

基于嵌入式操作系统的无线电力监测系统设计

印 姗, 王 远, 张 成

(中国工程物理研究院 总体工程研究所, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为了对各个用电设备或用电用户的电力使用情况进行精细化监测, 从而对电力评估、管理起到基础性作用, 设计了一种基于 Contiki 嵌入式操作系统的无线电力监测系统, 以 6LoWPAN 作为无线通信协议; 该系统由终端节点、路由节点、接入节点、GPRS 模块及计算机数据中心构成; 介绍了基于 TV3154、TA5212 及信号调理滤波网络、ADE7653 电力测量、MSP430F1611 主控及 CC2420 射频的终端节点、接入节点硬件设计方法; 介绍了基于 Contiki, 结合 6LoWPAN 无线协议及 I²C、UART 等串口通信协议的终端节点、接入节点软件设计方法; 实验结果表明, 系统对电压、电流、功率的测量误差均保持在 2% 以内, 能够实现组网, 两个节点之间的无线通信距离可达 80 m。

关键词: 电力监测; 嵌入式操作系统; Contiki; 6LoWPAN

Designing of Wireless Power Monitoring System Based on Embedded Operating System

Yin Shan, Wang Yuan, Zhang Cheng

(Institute of Systems Engineering, China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621000, China)

Abstract: In order to monitor power of every electro-equipment more exact, a power monitoring system based on embeded operating system is designed. The wireless communitaion protol 6LoWPAN is used in this system. This power monitoring system consists of ending node, routing node, inserting node, GPRS node and information management center. In this paper, the hardware design method of ending node and inserting node is introduced based on sensor TV3154, sensor TA5212, power monitoring chip ADE7953, MCU MSP430F1611 and CC2420. The software design method of ending node and inserting node is proposed based on 6LoWPAN, I²C and UART. The experiment result shows that the error of voltage, current and power are all less than 2%. The power monitoring system could succefully build wireless network and the wireless communication distance is 80 m.

Keywords: power monitoring; embeded operation system; contiki; 6LoWPAN

0 引言

电力监测系统的建立为电力评估管理工作提供可靠的数据支持电能消耗分布在社会生产建设的各个领域, 但目前并没有一种经济有效的手段对各用电设备或用户的用电信息进行实时监测和传输。而电力数据量急剧增加, 应尽量减少人工抄录^[1]。

随着物联网技术及嵌入式技术的发展, 利用无线通信技术对电力信息进行网络化采集、传输与管理是电力监测系统发展的趋势。本文提出一种基于嵌入式操作系统的无线电力监测系统, 能够对电能进行分布式分项监测, 并进行无线、网络化传输管理^[2-3]。

常用的无线通信协议包括 ZigBee 协议、Bluetooth 协议、Wi-Fi 协议、6LoWPAN 协议等。其中, ZigBee 协议^[4-6]和 6LoWPAN 协议功耗低, 适用于无线传感网络数据传输, 而 6LoWPAN 协议引入了 IPV6 协议, 对每一个节点分配 IP 地址, 管理清晰, 每个节点都可以访问互联网, 增加了节点数量。这也是应用于物联网的新技术。

1 系统总体设计

本系统对用电设备电力参数监测, 测量结果满足一定的精度要求, 基于无线通信技术实现短距离低速自组网传输数据, 被测量参数能够准确地传输到本地计算机上, 或者与 GPRS 通信主干网络以及互联网融合, 测量结果能够传输到远程数据中心, 进行显示与存储。如图 1 所示为系统总体结构框图。终端节点实现用电设备电力信息的监测并将数据传送到路由节点或接入节点(当网络较小时, 将忽略路由节点)。接入节点实现数据向本地计算机传输或者通过 GPRS 模块实现与互联网远端数据中心传输数据。

终端节点由电力参数测量模块、主控及无线射频模块构成。路由节点与终端节点结构相同。接入节点由主控及无线射频模块构成。

本文利用 6LoWPAN 作为无线通信协议, 该协议基于嵌入式开源操作系统 Contiki 开发。Contiki 嵌入式操作系统是一种开源的、极易移植的多任务操作系统, 可以移植到 MSP430 单片机使用, 支持 IPV6 协议。在虚拟机 VMware 上开发。

2 系统硬件设计

组成无线电力监测系统的终端节点和接入节点由电力参数测量模块、主控及无线射频模块构成, 系统设计的关键难点是这两个模块的设计。关键技术是低功耗设计、抗干扰设计、通信接口设计。

收稿日期: 2016-09-05; 修回日期: 2016-11-02。

作者简介: 印 姗(1990-), 女, 四川绵阳人, 硕士研究生, 主要从事测试系统方向的研究。

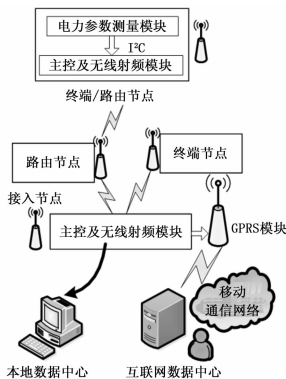


图 1 系统总体结构框图

2.1 电力参数测量模块

由于被测电压、电流范围较高,不能直接进行测量,需要转换为低量程的电压信号。常用的电流转换方案包括锰铜分流器、电流互感器等,比较而言,后者具有抗干扰能力强、安全性高的优点;常用的电压转换方案包括电阻分压网络、电压互感器等,比较而言,后者的抗干扰能力更强。电力参数测量模块结构如图 2 所示,分别使用电压互感器 TV3154、电流互感器 TA5212 将电压、电流转换成低电压信号,经过如图 3 所示的分压滤波调理电路之后接入芯片 ADE7953 进行测量。前端测量对象为强电信号,后端测试电路为弱电电路,为防止干扰,二者之间进行隔离设计。为了降低功耗,AD 转换芯片、数据隔离芯片均使用低功耗器件。

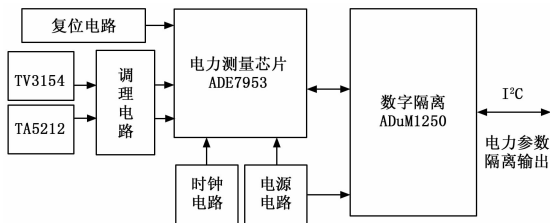


图 2 电力参数测量模块结构图

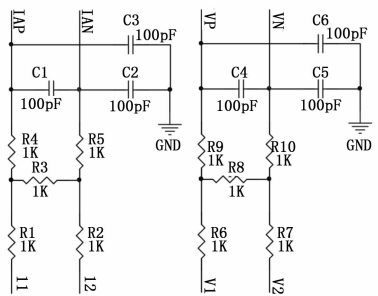


图 3 调理电路

2.2 主控及无线射频模块

主控及无线射频模块具备与计算机、电力参数测量模块、GPRS 模块、无线射频通信能力,要求其具有丰富的通信接口。通信接口设计、低功耗设计也是该模块设计的关键技术。主控及无线射频模块结构如图 4 所示。为满足低功耗设计,主处理器、射频芯片等关键器件均使用低功耗器件。主处理器使用超低功耗型单片机 MSP430F1611。无线射频芯片采用 CC2420。设计了 USB 电路,与计算机通信;另外,利用单片

机自带的 UART、I²C 及 IO 扩展接口与其他模块通信。

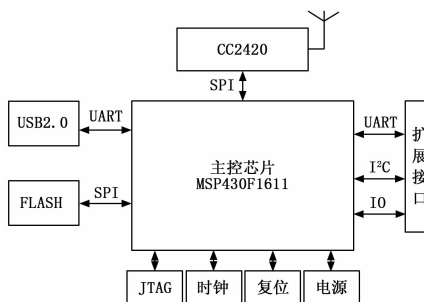


图 4 主控及无线射频模块结构图

3 系统软件设计

在 VMWare 平台上安装 Contiki 操作系统程序安装包,对终点节点、接入节点程序开发后,下载到主控芯片 MSP430F1611 上。下面介绍此两个节点软件设计。

3.1 终端节点软件设计

终端节点软件流程如图 5 所示。

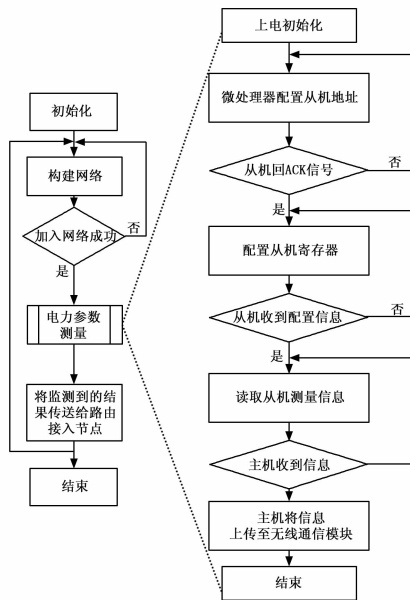


图 5 终端节点软件流程图

上电初始化之后首先申请加入网络,如果成功入网,进行电力参数测量,将测量结果通过 6LoWPAN 无线通信协议传输到路由/接入节点。电力参数测量部分软件执行 I²C 通信。

3.2 接入节点软件设计

接入节点软件流程如图 6 所示。接入节点将完成测量数据的下行接收以及上行传输,传送到本地计算机数据中心或者 GPRS 模块,上行传输都使用 UART 串行通信协议。

4 测试结果

由于实验条件有限,本文使用间接法开展实验,验证系统性能。间接法的原理是:被测信号经过电压互感器、电流互感器以及分压电路之后,小量程的电压信号,被测信号与此小量程电压信号呈线性关系。利用信号发生器输出小量程电压,模拟大量程的电压、电流信号输入测量模块,验证系统对电力参数的测量性能^[7]。

tems for Video Technology, 2005, 15 (4): 575-584.

[2] Coifman B, Beymer D, Mclauchlan P, et al. A real-time computer vision system for vehicle tracking and traffic surveillance [J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 1998, 6 (8): 271-288.

[3] Zhou Y, Tao H. A background layer model for object tracking through occlusion [A]. 9th IEEE International Conference on Computer Vision [C]. New York: IEEE, 2003: 1079-1085.

[4] 吴忻生, 刘洋, 戚其丰. 基于凹性分析的粘连车辆分割 [J]. 计算机应用研究, 2012, 29 (1): 344-347.

[5] 洪泽宏, 王占辉, 周榕军. 基于运动一致性的视频对象分割方法研究 [J]. 海军工程大学学报, 2007, 19 (4): 90-94.

[6] Bar-Shalom Y, Daum F, Huang J. The probabilistic data association filter [J]. IEEE Control Systems, 2010, 29 (6): 82-100.

[7] Svensson L, Svensson D, Guerriero M, et al. Set JPDA Filter for Multitarget Tracking [J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2011, 59 (10): 4677-4691.

[8] 康莉, 谢维信, 黄敬雄. 一种基于蚁群算法的多目标跟踪数据关联方法 [J]. 电子学报, 2008, 36 (3): 586-589.

[9] 王栓, 艾海舟, 何克忠. 基于差分图像的多运动目标的检测与跟

踪 [J]. 中国图像图形学报, 1999, 4 (6): 470-474.

[10] L Marcenaro, M Ferrari, L M archesotti, et al. Multiple Object Tracking under Heavy Occlusions by Using Kalman Filters Based on Shape Matching [A]. International Conference on Image Processing [C]. 2002. 341-344.

[11] Ojala T, Valkealahti K, Oja E, Pietikainen M. Texture discrimination with multidimensional distributions of signed gray-level differences [J]. Pattern Recognition, 2001, 34 (3): 727-739.

[12] 危自福, 毕笃彦等. 基于背景重构和水平集的多运动目标分割 [J]. 光电工程, 2009, 36 (7): 28-35.

[13] 刘海峰, 郭宝龙, 冯宗哲. 用于块匹配运动估值的正方形-菱形搜索算法 [J]. 计算机学报, 2002, 25 (7): 747-752.

[14] 戴斌, 方宇强. 基于光流技术的运动目标检测和跟踪方法研究 [J]. 科技导报, 2009, 27 (12): 55-60.

[15] Kannan S R, Ramathilagam S, Chung P C. Effective fuzzy c-means clustering algorithms for data clustering problems [J]. Expert Systems with Applications, 2012, 39 (7): 6292-6300.

[16] 李跃发. 基于视频的车辆检测与跟踪技术研究 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2007.

(上接第 23 页)

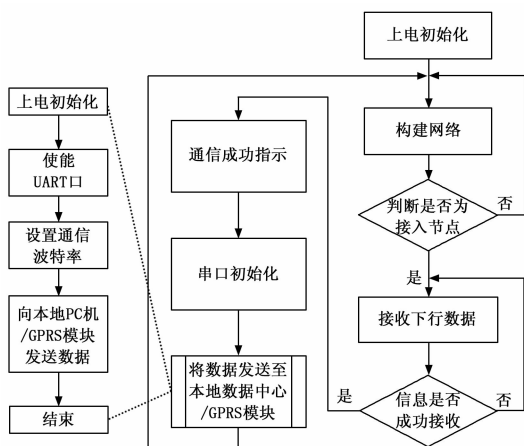


图 6 接入节点软件流程图

对电压、电流测量结果表 1、表 2 所示。相对误差在 2% 以内。

表 1 电压测量结果

理论值/V	实测值/V	相对误差
175	178	1.7%
189	186	1.5%
203	200	1.4%
217	213	1.3%
231	227	1.7%
245	248	1.6%

表 2 电流测量结果

理论值/A	实测值/A	相对误差
1.42	1.44	1.4%
3.21	3.15	1.8%
4.28	4.35	1.6%
5.34	5.44	1.8%

另外, 对 60 W 灯泡功率进行测量, 测量误差小于 2%。对系统组网性能测试, 系统组网成功。对 6LoWPAN 通信距离测试, 通信距离可达 80 m。

5 结论

本文设计了一种基于 Contiki 嵌入式操作系统的无线电力监测系统, 以 6LoWPAN 作为无线传输协议, 详细介绍了终端节点、接入节点的设计方法, 其中, 终端节点能够实现电压、电流、功率等电力参数监测, 并将测量数据通过 6LoWPAN 无线协议传输到路由节点或接入节点, 组件无线通信网络, 接入节点能够将数据传输到本地计算机或通过 GPRS 模块融合移动通信网络及因特网传输到远程数据终端。系统对电压、电流、功率的测量相对误差在 2% 以内。能够实现组网。6LoWPAN 通信距离可达 80 m。

参考文献:

[1] 狄新文. 基于 GPRS 的分布式电力监测管理设计 [J]. 硅谷, 2013 (17): 20-21.

[2] 赵小强, 陈升伟, 张朋波. 基于物联网的水质在线监测系统设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23 (11): 3627-3630.

[3] Gu LX. Advancement of Energyplus and ITS Coupling with Champs-whole Building [C]. Nanjing, China; The 8th International Forum and Workshop on Combined Heat, Air, Moisture and Pollutant Simulations, March 20-22, 2011.

[4] McCutcheon JE, Wang X, Tseng KY, Wolf ME, Marinelli M. Calcium-permeable AMPA receptors are present in nucleus accumbens synapses after prolonged withdrawal from cocaine self-administration but not experimenter-administered cocaine [J]. The Journal of Neuroscience, 2011, 31 (15): 20.

[5] 张洪臣, 付伟乘, 李相化等. 基于 ZigBee 的楼宇电力监测系统 [J]. 科技资讯, 2011 (35): 109.

[6] 李勇, 柳建. 基于 Zigbee 的无线电力监测系统 [J]. 信息技术, 2012 (11): 137-139.

[7] 丁振良. 误差理论与数据处理 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2002.