

基于 Internet 对潜油电泵温度压力的远程监控

张宏伟 党瑞荣

(西安石油大学电子工程学院 西安 710065)

(西安石油大学光电油气测井与检测教育部重点实验室 西安 710065)

摘 要 油井一般分布广、数量多并且比较偏远,无疑加大了工人的劳动强度,并且影响设备的实时检测。基于此现状,设计了一种基于 Internet 对潜油电泵温度压力的远程监控系统。该系统采用 STM32F072 核心芯片,通过无线传感网络模块 ZigBee 采集近距离无线数据,利用通用的 12864 液晶显示,并将系统接入 WiFi 模块,以实现数据的网络化传输。在一个具有固定 IP 的服务器上实现相关数据的传输服务,Android 客户端通过与服务器建立同样的 TCP 连接[1]来接收相关的实时数据,从而实现了数据的网络化的远程传输。

关键词 潜油电泵,Internet,ZigBee,温度,压力

中图分类号 TN919.5 文献标识码 A

Internet-based Electric Submersible Pump for Remote Monitoring of Temperature and Pressure

ZHANG Hong-wei DANG Rui-rong

(School of Electronic Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China)

(Key Lab of Photoelectric Oil and Gas Logging and Detection, Ministry of Education, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China)

Abstract Because the number of wells is big and they usually distribute far away from each other over a wide range which undoubtedly increases the intensity of labor and affects the real-time detection of equipment. Based on this status, an Internet-based system of electric submersible pump used for remote monitoring of temperature and pressure was proposed. STM32F072 is used as the core chip in this system, the wireless sensor network module ZigBee is used to collect wireless data from close range, and the generic 12864 LCD is used to display the data and make the system access to WiFi modules to realize the network transmission of data in a server with a static IP. Android client establishes the same TCP connection through servers and receives the real-time data to realize the remote network transmission of data.

Keywords Electric submersible pump, Internet, ZigBee, Temperature, Pressure

1 引言

潜油电泵在石油开采中有着举足轻重的作用,尤其是现在采油中原有资源的匮乏,使得油井的深度不断增加,这无疑使井下的温度和压力成倍增加,并且井下的一些化学物质(硫化氢、二氧化碳等)都会腐蚀采油装置[2],导致有腐蚀性的液体流入潜油电泵中,使采油泵不能正常工作。因此,对井下采油泵的实时监测显得尤为重要。

目前油田生产管理方式主要是靠人工定时检查设备运行状况,在现场实时监测设备的运行状况,但由于采油井一般位于人际比较荒凉的地方,加大了工人的劳动强度,并且影响设备的实时检测。但随着 Internet 无线数据传输系统在各种工业自动化控制数据采集、智能家居信息采集中的应用,其也能应用于潜油电泵井下状态监测系统[3]中。

因此,所设计的潜油电泵远程温度压力的监测系统是采用 STM32F072 核心芯片对外围设备进行控制,应用 ZigBee CC2530 芯片对实时动态数据进行近距离传输,采用 WiFi 模

块,以实现数据的网络化传输,最终通过手机客户端实现对采油井的实时动态监测。

2 系统结构与工作原理

该系统由潜油电泵系统、STM32F072 核心芯片、ZigBee 终端节点、服务器、ZigBee 协调器、WiFi 模块 ESP8266、LCD12864 和 Android 手机客户端几部分组成,其结构如图 1 所示。



图 1 系统整体设计

采油井中的潜油电泵的上位机与 ZigBee 终端节点建立连接,ZigBee 的终端节点由射频模块、供电装置、试调电路组成,该部分负责提取潜油电泵上位机所处理的温度和压力信

本文受陕西省教育厅项目:潜油电泵井井下测试系统研究(13JS087)资助。

张宏伟(1990—),男,硕士生,主要研究方向为生产井测试与油气开发;党瑞荣(1957—),男,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为井下信息探测及数字信号处理,E-mail:790100261@qq.com。

息,而后依据 ZigBee 通信协议将采集到的潜油电泵工作时井下的温度和压力传输给 ZigBee 协调器;协调器的硬件组成与终端节点组成是一样的,只是内部人为地通过编程调用使其一个成为发送的,一个成为接收的,而协调器的主要任务就是通过外设串口接收终端节点发送过来的数据,并将此数据传输给 STM32F072 处理器,其实协调器就是一个中转站;再经 WiFi 模块将 STM32F072 处理后的数据在一个固定 IP 的 PC 机以网络化方式实现相关数据的传输,PC 机再与 Android 客户端通过建立 TCP 连接,接收温度和压力数据,从而实现数据的网络化的远程传输。

3 CC2530 芯片概述及 ZigBee 系统软件设计

3.1 CC2530 芯片概述

该系统采用的是 TI 公司生产的 CC2530 芯片,其采用的是 2.4GHz 标准的 IEEE802.15.4 射频收发器^[4],具有十分优良的数据接收灵敏度,需要的外部器件很少,只需外接几个电阻、电容就可以构成其外部 RC 电路,从而实现天线信号采集的滤波作用,十分方便简单,选用的是 6mm×6mm QFN40 封装,其另一个显著的优点是低成本和低功耗,在主动模式 RX(CPU 空闲)电流为 24mA、主动模式 TX 在 1dB(CPU 空闲)电流为 29mA、电源模式 1(4us 唤醒)电流为 0.2mA;其应用于智能家居、工业控制和监控、卫生保健等领域,在现在人类走向智能化时代中应用^[5]得十分广泛。

ZigBee 选用的是 TI 公司推出的完全支持 ZigBee2007 协议栈的单片机 CC2530,软件系统采用 TI 公司 Z-Stack 协议栈的分层理念。Z-Stack 的整体构架^[6]如图 2 所示。

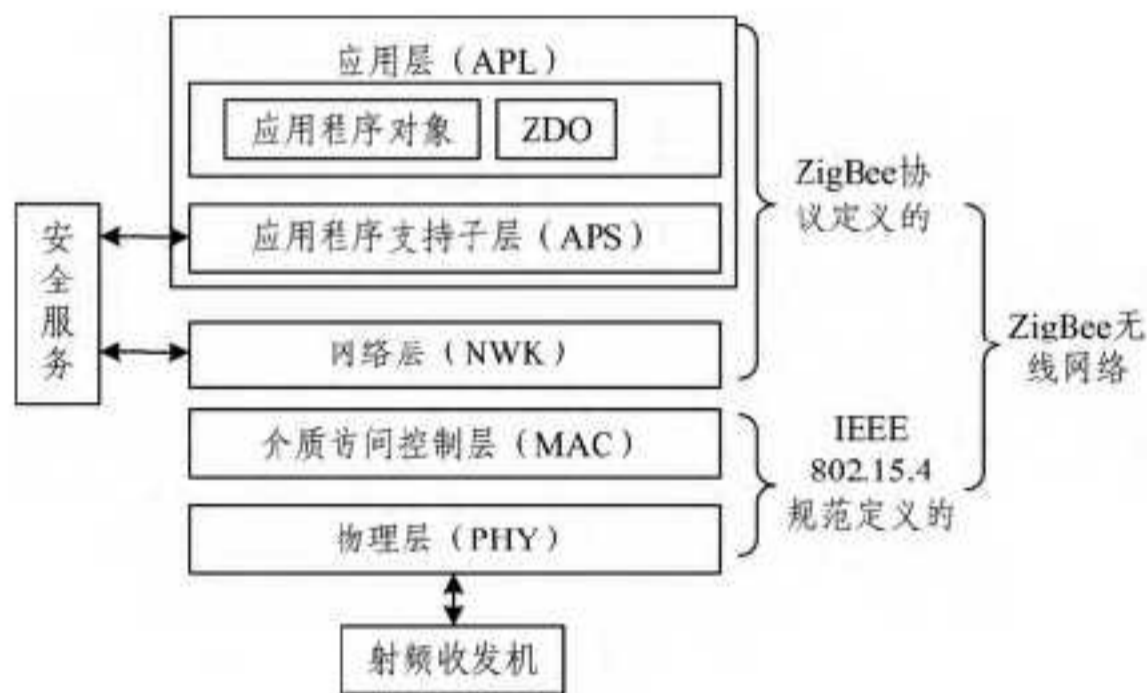


图 2 ZigBee 无线网络各层示意

从图 2 可以看出,ZigBee 无线网络由两部分组成:第一个是 IEEE802.15.4 规范,包括物理层和介质访问控制层;第二个是 ZigBee 协议,包括网络层、应用程序支持层和应用层。应用程序支持层和网络层提供了安全服务,以确保收发信息的安全性;物理层控制射频的收发^[7]。以上部件如此共同组成了 ZigBee 的无线网络。

3.2 ZigBee 系统软件设计

3.2.1 终端节点数据发送函数的设计

本设计中终端节点主要是将由潜油电泵井下温度和压力传感器采集到的信号经地面系统滤波、放大、AD 采集再经过 AT89C51 芯片处理后通过 SPI 串口发送给 CC2530 进行数据的处理。而 CC2530 的终端节点的软件设计如图 3 所示,上电并初始化系统之后,由 OSAL 提供的编程接口(API)来处理 ZigBee 协议栈内嵌的操作系统以支持多任务的运行。OSAL 提供了 8(消息管理、任务同步、时间管理、中断管理、任务管理、内存管理、电源管理、非易失性闪存管理)方面的

API^[8],编程配置好 8 个 API 就可经 OSAL 处理函数调用不同的 PAI 对整个系统的数据进行接收、处理、打包、发送等流程处理。

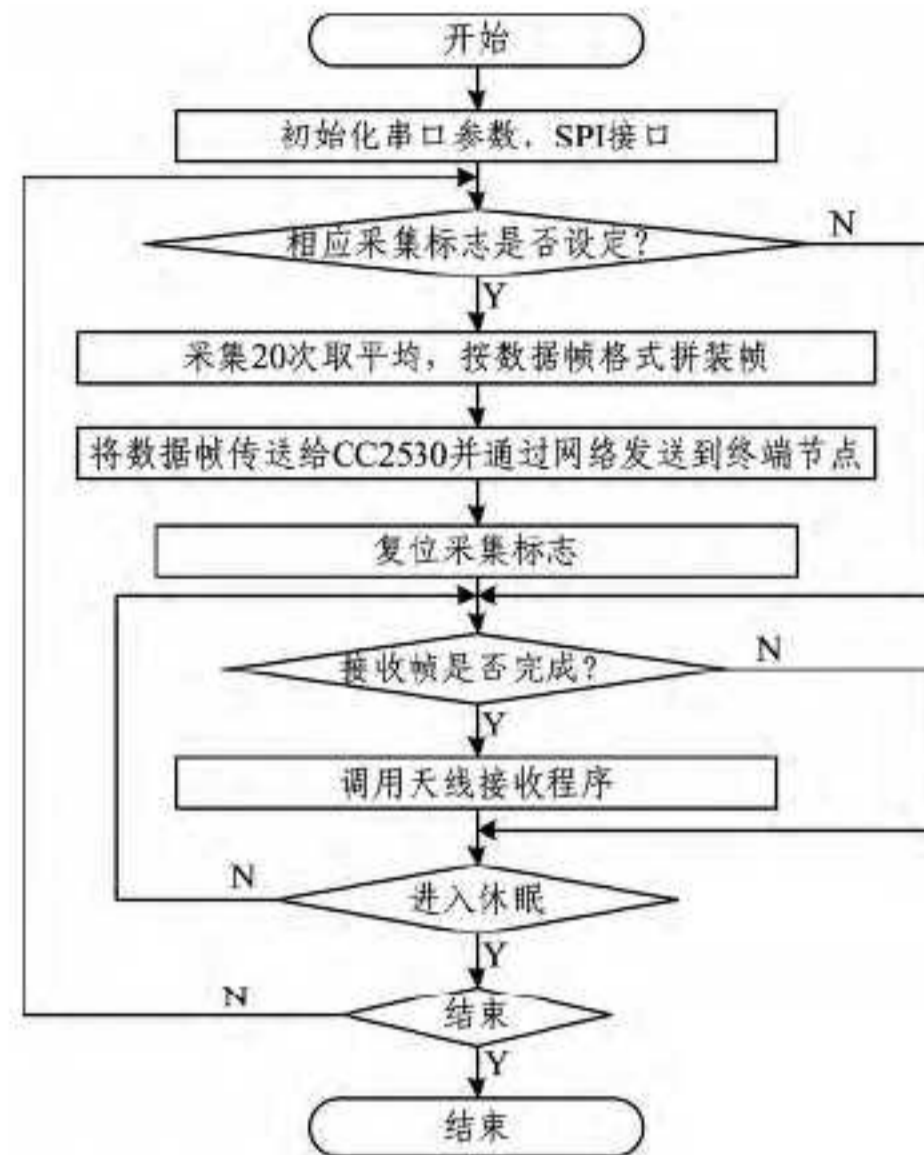


图 3 数据采集终端节点流程图

3.2.2 协调器数据处理函数的设计

当 ZigBee 上电使其处于工作状态时,最先建立网络是由 ZigBee 协调器触发的,协调器就如雷达,而终端节点就如不明飞行物一般。协调器首先对接收通道进行扫描,看是否有终端节点申请加入,协调器节点判断终端节点的 ID 与自己的是否相同,如果相同,则允许其加入 ZigBee 无线局域网,并且给其分配一个 16 位的短地址以便接收节点能够辨别数据来源。如此终端节点就可与协调器之间建立通信连接,从而可以将采油井中的信号发送到 ZigBee 协调器上,协调器再将接收的数据通过串口发送给 STM32F072 核心处理器。当然,协调器能够对处理器发来的设置帧和查询帧进行分析和处理^[9],并通过 TCP/IP 协议进行通信将其传输到终端节点中去,以此对整个 ZigBee 无线网络进行控制和设置。协调器在传送数据过程中的组网与程序流程图如图 4 所示。

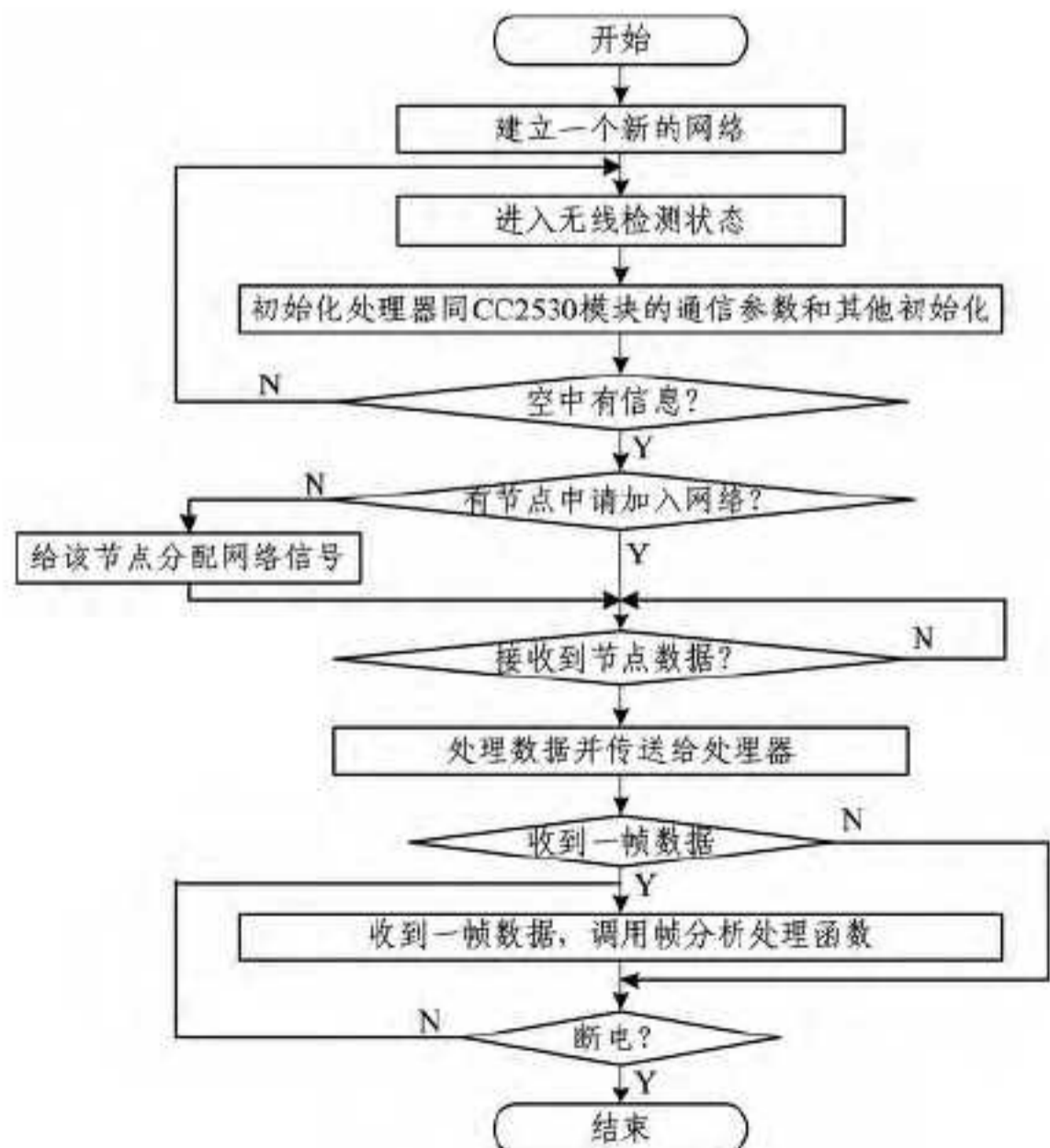


图 4 组网与程序流程图

4 控制器 STM32F072 的外围核心电路

本系统采用 ST 公司的 STM32F072 芯片作为主控制器,其具有高性能的 ARM Cortex-M0 32 位 RISC 内核的 MCU,工作频率高达 48MHz^[10]。其主要作用是负责一个中间无线数据的联通处理,是 ZigBee 与 WiFi 之间通信的桥梁。

通过 ZigBee 无线传感网络模块,采集近距离无线数据,并将其通过串口发送给 STM32F072 核心处理器,利用通用的 12864 液晶显示,以便在上位机非工作状态下对数据有观察。WiFi 模块接入 STM32F072 核心处理器中,以实现数据的网络化传输,在一个具有固定 IP 的服务器上实现相关数据的传输服务。其总体电路图如图 5 所示,各元器件的值为: $C_1=1\mu, C_{11}=8p, C_2=C_3=C_4=C_5=C_7=100n, C_6=220p, C_8=2.2\mu, C_9=C_{10}=18p, C_{12}=12p, C_{13}=C_{14}=C_{15}=10p, C_{16}=C_{17}=27p, C_{18}=1\mu; R_1=10K, R_2=56K; L_1=1mH, L_2=L_3=10nH$ 。

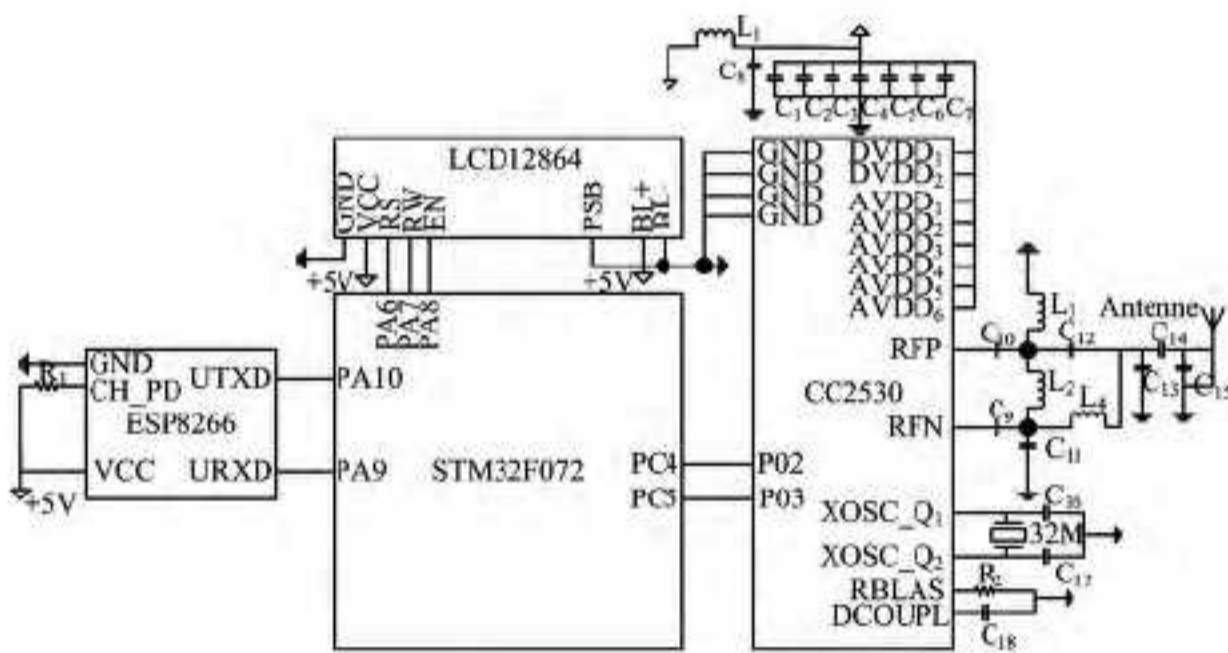


图 5 处理器外围核心电路

5 系统的无线组网

5.1 WiFi 模块的数据传输

本系统采用的 WiFi 模块是 ESP8266 芯片,其节能构造以 3 种模式运行:激活模式、睡眠模式和深度睡眠模式,实现了机器的最低能耗,内置的低功率 32 位 CPU 可兼作应用处理器,其拥有高性能无线 SOC^[11],专为移动设备、可穿戴电子产品和物联网应用设计。

ESP8266 无线组网支持 3 种模式^[12]:SoftAP 模式、Station 模式和 SoftAP+Station 共存模式。

ESP8266 作为 Station 模式时,通过路由器(AP)连入 Internet,可向云端服务器上传、下载数据,用户随时使用移动终端(手机、笔记本等),通过云端监控 ESP8266 模块的状况,向 ESP8266 模块发送控制指令。

ESP8266 作为 SoftAP,手机、电脑、用户设备、其他 ESP8266 Station 接口等均可作为 Station 连入 ESP8266,从而组建成一个局域网。

ESP8266 可以作为 Station+SoftAP 共存模式,手机、用户设备等均可作为 Station 接入 ESP8266 的 SoftAP 接口,同时可以控制 ESP8266 的 Station 接口通过路由器(AP)连入 Internet。

本系统采用 Station+SoftAP 共存模式,通过 STM32F072 核心处理器控制 ESP8266 对 Android 手机客户端或电脑发送实时的温度和压力信息,手机也可以发送控制指令给 ESP8266 来控制潜油电泵的工作状态,并且采用的是透传功能,即透明传输功能^[13]。处理器通过 uart 将数据发送给 ESP8266,ESP8266 再通过无线网络将数据传输出去,ESP8266 通过无线网络接收数据,同理通过 uart 传输到处理

器中。ESP8266 只负责将数据传到目标地址,不对数据做任何解析和处理,即发送端和接收端的数据完全一致,整个过程就是透明的一样。软件流程图如图 6 所示。

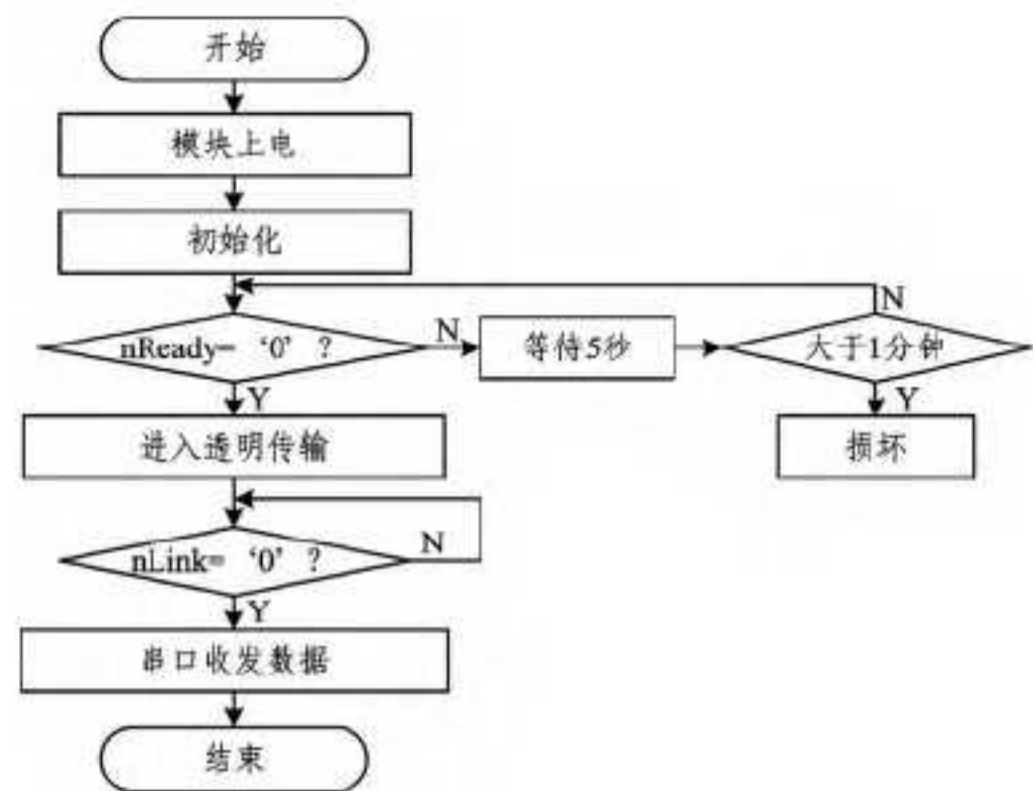


图 6 WiFi 软件流程

5.2 Internet 远程数据采集与控制

Web 服务器建立在核心处理器 STM32F072 上,Web 客户端是建立在 PC 机上的,用户的远程控制系统由 Web 服务器和客户端通过 Socket 建立网络通信^[14]实现。系统的远程查询和控制通过在服务器建立的站点来完成,其实现方式为 HTML 网页方式。在开发板中移植嵌入式 BOA,并将其作为开发板上的服务器,在其移植完成后,再对各种设置进行配置,然后对嵌入式网络进行编程,各程序之间的通信方式为 socket,采用的是标准 Linux 文件^[15]描述符。系统调用 socket 函数,并套接字描述符,最后发送函数和接收函数。

本设计采用了精简的 TCP/IP 协议,通过 STM32F072 处理器接收来自 ZigBee 协调器发送的串口数据,将数据处理后通过 WiFi 模块发送至云端服务器,如此云端服务器便可以将接收到的数据传输至 PC 机和 Android 客户端,从而完成对潜油电泵井下温度和压力的监测和控制。

Android 客户端的设计包括界面设计和系统的程序设计。

Android 系统的程序设计^[16]和其他系统一样,采用分层分层结构,分为 4 个层,从高到低分别是应用程序层、应用程序框架层、系统运行库层和 Linux 核心层。选择在 Eclipse 上进行 Android 程序的开发。其 Android 应用程序可以在 Android SDK 附带的 Android Emulator 上运行,Android 应用程序可以在虚拟机上模拟其所编写的应用程序。

Android 客户端的界面设计包括接收和控制两部分,其界面有:停止连接,按键,当连接成功后会在显示屏上显示当前潜油电泵井下的实时状况,界面上的:发送信息,按键可以对井下的运行状况进行控制,可以控制潜油电泵的开通与关闭,界面设计如图 7 所示。



图 7 Android 客户端界面

本设计中 PC 机位于采油现场的监控处,因此其数据接收是实时并与上位机采集的数据是同步的。设计中上位机是 1 分钟采集一组压力和一组温度值,每 30 秒切换一次,即 PC 机是每一分钟接收一组数据。而为了降低功耗和准确性,传送到云端服务器的数据采用每 5 分钟接收一次,且这个数据是经过上位机软件 C++ 查表法得到的一个最准确值。实验于 2014 年 10 月份在胜利油田东营兗河采油厂所属油井进行,其深度大约为 2700m,接收一段时间的温度和压力数据,选择了 3 个时间段的数据,如表 1 所列。

表 1 PC 机和 Android 客户端接收的数据

时间/min	1	2	3	4	5
PC T/P	86.4/7.2	86.5/7.2	86.7/7.2	86.4/7.1	86.5/7.2
Android T/P	86.6/7.2				
PC T/P	81.2/8.1	82.5/8.0	82.6/8.1	82.5/8.3	81.1/8.6
Android T/P	82.2/8.3				
PC T/P	87.3/7.0	87.5/7.1	87.6/7.1	87.6/7.1	87.8/7.3
Android T/P	87.5/7.1				

结束语 1) 实验进行将近一个月,设计的整个系统性能比较稳定,没有出现什么问题,对比较偏远地区采油井的采油温度和压力的监测很准确,对工作人员有很大帮助,且效果好。

2) 用手机可以在具有 3G 网络的地方对潜油电泵进行控制,实现了对油井远程控制与监控的功能,能够对油井开采中的采油泵起到保护作用,从而降低了运营成本。

STM32F072 处理器应进一步优化,改进安装工艺来提高系统可靠性与实用性,对潜油电泵实现更多参数的监测;同时可以应用更多的 ZigBee 终端节点,实现同时对多口采油井进行监测。

参考文献

[1] 崔健,段振刚,刘志男. 基于物联网云平台的壁挂炉远程控制系统[J]. 计算机系统应用, 2015, 24(9): 56-60

[2] 周承民,张宗元. 油田工况数字化与无线视频监控[J]. 石油仪器, 2003, 17(5): 1-4

[3] 高守玮,吴灿阳. ZigBee 技术实践教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2006

[4] 唐雄燕. 宽带无线接入技术及应用—WiMAX 与 WiFi[M]. 北京:电子工业出版社, 2006

[5] 王运红,何灵娜. 基于 Android 平台智能家居客户端的设计与实现[J]. 机电工程, 2014, 31(8): 1086-1089

[6] 覃征,王志敏,王利荣. 基于 Internet 的在线压缩传输模型[J]. 小型微型计算机系统, 2002, 23(2): 156-158

[7] TEXAS INSTRUMENTS. A True System-on-Chip Solution for 2.4-GHz IEEE 802.15.4 and ZigBee Applications[K]

[8] 江发全,杜坚. 基于 CC2530 的工业无线传感网节点设计[J]. 仪表技术, 2013(3): 23-26

[9] 衣翠平,柏逢明. 基于 ZigBee 技术的 CC2530 粮仓温湿度检测系统研究[J]. 长春理工大学学报(自然科学版), 2011, 34(4): 53-57

[10] 王凤. 基于 CC2530 的 ZigBee 无线传感器网络的设计与实现[D]. 西安:西安电子科技大学, 2012

[11] 梅思杰,邵永实,刘军,等. 潜油电泵技术(下册)[M]. 北京:石油工业出版社, 2004

[12] Wen De-sheng. College of Mechanical Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China. Theoretical analysis of output speed of multi-pump and multi-motor driving system[J]. Science China(Technological Sciences), 2011, 54(4): 992-997

[13] 章伟聪,俞新武,李忠成. 基于 CC2530 及 ZigBee 协议栈设计无线网络传感器节点平[J]. 计算机系统应用, 2011, 20(7): 184-187

[14] Wireless Medium Access Control (MAC) and physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Network (LR-WPANs); IEEE 802.15.4-2003Std

[15] 朱璠,杨占勇. 基于 CC2530 的无线振动监测传感器节点设计[J]. 仪表技术与传感器, 2012(8): 56-59

[16] Wolters K M, Engelbrecht K P, Godde F, et al. Making it easier for older people to talk to smart homes; the effect eraly help prompts[J]. Universal Access in the Information Society, 2010, 9(4): 311-325

(上接第 525 页)

参考文献

[1] 王国霞,刘贺平. 个性化推荐系统综述[J]. 计算机工程与应用, 2012, 48(7): 66-76

[2] 陈亮. 图书智能检索系统中的数据挖掘技术研究与应用[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学, 2012

[3] 黄洋. 基于聚类和项目类别偏好的协同过滤推荐算法研究[D]. 杭州:浙江理工大学, 2013

[4] 高成. 基于标签主题建模的图书推荐系统研究[D]. 杭州:浙江大学, 2014

[5] 荆月敏. 基于数据挖掘的图书馆书目推荐服务的研究[D]. 太原:中北大学, 2014

[6] 邓娟,陈西曲. 基于用户兴趣变化的协同过滤推荐算法[J]. 武汉

工业学院学报, 2013(4): 48-51

[7] 吉红蕾. 基于高效用模式挖掘的推荐方法研究[D]. 北京:北方工业大学, 2014

[8] 秦健. 基于信息可视化与数据挖掘的高校图书馆推荐系统的设计与实现[D]. 北京:北京交通大学, 2014

[9] 黄平运. 关联规则算法在图书馆智能 OPAC 系统设计中的应用研究[J]. 电子技术与软件工程, 2014(6): 26

[10] 胡文江. 基于关联规则与标签的好友推荐算法[J]. 计算机工程与科学, 2013, 35(2): 109-113

[11] 章志刚. 一种基于 FP-Growth 的频繁项目集并行挖掘算法[J]. 计算机工程与应用, 2014, 50(2): 102-106

[12] Achar A, Laxman S, Sastry P S. A unified view of the Apriori-based algorithms for frequent episode discovery[J]. Knowledge and Information Systems, 2012, 31(2): 1-28