

基于 Z-Stack 协议栈的无线温湿度采集系统^①

朱苗苗, 牛国锋, 程宏斌

(常熟理工学院 计算机科学与工程学院, 常熟 215500)

摘要: 基于 Z-Stack 协议栈, 以 CC2530 射频收发芯片和 DHT22 数字温湿度传感器为核心, 采用 ZigBee 无线通信技术设计实现了无线温湿度采集监测系统, 并在 IAR 环境下采用上位机软件以 GUI 的方式在终端直观地显示温湿度变化情况. 主要阐述了系统结构设计、温湿度数据采集流程和图形化界面监测实现. 实验表明, 该系统实现温湿度数据的采集不但实时有效、可扩展性良好, 而且具有极高的可靠性和卓越的稳定性.

关键词: Z-Stack 协议栈; CC2530; ZigBee; 协调器; DHT22

Wireless Temperature and Humidity Acquisition System Based on Z-Stack Protocol Stack

ZHU Miao-Miao, NIU Guo-Feng, CHENG Hong-Bin

(School of Computer Science and Engineering, Chang Shu Institute of Technology, Changshu 215500, china)

Abstract: The paper designs and implements a wireless temperature and humidity acquisition system which is based on the Z-Stack protocol stack and ZigBee technology, with CC2530 rf transceiver chip and DHT22 digital temperature and humidity sensor as the core, and in the IAR environment with the method of upper machine software with GUI to display temperature and humidity changes in terminal intuitively. This paper mainly expounds the system structure design, temperature and humidity data acquisition process and graphical interface monitoring implementation. The experimental result shows that the system of temperature and humidity data acquisition is not only real-time and effective, good scalability, and has high reliability and excellent stability.

Key words: Z-Stack protocol stack; CC2530; ZigBee; coordinator; DHT22

随着电子技术、计算机技术和通信技术的迅速发展, 物联网技术应运而生. 蓝牙、GPRS、WIFI、ZigBee 等无线传感网技术的研究与应用推动了新一代传感网络技术的迅猛发展, 将无线网络技术与物联网技术相结合将会给人们的生活和生产的各个领域带来非常深远的影响, 具有非常广泛的应用前景.

本文主要基于 ZigBee 无线传感网技术, 以射频收发器 CC2530 芯片为核心, 在底层采用 TI(德州仪器)公司 Z-Stack 协议栈的基础上, 构建了自组网进行无线温湿度监测的无线传感网络, 采集接收到数据后通过串口通信, 上传到上位机以 GUI 方式直观地显示实时监测情况. 该系统用于监测的无线节点可扩展性良好, 可以同时用于采集包括气压、温度、湿度、光照、风速和风向等多个传感器参数^[1], 且性能稳定, 可广泛

应用于家居、工业和农业环境温湿度监测领域.

1 Z-Stack协议栈及无线传感网

1.1 Z-Stack 协议栈

Z-Stack 协议栈是 TI 公司开发的 ZigBee 协议栈, 并且经过了 ZigBee 联盟的认可而为全球众多开发商所广泛采用. TI 的 Z-Stack 协议栈的源码主要由硬件抽象层、操作系统抽象层和 ZigBee 协议各层三个部分组成^[2], 仅从程序运行的角度而言, 对于 Z-Stack 协议栈的理解, 我们可认为是操作系统执行的过程^[3], 使其具体化, 简单易懂, 层次分明.

1.2 无线传感网

无线传感网(wireless sensor networks, WSN)有着巨大的应用前景, 被认为是将对 21 世纪产生巨大影响

^① 收稿时间:2016-01-21;收到修改稿时间:2016-03-14 [doi: 10.15888/j.cnki.csa.005388]

力的技术之一,在国防科技、交通管理、医疗卫生、智能农业和城市信息化建设等多个领域都有很大应用空间.随着计算机技术、无线通信技术和传感器技术的不断完善与研究创新,其应用将会为人们的生活和生产的各个领域带来深远的影响.

ZigBee 无线传感网技术^[4-6]是一种新兴的短距离、低速率无线网络技术之一,它的主要优点是应用简单,低功耗,低成本,工作频段灵活,高可靠性,具有自组网和自恢复能力,非常适合用于无线温湿度监测系统^[7].

2 系统结构硬件设计

无线温湿度采集系统由上位机监测系统端和下位机 ZigBee 无线自组网两部分组成,系统结构及组网示意图如图 1 所示.每个传感器通过串口接口与 ZigBee 芯片 CC2530 模块连接,下位机包括不同功能的 ZigBee 协调器、路由器和传感器模块通过 RF 收发器组成无线网络,上位机由监控终端计算机及界面化图形软件组成.

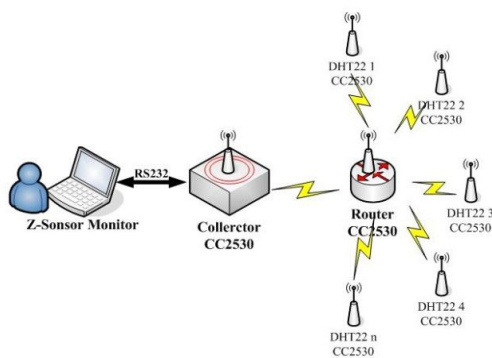


图 1 系统结构及组网示意图

2.1 CC2530

主控芯片 CC2530 能够以非常低的总的材料成本建立强大的网络节点.本设计采用的 CC2530 内置增强型 8 位 51 单片机和 RF 收发器,系统内可编程 256KB 闪存和 8KB RAM,有板载智能数字传感器扩展口,采用 2 组 2X8PIN 接口连接,该接口为传感器提供电源和进行 UART 通信.板载 LED 指示灯两个,用于指示上电和不同通信功能.板载 USB 转串口可用于无线通讯模块串口调试功能时,Mini USB 线连接至上位机计算机模块硬件采用 USB 转串口的方式实现.每一个节点和模块都采用 12V 直流电源适配器独立供电,

保证了整个无线网络的持久稳定性^[8].

2.2 温湿度传感器

本设计中采用的 DHT22 温湿度传感器是一款含有已校准数字信号输出的数字温湿度传感器,它应用专用的数字模块采集技术和温湿度传感技术,确保了传感器具有极高的可靠性与卓越的长期稳定性.该产品具有超小的体积、极低的耗能、品质卓越、超快响应、抗干扰能力强、性价比极高等优点,信号传输距离可达 20 米以上,温度范围: $-40\sim 80^{\circ}\text{C}$ 分辨率 0.1°C ,误差 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,湿度范围: $0\sim 100\% \text{RH}$,分辨率 $0.1\% \text{RH}$,误差 $\pm 2\% \text{RH}$,相比 DHT11,输出精度更高,使其成为各类应用场合的最佳选择^[9].

2.3 无线通信硬件实现

数字温湿度传感器 DHT22 与主控芯片 CC2530 通过板载扩展接口相连接,各个模块中的核心 CC2530 中集成具有存储功能的 8051MCU 芯片,在节点模块中控制温湿度传感器数据的采集,并将数据以通过无线网络发送给路由设备,路由设备通过无线网络与协调器通信,协调器将各个节点发来的数据通过串口发送给监控终端.

当上电启动不同功能模块的设备,ZigBee 模块上的两个指示灯会有不同的显示,其中 LED1 显示电源状态,LED2 显示数据传输情况.当启动充当网关协调器模块时,该 ZigBee 模块上的 LED1 闪烁,组网成功后 LED1 灯处于长亮状态,说明 ZigBee 协议运行正常,接收到其他无线模块发送过来的数据后 LED2 闪烁;当充当路由器模块开启时,该 ZigBee 模块上的 LED1 闪烁,接入网络成功后,LED1 和 LED2 全亮显示;当接有传感器的终端节点模块启动后,该 ZigBee 模块上的 LED1 闪烁,接入网络成功后,LED1 和 LED2 快速闪烁,开始协调通信.

3 软件实现

软件设计部分主要是在上位机上的开发环境下,基于 Z-Stack 协议栈中 SampleAPP 工程编程开发分别实现协调器、路由器、终端温湿度采集各自通信功能,使之相互之间按照 ZigBee 通信协议协调通信实现无线自组网,终端图形界面显示功能.

3.1 实现 IAR

本设计 WSN 无线传感网络中无线通讯节点采用 TI 的 CC2530 处理器,其上位机 Windows 开发环境基

于 Z-Stack-CC2530-2.3.0 -1.4.0 协议栈, 使用嵌入式集成开发环境 IAR EW8051-EV-751A 进行上位机软件开发, 终端显示软件 Z-Sensor Monitor 实现上位机终端界面化显示. 该开发环境针对目标处理器集成了良好的函数库和工具支持, 并支持在线下载、仿真、调试、烧写功能^[10].

当系统启动后, 在上位机终端软件中选择串口连接, 并根据硬件连接串口号设置相应的串口号、波特率和校验位等通信参数, 然后开启串口连接进行数据通信. 下位机 ZigBee 协调器模块上电之后启动后自组建 ZigBee 无线网, 并等待路由节点和终端节点的入网请求. 当路由节点和终端节点上电之后会自动按照协议自组网, 然后分布在各个有效范围内的温湿度传感器节点在组网完成并显示成功后, 就会独立地进行温湿度信息的实时采集, 通过串口接口协议与底层连接的 CC2530 模块进行通信, 将检测到的温湿度数据发送给 CC2530, CC2530 对数据信息进行预处理后通过无线网络发送给 ZigBee 网络中的路由模块节点, 路由模块再与协调器进行无线通信, 最后协调器通过串口通信将数据发送到上位机端^[11].

3.2 温湿度数据采集流程

采用 DHT22 温湿度传感器进行温湿度数据的采集, 每个传感器采集节点都在有效的范围内进行实时温湿度数据采集, 采集的数据按照固定时间间隔周期性的存储到 CC2530 节点设备中. 该传感器采用标准单总线通信模式, 当总线闲置时, 其状态为高电平, 当主机呼叫传感器时, 传感器做出应答, 收到主机起始信号后, 开始有规则的发送串口数据包, 数据包信息如表 1 所示. 传感器一次性从数据总线发出 40 位数据, 高位优先. 因为传感器每次读出的温湿度数值是上次测量的结果, 所以传感器每次需连续读取两次, 且每次读取最小间隔时间大于 2 秒即可获得准确的实时温湿度数据, 最终以数字显示实时测量结果, 读取流程如图 2 所示.

表 1 传感器发送串口数据包表

SOF	Sensor type	Sensor id	Cmd id	Data	Exten Data	End
-----	-------------	-----------	--------	------	------------	-----

3.3 协调器程序流程

协调器是整个 ZigBee 无线网络的核心, 节点采用 CC2530 芯片, 具有重要的组网和协同功能. 首先, 协调器按照协议规则发起一个特定频段的网络, 负责制

定网络信道, 经过扫描选择最优信道组建无线网络, 并且在整个网络组建和运行过程中负责网络的监听维护. 在整个网络运行过程中, 协调器还要对接收到的上位机数据进行识别, 由协调器确定后转发到具体的相应各个节点, 同时协调器还负责对其余节点发送给上位机的数据帧添加网络地址后转发给上位机^[12]. 协调器与上位机之间采用 RS-232 通讯接口进行通信, 通过串口电路方式将各个节点采集到数据发送给计算机, 计算机终端对接收的数据进行存储并显示. 无线网络中协调器程序流程图如图 3 所示^[13].

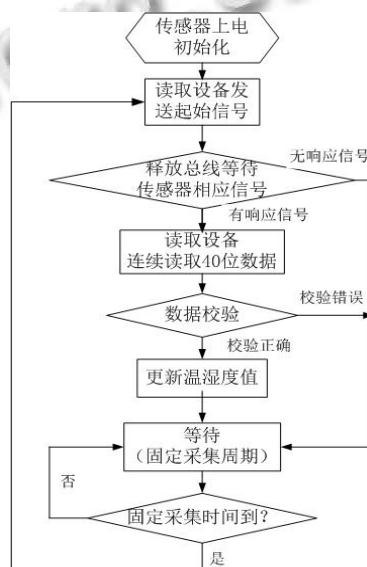


图 2 温湿度传感器读取流程图

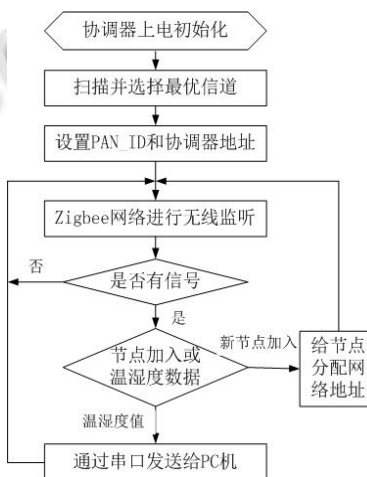


图 3 协调器程序流程图

3.4 GUI 终端显示界面

在上位机上打开 ZigBee Sensor Monitor 显示终端, 选择相应的串行通信端口并进行设置, 使通讯端口保

持相同的波特率。在协调器没有上电的情况下,终端界面显示“SINK NO RESP”并呈灰色状态,上电后可以看到表示协调器的图标变成红色,说明协调器与计算机连接成功,可以进行通信。然后再将担任路由功能的路由模块上电,按下 RESET 键重启后,路由模块会发送一个模拟数据到协调器,当协调器接收到后会把这个数据通过串口发送到 PC,并通过终端 TI Sensor Monitor 软件界面显示网络结构及该节点连接状态,在节点上显示相应模块的地址和数据传输的时间。最后,当传感器终端节点上电后,上位机终端界面会显示该节点和该节点加入网络后的网络结构,同时在该节点上也会显示地址、最后接收数据时间和通过串口接收到的温湿度数值。

通过上位机终端可视界面,能够方便直观地观察和掌握该 ZigBee 网络组网过程、网络结构及采集到的温湿度情况。上位机上协调器、路由器、传感器终端成功接入网络后 GUI 界面显示如图 4 所示。

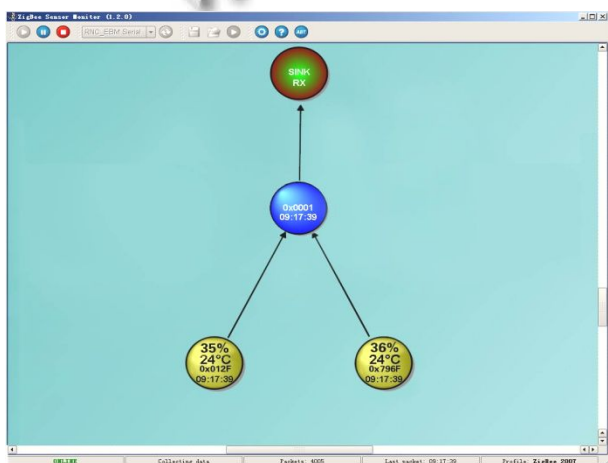


图 4 GUI 界面显示图

4 系统检测数据分析

搭建好硬件环境后进行了相关的系统数据监测实验。本系统分布了 4 个传感器终端节点,每个端节点每隔 1 分钟采集一次温湿度数据并通过无线网络发送给协调器节点,协调器节点再通过 RS232 串口总线将数据发送到上位机显示终端^[4],采集了 4 组监测数据,同时通过移动气象站的检测数据与本系统测得的温湿度数据进行对比,通过表格的形式可以直观地分析本系统数据的准确性,通过表格对比可以看出温度传感器测量值与移动气象站测得的温度误差值均符合实验测量误差值范围,对比结果如表 2。

表 2 实验监测数据与移动气象站数据对比表

终端节点	气象站温度 / °C	传感器测量值 / °C	误差 / °C	气象站温度 / RH	传感器测量值 / RH	误差 / RH
点1	18.6	18.5	-0.1	35.7	35	-0.7
点2	22.3	22	-0.3	38.6	38.1	-0.5
点3	24.2	24	-0.2	35.6	36	+0.4
点4	23.9	24.2	+0.3	29.8	30.1	+0.4

由于该系统用于监测的无线节点具有良好的可扩展性,因此可同时用于检测采集包括气压、温度、湿度、光照、风速和风向等多个传感器数据,将为工业和农业环境监测等多领域利用。

5 结语

本文主要基于 ZigBee 无线传感网技术,以射频收发器 CC2530 芯片为核心,在 TI 公司 Z-Stack 协议栈及开发环境基础上,采用 ZigBee 自组网方式构建了应用于无线温湿度监测的无线传感器网络,采集接收到实时的温湿度数据后通过串口上传到上位机,并以 GUI 界面化方式直观地显示实时温湿度情况,为人们的生活和研究提供了便利。通过多次长时间进行测试和应用,证明该系统设计组网简单灵活、成本低、低功耗、数据采集实时性和稳定性良好,在智能农业和智能家居领域都具有很好的实用价值和良好的推广前景。

参考文献

- 杨亦洲,周杰,杜景林.基于 ModBus 协议和 ZigBee 网络的气象无线传感网设计.电子技术应用,2014,10:16-19.
- 张奇松,尹航.Z-Stack 剖析及其在无线测温网络中的应用.计算机系统应用,2009,18(2):103-105.
- 高翔,邓永莉,吕愿愿,等.基于 Z-Stack 协议栈的 ZigBee 网络节能算法的研究.传感技术学报,2014,27(11):1534-1538.
- Vishwakarma DD. IEEE 802.15.4 and ZigBee: A conceptual study. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, September 2012, 1(7).
- 高守玮,吴灿阳.ZigBee 技术实践教程:基于 CC2430/31 的无线传感器网络解决方案.北京:北京航空航天大学出版社,2009.

- 6 Green O, Nadimi ES, Blanes-Vidal V. Monitoring and modeling temperature variations inside silage stacks using novel wireless sensor networks. *Computers & Electronics in Agriculture*. Dec. 2009, 69(2): 149–157.
- 7 郭渊博,杨奎武,赵俭,等. ZigBee 技术与应用. 北京:国防工业出版社,2010:6–10.
- 8 朱俊光,高健,田俊,等. 基于物联网技术的远程温湿度监测系统. *实验技术与管理*,2014,31(11): 94–103.
- 9 <http://www.openjumper.com/dht22-sensor/>, 2014.
- 10 王鑫,潘贺,杨简. 基于 CC2530 的 ZigBee 无线温湿度监测系统. *中国农机化学报*,2014,35(3):218–220.
- 11 陈子龙,张红雨,李俊斌. CC2540 和 SHT11 的无线温湿度采集系统设计. *单片机与嵌入式系统应用*,2014:41–44.
- 12 赵悦,程跃,张宏坤,等. 基于 ZigBee 的温室测控系统设计. *实验室研究与探索*,2014,33(12):131–134.
- 13 童英华. 基于 Z-Stack 的无线温湿度采集系统. *现代电子技术*,2012,35(23):115–117.
- 14 余贵水,赵奎,朱倪瑶,等. 基于 ZigBee 技术的大气温湿数据采集系统设计与实现. *舰船电子工程*,2015,35(5):89–93.

WWW.C-S-A.ORG.CN

WWW.C-S-A.ORG.CN