

基于 WiFi 的无线远传煤气表

胡 超 王贤礼 洪焕杰 裘 君

(浙江大学宁波理工学院信息科学与工程学院 宁波 315100)

摘 要 该文提出了一种基于 WiFi 无线通信技术的网络直读燃气表抄表方法。实验装置选用 MSP430F4152 低功耗微控制器作为主控芯片,通过干簧管传感器采集燃气用量信息,并实现检测、计费 and 显示等功能。微控制器实时控制 MT7681 WiFi 模块,通过对无线局域网路由器和远程服务器建立连接,将燃气用量信息直接上传到远程服务器,实现了在 Web 服务器端实时显示用户煤气使用情况。

关键词 煤气表; WiFi 无线通信; 远传
中图分类号 TP 212.9 **文献标志码** A

A Wireless Remote Gas Meter Based on WiFi Communication Module

HU Chao WANG Xianli HONG Huanjie QIU Jun

(School of Information Science and Engineering, Ningbo Institute of Technology, Zhejiang University, Ningbo 315100, China)

Abstract This paper presents a web-reading gas meter system based on WiFi communication technology. The MSP430F4152 low-power microcontroller is selected as the main controller chip. The gas usage information is collected through a reed sensor, and the gas usage detection and expense charging can be displayed in real-time. The microcontroller controls the MT7681 WiFi module, which connects to the remote server through the WLAN router and uploads the gas consumption data directly to the remote server. Finally, the user gas usage information can be updated on the Web server in real-time.

Keywords gas meter; WiFi wireless communication; remote transmission

1 引 言

在现今社会生活中,燃气表用户数量庞大且分布广。传统的人工抄表方式不仅使工作人员的劳动强度大,还存在抄重和错抄、准确性和实时性较差等问题^[1,2],给计量管理单位造成人力上

的浪费,同时也给用户增添了很多不便。有线抄表方式存在着线路布局复杂,不利于施工和后期维护等问题^[3]。由于当前的燃气计量采用一户一表方式^[4],这就决定了抄表系统具有两个特点:一是数据采集点多,二是需要铺设很广的通信网络。因此,需要一种方便、准确和及时的远程燃

收稿日期:2018-03-22 修回日期:2018-04-10

基金项目:国家自然科学基金项目(61273332);宁波市科技计划项目(2014B10012、2016C50003、创新团队 2014B82015)

作者简介:胡超(通讯作者),博士生导师,研究方向为自动化、智能信息处理和机器人控制,E-mail:huchao@nit.net.cn;王贤礼,硕士研究生,研究方向为电子技术、嵌入式控制系统;洪焕杰,讲师,研究方向为自动化、智能信息处理;裘君,副教授,研究方向为自动化、嵌入式系统应用。

气抄表系统^[5]。

无线通信技术有着安装简单、方便拓展及传输速度快等优点^[6]，其在燃气抄表中的应用能够有效地对燃气用户进行监控，也为实现基于不同季节、不同时段、不同质量的智能化抄表和计价系统提供可靠经济的选择。因此，研发一种无线自动抄表技术，实现燃气数据实时、准确及高效的采集和传输，是人们关注的热点^[7,8]。一些发达国家和地区先后采用自动抄表系统代替传统的人工抄表方式。1986 年，美国成立了自动抄表技术协会 (AMRA)。1988 年，美国 ITRON 公司推出具有实时双向信息传输和分布式数据共享等技术的网络抄表系统，标志着自动化抄表系统进入了一个崭新的发展阶段。而后，欧洲也成立自动抄表技术协会，并制定了无线抄表系统的统一标准。日本研制了一种基于电话线集中采集用户数据的系统，这种方式在技术上有一定的优势。但到目前为止，国际上还没有一个统一的自动抄表系统标准，导致了无线抄表系统的多样化^[9]。国内从 20 世纪 90 年代初开始自动抄表系统的研发，经过 20 多年发展，有线抄表方式已达到了批量使用^[10]。近几年，随着电子和网络技术的发展，国内产品技术已经打破了国外的垄断。尤其是近几年，随着智慧城市、智能家居等技术的普及，我国沿海发达地区和一些内陆大、中城市，均在不同程度上建设了智能化示范小区，而自动抄表作为智能化的一个环节，技术也日趋成熟。

近年来，WiFi 无线网络技术发展极其迅速，在手机、电脑和智能家居上得到广泛应用。基于 WiFi 无线通信技术的无线抄表系统，利用 WiFi 与 Internet (因特网) 相结合网络结构，可将物理数据信息从检测装置传输到网络服务器管理系统。WiFi 无线通信主要有两种形式。一种是总线 (如 Modbus 总线、RS485 总线) 结合 WiFi 的上、下层结构^[11]。其中，下层表端不具有 WiFi 无线通信功能，数据通过总线传输到 WiFi 无线

终端；上层 WiFi 网络与 Internet 连接，接收下层数据上传到互联网。另一种是表端集成 WiFi 通信模块，通过 WiFi 直接将数据上传远程服务器^[12]。相比于 GPRS、Zigbee 等形式，通过 WiFi 具有直读无线组网方式简单、实时性高和维护方便的优点，备受国内外专业人员的关注^[13,14]。Chandra 等^[15]提出了一种基于树莓派微机和 WiFi 适配器的自动电能表。Hlaing 等^[16]研发了使用 ESP8266 WiFi 模块的单相数字电能计，实现与网络服务器的数据通信。王科等^[12]设计了用 MK30N512VMDI00 微控制器和 BCM8000 WiFi 模块的智能电表，实现了组网。李先茂和费敏锐^[11]提出智能小区的 WiFi 自动抄表系统，上层采用 WiFi 无线网络与 Internet 网相连接，下层则采用 WiFi 无线网与 Modbus 现场总线 (或 485 总线) 相结合的结构。杨顺和李明明^[14]设计了基于 ARM 和 WiFi 技术的远程自动抄表系统，采用 RS485 总线模式让电表与采集器进行通信，而采集器则利用 WiFi 无线网络转接 Internet 网实现与主站的通信。显然 WiFi 通信技术是发展方向，但上述的 WiFi 通信技术主要应用于电表的数据传送，且一般通过底层数据采集网与 Internet 分开的结构，网络形式较为复杂，不利于维护。而煤气表因安全原因不能使用有线供电的方式，必须采用电池供电。其中，要求更换一次电池能运行两年及以上时间，所以电路功耗需极低，如采用 6 V 供电电池，其平均电流应为几十微安 (μA) 以下。此外，由于 WiFi 通信有一定功耗，对系统运行方案提出了更高的要求^[17]。

本文提出一种新型的基于 WiFi 无线通信技术的网络直读燃气表抄表方案。首先，采用 MSP430F4152 微控制器作为主控芯片^[18]，其中通过干簧管传感器采集燃气用量信息，进而微处理器实时控制 MT7681 WiFi 模块并通过无线局域网路由器和远程服务器建立连接；其次，按照需要，在特定的时间将燃气表数据直接上传到远程

服务器;最后,在 Web 服务器端实时显示用户燃气使用情况。从而,达到煤气表自动读数、自动计价和网上在线查询的目标^[19]。

2 系统硬件设计

2.1 单片机与电路系统

图 1(a)为煤气表模块,相应电路组成如图 1(b)所示。模块主控芯片选用具有超低功耗的 MSP430F4152 单片机,负责整个设备数据信息的处理,并协调各个子模块的工作。该单片机接口能够满足系统功能需求,同时内置 LCD 液晶驱动单元,可省掉外置液晶驱动芯片,减少开销和降低功耗。

外围模块包括计量、WiFi 无线通信、LCD 显示、IC 智能卡、阀控、电源及电压检测等模块。其中,计量模块利用磁感应干簧管,当煤气气体驱动机械涡轮旋转,煤气表的机械式滚轮指示器会产生变化,显示用气量。同时,涡轮不同位置上装有两个磁体,每转一圈,装在转盘旁的干簧管会吸合两次,产生两个电脉冲,实现两次电计数,单片机根据其计数值完成用气量计量。

WiFi 无线通信模块把用户的信息和数据发送到远程服务器。LCD 显示模块显示用气量、电池电量及各种运行状态。IC 智能卡模块与表端进行

预付费、加费操作和数据交换。阀控模块由专门设计的桥式驱动电路驱动电机开启和关闭阀门。电源采用电池供电,通过电源管理模块转换后给控制器和 WiFi 模块提供 3.3 V 电压,而提供给 IC 卡和电机驱动电路 5 V 电压。在各模块选择时,需要特别考虑功耗问题,如运行方式和参数选择等。

2.2 WiFi 模块连接电路

WiFi(无线保真)是短距离的无线通信 WLAN 的一个标准^[20],它包含了 IEEE802.11 的一系列无线局域网协议。该技术采用 2.4 GHz 的 ISM 频段,具有传输速度快、组网灵活、稳定性强的特点,能方便地与现有以太网整合,只需要安装一个无线接入点就可以满足指定区域信号的覆盖,建网成本低。

本文系统采用 MT7681 WiFi 模块,基于 UART 接口标准,内置 TCP/IP 协议栈,能够实现串口到 WiFi 的转换。其中,MT7681 无线通信模块与 CPU 之间采用 UART 通信方式,与 Web 服务器之间采用 TCP/IP(802.11b/g)通信协议。MT7681 模块的工作电压为 3.3 V,可以在 AP(Access Point)和 STA(Station)两种模式下工作。当在 STA 模式工作时,工作方式与普通 WiFi 一样。当在 AP 模式工作时,该模块不需要额外的 AP,就可以与其他的 WiFi 模块建立连

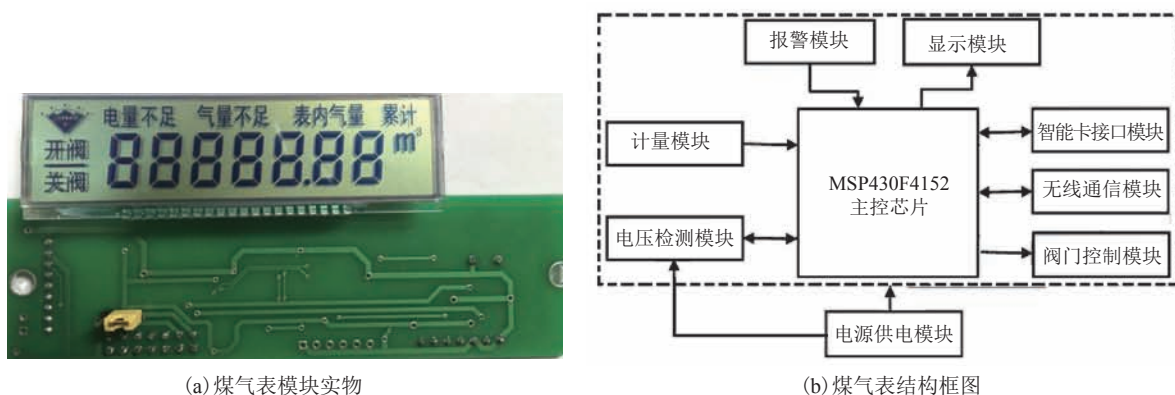
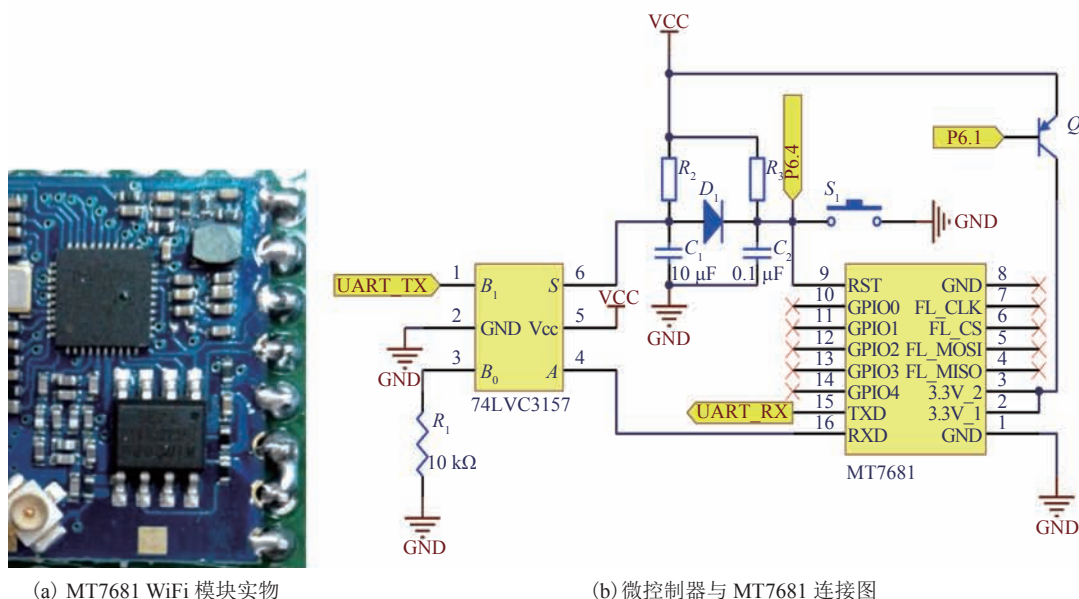


图 1 燃气表模块与结构

Fig. 1 Gas meter module and its compositions

**Fig. 2 MT7681 WiFi module connections**

接。图 2 为 MT7681 WiFi 模块连接图。其中, 图 2(a) 为 MT7681 的实物图, 图 2(b) 为微控制器与 MT7681 模块连接示意图。MT7681 模块上电前应确保 16 RXD 引脚为低电平, 待启动系统后才可拉高。因此, 通信电路设计时, 在 MT7681 模块的 RXD 引脚和微控制器的 UART_TX 引脚间需添加一个延时电路。本文采用 74LVC3157 芯片: 当芯片输入引脚(S 脚) 为低电平时, 芯片的 A 脚与 B_0 脚相连; 当输入为高电平时, A 脚与 B_1 脚相连。系统上电后, MT7681 模块的 RXD 引脚首先连接 B_0 (地), 经过 $\tau=R_2 \times C_1$ 延时后切换到与 B_1 (UART_TX) 连接。图 2(b) 中 UART_RX 和 UART_TX 分别是微控制器串口的接收和发送引脚。

由于 WiFi 模块的功耗远远大于表端设备的其他模块, 为了避免 WiFi 工作时电流激增对其他模块造成影响, 因此对 WiFi 模块进行单独供电。

3 软件设计

WiFi 系统工作流程图如图 3 所示。WiFi 通

信单元软件设计主要由微控制器串口驱动 WiFi 通信、WiFi 模块的初始化和数据收发控制 3 个部分组成。该单元通过无线路由传给远端服务器, 进行相应处理。

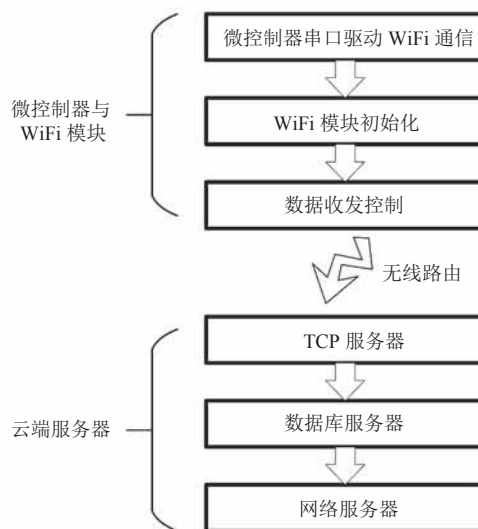


Fig. 3 Working procedure of WiFi system

3.1 微控制器串口驱动 WiFi 通信

MSP430F4152 微控制器通过串口方式控制 WiFi 模块。通信前必须设置好串口的工作波特

率。其中, MT7681 支持 57.6 kbps、115.2 kbps、230.4 kbps。在满足微控制器和 MT7681 同一波特率的情况下, 模块能正常接受单片机发送的指令或者数据, 相应协议如图 4 所示。



图 4 串口报文帧格式

Fig. 4 Frame format of the serial port data

其中, L 为用户数据区字段的长度; C 为控制字段信息, 表示 D 字段是控制命令还是数据, 如果是控制命令, D 字段也应跟上相对应的控制帧信息。所有的命令或数据均以数据帧的格式发送给 WiFi 模块, 模块接收到数据帧之后, 做出相对应数据分析的操作。

3.2 模块初始化

模块的初始化通过微控制器引脚 P6.4 (见图 2) 控制模块的 RST 引脚进行。当燃气表需要重启 WiFi 模块时, 微控制器给 P6.4 引脚一个拉低脉冲信号, 即可重新启动 WiFi 模块, 并进行参数设置, 包括无线网络参数设置以及 TCP/IP 连接参数设置。其中, 无线网络设置包括 WiFi 的 SSID、密码及安全认证模式等。TCP/IP 连接参数设置包括源端口和目标服务器端口号、源地址和目标服务器地址、帧最大长度以及 TCP 连接超时时间等。这些数据可使用 AT 指令通过串口设置到模块中。初始化流程如图 5 所示。

考虑到用户无线路由器 SSID 和密码的不定性, 系统可采用 3 种方案将无线路由器 SSID、密码以及安全认证模式等传给 MT7681 无线模

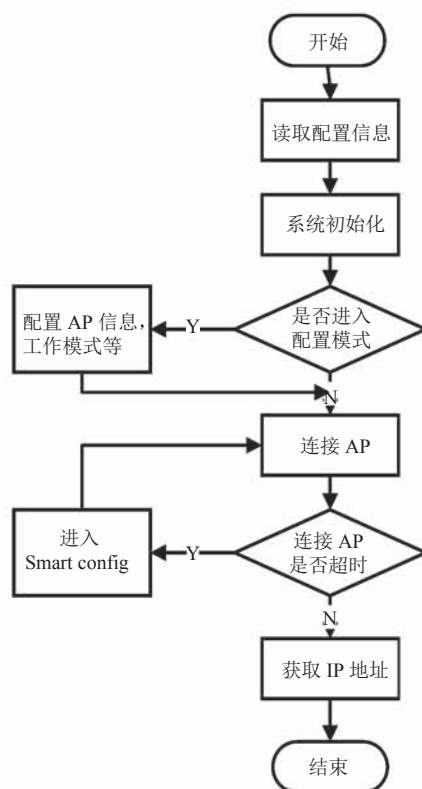


图 5 WiFi 模块初始化流程图

Fig. 5 Initiation procedure of the WiFi module

块: (1) 将 SSID、密码以及安全认证模式等信息编写到燃气表设备的程序中。当燃气表启动之后, 微控制器将相关信息传递给 MT7681 模块。这种方式的缺点是当用户的无线路由器更改 SSID 或密码后, 必须重新下载燃气表设备程序。(2) 通过智能手机安装 IoT Manager v0.96 软件将无线路由器 SSID、密码及安全认证等信息传递给 MT7681 模块。即通过智能手机加入无线燃气表设备所在的无线局域网, 手机通过无线路由器与燃气表设备进行通信。IoT Manager v0.96 界面如图 6 所示。(3) 通过上位机将 WiFi 的 SSID、密码以及安全认证模式等信息以串口的形式传递给 MT7681 WiFi 无线模块, 如图 7 所示。

3.3 数据收发控制

智能燃气表的 WiFi 通信链路层采用 TCP/IP 协议。数据收发控制流程如图 8 所示, 燃气表与服务器每次在传输数据之前都需要先检查两者之



图 6 IOT Manager 界面

Fig. 6 Interface for IOT Manager

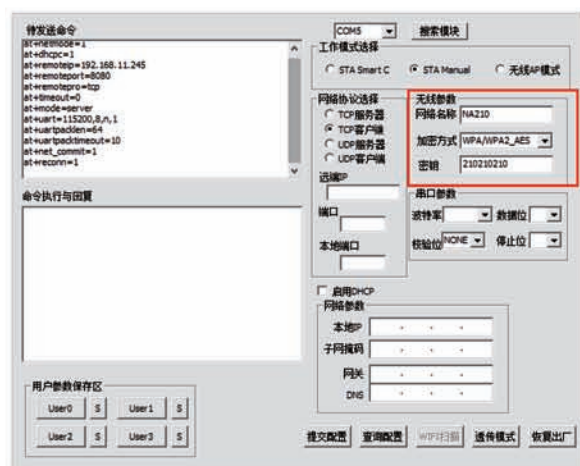


图 7 上位机界面

Fig. 7 Interface for upper machine

间是否保持着连接。服务器端与 WiFi 模块设置成一致的监听端口，当服务器监听到 WiFi 模块申请连接时，执行 TCP 握手完成连接。燃气表的运行数据经过单片机处理，封装成 WiFi 模块识别的数据帧形式发送至 WiFi 模块，WiFi 模块收到后分析解包后将数据打包以无线通信帧格式传送给远程服务器。如图 9 所示，帧格式包含由 4 个字节组成的固定长度的报文头，具体包括：表示用户数据区的长度 L ；一个字节的控制域 C ，控制报文的传输方向和数据类型；一个字节地址域 A 表示燃气表终端的地址；用户数据表示用户传递的数据；一个字节 CRC 校验；一个字节结束字符。

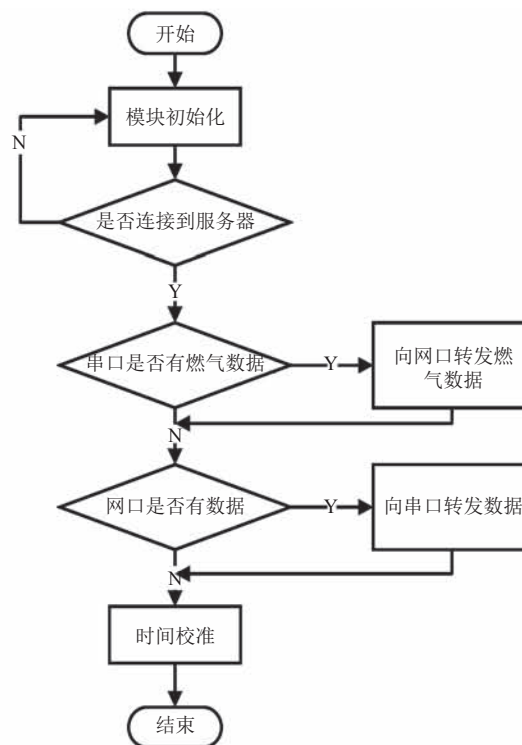


图 8 WiFi 通信收发流程图

Fig. 8 Procedure for WiFi communication

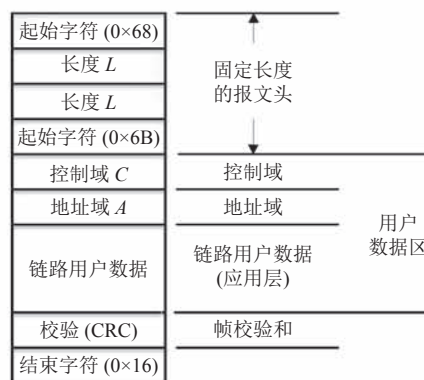


图 9 WiFi 无线通信帧格式

Fig. 9 Frame format of the WiFi communication

3.4 Web 服务器

本文选择阿里云服务器，IP 地址 115.28.145.220。服务器接收煤气数据并处理显示相关信息，具体包括 TCP 服务器、数据服务器和网络服务器。

TCP 服务器：主要从煤气表接收煤气使用信息，它总是监听一个特殊的端口。其中，服务器的 IP 地址和特定端口号必须写入 WiFi 模块。当

WiFi 模块上电后, 立即连接服务器; 而服务器接收煤气数据并保存于数据库。

数据库服务器设计: 使用 MySQL 数据库将煤气表数据进行存储, 包括用户表和数据表两个数据库表; 而网络服务器则从该数据库中提取数据。

网络服务器设计: 主要与用户进行交互, 用于管理者登录等操作, 获取所有用户数据及各用户相关的详细数据。可以查看开放的个人基本信息, 还可实时监测查看用户燃气使用情况, 查询历史使用情况, 图 10 为用户实时数据展示。

序号	用户	区域	安装日期	使用状态	终端数据
1	user1	宁波大学	2017-01-01	使用中	00012.65
2	user10	宁波大学	2017-01-01	使用中	00011.17
3	user11	宁波大学	2017-01-01	使用中	00011.64
4	user12	宁波大学	2017-01-01	使用中	00011.64
5	user13	宁波大学	2017-01-01	使用中	00011.64
6	user2	宁波大学	2017-01-01	使用中	00004.15
7	user3	宁波大学	2017-01-01	使用中	00009.98
8	user8	宁波大学	2017-01-01	使用中	00009.90
9	user9	宁波大学	2017-01-01	使用中	00011.39

图 10 Web 数据实时显示界面

Fig. 10 Real time display interface for web data

4 测试与结果分析

4.1 WiFi 连接服务器成功率

为降低功耗, 系统对 WiFi 模块采用实时控制方式。只有当燃气表向远程服务器上传数据时, 才对 WiFi 模块供电, 而当数据传输完成后立即对 WiFi 模块断电。因此, 每次 WiFi 上电启动后, 都要主动连接远程服务器。通过 200 次对 WiFi 模块进行上电、断电操作, 让模块反复重启, 结果显示 WiFi 模块都能连接到远程服务器。本研究也对不同时间段的通信进行了测试, 发现在网络路由器保持畅通的情况下, 煤气表 WiFi 模块均能有效连接。

4.2 数据上传时间

为准确测量 WiFi 模块启动时间和上传一帧

数据耗费的时间, 在 WiFi 模块和服务器之间建立一种反馈机制。当 WiFi 模块完成初始化并连接到远程服务器之后, 远程服务器会回传 “Connected” 消息给 WiFi 模块; 当煤气表收到回传信息后, 才开始向远程服务器上传数据。经过 50 次的测量发现, WiFi 模块初始化并连接到远程服务器的时间大约是 6.4 s。

当远程服务器收到数据后, 识别到结束标志并完成校验, 会反馈一个 “Received” 消息, 设备收到该反馈消息后会主动对 WiFi 模块断电。其中, 数据上传时间为设备开始上传数据至收到服务器反馈消息的时间。通过微控制器的计数器测得 50 次上传数据时间如图 11 所示。从图 11 可以估算出 WiFi 上传一帧数据的时间大约是 0.115 s。

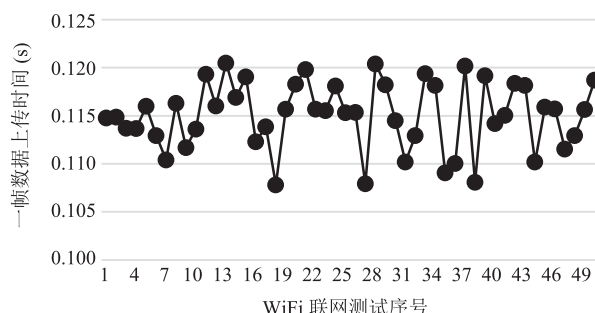


图 11 WiFi 通信上传一帧数据时间

Fig. 11 The duration for WiFi transmitting one frame data

4.3 通信测试

用户燃气信息能否成功传输到远程服务器是一个非常重要的指标, 也决定了无线远传燃气表设计是否可行。通过将 Apache 服务器移植到阿里云服务器 (IP 地址: 115.28.145.220) 上, 并启用 1、2、3、4、5 端口号为燃气数据传输端口, 对用户 3 表端设备上传到该服务器的燃气数据进行测试, 结果如图 12 所示。其中, 图 12 中最后一次上传的数据为 49.90, 表示当前用户 3 的表端内剩余燃气值为 49.90 m³。

通过 Web 客户端登录燃气管理平台查看用户 3 的信息。从图 13 可以看出, 该用户当前剩余燃气值同样是 49.90 m³, 此数值与用户 3 表端

(图 14)的显示一致。同时,通过 Web 管理系统还可查看相关数据。如点击图 13 中“user 3”按钮,可以看到用户 3 的燃气历史数据。图 15 所示为用户 3 最近 10 次的煤气使用数据。上述例子说明,通过本文设计的智能燃气表能够成功并准确地传输用户燃气使用数据到远程服务器上,并能实现即时的网上查询。

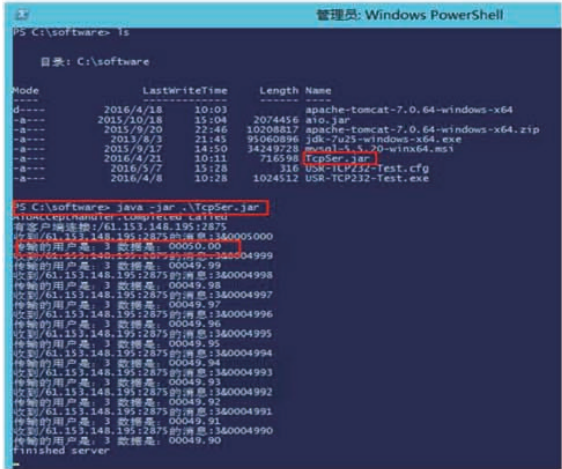


图 12 燃气数据上传服务器

Fig. 12 Gas data being transmitted to web server

Terminal	Region	Date	Status	Terminal Data
user1	NBU	2014-02-28	using	00012.65
user10	NBU	2014-02-28	using	00011.17
user11	NBU	2014-02-28	using	00011.44
user12	NBU	2014-02-28	using	00011.44
user13	NBU	2014-02-28	using	00011.44
user2	NBU	2014-02-28	using	00004.15
user3	NBU	2014-02-28	using	00049.90
user4	NBU	2014-02-28	using	00001.411
user5	NBU	2014-02-28	using	00011.39
user6	NBU	2014-02-28	using	00011.39
user7	NBU	2014-02-28	using	00011.18
user9	NBU	2014-02-28	using	00011.18

图 13 Web 管理系统燃气用户显示

Fig. 13 User data in the Web management system



图 14 用户 3 表端设备

Fig. 14 User 3 gas meter readings

USER: user3	
Record Time	Terminal Data
2016-06-23 19:59:41	00049.90
2016-06-23 19:59:38	00049.91
2016-06-23 19:59:34	00049.92
2016-06-23 19:59:32	00049.93
2016-06-23 19:59:29	00049.94
2016-06-23 19:59:26	00049.96
2016-06-23 19:59:26	00049.95
2016-06-23 19:59:24	00049.97
2016-06-23 19:59:24	00049.98
2016-06-23 19:59:19	00049.99
2016-06-23 19:59:17	00050.00

图 15 用户 3 燃气历史信息

Fig. 15 History gas data for user 3

5 结论与进一步的工作

利用 WiFi 无线通信技术实现燃气表数据向网络平台的传递方式具有简单、快速和经济等优点。本文设计选用 MSP430F4152 微控制器作为主控芯片,使用干簧管传感器采集燃气用量,实现检测、计费 and 显示等功能。通过 MT7681 WiFi 模块实现与远程服务器建立连接,将燃气用量信息直接上传到远程服务器,在 Web 服务器端实时显示用户煤气使用情况。相关实验结果证明本设计是可行的。

进一步的工作需要开展大批量煤气表节点的网络运行测试,保证系统的稳定性和可靠性,避免出现断网等问题。在模块功耗方面也需要进一步优化,特别是 WiFi 模块和液晶显示模块的选择及运行方式还要不断地深入改进,从而形成更有社会效益的煤气表产品。

参考文献

[1] 任俊芳. 自动抄表技术发展 [J]. 经济技术协作信息, 2010 (31): 99.

[2] 戚佳金, 刘晓胜, 喻言, 等. 基于电力线通信的远程电能计量监控系统设计 [J]. 电子器件, 2006, 29 (4): 1118-1122.

- [3] 刘颖, 王再英, 彭倩, 等. 基于 ZigBee 和 GPRS 的远程无线抄表系统设计与实现 [J]. 科学技术与工程, 2012, 20(30): 8058-8062.
- [4] 张亚利, 牛幼飞. 浅谈燃气计量的管理对策 [J]. 科技创新与应用, 2012 (11): 21-21.
- [5] 周鑫, 朱向东, 于秀波. ZigBee 远程无线抄表系统的设计 [J]. 自动化仪表, 2013, 34(3): 31-33, 37.
- [6] Liu YC, Liu YB. Design of intelligent monitoring system based on embedded web [C] // IFITA'09 International Forum on Information Technology and Applications, 2009: 521-525.
- [7] 赵志平. 浅谈燃气表远程无线抄表和控制系统的 应用 [J]. 数字通信世界, 2016 (12): 61-62.
- [8] 杨宏业, 张跃, 吕芳. 自动抄表系统中通信方案的 现状与展望 [J]. 电测与仪表, 2001, 38(8): 8-11.
- [9] 谭志强, 黄懿. 自动抄表技术的发展 [J]. 电测与仪 表, 2009, 46(1): 1-5.
- [10] 刘述钢. 微功率无线自动抄表系统设计新方法及其 应用研究 [D]. 长沙: 湖南大学, 2011.
- [11] 李先茂, 费敏锐. 面向智能小区的 WiFi 自动抄表 系统研究 [J]. 自动化仪表, 2012, 33(9): 49-52.
- [12] 王科, 童嵘, 甘建平. WiFi 通信在智能电表中的应 用研究 [J]. 电测与仪表, 2013, 50(9): 64-68.
- [13] 盛仲飙. WIFI 无线网络技术及安全性研究 [J]. 电 子设计工程, 2012, 20(16): 1-3.
- [14] 杨顺, 李明明. 基于 ARM 和 WiFi 技术的远程自 动抄表系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21(11): 3068-3071.
- [15] Chandra PA, Vamsi GM, Manoj YS, et al. Automated energy meter using WiFi enabled raspberry Pi [C] // IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information Communication and Technology, 2016: 1992-1994.
- [16] Hlaing W, Thepphaeng S, Nontaboot V, et al. Implementation of WiFi-based single phase smart meter for Internet of Things (IoT) [C] // 2017 International Electrical Engineering Congress (iEECON), 2017: 1-4.
- [17] 范卫萍, 吴叶兰, 陈红军, 等. 智能燃气表缴费系 统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2016, 24(1): 328-330.
- [18] Texas Instruments. MSP430F41X2 Datasheet [OL]. [2018-03-20]. <http://pdf1.alldatasheetcn.com/datasheet-pdf/view/424704/TI/MSP430F41X2.html>.
- [19] 王贤礼. 无线远程智能燃气表研究 [D]. 宁波: 宁 波大学, 2017.
- [20] 吕方兴. 对无线局域网标准兼容性的分析 [J]. 科 技信息, 2012 (7): 194.