

基于 Zigbee 和 GPRS 的自组网校园路灯控制系统^①

韩颖, 赵安兴, 袁帅, 王业篷

(山东建筑大学 信息与电气工程学院, 济南 250101)

摘要: 随着社会经济的不断发展, 大学校园建设也在向着智能化、节能化、绿色化的方向发展. 校园路灯控制系统作为校园建设的公共设施, 关系到校园现代化建设的程度. 结合 Zigbee 和 GPRS 技术, 提出了一种合理有效的校园路灯远程监控系统. 该系统根据路灯控制的实际情况采用了链式网络拓扑结构, 通过系统软件设计实现了 Zigbee 和 GPRS 的软件控制, 最后由 VB 编写的上位机界面实现了系统远程监控. 本系统不仅结构简单, 而且有很好的节能效果, 具有一定实际参考价值和借鉴意义.

关键词: Zigbee; GPRS; VB; 自组网系统; 路灯控制

Campus Streetlight Control System Based on Zigbee and GPRS

HAN Ying, ZHAO An-Xing, YUAN Shuai, WANG Ye-Peng

(School of Information and Electrical Engineering, Shandong Jianzhu University, Jinan 250101, China)

Abstract: With the continuous development of social economy, the university campus constructions develop more intelligent, energy-saving and green. Campus streetlight control system as public communal facilities in campus constructions connects with the degree of the campus modernization construction. This paper proposes a reasonable and effective campus streetlight remote control system which combines Zigbee and GPRS. According to the actual situation of streetlight control, this system uses a chain network topology. It realizes the software control of Zigbee and GPRS through the system software design. Finally, interface design programmed by language of VB accomplishes the system long-range control. This system is simple and energy-efficient. It is available to popularize, containing a certain practical importance and significance.

Key words: Zigbee; GPRS; VB; self networking system; streetlight control

无线通信技术作为一种新型的通信技术, 已经广泛应用于人们的日常生活中, 为人民的生活带来了诸多便利, 并且在节能控制方面具有巨大潜力.

Zigbee 和 GPRS 技术相互结合, 可以实现全天候、不间断的远程监控, 在维护系统稳定性的基础上达到节能减排的目的^[1].

Zigbee 是一种低功耗、通信可靠、网络容量大、自组网的无线通信技术, Zigbee 技术和各种传感器和控制器结合应用, 可以实现路灯智能化控制. GPRS 作为一种成熟的无线通信技术, 能够实现信息的远程交流, 并且具有资金投入少、信息传送稳定、易于维护

的优点. VB 作为面向事件的编程语言, 可视化编程界面为程序员提供了方便^[2,3].

本文结合了 Zigbee 技术和 GPRS 技术, 设计了一种可以远程控制的路灯控制系统. 其中 Zigbee 网络模块可以分为: 协调器、路由器、终端控制器, 其主要功能是用来采集电流信号, 并且通过对继电器的控制来控制路灯的开关; GPRS 网络主要目的是实现远程监控, GPRS 网络和 Zigbee 网络通过协调器串口连接, 将协调器的信息传送到远端服务器的数据库, 数据库用来存储数据. VB 通过访问和操作数据库来实现路灯状况的显示和控制.

^① 收稿时间:2014-07-07;收到修改稿时间:2014-09-02

1 系统概述

本系统致力于构建一套简单、可靠、系统的校园路灯控制系统, 在实现路灯远程控制的基础上, 达到操作方便、控制简便、节约能源的目的. 本系统整体可以分为两个部分: 下位机控制子系统和上位机管理子系统. 系统整体结构图如图 1 所示.

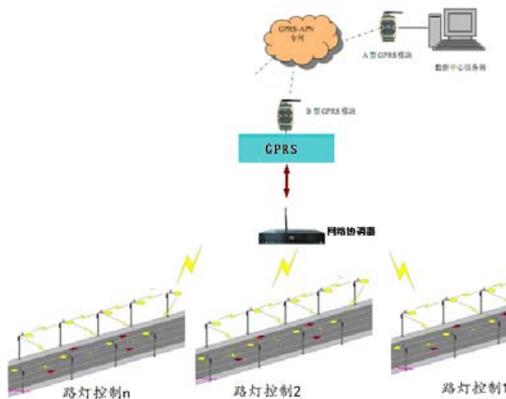


图 1 系统整体结构图

从图 1 可以看出, 下位机控制子系统具有两级无线网络结构: Zigbee 无线网络和 GPRS 无线网络, 其中 Zigbee 网络的主要功能是检测路灯状态, 并且能够实现路灯开关控制、定时控制等. Zigbee 协调器主要功能是接收发送报警信号和控制信号, 同时向上向 GPRS 网络通信, 实现与监控中心通信功能; Zigbee 路由器功能是实现扩展路由由深入和网络容量^[4].

GPRS 网络接入系统使得整个监控系统从广义结构方面形成星型网络, GPRS 模块通过专用的 VPN 专网, VPN 专网特点是适合安全性、实时性要求高的地方^[5]. 数据在移动公司数据网络内部传递, 不进入 INTERNET 网络, 数据中心使用 A 型 GPRS 模块, 现场使用 B 型 GPRS 模块, 移动公司为所有 A 型和 B 型 GPRS 模块使用的 SIM 卡绑定固定的 IP. 1 个 A 型 GPRS 模块可以与多个 B 型 GPRS 模块进行数据通信, 本系统通过 B 型模块实现数据集中和远程传送. 采用 VPN 专网, 可以通过简单的串口控件就能实现数据传递, 省去购买服务器的相关费用.

上位机管理子系统主要指的是路灯管理中心系统, 能够通过系统监控软件进行数据交互, 将中央监控系统的数据下达到具体的控制器, 其主要功能是实现数据存储和数据分析, 同时能够实现系统参数设定、路灯状态显示、信息收集、报警等功能^[6].

2 系统硬件设计

系统硬件设计主要指下位机控制子系统的 Zigbee 和 GPRS 硬件设计.

2.1 Zigbee 整体电路设计

Zigbee 整体电路包括以下几个部分: Zigbee 节点硬件模块、电源电路模块、电流检测模块、继电器控制模块. 整体系统框图如图 2 所示.

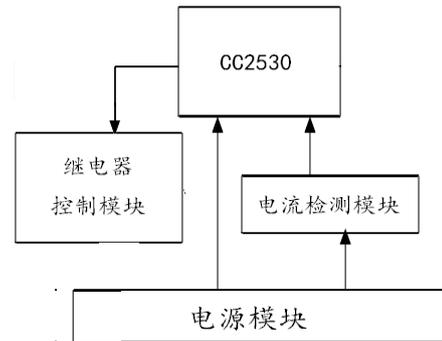


图 2 Zigbee 整体电路设计

如图 2 所示, 其中电源模块进行供电, 继电器控制模块主要用来控制路灯亮灭, 实现控制功能. 电流检测模块主要用来检测电路电流, 进而检测路灯状态.

2.1.1 Zigbee 节点硬件设计

本系统采用的 Zigbee 硬件是 TI 公司生产的 CC2530, 其内部集成了 51 单片机系统和高性能射频收发器, 能够在低功耗、低电压状态下工作. 内置 12 位 A/D 转换器, 同时具备看门狗、睡眠定时等功能. Zigbee 网络包括协调器、路由器、终端设备, 协调器、路由器、终端设备是按照网络功能进行定义区分的, 实际设计过程中, 协调器、路由器、终端设备在硬件上面是相同的.

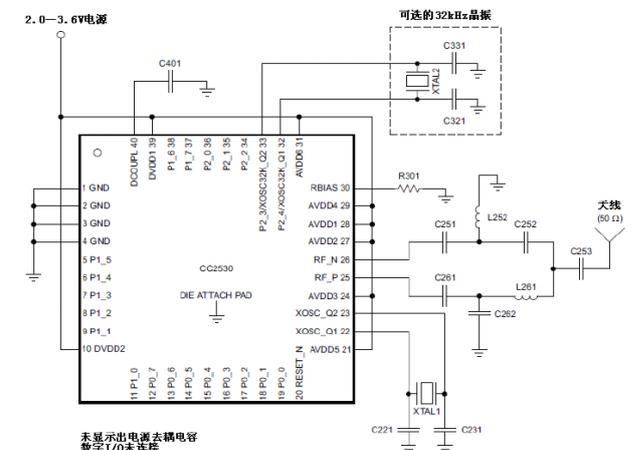


图 3 CC2530 最小系统结构图

2.1.2 电源模块设计

本模块电源模块设计要满足两方面要求,一是要满足为继电器线圈供电(9V),另一个要满足为 Zigbee 节点供电(3.3V),电源模块原理图如图 4 所示.

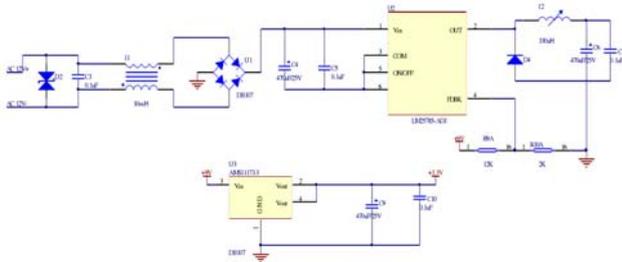


图 4 电源模块原理图

由于本系统是路灯控制系统,所以电源可以采用单相电通过变压器变压成为 12V 交流电,然后经过电桥转化成直流电,经过滤波作用,进入 LM25785,出来直流 9V,再经过滤波控制继电器线圈.同时 9V 电源进入 AMS117 得到 3.3V 直流稳压电源.

2.1.3 电流检测模块设计

电流检测模块主要功能是进行电流检测,进而检测路灯工作状态,通常情况下电流检测是通过在电路中串联精密电阻,进行电压测量来计算电流实现的.但是如果电流过大或者过小,接入的电阻会对整个电力系统造成重大影响,或者测量不精确,所以本系统采用霍尔元件磁敏元件进行电流检测.电线通过电流互感器将电流缩小,然后经过霍尔元件进行检测.电流检测原理图如图 5 所示.

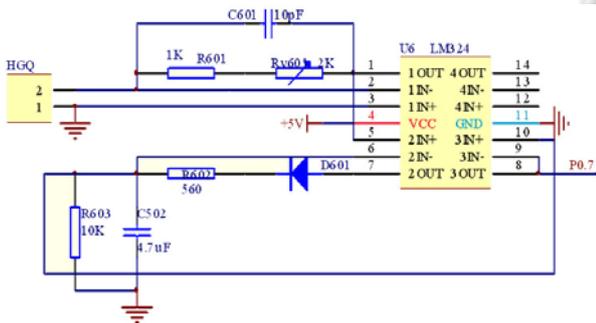


图 5 电路检测模块设计图

220V 单相电线经过电流互感器将大电流转化成 5A 电流,为检测电路提供检测电流,同时能够实现一次电路和二次设备之间的电气隔离,避免两者之间产生影响.电流要先转变成电压之后才能经过 A/D 转换

器进行转化,所以电流经过电流互感器,在霍尔元件磁敏元件的钳形圆环中产生磁场,这个磁场会在霍尔元件上面产生霍尔电势,和流经导线的电流成正比,霍尔电势经过放大器之后会转化电压信号,这个信号再经过 A/D 转化,最终实现电流检测的目的.

2.2 GPRS 整体电路设计

GPRS 模块设计主要包括:中央芯片设计、MG323 模块设计、电源模块设计、通信模块设计.整体系统框图如图 6 所示.

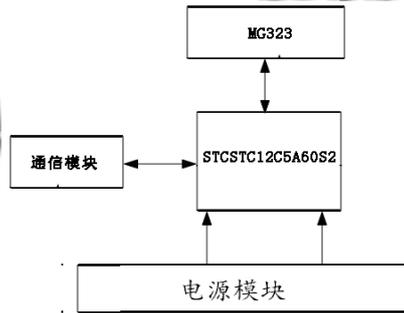


图 6 GPRS 模块设计图

2.2.1 中央芯片设计

中央控制模块作为中心控制芯片,本设计中采用 STC12C5A60S2 芯片,本芯片具有高速可靠,能耗低,抗静电能力强,抗干扰能力强等特点,并且适用范围广,使用寿命长的特点.本系统设计过程中,更加注重的是芯片内部集成了 4 个 16 位定时器,具有两个全双工异步串行口.中央芯片设计图如图 7 所示.

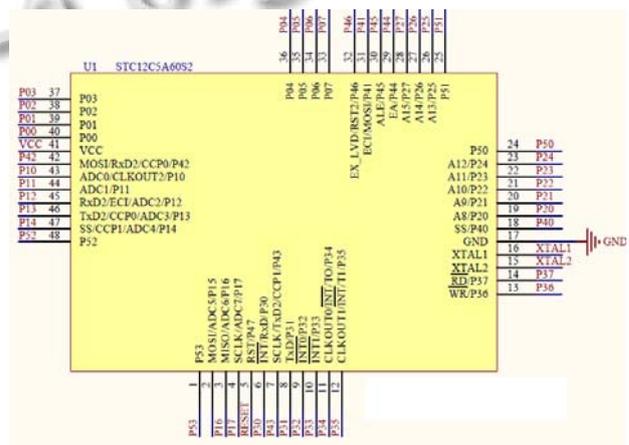


图 7 中央芯片设计图

中央芯片设计过程中,还应该注意复位电路和晶振电路的设计.本模块的主要功能有两方面:一方面

是和 ZigBee 协调器进行数据通信,另一方面是和 MG323 进行通信,将数据传递到远程管理软件,实现校园路灯的远程控制。

2.2.2 MG323 接口电路设计

MG323 作为一个技术相对成熟的模块,具有简单方便,电路连接简单,应用范围广,通信速率快的特点. MG323 接口电路原理图如图 8 所示。

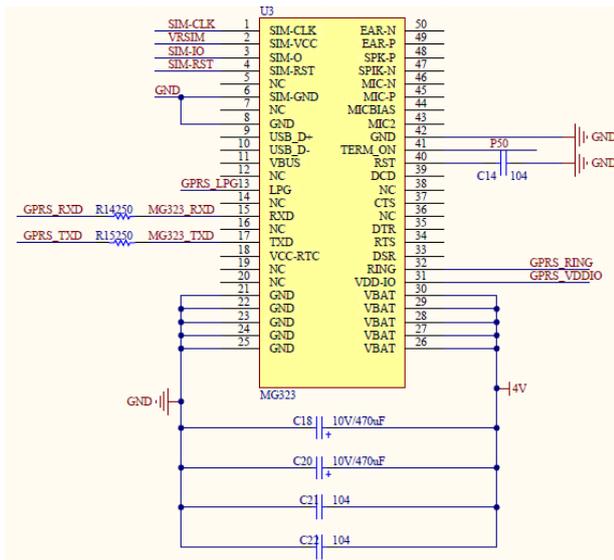


图 8 MG323 接口电路原理图

MG323 模块具有短信、语音业务,本系统采用 GPRS 业务,最大下行传输速率 85.6kbps,最大上行传输速率 42.8 kbps. 采用 AT 指令集进行编程,实现信息数据传递,完成远程监控功能。

2.2.3MG323 接口电路设计

MG323 模块在进行网络启动的过程中,需要一个很大的瞬时电流(2A),届时会引起 VBAT 电压跌落,所以电源模块的设计显得至关重要. 本模块工作电压为 3.3V-4.8V,为了提高系统可靠性和安全性,杜绝使用边缘电压,并且需要保证电源输出稳定,所以本系统在设计过程中采用 4V 稳压电源(推荐值 3.8V). 电源原理图如图 9 所示。

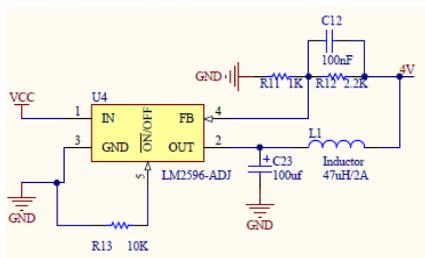


图 9 MG323 电源模块设计原理图

如图 9 所示,为了提高电源供电的稳定性,采用电感、电容、电阻组成 LCR 稳压电源,最后形成一个输出 4V 的恒压电源,不仅能够保证模块启动时候所需要的 2A 电流,而且能够保证电压持续维稳定持在 4V 左右。

2.2.4 串口通信模块设计

串口通信模块的主要功能是实现 GPRS 模块 A 和上位机的通信,完成路灯信息管理. 本模块采用 MAX232 芯片,通过简单的外围模块设计就能完成信息交流. 串口通信模块的原理图如图 10 所示。

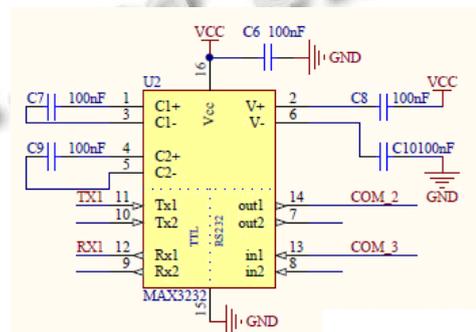


图 10 串口通信模块原理图

MAX232 串口通信模块可以实现电平转换和数据传递功能,硬件电路设计简单,采用专有低压差发送器输出级,器件仅需四个 100nF 外部小尺寸电荷泵电容,应用范围广泛。

3 系统软件设计

3.1 系统整体软件设计

本系统软件设计包括三个部分: Zigbee 模块软件设计、GPRS 模块软件设计、上位机管理系统软件设计. 系统整体软件的结构图如图 11 所示。

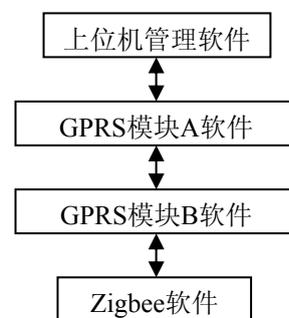


图 11 系统整体软件

Zigbee 软件设计包括: 协调器、路由器和终端设

备的软件设计, 软件设计过程中根据模块不同功能, 选择不同的程序类型进行下载, ZigBee 软件主要功能是检测路灯电流判断路灯状况, 同时接收控制命令, 实现对路灯开关控制. GPRS 模块 B 通过串口和 ZigBee 协调器联系, 主要功能是作为中转站中转 ZigBee 采集的数据, 然后通过 VPN 专网将数据传递到 GPRS 模块 A. GPRS 模块 A 软件功能是接收数据, 同时通过 MSComm 控件将数据传递给上位机管理软件. 上位机管理软件主要功能是设计人机交互界面, 实现数据管理和系统控制功能.

3.2 Zigbee 软件设计

Zigbee 软件设计是以 Z-Stack 协议栈为基础的, Z-Stack 协议栈是一种基于 IEEE802.15.4 的无线技术的无线协议, 定义了 2.4GHZ 和 868/915MHZ 两种物理层, 并且分配了 27 个传送速率信道. Z-Stack 协议栈体系结构如图 12 所示.

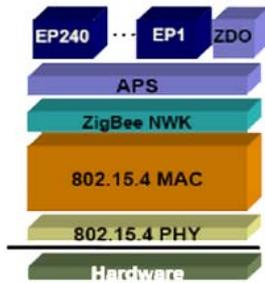


图 12 Z-Stack 协议栈体系结构

Z-Stack 协议栈已经提供了完整的程序接口, 开发人员只要简单的调用相关函数就能实现无线网络的建立和通信, 在不改变程序的基础上, 通过简单的参数设置就可以配置好协调器、路由器和终端设备. Zigbee 通过协调器创建网络, 路由器和终端设备通过申请加入网络, 并且能够根据实际情况选择是否进入休眠状态, 信息采集过程中软件流程图如图 13 所示.

3.3 GPRS 软件设计

GPRS 软件设计包括两个部分: GPRS 模块 B 的软件设计和 GPRS 模块 A 的软件设计, 是整个系统进行信息交流的桥梁. 其中 GPRS 模块 B 安置在现场, 主要功能是收集 Zigbee 协调器采集的数据, 并且向 Zigbee 网络下达命令. GPRS 模块 B 安置在系统管理器, 通过简单的串口进行连接, 实现数据的远程采集和信息命令的下达. GPRS 模块的信息传递是通过 AT 指令集进

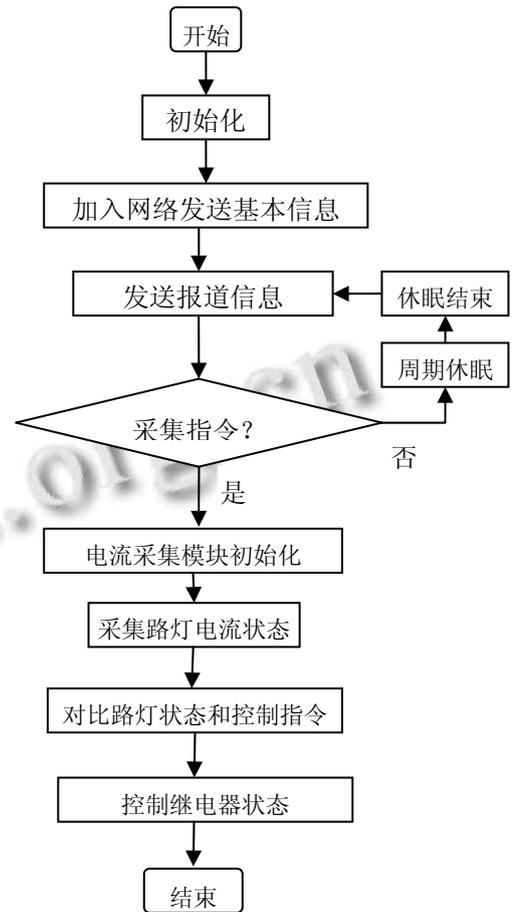


图 13 Zigbee 软件流程图

行的, 本系统采用华为 MG323 模块, GPRS 通信指令为: ATD*99#请求 GPRS 服务命令、ATD*98#请求 GPRS IP 服务命令、AT+CRLP 设置非透传主叫数据业务的无线链路协议参数命令等等. 通过上面的分析, GPRS 模块的主要功能是联系 Zigbee 和管理软件, 实现数据远程控制, 所以可靠性高、安全性好的通信协议变得十分重要. 具体协议如表 1 所示.

表 1 GPRS 软件通信协议

| ID 地址 | 控制命令字 | 控制命令字反码 | 结束位 |
|------------|-------|---------|-----|
| Zigbee 短地址 | 两字节 | 两字节 | 两字节 |

如上表所示, 通信协议由四部分组成, 其中 ID 地址采用 Zigbee 的短地址, 控制命令字由两个字节组成, 第一个字节为控制指令, 第二个字节为状态指令. 控制命令字反码具有校验作用, 用来检验控制命令字传输的准确性. 结束位由两个字节组成: 0X55、0XAA.

3.4 上位机管理软件设计

上位机管理软件采用 VB 进行, VB 作为一种基于

事件触发的编程语言具有编程简单, 适用范围广的特点, 而且通过简单的编程就能够实现和数据库的连接、访问、新建、读取、写入、修改等操作, 完成数据管理任务. 特别是 VB 提供的 MSComm 控件, 集成了串口通信常用的属性, 比如波特率、端口号、校验位等等, 调用简单的 API 函数就能够完成 GPRS 模块 A 和管理软件的通信, 进一步简化了系统设计流程.

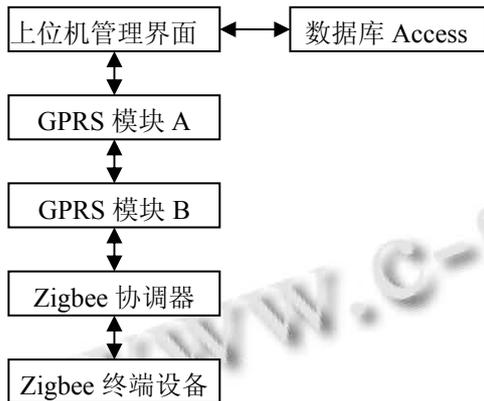


图 14 路灯管理软件整体构架

路灯管理软件整体构架如图 14 所示. MSComm 控件的编程包括三方面: (1)串口的初始化; (2)OnComm 事件中断方式来进行数据接收; (3)采用定时器中断方式进行串口数据发送. 路灯管理软件采用 Access 数据库, 具有使用方便, 运用范围广的特点. 本系统远程路灯信息表数据库截图如图 15 所示.

| ID | LightNum | Position | State | Time |
|----|----------|----------|-------|----------------|
| 1 | 0001 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |
| 2 | 0002 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |
| 3 | 0003 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |
| 4 | 0004 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |
| 5 | 0005 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |
| 6 | 0006 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |
| 7 | 0007 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |
| 8 | 0008 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |
| 9 | 0009 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |
| 10 | 0010 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |
| 11 | 0011 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |
| 12 | 0012 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |
| 13 | 0013 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |
| 14 | 0014 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |
| 15 | 0015 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |
| 16 | 0016 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |
| 17 | 0017 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |
| 18 | 0018 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |
| 19 | 0019 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |
| 20 | 0020 | 博文路 | 0 | 2014/6/9/00:00 |

图 15 数据库截图

路灯控制系统界面如图 16 所示.

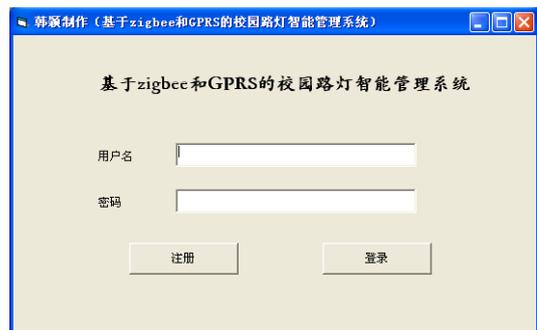


图 16 登陆界面

端口参数设置如图 17 所示.



图 17 端口参数设置

路灯监控界面如图 18 所示.



图 18 路灯监控界面

如图 18 所示, 整个界面美观大方, 涵盖了路灯控制的全部内容, 具有实施界面、趋势分析、报表系统等界面选择. 通过简单的控制可以对路灯进行选择(街道、编号), 还可以对控制方式和控制时间进行选择. 此外, 为了检测路灯状态, 还具有电流检测功能.

4 系统节能效果分析

本文以山东建筑大学博文路上 20 台功率为 250w/h 的路灯为例,分别安置了 Zigbee 控制模块,为了避免周围环境因素的影响,Zigbee 模块采用聚氯乙烯的外壳进行保护,其中 Zigbee 协调器和 GPRS 模块 B 放置在现场,而 GPRS 模块 A 通过串口安装在管理计算机上。

传统的路灯控制方式:“天黑灯开,天亮灯灭”,造成了长明灯现象,能源消耗极大。本系统采用全新的路灯控制策略,在“天黑灯开,天亮灯灭”的基础上,增加了“时间段轮询控制策略”,将路灯分为“奇偶组”,在深夜中只打开奇数组或者只打开偶数组,由于路灯开启的时间只有传统路灯开启时间的一半,所以不但减少了电能消耗,而且延长了路灯寿命。

以济南 7、8、9 月份为例,传统控制是晚上 7:30 开灯,第二天早上 5:30 灯灭,如果采用新型的控制策略,晚上 7:30-11:30 路灯完全开启,其余时间开启奇数组或者偶数组,所以可以节能:

$$10(\text{台}) \times 250(\text{W}) \times 6(\text{h}) \times 90(\text{天}) / 1000 = 1350 \text{ 度}$$

通过查看济南市物价局发布济南市各县(市)区销售电价表可以得出历城区电价为 0.468 元/度,所以仅夏季能够减少资金投入

$$1350 \times 0.468 = 631.8(\text{元})$$

在试验过程中,出现 0009 号设备运行不正常的情况,进入现场维修,其余 19 套设备在试验期间运行正常,能够实现控制策略,达到节能效果。

5 结语

本系统设计简单,使用方便,能够很好的达到节能目的,最大限度的降低资金投入,此外,还节约人工、管理费用、车辆巡检费用,提高经济效益和社会效益,值得大范围推广。

参考文献

- 1 张毅,杨鹏博,郭权.基于 ZigBee 网络的路灯控制系统设计.测控技术与仪器仪表,2012,38(10): 77-80.
- 2 李继豪,赵瑞峰,李爱莉.基于 GSM/GPRS 网络的路灯监控系统.计算机工程与设计,2009,7(18):20-23.
- 3 郭园.基于 Zigbee 和 GPRS 的 LED 路灯智能照明控制系统的研究[硕士学位论文].青岛:青岛科技大学,2012.
- 4 于胜平.基于 ZigBee 网络的路灯监控系统的研究[硕士学位论文].广州:华南理工大学,2010.
- 5 范逸之,陈立元. Visual Basic 与 RS-232 串行通讯控制.北京:清华大学出版社,2002.
- 6 Fehily C. SQL: Visual Quick Start Guide. New Jersey: Peachpit Press Publication, 2008: 145.