

面向热泵机组远程监控的 GPRS 无线数据终端^{*}

周 澍, 王 剑^{*}, 徐 平, 姜周曙
(杭州电子科技大学 自动化研究所, 浙江 杭州 310018)

摘要:为了解决热泵多机组的集中管理问题,将基于通用分组无线业务(GPRS)网络的无线通信技术应用于热泵机组的远程监控中;设计了一套面向空气源热泵机组远程数据传输的 GPRS 无线数据传输终端。该装置采用 Cortex_M3 内核的高性能单片机 STM32F103 作为核心测控元件;采用华为 GPRS 模块 EM310 作为通信模块,完成基于 TCP/IP 协议的数据通信。为了提高热泵远程监控的可靠性,提出了一种针对热泵数据特点的应用层无线数据传输协议和相应的软件方案。研究结果表明,该方案具有成本低、体积小、传输速度快、布线少等特点,具有较高推广价值。

关键词:热泵;远程监控;通用分组无线业务;Cortex_M3

中图分类号:TP393;TK43;TH138.23

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2011)07-0863-04

GPRS wireless data terminal for heat pump remote monitoring

ZHOU Shu, WANG Jian, XV Ping, JIANG Zhou-shu

(Institute of Automation, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract:In order to solve the problem of the centralized management of multiple-unit heat pump, the wireless communication technology based on general packet radio service(GPRS) networks was applied to the remote monitoring of heat pump units, and a set of GPRS wireless data transmission terminal based on air source heat pump units was designed. High-performance microcontroller, STM32F103 was taken, which has a Cortex_M3 kernel as the core monitoring unit, and Huawei GPRS module, EM310 was taken, as the communication module to achieve the data communication function. The data communication is based on TCP / IP protocol. In order to improve the reliability of the heat pump remote monitoring, a data transfer protocol of application layer data was proposed and the corresponding software program was developed. Research results show that this remote monitoring programs has features of lower cost, smaller size, higher transmission speed and less wiring. Moreover, it has high promotion value.

Key words: heat pump; remote monitoring; general packet radio service(GPRS) ; Cortex_M3

0 引 言

热泵热水器是继电热水器、燃气热水器以及太阳能热水器之后出现的新型热水器,具有高效节能、安全环保、全天候运行、使用方便等优点^[1];在商业领域,尤其是在酒店宾馆、医院、学校、休闲场所等商用公用事业方面广泛应用^[2]。目前热泵热水器控制器的

种类繁多,但是多数控制器仍然与机组紧密结合,用户需要在机组现场才能实现人机交互。随着热泵热水器应用的增多,热泵机组故障问题也越来越受到人们的关注。其中有相当一部分故障是由于管理不到位引起的。特别是酒店宾馆等多机组热泵的应用场合,由于机组分散部件出现故障后往往不能得到及时的维修;而且管理人员也很难准确掌握各机组的实时运行状况。因此在上述环境对热泵机组进行远程集中管理,

收稿日期:2010-11-08

项目资金:浙江省科技计划资助项目(2009C31083)

作者简介:周 澍(1986-),男,浙江杭州人,主要从事检测技术与自动化装置方面的研究. E-mail: 05045135@163.com

通信联系人:王 剑,男,副教授,硕士生导师. E-mail: jianw6@sohu.com

具有重要的实际意义和广阔的应用前景。

工业上常采用以太网、RS485 等有线方式进行远程通讯,将机组信息传送到管理系统。但是由于热泵机房环境差别大,以太网、RS485 等通讯方式存在布线复杂、成本高,通讯质量受距离限制的缺点,并不能很好地满足各种环境下远程监控的需求。

鉴于此,本研究提出了一种利用 GPRS 网络进行远程通信的无线数据终端。数据终端硬件上采用具有 ARM 新一代内核 Cortex-M3 的高性能单片机 STM32F103 作为控制单元;采用内嵌 TCP/IP 协议栈的华为 EM310 作为 GPRS 通讯单元实现模块化的设计。在软件上针对热泵热水器机组的数据特点设计了应用层的数据传输协议;采用数据应答与无应答的双重设计,以最大限度地实现数据传输速度与可靠性的平衡。

1 GPRS 相关技术的介绍

基于 GSM 网络的 GPRS (General Packet Radio Service) 是目前世界上最常见的无线数据通信服务^[3];是在现有第二代移动通信 GSM 系统基础上引入了分组控制单元(PCU)、服务支持节点(SGSN)和网关支持节点(GGSN)等新部件而构成的无线数据传输系统^[4]。GPRS 通过多个 GSM 时隙的复用,数据传输速率 57.6 Kbit/s,最大理论峰值可达 171.2 Kbit/s^[5]。

GPRS 数据服务具有永久在线、按流量计费、接入等待时间短等特点^[6],可快速建立连接,平均耗时约为 2 s。而且 GPRS 网络为每个电话号码动态地分配一个 IP^[7],提供实时在线功能,能随时为用户提供一个透明的 IP 通道用于访问 Internet^[8]。此外 GPRS 网络对地点没有特定要求,利用 GPRS 无线网络进行传输数据,用户可以在任何地点方便地接入基于 TCP/IP 协议的网络,省去了繁杂的网络布线工程,从而大大增加了系统的灵活性。由于 GPRS 数据服务在灵活性和使用成本上的优势,使其在数据采集、智能交通、实时信息查询、智能家居等领域都有着广泛的应用^[9],也为热泵机组的远程程监控提供了新的解决方案。

2 方 案

热泵机组远程监控的目的是为监控中心提供机组工况参数和机组部件控制操作,帮助用户实现对热泵机组的远程管理。热泵远程监控系统由热泵本地控制器、GPRS 无线数据终端和监控中心软件平台构成,结构如图 1 所示。

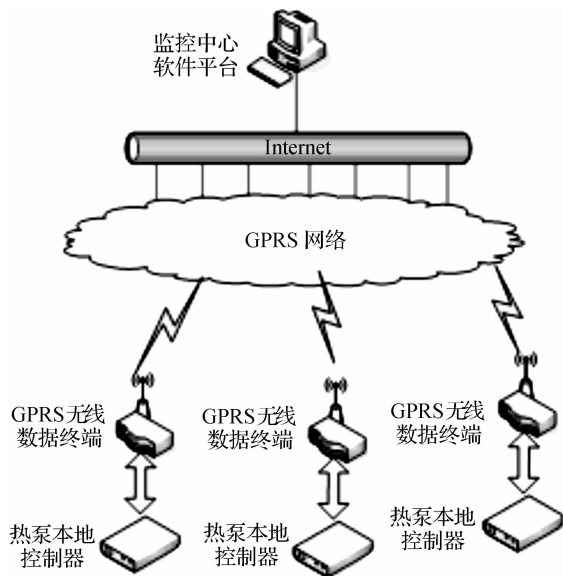


图 1 系统结构图

热泵本地控制器是安装在机组上的本地控制设备,主要用于采集各个部件的工作参数和控制相关部件的运行,如采集压缩机温度、压力和控制风机的启停等工作。

监控中心软件平台是指在 Internet 上运行有热泵远程控制软件的用户个人电脑,具有远程显示机组各部件参数、故障报警、提供部件相应控制操作的功能。

GPRS 无线数据终端是上、下行数据的枢纽,为热泵本地控制器与远程监控中心提供无线数据通信服务。

GPRS 无线数据终端提供了 RS232 和 RS485 接口用于与热泵本地控制器通信。GPRS 无线数据终端与监控中心之间通过 GPRS 网络和 Internet,并采用基于 TCP/IP 协议的无线数据传输方式进行通信。系统数据传输是双向的,下行数据由监控中心发起,主要用于传递热泵机组控制信息;上行数据由本地热泵控制器发起,主要用于传递热泵机组工作参数。整个过程中无线数据终端通信质量决定了热泵远程监控的可靠性。

3 数据终端硬件设计

无线数据终端由微控制器 STM32F103、GPRS 模块通信电路、电源模块、用户串口电路、配置串口电路、独立时钟电路、外部存储器等部分组成。其硬件结构图如图 2 所示。

微控制器 STM32F103 基于高性能的 Cortex-M332 位的 RISC 内核,工作频率为 72 MHz,内置高速存储器(高达 512 KB 的闪存和 64 KB 的 SRAM)。STM32F103

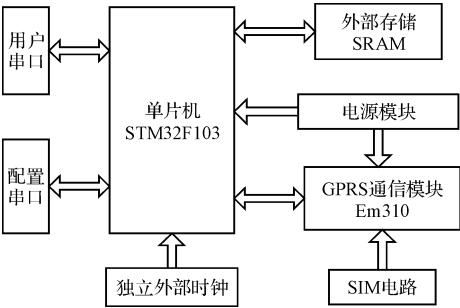


图2 无线数据终端硬件结构图

提供了程序存储器(片内 FLASH)在应用编程(In-Ap-plication Programming, IAP)功能^[10],无线数据终端的工作参数可直接存储于 FLASH 上而不必要外扩 EEP-ROM 芯片。此外 STM32F103 还提供了4个通用16位定时器和丰富的通信接口:2个 I²C 和 SPI、3个 US-ART、2个 UART、1个 USB 和1个 CAN^[11]。丰富的通信接口满足了设计中4个串口和1个 I²C 总线的需求。

GPRS 模块采用华为 EM310 模块,电源电压 3.4 V~4.7 V,最大下行速率 85.6 Kbit/s,最大上行速率 42.8 Kbit/s,内嵌 TCP/IP 协议栈,提供 10 KB 内部缓存。采用 EM310 模块用户不需要自行编写 TCP/IP 协议栈;微控制器 STM32F103 通过串口发送 AT 指令对模块进行操作,即可建立数据传输透明通道(TCP 链接)。

独立的外部时钟电路采用高性能时钟芯片 DS1302 为核心,为 STM32F103 提供了一个高精度带日历功能的实时时钟,与微控制器采用 I²C 接口通信。除了微控制器内部 SRAM 以外,本研究扩展了 16 位 256 KB 的 SRAM 存储器,以提高网络信号变化和监控中心失效等突发情况下数据存储和传输的安全性。

用户串口单元直接与热泵本地控制器通信,提供 RS232 和 RS485 两种通信接口。该电路采用 SP3223 提供 RS232 电平的转换;采用 SP3485-3.3 提供 RS485 电平的转换。配置串口用于用户配置数据终端的各种参数,采用固定波特率为 38 400 bps 的 RS232 接口。

电源模块为整个系统提供两种电平直流电源,分别为 4 V 和 3.3 V。4 V 电源采用了可调稳压芯片 LM2596;其最大输出电流为 3 A,主要为 EM310 模块提供一个稳定的电源;数据终端的其他部分电路都采用 3.3 V 电源供电。电源两级分离的设计可以保证 GPRS 模块通信的稳定供电。

4 无线数据传输协议

本研究定义了一种用于热泵远程监控的应用层协

议,以增强无线数据传输的可靠性。每次无线数据传输都以数据包的形式进行。数据包的格式如表 1 所示。

表1 数据包格式

起始符	数据终端 ID	本次数据包编号	数据域长度	数据域		校验域	结束符
				功能代码	数据		

数据包采用 ASCII 码传输,即数据包内的所有数据都以 ASCII 码传输。除起始符和结束符外的所有数据原本都是非 ASCII 码形式,因此必须先转化成 ASCII 码形式。转换的方法是:先用 16 进制表示 1 个字节的数据,分别将高 4 位和低 4 位的值转换成 ASCII 码存储在 2 个字节中,高字节在前。如 0x13 转换后为 0x31、0x33。除起始符和结束符外所有域的数据都将从 1 个字节转为 2 个字节的 ASCII 码。下面对各个域说明如下:

- (1)每个数据包以“起始符@”开始,“结束符!”结束,各占 1 个字节。
- (2)“数据终端 ID”用于标识本次数据发送方数据终端的身份,占 4 个字节。
- (3)“本次数据包编号”用于标识本次数据发送的序号,占 4 个字节。
- (4)“数据域长度”指的是数据域转换前的长度,单位字节,占 4 个字节。
- (5)“校验域”用于验证本次数据通信的正确性,这里采用了 CRC 校验。
- (6)数据域依次分为两块:“功能代码段”和“数据段”。“功能代码”用于标识本次通讯的目的;数据域数据段主要用于存放需要传递的监控数据,也可以是对功能代码的补充。功能代码占两个字节,数据域数据段的长度可变,但整个数据域转换前长度不超过 1 000 字节。

5 数据终端软件设计

5.1 数据终端运行流程

GPRS 无线数据终端的软件流程,如图 3 所示。
上电启动后,本研究首先初始化微控制器参数;接着为数据终端加载运行参数,如监控中心 IP 地址等信息。参数加载完成后对 GPRS 模块进行初始化,初始化的 AT 指令流程如下:

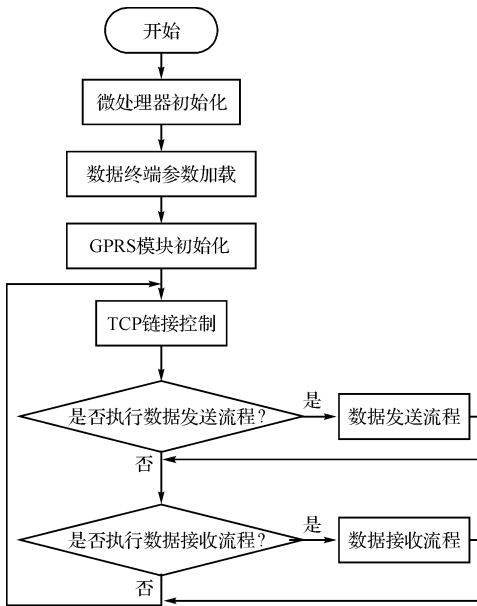


图 3 程序流程图

- (1) AT% TSIM 检查 SIM 是否在线;
- (2) AT + CSQ? 检查网络信号强度;
- (3) AT% IOMODE = 1, 1, 0 设置数据模式;
- (4) AT + CGDCONT = 1, "IP", "CMNET" 注册移动的 CMNET 网关;
- (5) AT% ETCPIP = "user", "gprs" 注册用户名称, 并分配 IP。

当整个硬件平台配置完成后,数据终端根据策略控制 TCP 的连接打开或者取消。当数据终端用户串口接收到的热泵本地机组上传的数据字节数达到 1 000 或串口接收到最后一个字节数据 100 ms 内再未收到数据时,则将该次数据打包启动一次发送流程。当数据终端用户串口接收到监控中心数据包时则启动相应的数据接收流程。

5.2 TCP 连接的控制策略

根据不同的上线模式控制策略有所不同。在“按需上线”模式下,当有数据等待发送时建立 TCP 连接,在空闲时刻(900 s 内无数据发送)断开 TCP 连接。在“按时上线”模式下按照规定设定的时刻进行上、下线操作。“永远在线”模式即上电后即一直保持 TCP 链接的存在。链接通过 MCU 串口发送 AT 指令完成。对应的 AT 指令为:AT% IPOPEN = "TCP", "61.144.176.175", 3000 设置接收服务器的协议类型,IP 和端口号;61.144.176.175 为监控中心 IP,3 000 为监控中心端口号。

5.3 数据的收发流程

当有数据要发送时,发送方将数据打包发往接收方并开始计时。接收方接收到数据后,通过校验域的

代码验证数据包内容的正确性。若数据包内容正确有效,则接收方发送一个数据包通知发送方数据通讯成功,并解析数据包执行相应操作;若数据包内容出错,则接收方也需要发送一个数据包通知发送方数据通讯失败。当发送方检测到数据通讯成功信息后数据发送完成;当检测到数据通讯失败信息或计时超过设定值时(本研究该参数设为 10 s),发送方认为数据通讯失败,并重新打包数据开始新一轮的数据发送和计时,直到通讯成功。这里的发送方指的是数据终端,接收方为监控中心(注:在监控中心上运行的收发流程,两者的位置刚好互换,两者在 TCP 链接建立后,通信地位是平等的。通信的数据可以是热泵本地控制器的机组工作参数或监控中心的控制信息)。

5.4 系统可靠性设计

为了加强 MCU 对 GPRS 模块实时工作状态的掌握,本研究程序中增加了 AT% TSIM、AT + COPS?、AT + CSQ?、AT% IPOPEN? 等 4 条 AT 指令,以实现对 GPRS 网络信号、TCP 链接等通讯环境参数的监控。

为了及时地获得无线网络通信的质量和速度,这里采用了一种“心跳”的方法。即在 TCP 连接建立后,数据终端每隔一定的时间向监控中心发送一个固定的“心跳”数据包;监控中心接收到数据包后返回一个同样的“心跳”数据包。数据终端通过对本次数据通信的质量和速度评价通信信道的质量。

综上所述,本研究涉及到了 3 种通信目的的数据包,分别为信息数据包、“心跳”数据包、通信成功应答数据包和通信失败应答数据包;分别用数据域的功能代码(4 种不同功能码)加以标识。信息数据包数据域数据段包含的是发送方需要发送的数据;对应答型的数据包,无需由发送方再次做出应答,数据域数据段包含的是应答对象的数据包编号。

6 结束语

空气源热泵本地控制器上传数据一般在 50 Bytes/s 左右;监控中心下传的数据随着用户的操作波动较大,单次通信数据长度小于 200 Bytes/s。测试表明,该数据终端可以连续承受 400 Bytes/s 的数据流量,单次通信数据最大长度 1 024 Bytes/s。按照 50 Bytes/s 流量的数据上传计算,外扩的 256 KB 存储器 SRAM 可以保证远程主机失效的情况下维持 87 min 的数据存储。采用该独立的无线数据终端实现的热泵远程监控系统,可以方便地接入 Internet;管理员可在

(下转第 895 页)

4 结束语

电磁开关结构参数和端面形状对电磁吸力特性有着不同影响。锥顶型的吸力特性比平顶型的吸力特性陡度小,能更好地适合负载变化不大的起动机。在气隙小时,平顶型电磁力大,气隙大时则相反,合适启动负载比较小的起动机。平顶型电磁开关倒角长度对电磁力的影响较小,当气隙减小时有一定的影响,其电磁吸力随倒角长度增大而减小。锥顶型电磁开关锥角变化对电磁吸力影响较大,一次进程时,电磁吸力随着锥角增大而减小,在二次进程时则相反,可以通过改变锥角调整电磁开关的吸力特性。在电磁开关设计中,应根据负载特性选择平顶型或锥顶型结构,以获得比较理想的匹配特性。当起动机的启动负载比较大时,应选择锥顶型电磁开关,它能提供较大的电磁力,可以更快地使起动机旋转起来。由于平顶型电磁开关吸力特性比较陡,更适合负载变化比较大的起动机。

参考文献 (References) :

[1] 张胜川,边建华. 汽车起动机电磁开关触片触点烧蚀原因

探究[J]. 汽车电机学报,2010(4) :28-30.

[2] 娄路亮,王海洲. 电磁阀设计中电磁力的工程计算方法[J]. 导弹与航天运载技术学报,2007,28(7) :40-45.
[3] 刘 啸,聂文杰. 电磁阀设计计算[J]. 电气开关,2008(3) :11-13.
[4] 温 舜,邹瑞发. 汽车起动机电磁开关设计[J]. 机电工程技术,2001,30(7) :24,27.
[5] 邹开凤. 高速电磁阀磁场有限元分析与电磁力计算[J]. 机床和液压学报,2006(6) :134-136.
[6] BYUN J K, PARK H, NATH W, et al. Comparison of shape and topology optimization methods for HTS solenoid Design[J]. IEEE Transactions on Applied Super Conductivity,2008,14(2) :842-846.
[7] 孙明礼,胡仁喜. ANSYS 10.0 电磁学有限元分析实例指导[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
[8] 贺湘琰. 电器学[M]. 北京:机械工业出版社,1985.
[9] 夏天伟,丁明道. 电器学[M]. 北京:机械工业出版社,1999.
[10] 白志红,周玉虎. 电磁铁的动态特性仿真与分析[J]. 电力学报,2004,19(13) :200-204.

[编辑:李 辉]

(上接第 866 页)

任何地点通过网络进行实时的监控。此外本研究采用无线远程控制的方案,使得机组迁移后无需布线,不但节省了建设步骤和成本,同时也使得该系统可用于列车等移动的环境。相对于以前的通信终端,笔者所设计的系统具有体积小、结构简单、成本低廉、移动性高、数据吞吐量大的特点,在热泵远程控制系统中具有广阔的应用前景。

参考文献 (References) :

[1] 颜诗敏,姜周曙,黄国辉. 基于 S3F9488 单片机的热泵热水器控制器[J]. 机电工程,2009,26(2) :34-37.
[2] 肖建忠,许飞云. 气源热泵热水机组控制器设计[J]. 现代电子技术,2007(19) :168-172.
[3] LEE P K, LAI L L. A Practical Approach to Wireless GPRS On-Line Power Quality Monitoring System[C]//2007 IEEE Power Engineering Society General Meeting, Tampa, FL: [s. n.],2007:1-7.
[4] 刘世良. GPRS 技术在电能计量计费系统中的应用[J]. 青海电力,2007,26(4) :37-39.

[5] 杨永平. 基于 GPRS 的嵌入式数据采集系统设计[D]. 大连:大连理工大学电子与信息工程学院,2007.
[6] ZHOU Hong-liang. GPRS based power quality monitoring system[C]//Proc. IEEE Conf. on Sensing and Control. Tucson, AZ: [s. n.],2005: 496-501.
[7] 邵向阳,王库,李墨雪. GPRS 无线数据传送在农情监测系统中的应用[J]. 农机化研究,2006(6) :186-188.
[8] 郭文海,杨军. CAN 总线与 GPRS 在远程监控系统中的应用[J]. 科技信息,2009(33) :29-30.
[9] 卫革. 基于 GPRS 的远程无线数据采集系统设计[D]. 北京:北方工业大学自动化学院,2010.
[10] STMicroelectronics. Programming manual PM0075 [EB/OL]. [2010-10-01]. http://www.stmicroelectronics.com.cn/stonline/stappl/resourceSelector/app? page = resourceSelector&doctype = PROGRAMMING _MANUAL&SubClassID = 1169.
[11] STMicroelectronics. STM32F103ZE performance line[EB/OL]. [2010-10-01]. <http://www.st.com/internet/mcu/product/164495.jsp>.

[编辑:李 辉]