

基于 GPRS 的公共照明智能化监控系统设计与实现

陈美谦¹, 刘瞰东², 周文博², 迟 岩³

(1. 集美大学 轮机工程学院, 福建 厦门 361021; 2. 厦门大学 信息科学与技术学院, 福建 厦门 361005; 3. 闽南理工学院 电子工程系, 福建 石狮 362700)

摘要: 设计了公共照明远程智能监控系统。以单片机为主控制器, 实现对现场终端的运行状态、电压/电流等开关量和模拟量的检测、控制与报警。通过无线通信 GPRS 与监控中心建立无线网络连接, 接收监控中心的指令, 同时将检测到的数据和报警信息上传至监控中心。监控终端包括强电主回路、开关电源、人机接口、通信模块、数据采集单元和开关量控制等部分。系统软件监控部分采用可视开发工具 Visual 2005.net 开发, 服务器采用 Windows 2000 Server 操作系统, 数据库选用 2000 SQL 平台。软件系统包括: 主控、数据服务、网络服务和地图服务等子系统。所设计的公共照明智能化监控系统能满足系统分散化、网络化及智能化的要求。

关键词: GPRS; 公共照明; 远程智能化监控; 监控终端; 地理信息管理

中图分类号: TM 273.5

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2010)09-0114-04

0 引言

公共照明是现代化城市建设重要的基础设施。传统的公共照明不具备电力抄表、电缆防盗等功能, 对公共照明设施的耗电量、电缆被盗等情况无法及时掌握^[1]。随着城市建设的快速发展和公共照明覆盖范围的逐步扩大, 对公共照明系统的要求在不断提高^[2]。GPRS 大幅提高了网络资源的利用率, 是目前无线数据传输应用最广泛的技术之一^[3]。

本文设计开发了基于 GPRS 的公共照明远程智能监控系统。以单片机为主控制器, 实现对现场终端运行状态、电压/电流等开关量和模拟量的检测控制。通过 GPRS 无线远程通信的方式与监控中心建立网络连接, 接收监控中心的命令, 同时将检测到的数据通过 GPRS 无线网络上传到监控中心, 并结合全球定位系统(GPS)及地理信息系统(GIS)技术进行卫星校时、地理信息管理及远程 Web 查询。监控终端设计人机接口界面, 同时对主控器的串口进行扩展, 实现了以电力载波扩频技术为基础的电缆防盗功能和基于 DL/T-645 规约的远程抄表功能。

1 系统总体设计

公共照明远程智能化监控系统是一个典型的分散式测控、集中式管理系统, 可对城市内的公共照明设施实时监测、控制和管理。系统总体框架如图 1 所示。系统全天候运行, 监控终端实现智能化的按需节能照明、远程抄表、电缆防盗; 监控中心通过 GPRS 无线网络技术与监控终端通信, 对运行参数进行远程实时查询、监控与报警; 管理人员可实现消息订阅及利用监控网站实现网上办公; 路灯地理信息

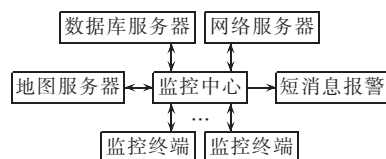


图 1 系统总体架构图

Fig.1 System structure

系统将路灯资料、相关市政设施资料和地图信息相结合, 给城市路灯监控带来了极大方便。

2 系统硬件设计

2.1 监控中心硬件配置

监控中心设备主要由主机、大屏幕投影仪、打印机、UPS 电源等组成, 监控中心对城市各个路灯监控设备进行远程控制, 实现系统的遥测、遥信、遥控、遥调的“四遥”功能。2 台数据库服务器、数据存储柜以及连接三者的集线器构成了监控系统的数据库子系统; 2 台数据库服务器和主控计算机通过另外一台集线器连到交换机; 网络服务器、地图服务器、监控中心服务器以及其他服务器通过交换机进行信息的高速交换; 监控中心服务器还通过防火墙、路由器和 Internet 连接在一起, 以供外界通过 Web 方式进行查询访问。

2.2 监控终端总体结构设计与实现

监控终端主要包括强电主回路、开关电源、人机接口、通信模块、数据采集单元、开关量控制等部分。强电主回路指终端电控柜体内的电气控制电路, 由熔断器、主接触器、自动空气断路器、保护控制电路等组成, 用于实现照明的开关灯控制和故障保护等功能; 电源电路包括模拟电路电源及数字电路电源, 2 部分电路互相隔离以避免干扰; 人机接口用于手动控制开关、查询现场状态, 显示有关检测的模拟

量数值等;通信模块实现设备的联网功能。除此之外,监控设备还预留了相应的开关量和 RS-485 通信接口,以实现电缆防盗、电力抄表等辅助功能。

按照监控设备的功能实现情况,以模块化的形式设计本系统监控设备的硬件电路。监控终端硬件结构框图如图 2 所示。

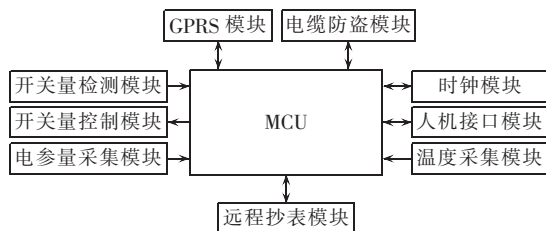


图 2 设备硬件结构框图

Fig.2 Block diagram of monitoring terminal

2.2.1 主控模块

微控制单元(MCU)采用 TI 公司生产的 MSP430 系列单片机,是一种超低功耗的混合信号控制器,包括一系列器件,它们针对不同的应用而由各种不同的模块组成^[4]。由于系统所需的硬件乘法器和 A/D 转换模块都是片内集成,使得设计简单,布线方便,可靠性提高,而且在稳定性和抗干扰能力上都有极大提高。经过软件的精心设计完成全部功能,实现精确的、始终一致的选择性匹配保护,使配电系统的可靠性大幅提高^[5]。

2.2.2 电源模块

将 220 V 交流电转变为 12 V 直流电。12 V 直流电源除用作系统总电源外,还为中间继电器和光照度模块供电。5 V 直流电源通过变换 12 V 直流电产生,主要用于液晶模块、电参量模块、时钟模块、RS-232 和 RS-485 通信模块、芯片 74HC244、光电隔离器件等。采用美国 National 公司的产品 LM317,集调整管、基准电压、采样和保护电路于一体,构成三端可调正输出集成稳压器^[6]。

2.2.3 外围测控模块

人机接口模块包括键盘、LCD 显示、监控终端运行状态指示、手动/自动控制开关,方便对监控终端的测试和维护,以及参数的即时设定、修改和显示。

开关量采集及控制模块:将开关量采集及控制模块单独做成一块 PCB 板,通过 25 针并口线与主控板相连,既隔离了干扰源,又方便了系统的扩展。增加一片驱动芯片 74HC244,用光耦 P621 隔离,经 S9013 放大后的信号控制继电器的开断以解决单片机驱动能力不足的问题。将防雷二极管并联在继电器电感线圈两端保护内部电路不受损坏^[7]。

电参量采集模块:采用 SAMES 公司设计的三相双向功率/能量测量集成电路芯片 SA9904B 作为测量核心(可测量一相、两相和三相线路的有功电能、无功电能、电压有效值和频率的原始值),外部微处理器通过芯片内置的串行外围设备接口 SPI(Serial Peripheral Interface)读取原始数据,再根据芯片提供

的相应计算公式进行计算,最后得到电参量的测量值^[8-9]。

时钟模块:监控终端配置时钟模块,提供准确的时钟及日历。保证当出现通信故障时,监控设备在没有监控中心调度的情况下能独立、准确和可靠地自主工作。采用具有内置晶振、I²C 串行接口的高精度实时时钟芯片 SD2300E^[10]。考虑到今后系统扩展升级考虑,采用查询的方式读取 SD2300E 时间,且由于 MSP430 自带的 Flash 足够使用,并没有使用 SD2300E 的 EEPROM。

温度采集模块:实时检测温度。如果越限,及时向监控中心报警。数字化温度传感器 DS1820 采用单总线协议,以 9 位数字码方式串行输出^[11]。DS1820 采用外部供电的方式,用 MCU 的 P 6.6 模拟时序读取 DS1820 的数据值。

2.2.4 GPRS 通信模块

监控终端和监控中心的通信是系统的核心部分,基于 GPRS 无线数据传输技术^[12]。GPRS 模块则是实现 GPRS 通信的关键部分,选用 Simcom 公司的 SIM300 模块。系统构建精简的串口通信,只利用 RXD、TXD 和 GND 这 3 根信号线和 MSP430 通信,其他 6 根信号线空置,所有的控制流均通过软件完成。MSP430F149 只有 P3 口具有串口第二功能,所以还需扩展 RS-232 接口。

2.2.5 通信模块扩展

监控终端有 3 个模块与主控模块进行异步串行通信,即 GPRS 通信模块、远程抄表和电缆防盗模块。而 MSP430F149 只有 2 个异步串行接口,所以对异步串行口 1 进行扩展。选用高性能串口扩展芯片 GM8125 的单通道工作模式,MCU 的 P4.0~P4.7 作为 GM8125 的片选信号和地址信号。

远程抄表:监控终端预留 RS-485 通信接口,用于与具有 RS-485 通信接口的智能电表相连,将各个照明线路所用的电量上传到监控中心。将 MCU 的 P3.6~P3.7、P6.7 预留,作为远程抄表扩展用。

电缆防盗模块:采用先进的载波扩频通信技术,实现以一个变电站为单位的所有电力线路的防盗监控。防盗系统由一台电缆防盗中控模块和多个线路监控模块组成。中控模块安装在配电柜内,通过 RS-232 方式与路灯监控终端连接,线路监控模块安装在每一条线路的末端。将监控信息通过 GPRS 网络发到联网的信息中心统一管理,形成多变电站统一防盗监控。

终端设备是系统的基本单元,除具有独立运行的功能外,只与监控中心建立联络,接收监控中心操作控制命令,向监控中心上传数据。

2.3 监控终端功能实现

下面说明监控设备实现的功能。

a. 模拟量(包括电量、非电量)、状态量(开关量、环境状态量等)采集,满足系统设计的精度及容量的要求。

b. 主、后备操作控制方式,系统正常工作时,监控终端执行监控中心每天发送的开、关灯时间进行开、关灯操作;当主控模块出现故障或通信中断时,可以启动时控模块,根据存储的全年开、关灯时间独立进行开、关灯操作控制,以确保路灯正常开、关灯。

c. 数据信息周期主动上传及故障信息实时主动上传。

d. 监控中心召唤立即上传数据信息及监控终端主动呼唤联络监控中心。

e. 预留开关量输入及开关量控制输出节点,实现功能扩展。

f. RS-485 通信接口,与数字电表或其他智能设备连接实现数据转发。

g. 液晶显示可以查询开、关灯时间,箱体温度,开、关灯状态和电能参数。出现报警时,可查看箱体温度、接触器状态和电能参数等报警类型,以备维修。

该套系统测试半年时间,运行状况良好。系统已安装在多个场合,对多路段路灯进行监控管理。

3 系统软件开发

系统软件采用当前最先进的开发平台和技术,界面美观友好,操作简单直观,信息量大。监控部分采用可视开发工具 Visual 2005.net 进行开发。服务器软件运行在 Windows 2000 Server 操作系统环境下,数据库软件平台选用 2000 SQL。GIS 平台选用 Mapinfo 系列产品。地图制作部分采用 Mapinfo Professional 7.5^[13]。整体结构采用浏览器/服务器(B/S)与客户机/服务器(C/S)相结合的组网方案。系统支持 Internet 远程查询和访问,界面友好。

3.1 软件总体配置

软件系统具体实现路灯监控系统的各种功能,主要包括“四遥”功能、报警、打印、时间管理、远程查询、消息订阅及 GIS 路灯地理数据管理等。需要完成的任务有:初始化、人机界面显示、开关量及模拟量采集、控制命令执行、GPRS 通信及其他附加功能。本文远程监控软件采用模块化设计。

软件系统总体配置包括 4 个部分^[14]。

a. 主控软件系统:实现监控节电系统的基本功能。

b. 数据服务软件系统:主要作用是在监控中心软件系统与远程监控设备软件之间架起一座桥梁,将终端设备需要的实时、历史信息数据以合适的方式从主控机传输给远程监控机,同时在严格的控制条件下,实现路灯开关控制、节电控制、信息查询等命令的反向传输功能。

c. 网络服务器软件系统:实现用户对路灯监控节电系统的信息访问,采用 Microsoft 公司的.NET 实现。

d. 地图服务器软件系统:为远程用户提供地图访问支持,采用成熟的商业软件 Mapinfo 进行二次开发。

3.2 监控流程

监控终端与监控中心的 GPRS 通信,其实时性与可靠性是整个远程监控的保障,设为最高优先级,

与 GPRS 通信有关的部分放到中断函数中处理。其他软件模块还包括电参量采集模块、温度采集模块、时钟模块、人机接口模块等。系统的主程序流程如图 3 所示。

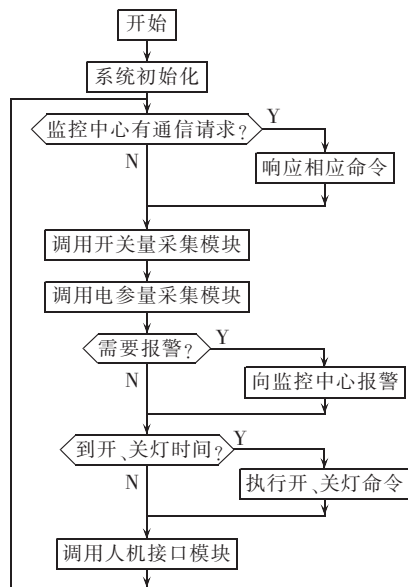


图 3 系统主程序流程图

Fig.3 Flowchart of system main program

3.3 监控软件实现的功能

监控软件实现的功能有如下 6 种。

a. 遥控、遥测功能:遥控即根据地理位置设定全年开、关灯时刻表,自动或手动随机(节假日)遥控路灯控制箱的全夜灯和半夜灯的开、关;或针对阴雨天等特殊天气,根据光源采集器采集的光照度,自动切换到计算机内,临时发出指令控制,过后自动恢复常规控制。遥测功能除了中央控制室能按设定的时间周期性自动进行巡测,或随机地遥测全市各路段路灯的运行状态,包括电流、电压、用电量、接触器状态、变压器内部故障信号、通信设备运行状况信号等信息外;还可根据上面遥测的数据,计算分析路灯线路状态,包括欠压、过压、短路、断路、亮灯率、故障原因等数据信息^[15]。

b. 报警功能:当监控节电设备终端主动报警或监控中心在遥测并发现有警时,中央控制室计算机能自动用语音报出故障的有关参数,并能够以短消息方式将故障发送至指定的手机。报警内容包括白天亮灯、晚上熄灯、接触器故障、电压/电流超限、供电线路停电和偷盗等故障。

c. 查询、打印功能:可以对各监控节电设备终端任意时刻的数据和年、月、日统计数据查询,生成表格、曲线图、直方图,并打印输出。具体可查询、打印的数据包括历史任意一日的监控数据;某日某节点的亮灯率;按经纬度计算出的当地一年开、关灯时刻表;全夜/半夜灯设置情况;本日报表(包括电流、电压、故障、亮灯率)等。

d. GPS 卫星校时:为了防止监控中心主站电脑时钟走错或人为误操作修改,安装卫星校时装置。卫

星校时软件每秒钟采集一次卫星上的时钟数据,并将电脑时钟与之比较,如果不符则立即进行校正,并每小时对监控终端发布一次系统时间。

e. GIS 管理系统:路灯 GIS 实现路灯资料、市政设施资料和地图信息相结合,既可以通过路灯地理信息数据库查询地图上的各种信息,也可以通过地图查询各种设施的属性,并且对市政设施进行各种分析统计。各种设施数据管理分层存储,包括各条路段的灯的型号、盏数、电缆长度、容量、变压器台数、型号、配电箱的配置情况及电缆走向;并能在电子地图上反映出各街道路灯的开关状态等。另外,能够自由修改电子地图中的街道及所增减的设备情况。

f. 远程 Web 查询:监控软件捆绑了一套 Web 服务器程序,应用当今先进的动态页面技术 ASP(Active Server Pages)完成,通过 Windows 操作系统自带的浏览器,可以在任何一台可上网的电脑访问监控中心主站的数据进行远程查询。可查询的数据包括各节点的最新检测电压、电流;每个节点的各支路配置的节电状态、互感器变比、标准阻抗、亮灯率、所在城区、接触器状态、故障信息等参数;按当地经纬度精确计算的全年每天开、关灯时刻表;历史各节点的日报表、月报表等,任一节点在任一时间段的历史数据及节点配置的实际图片和街景图片。

4 结语

本文中所研制开发的公共照明远程智能化监控系统是一个典型的分布式监控和数据采集系统,集计算机技术、现代通信技术和自动控制技术于一体。利用计算机借助一定的通信通道,对城市路灯、景观灯等公共照明的箱式变电站、变电柜、控制柜等从站进行测控并实现集中、智能化管理。通过合理设置开、关灯时间,并设置全夜灯、半夜灯运行方式,将光控和时控融合在一起,充分达到节能效果;采用集中监控方式后,监控中心自动完成对各站点的巡测,各参数、状态、故障告警信息会及时自动传送至监控中心,大幅降低人工成本及维护费用;监控中心与监控设备之间通过 GPRS 这一核心技术进行连接,前期投资少,见效快,后期升级、维护成本低。

参考文献:

- [1] 刘晓胜,戚佳金,牟英峰,等. 网络化实时路灯精确监控系统的总体设计[J]. 电气传动,2004(6):3-6.
LIU Xiaosheng, QI Jiajin, MOU Yingfeng, et al. The total frame design of real-time networking accurately monitoring system for roadlamp[J]. Electric Drive, 2004(6):3-6.
- [2] 周二贵. 路灯计算机监控系统的开发和应用[J]. 山西科技,2002(3):25-26.
ZHOU Ergui. Development and application of streetlight computer monitoring system[J]. Shanxi Science and Technology, 2002(3):25-26.
- [3] 刘有珠,李舒亮,朱杰斌. 基于 GPRS 的低压配电网实时管理系统[J]. 电力自动化设备,2009,29(4):131-134.
LIU Youzhu, LI Shuliang, ZHU Jiebin. Real-time management system of low-voltage distribution network based on GPRS[J]. Electric Power Automation Equipment, 2009, 29(4):131-134.
- [4] 修荣堃,叶军旭,温渤婴. 智能型线路故障检测器的研制[J]. 电力自动化设备,2009,29(2):132-135.
- [5] XIU Rongkun, YE Junxu, WEN Boying. Intelligent fault detector for transmission lines[J]. Electric Power Automation Equipment, 2009, 29(2):132-135.
- [6] 张晞,王德银,张晨. MSP430 系列单片机实用 C 语言程序设计[M]. 北京:人民邮电出版社,2005:1-16.
- [7] 沙占友. 特种集成电源最新应用技术[M]. 北京:人民邮电出版社,2000:25-258.
- [8] 蒋敦斌,李文英. 单片机与继电器负载接口的抗干扰措施[J]. 机电产品开发与创新,2004,17(2):83-86.
JIANG Dunbin, LI Wenying. The noise rejection method for relay type of load interfaced with micro-controller [J]. Development & Innovation of Machinery & Electrical Products, 2004, 17(2):83-86.
- [9] 冯建勤,赵志永,乔智,等. 多功能电力仪表计量芯片[J]. 电子设计工程,2009,17(3):9-16.
FENG Jianqin, ZHAO Zhiyong, QIAO Zhi, et al. Multi-function electronic watt-hour meter energy metering IC[J]. Electronic Design Engineering, 2009, 17(3):9-16.
- [10] 王加乐,许少云,熊勇. SA9904B 在电力参数远程测控系统中的应用[J]. 电子质量,2005(4):3-4.
WANG Jiale, XU Shaoyun, XIONG Yong. Application of the ASIC SA9904B in electric parameters remote survey and control system [J]. Electronics Quality, 2005(4):3-4.
- [11] 刘军亮. 基于 SD2300 的定时采集存储系统设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2009(7):39-42.
LIU Junliang. Regular data collection and storage system based on SD2300[J]. Microcontrollers & Embedded Systems, 2009(7):39-42.
- [12] 李余庆,张华,刘继忠. 基于 DS1820 的无线温度采集系统的设计[J]. 微计算机信息,2009,25(26):187-189.
LI Yuqing, ZHANG Hua, LIU Jizhong. The design of wireless acquisition system base on the DS1820 for the temperature [J]. Microcomputer Information, 2009, 25(26):187-189.
- [13] 耿新民,孙锦中. 基于 ARM 和 GPRS 的无线通信系统设计[J]. 仪表技术,2009(1):44-58.
GENG Xinmin, SUN Jinzhong. Design of wireless communication system based on ARM and GPRS[J]. Instrumentation Technology, 2009(1):44-58.
- [14] 刘瞰东,郭敏,陈力. 基于 GIS 的智能路灯监控网站设计[J]. 照明工程学报,2007,18(4):70-74.
LIU Tundong, GUO Min, CHEN Li. The design of intelligent street lamps' monitoring website based on GIS[J]. China Illuminating Engineering Journal, 2007, 18(4):70-74.
- [15] 赵鹏祥,李卫忠. GIS 与 GPS 导论[M]. 西安:西北农林科技大学出版社,2004:116-181.
- [16] 宋成艳,李扬,梅运华. 基于无线通信的城市路灯监控管理系统[J]. 微计算机信息,2007,23(4):19-20.
SONG Chengyan, LI Yang, MEI Yunhua. The city street lamps' monitor and control system based on wireless communication [J]. Microcomputer Information, 2007, 23(4):19-20.

(编辑:汪仪珍)

作者简介:

陈美谦(1971-),女,福建厦门人,副教授,硕士,主要从事电气自动化、计算机智能监控的教学与研究工作(E-mail: cmq8888@163.com);

刘瞰东(1970-),男,安徽合肥人,副教授,博士,主要从事智能信息处理与控制的教學与研究工作;

周文博(1982-),男,辽宁大连人,工程师,硕士,主要从事自动化控制设计工作;

迟岩(1960-),男,黑龙江双鸭山人,教授,博士,主要从事电气自动化、计算机仿真、微机测控技术等方面的教学与研究工作。

(下转第 131 页 continued on page 131)

GPRS-based intelligent monitoring system of public lighting

CHEN Meiqian¹, LIU Tundong², ZHOU Wenbo², CHI Yan³

(1. School of Marine Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2. School of Information Science and Technology, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

3. Department of Electronic Engineering, Minnan University of
Science and Technology, Shishi 362700, China)

Abstract: An intelligent remote monitoring system of public lighting is designed, which takes singlechip as MCU to realize the detection, control and alarm of binary and analog variables, such as the operating condition, voltage and current of field terminals. The system receives command from monitoring center and uploads the detected data and alarm information to it via GPRS communication. The monitoring terminal consists of the high-voltage main circuit, switching power supply, man-machine interface, communication module, data acquisition unit and switching control unit. The software of monitoring module is developed with Visual 2005.net, Windows 2000 Server is employed as the operating system and 2000 SQL platform is used for the database management system. The software system includes the subsystems such as the master control, data service, network service, map service, etc. The designed system meets the requirements of decentralization, networkization and intelligentization.

Key words: GPRS; public lighting; intelligent remote monitoring; monitoring terminal; geographic information management