

2.3 ARM 运算存储器设计

ARM 运算存储器主要完成温度数据的读取、运算和存储,采用 MOXA 公司的 W341-LX,其丰富的硬件资源和高稳定性适合工业控制系统应用。ARM 运算存储器通过 RS485 总线,采用主从方式读取所有无线数据收集器的温度数据和状态数据,经过运算后保存所有数据到 SD 卡中。

3 系统通信协议

整个系统由无线通信和有线通信组成,为保证数据传输的可靠性和准确性,定义无线数据包协议和串行 RS485 数据包协议。

3.1 无线数据包协议

无线芯片 CC1110 定义了固定长度数据包协议和可变长度数据包协议两种数据包协议^[8]。本设计采用如图 4 所示的可变长度数据包协议。其中,前导字、同步字、CRC 校验码以及去白操作都是由无线模块特殊功能寄存器配置后硬件自动实现的。TI 公司专门提供了专用软件工具 SmartRF Studio 实现无线功能的配置,提高了无线通信的可靠性,降低了应用无线技术的门槛。数据包长度字节是数据包内容的实际长度,内容遵循特定的数据规范,由中心节点地址、温度节点地址、控制命令字和温度数据组成,温度数据以压缩 BCD 码的格式传送。



图 4 无线数据包协议

3.2 串行 RS485 数据包协议

ARM 运算存储器与无线数据收集器之间的通信采用串行 RS485 数据包协议,如图 5 所示。该数据包协议的前导字、帧起始符和结束符内容固定不变,其他域的内容是变化的。控制命令字有两组:请求发送数据和发送数据、请求发送节点通信状态和发送节点通信状态。数据包长度为数据包内容的实际长度,数据包内容是单个无线网络的温度数据及通信和电源状态信息。该协议还采用了软件 CS 校验,以保证数据的准确性和通信的可靠性。

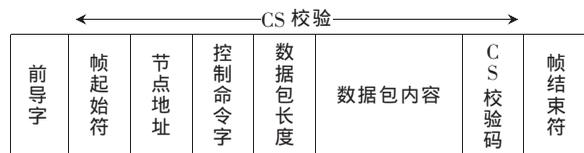


图 5 串行 RS485 数据包协议

4 系统软件设计

基于 CC1110 无线单片机的软件设计使用 IAR V7.20H 集成开发环境和 SmartRF Studio 6.5.1 无线配置软件实现。ARM 运算存储器的软件设计^[9]是在 Linux 操作系统 Red Hat 9 下完成的,软件编辑采用标准 C 语言,通过 arm-linux-gcc 交叉编译环境编译产生开发板

可执行文件。

无线传感器网络通信^[10]采用时分多址(TDMA)和主从通信相结合的方式,这种方式避免了TDMA方式需要精确的定时和中心节点的可控性差两个缺点,其通信状态图如图6所示。无线数据收集器首先发送请求信号,然后进入接收状态接收数据。无线温度采集器在接收到请求信号后,发送温度和电源状态数据。然而,在构建多个相似的无线传感器网络时会出现交叉干扰现象,为避免这种干扰,提高通信可靠性,采用固定信道分配技术^[5-6]给每个无线网络分配固定的信道,其信道带宽为200 kHz。

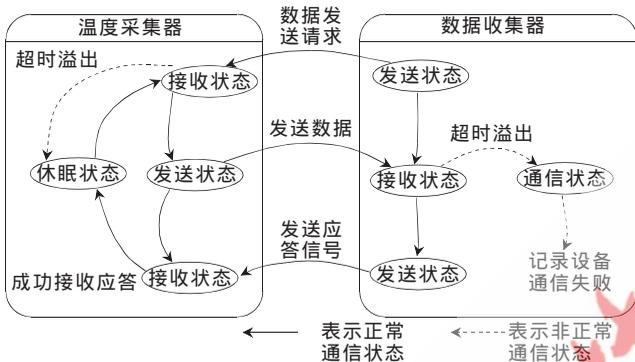


图6 无线通信状态图

4.1 温度数据采集算法

温度采集应用分段线性化处理^[11],各段温度实测数据 Y_m 使用中位值平均滤波法(又称防脉冲干扰平均滤波法),对10个测量值去掉最大值和最小值,然后求其平均值,如式(1)所示。温度有效数据 $y_n(n)$ 采用误差修正法,如(2)所示,其系数 α 是逼近系数,它的取值影响温度数据的实时性和稳定性。当 α 取值较大时,实时性好,有效数据可以很快地逼近实际温度值;当 α 取值较小时,则稳定性好,有效数据受测量误差数据变化的影响小。

$$Y_m(n) = \frac{1}{N-2} \sum_{k=2}^{N-1} X_m(k) \quad (1)$$

其中, $X(1) \leq X(2) \leq \dots \leq X(N)$, $N=10$

$$y_n(n) = y_n(n-1) + \alpha[Y_m(n) - y_n(n-1)], \alpha \leq 1 \quad (2)$$

4.2 无线通信软件设计

无线通信软件设计^[7,10]包括无线数据收集器软件设计和无线温度采集器软件设计两部分,其流程图如图7所示。无线数据收集器首先设置无线通信温度节点地址,然后轮询本网络的温度节点,完成温度和电源状态数据收集,并判决无线节点的通信状态。同时在轮询期间检测ARM运算存储器的请求信号,判断请求并发送数据。无线温度采集器进入正常工作状态后,先采集温度数据和电源状态,然后进入接收状态并设置接收溢出定时器。如果在有效的接收时间内接收到无线数据收集器的数据请求信号,就发送温度数据和电源状态,关闭接收溢出定时器,并进入休眠PM2模式,休眠5 min。

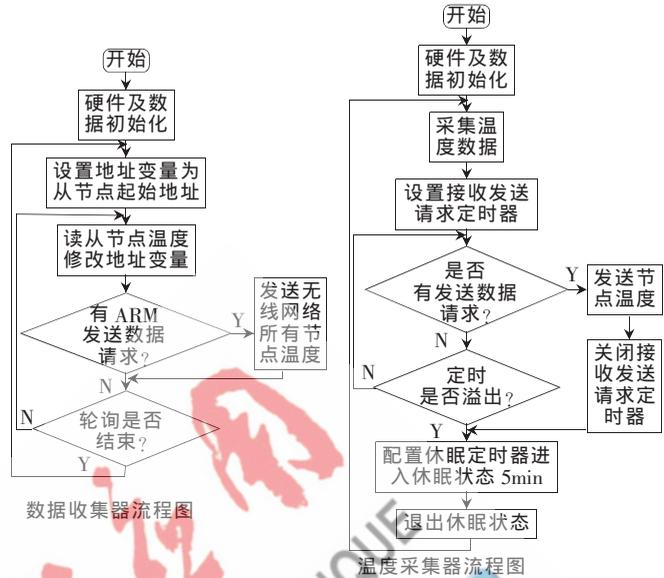


图7 无线通信软件流程图

4.3 ARM 开发板软件设计

ARM 开发板主要完成对多个无线通信网络的数据收集和存储^[9]。软件主要由三部分组成:(1)主程序设计。软件调用settimer和signal函数设置定时器,当执行到达定时时间时就触发执行ARM开发板与中心节点通信子函数和温度数据保存子函数。(2)ARM开发板与中心节点通信子函数,其按照串行RS485通信协议实现。(3)温度数据保存子函数,将RS485通信的数据内容保存成文本文件,其中用到文件操作的相关函数fopen、fclose和fwrite等。

5 测试结果

5.1 无线通信测试结果

无线通信在实验楼测试,每组10个无线温度采集器,隔墙距离无线数据收集器15 m,通信600次,分别进行单无线网络、单无线休眠网络以及两个无线休眠网络通信测试,记录丢包率结果如图8所示。测试结果表明,无线通信可靠性在90%以上,连续3次丢包率低于5%,无线网络之间没有数据交叉传输的现象。

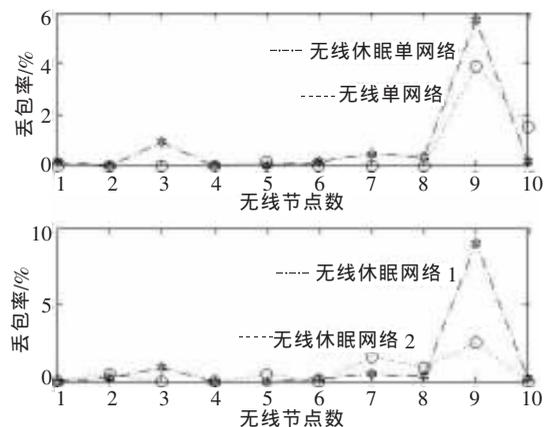


图8 无线通信测试结果图

5.2 节点温度测试结果

通过 10 个校准的温度采集器对室温进行测量,其结果如表 1 所示。测试结果表明,温度精度达到 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

表 1 无线节点室温数据结果($^{\circ}\text{C}$)

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
电阻值/ Ω	1063.5	1065.5	1061.6	1063.0	1061.8	1064.4	1063.6	1060.9	1059.0	1059.7
温度实测值/ $^{\circ}\text{C}$	16.43	16.61	16.08	16.32	16.28	16.42	16.24	15.82	15.22	15.60
温度理论值/ $^{\circ}\text{C}$	16.30	16.80	15.80	16.18	15.86	16.52	16.32	15.62	15.14	15.31
偏差/ $^{\circ}\text{C}$	0.13	-0.19	0.28	0.14	0.41	-0.10	-0.08	0.20	0.08	0.29

本文利用无线通信和有线通信的优势,实现了无线楼宇温度采集系统的设计,并在硬件和软件中保证了系统的低功耗。该系统解决了 TDMA 方式对时间精度要求高和可控性差的缺点,同时采用固定信道分配思想使无线网络工作在独立的信道空间内。但是该系统在对温度数据的可视化处理方面还需要改进,可以通过数据库管理系统对保存的数据进行分析,同时增加监控功能。整个系统通信协议简单、实现容易、数据可靠、稳定性较好,是一项应用性较强的新技术。

参考文献

- [1] 顾瑞红,张宏科.基于 ZigBee 的无线网络技术及其应用[J].电子技术应用,2005(6):1-3.
- [2] 卓力,沈兰荪.蓝牙技术——一种短距离的无线连接技术[J].电子技术应用,2001(3):6-9.
- [3] 李文仲,段朝玉.CC1110/CC2510 无线单片机和无线自组网络入门与实战[M].北京:北京航空航天大学出版社,2008.
- [4] Fang Waichi, Lin Tsung-Hsien. Low-power radio design for wireless smart sensor networks [C]. International Conference

on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP'06), Pasadena, California, USA, 2006:583-586.

- [5] 王沁,万亚东,段世红,等.一种高可靠无线传感器网络自适应跳频算法[J].小型微型计算机系统,2008,31(9):1735-1741.
- [6] JEONGHOON Mo, SO H-S W, WALRAND J. Comparison of multi-channel MAC protocols [J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2008,7(1):209-218
- [7] 马耀辉,朱青,盛海波,等.基于 CC1110 微功率无线采集器的设计[J].计算机系统应用,2010,19(4):212-215.
- [8] Texas Instruments.CC1110 preliminary data sheet (Rev 1.01)[Z],2006.
- [9] 何永琪,杨红涛,焦悦光,等.嵌入式 Linux 系统使用开发[M].北京:电子工业出版社,2010.
- [10] 杨鹏云,佟云峰,宋学青,等.基于 CC1110 的点对多点无线通信系统[J].云南大学学报(自然科学版),2009,31(S2):304-307.
- [11] 张修太,胡雪惠,翟亚芳,等.基于 PT100 的高精度温度采集系统设计及实验研究[J].传感技术学报,2010,23(6):812-815.

(收稿日期:2011-08-15)

作者简介:

陶维维,男,1986年生,硕士研究生,主要研究方向:嵌入式系统开发及应用、无线通信技术。