

# WiFi 技术在温湿度远程监测系统中的应用

## Application of WiFi Technology in the Remote Monitoring System for Temperature and Humidity

刘军良<sup>1,2</sup>

(常州轻工职业技术学院电子电气工程系<sup>1</sup>, 江苏 常州 213164; 上海交通大学电子信息与电气工程学院<sup>2</sup>, 上海 200240)

**摘要:** 针对当前温湿度远程监测布线复杂、采集速度慢等缺点,提出了一种新颖的分布式无线监测系统。系统由 DHT11 数字式温湿度传感器、单片机 STM32F103 和 WiFi 模块等组成。各采集节点利用 STM32F103 单片机采集温湿度,然后通过 WiFi 模块和无线路由器把各采集节点的温湿度参数发送到远程服务器上。试验表明,该系统布线简单、采集速度快、应用灵活,可实现范围分布广泛的温湿度集中可视化监控,具有一定的推广使用价值。

**关键词:** 温湿度检测 嵌入式技术 无线以太网 远程监测 客户机/服务器模式

**中图分类号:** TP216

**文献标志码:** A

**Abstract:** Aiming at the disadvantages of current remote monitoring system, e. g., complex wiring and slow acquisition speed, etc., a new distributed wireless monitoring system is proposed. The system is composed of DHT11 digital temperature humidity sensor, single chip machine STM32F103 and WiFi module. The temperature and humidity are collected by using STM32F103 single chip machine in each collection node, then, these parameters are transmitted to remote server through WiFi module and wireless router. The experiments show that the system is simple wiring, fast collecting and flexible applying; it can be used in centralized visual monitoring for widely distributed temperature and humidity parameters, and possesses certain values of promotion and application.

**Keywords:** Detection of temperature and humidity Embedded technology WLAN Remote monitoring Client/Server mode

## 0 引言

温湿度监测<sup>[1]</sup>在工业、农业、化工等行业有着广泛的应用。在很多情况下温湿度监测需要对较大空间的多个点和不同空间的点进行监测,传统的有线方式<sup>[2-3]</sup>极为不便。为了实时准确地监测多个观测点的温湿度情况,需要实现温湿度的分布测量和无线传输的功能。

目前,温湿度分布式无线监测网络大多采用 ZigBee 技术<sup>[4]</sup>。该技术虽然功耗较低,但是传输速度较低,构建的网络为封闭式网络,不能和广泛应用的 Internet/Intranet 直接集成。而 WiFi 技术<sup>[5]</sup>具有传输速度快、覆盖范围远、组网简单、与 Internet 可无缝连接等优点。随着物联网技术的发展,众多的嵌入式系统具有增加 WiFi 特性的需求。同时嵌入式 WiFi 芯片的成本降低和可靠性增加,使得 WiFi 技术成为具有发展优势的嵌入式网络解决方案。文献[6]~[8]分别将

WiFi 技术应用到矿井安全、温湿度监测、电力设备状态监测中,取得了较好的效果。然而在 WiFi 无线路由软件开发设计中,该协议移植困难,造成开发时间长,对于普通单片机开发人员而言,开发 WiFi 网络通信难度较大。

针对以上无线 WiFi 网络开发中的难点,本文提出直接采用串口转 WiFi 数据传输模块。利用该模块单片机开发人员在开发中无需关注无线通信如何实现,大大节约了开发时间,降低了开发难度。

## 1 系统总体设计

分布式无线温湿度采集监测系统结构框图如图 1 所示。

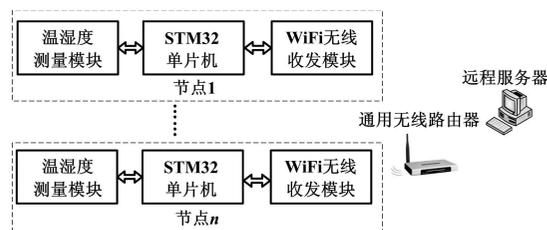


图 1 监测系统结构图

Fig. 1 Structure of the monitoring system

修改稿收到日期:2013-10-12。

作者刘军良(1976-),男,现为上海交通大学控制理论与控制工程专业在读博士研究生,讲师;主要从事智能控制、机器人焊接智能技术的研究。

系统主要由以下 3 个部分组成:温湿度测量模块和 STM32 单片机、WiFi 无线收发模块和无线路由器、远程服务器。系统以 STM32F103 单片机为控制核心,利用 DHT11 数字式温度传感器采集温湿度信号,并送入单片机处理后显示。然后把数据通过单片机的串口送入串口转 WiFi 数据传输模块中,由该模块进行无线数据的收发。无线路由器进行中继和路由,远程服务器对各节点进行远程控制并进行数据的远程显示。

## 2 硬件设计

无线温湿度传感网络节点主要由单片机、数字式温湿度传感器、WiFi 无线收发模块、LCD 液晶显示模块组成。节点硬件结构如图 2 所示。

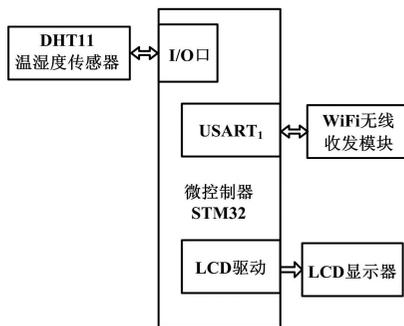


图 2 节点硬件结构图

Fig. 2 Structure of the node hardware

### 2.1 单片机控制系统

单片机控制系统选择意法半导体公司生产的 STM32F103。STM32F103 为增强型,工作频率为 72 MHz,带有片内 RAM 和丰富的外设,满足高性能、低功耗、低成本的嵌入式系统的要求。

STM32F103 是远程节点的核心,其完成整个温湿度数据的采集、处理、显示及发送。DHT11 温湿度传感器通过单总线和单片机的 I/O 口相连,接口简单,抗干扰能力强。LCD 液晶显示模块也是通过 I/O 口和单片机相连,完成字符的显示和控制。STM32F103 和 WiFi 无线收发模块通过单片机的串口 UART 相连。

### 2.2 温湿度传感系统

温湿度传感器系统采用广州奥松电子有限公司生产的 DHT11 数字式温湿度传感器,它是一款含有已校准数字信号输出的温湿度复合传感器。它应用专用的数字模块采集技术和温湿度传感技术,确保产品具有极高的可靠性与卓越的长期稳定性。传感器包括 1 个电阻式感湿元件和 1 个 NTC 测温元件,并与 1 个高性能 8 位单片机相连接。因此,该产品具有品质卓越、响应快、抗干扰能力强、性价比高等优点。超小的体积、极

低的功耗,信号传输距离可达 20 m 以上,使其成为各类甚至最为苛刻的应用场合的最佳选择。湿度测量范围为 20 ~ 90% RH,测湿精度为  $\pm 5\%$  RH,温度测量范围为 0 ~ 50 °C,测温精度  $\pm 2$  K,测量分辨率分别为 8 bit (温度)、8 bit (湿度)。

DHT11 采用单线双向的串行接口,引脚 DATA 用于 STM32F103 单片机与 DHT11 之间的通信和同步。采用单总线数据格式,一次通信时间 4 ms 左右,数据分小数部分和整数部分。当 DHT11 传感器和单片机 STM32F103 的 I/O 接线引脚小于 20 m 时,DATA 引脚需上拉 5 k $\Omega$  电阻。

### 2.3 WiFi 无线收发模块

本文采用武汉密友电子有限公司开发的多功能 UART 转 WiFi 数据传送模块 ST-MW-08S。该模块内部集成了支持 ARP、ICMP、UDP、TCP/IP、DHCP 客户端以及 DHCP 服务器等诸多协议和 WiFi 驱动;同时具备通用串口、PWM 以及多路通用 I/O 的输入输出等功能;具有系统接口灵活、编程控制方便等诸多优点。在网络结构方面,模块支持基础网络 (infra) 和特殊的 Ad hoc 网络结构。在加密认证方面,模块支持开放性 WEP 64/128、WPA、TKIP、AES 等诸多安全协议。灵活的结构设计使得模块在功能完备的前提下拥有更低功耗和较高的数据吞吐率。用户利用它可以轻松实现嵌入式设备的无线网络功能,节省人力物力和开发时间,使产品更快地投入市场,增强竞争力。UART 接口最高波特率为 115 200 bit/s,具有 TCP、UDP 数据传输模式,并且支持串口和网页两种参数配置的方式,方便使用。

STM32F103 单片机和 WiFi 无线收发模块通过串口 UART 相连,然后通过串口或网页配置 WiFi 模块的工作方式和参数,即可正常工作。STM32F103 单片机通过串口 UART 发送数据到 WiFi 模块,然后由 WiFi 无线收发模块完成协议的转换和数据的无线收发。

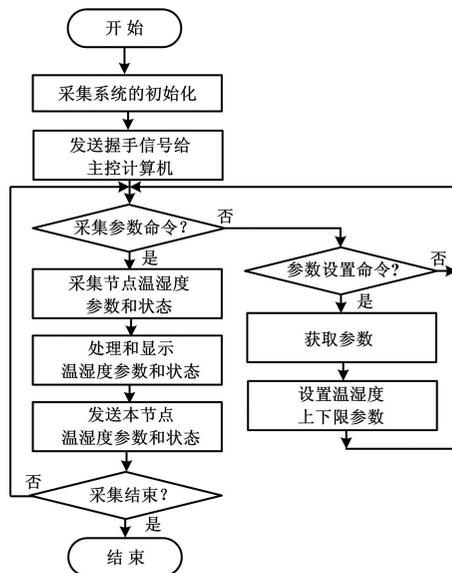
## 3 系统软件设计

系统的软件设计主要包括温湿度采集节点的程序设计和远程服务器的程序设计。

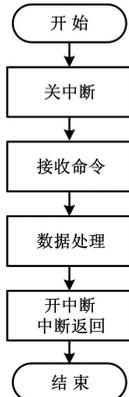
### 3.1 节点软件设计

温湿度采集节点作为 WiFi 网络的一个节点,主要任务是测量当前环境的温湿度数据,并通过处理由液晶 LCD 显示当前温湿度参数。当接收到远程服务器的不同命令时,通过串口发送温湿度数据到 WiFi 无线收发模块,或者设置温湿度的上下限参数。温湿度采集节点和远程服务器的 TCP/UDP 通信链路,是由 WiFi 无线收

发模块通过配置后自动完成的。单片机 STM32F103 接收远程服务器的命令是通过串口中断来实现的。根据系统原理,温湿度采集节点软件流程图如图 3 所示。整个软件开发在 Keil uvision3 集成开发环境下编写,采用模块化方法,C 语言开发。



(a) 主程序流程图



(b) 串口中断服务程序

图 3 节点软件程序流程图

Fig. 3 Flowchart of node software

### 3.2 上位机软件设计

在系统总体设计中,本文采用服务器数据采集控制模式,这是最常用的应用模式之一。各个温湿度采集节点作为客户端分布在网络的不同位置,通过无线 WiFi 网络将数据传送到远程服务器,并接收服务器的数据。

本文利用 VC++ 6.0 设计远程服务器监控系统。采用 Socket 应用编程接口,建立 WinSock 描述字 Socket,完成网络底层沟通;利用 TCP/IP 协议在无线网络建立数据通信。

为了解决多客户端/服务器通信问题,本文采用非

阻塞模式,通过调用 Select 函数解决阻塞问题。另外,利用对话框实现温湿度参数的显示和数据的发送。

整个系统采用多客户端/服务器模式。服务器程序总体框图如图 4 所示。

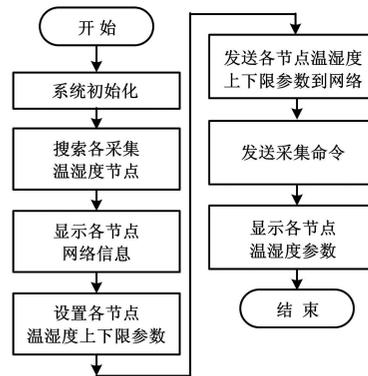


图 4 服务器程序总体框图

Fig. 4 Overall block diagram of the server program

## 4 系统测试

以上系统软硬件调试成功后,还需要通过相应的配置,完成整个系统的设计。

### ① WiFi 无线收发模块配置

WiFi 无线收发模块的配置主要通过串口和 PC 机相连,利用专用软件来实现。主要设置参数有串口通信协议、无线网络名称、加密方式、密钥、客户端和服务端。如设置成客户端,还需设置连接的服务器的 IP 地址和端口号。其中串口通信协议的配置和单片机 STM32F103 的串口配置要一致。

### ② 无线路由器配置

在分布式无线 WiFi 网络中,无线路由器的主要作用是中继和路由。利用无线路由器的 DHCP 功能,可以给各个客户端自动分配一个固定的 IP 地址,使得每台客户端不需要单独配置一个 IP 地址。而系统主机即服务器需要分配一个固定的 IP 地址,使得每个客户端可以可靠地连接到这个固定地址即服务器。无线路由器的主要设置包括无线网络的名称、加密方式和密钥、路由器的 IP 地址、自动分配客户端 IP 地址功能及 IP 地址范围等。

### ③ 服务器 IP 地址配置

主控计算机还需要设置它的固定 IP 地址,从而把主控计算机加入到无线网络中,建立主控服务器。其中,IP 地址和 WiFi 无线收发模块中配置的服务器 IP 地址要一致。

### ④ 试验结果

在完成上述配置及软硬件设计后,在一定的环

境下对系统进行测试,其中远程服务器和无线路由器在 1 个房间,2 个数据采集节点在另外 2 个隔壁房间。经测试,远程服务器完全可以搜索到 2 个采集节点,并准确得到 2 个节点的温湿度数据。另外,在室内非遮挡环境下 100 m 内,远程服务器也可以搜索到采集节点,并能可靠地采集节点通信,得到准确的数据和控制各采集节点。这表明系统达到了预期的设计目标。

## 5 结束语

本文利用串口(UART)转 WiFi 数据传送模块,设计了基于 WiFi 技术的分布式无线温湿度监测系统。利用该模块可以大大缩短无线 WiFi 网络的开发时间。利用数字温湿度传感器 DHT11 采集温湿度信号,节约了成本,接口简单、抗干扰能力强。利用 Socket 类和 Select 函数设计了基于多客户端/服务器的 TCP/IP 通信,使得系统具有更强的扩展性。该分布式无线温湿度监测系统既可以现场观测每个节点的参数,也可以远程监测各个节点的参数。另外,对于新加入的采集节点,无需任何设置,由无线路由器自动分配 IP 地址并接入到远程服务器中。通过远程服务器还可以接入

Internet 中,实现远程监控。系统布线简单、成本较低、扩展性好,具有较强的应用前景。

## 参考文献

- [1] 冯显英. 基于数字温湿度传感器 SHT11 的温湿度测控系统[J]. 自动化仪表,2006,27(1):59-61.
- [2] 吴渊. 多点环境温湿度监测系统[J]. 电子测量技术,2010,33(5):109-114.
- [3] 王磊,顾德英. 基于以太控制网络的温度测控系统[J]. 仪器仪表学报,2005,26(8):24-26.
- [4] 孟庆斌,潘勇. 基于 CC2430 的分布式无线温度测量系统设计[J]. 电子测量技术,2009(5):128-130.
- [5] 李永忠. 无线局域网 WLAN 及其数据传输技术[J]. 仪器仪表学报,2004,25(4):1003-1005.
- [6] 蒋峰,张凌涛,贺超英. WiFi 技术在矿井远程监控系统中的应用[J]. 煤矿安全,2010(3):62-65.
- [7] 曾欢,刘毅. 嵌入式 WiFi 技术在温室环境监测系统中的应用[J]. 林业机械与木工设备,2008,36(2):449-51.
- [8] 王玮. 基于 WiFi 的输电线路状态监测数据采集器设计[J]. 机电信息,2011(18):143-145.
- [9] 李宁. 基于 MDK 的 STM32 处理器开发应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008.
- [10] 李博轩. Visual C++6.0 网络及 Internet 开发指南[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [11] Guarese G B M, Sieben F G, Webber T, et al. Exploiting Modbus protocol in wired and wireless multilevel communication architecture [C]// Computing System Engineering (SBESC), 2012 Brazilian Symposium, 2012:13-18.
- [12] 曾鹏,肖金超,张琼. WIA 网络与 MODBUS 网络互联设计与实现[J]. 仪器仪表标准化与计量,2009(4):35-38.
- [13] 彭瑜. 工业无线标准 WIA-PA 的特点分析和应用展望[J]. 自动化仪表,2010,31(1):1-9.
- [14] Gao Jun, Lai Wuwen, Wu Yaping, et al. Protocol study of ZigBee serial transparent transmission with voltage detection function [C]// Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM), the 7th International Conference, 2011:1-4.
- [15] Liang Wei, Zhang Xiaoling, Yang Xiao, et al. Survey and experiments of WIA-PA specification of industrial wireless network [J]. Wireless Communications & Mobile Computing, 2010, 11(8):1197-1212.
- [16] Tang Zhong, Cheng Mengjin, Zeng Peng, et al. Real-time communication in WIA-PA industrial wireless networks [C]// Computer Science and Information Technology (ICCSIT), the 3rd IEEE International Conference, 2010:600-605.
- [17] Morris T, Vaughn R, Dandass Y. A retrofit network intrusion detection system for Modbus RTU and ASCII industrial control systems [C]// System Science (HICSS), the 45th Hawaii International Conference, 2012:2338-2345.
- [18] Kuang Jian, Wang Guibao, Bian Jiali. A Modbus protocol stack compatible with RTU/TCP frames and embedded application [C]// Advances in Intelligent and Soft Computing, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012:765-770.
- [19] 邢伟伟,白瑞林,孟伟. ZigBee 无线网关在 Modbus 通信中的应用[J]. 计算机工程与应用,2011,47(29):81-84.

## (上接第 78 页)

- [4] Guarese G B M, Sieben F G, Webber T, et al. Exploiting Modbus protocol in wired and wireless multilevel communication architecture [C]// Computing System Engineering (SBESC), 2012 Brazilian Symposium, 2012:13-18.
- [5] 曾鹏,肖金超,张琼. WIA 网络与 MODBUS 网络互联设计与实现[J]. 仪器仪表标准化与计量,2009(4):35-38.
- [6] 彭瑜. 工业无线标准 WIA-PA 的特点分析和应用展望[J]. 自动化仪表,2010,31(1):1-9.
- [7] Gao Jun, Lai Wuwen, Wu Yaping, et al. Protocol study of ZigBee serial transparent transmission with voltage detection function [C]// Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM), the 7th International Conference, 2011:1-4.
- [8] Liang Wei, Zhang Xiaoling, Yang Xiao, et al. Survey and experiments of WIA-PA specification of industrial wireless network [J]. Wireless