

文章编号:1007-2985(2017)02-0042-05

# 基于物联网的智能实验楼宇照明及环境监控系统<sup>\*</sup>

尹 杰,杨世江,王韩瑞,姚慧雄,胡 力,杨 喜

(吉首大学信息科学与工程学院,湖南 吉首 416000)



**摘 要:**智慧校园的建设对实验楼宇的节能及环境监控提出了更高的要求.针对目前高校实验楼宇公共照明及环境监控问题,设计了一套基于物联网技术的智能化实验楼宇 LED 节能照明和环境监控系统.该系统利用混合式网络架构,感知层采用遵循 IEEE 802.15.4 标准的低功耗 ZigBee 自组织网络实现状态数据采集;网络层则利用 GPRS 无线网络技术实现传感及控制数据的远程传输;应用层客户端可以方便地通过 PC 机或者移动终端等监控实验楼宇相关环境和照明参数信息.该体系架构灵活且可扩展性强,很好地实现了实验楼宇节能照明及环境监控的智能化管理.

**关键词:**实验室管理;物联网;节能照明;环境监控;ZigBee;GPRS

中图分类号:TN914

文献标志码:A

DOI:10.3969/j.cnki.jdxb.2017.02.008

高校实验仪器与设备数量众多,其保养与维护对温湿度等环境参数通常有一定的要求.与此同时,伴随着楼宇走廊和楼道等公共照明设备的增多,所带来的节能降耗问题更加突出,给学校相关职能部门的实验楼宇节能改造及环境监控施加压力.在这种背景下,如何利用现代信息技术手段来解决上述问题引起高校和行业企业的关注.笔者综合利用 ZigBee 无线传感网络技术、GPRS 无线通信技术和计算机技术<sup>[1-3]</sup>,提出一套基于物联网的智能化实验楼宇公共照明节能及环境监控系统的实现方案.本系统既能实时监控实验楼宇公共 LED 照明节点的运行状态,又能在照明设备终端根据环境对照明设备执行自动亮灭与亮度调节,还能监控楼宇温湿度及火警信息.客户端则可以利用手机等移动设备或 PC 机对环境状态进行远程查询和相关控制,进而实现实验室楼宇公共照明及环境监控的智能化<sup>[4]</sup>.

## 1 系统组成与网络结构

本系统需要实现对实验楼宇公共 LED 照明灯具的自动开关和亮度调节、设备故障提醒和远程监控,同时实现对实验室温湿度、烟雾报警信息的远程自动采集,以达到智能化管理的目的.系统主要包括 ZigBee 协调器模块、ZigBee 路由器模块、ZigBee 照明终端节点、云端服务器、Web 服务器与手机客户端软件.其中 ZigBee 照明终端节点包括 LED 照明模块、传感器模块、A/D 转换模块、2530ZigBee 模块、报警模块及电源模块<sup>[5-7]</sup>.

<sup>\*</sup> 收稿日期:2017-02-23

基金项目:湖南省教育厅科学研究项目(16A174);湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划项目(湘教通[2016]283号);吉首大学通识课程重点建设课程项目(2014JSUTSKC05);吉首大学“十三五”通信工程专业综合改革建设项目

作者简介:尹 杰(1987—),男,湖南怀化人,硕士研究生,主要从事无线通信技术应用研究

通信作者:胡 力(1981—),男,湖南泸溪人,吉首大学信息科学与工程学院讲师,硕士,主要从事无线通信技术应用研究.

系统网络架构采用 3 级结构模式:第 1 级采用低功耗 ZigBee 无线传感网络结构.由 ZigBee 协调器、ZigBee 路由器、ZigBee 控制节点、ZigBee 数据采集节点组成.ZigBee 协调器在该网络中充当网关作用,负责收集节点的采集数据并根据情况进行反馈控制,同时也是连接第 2 级网络的桥梁;ZigBee 路由器负责数据包的路由选择;ZigBee 终端节点负责数据的采集和控制.第 2 级采用 GPRS 通讯网络结构.GPRS 网络模块与云端服务器建立数据连接,ZigBee 协调器和云端服务器通过 GPRS 网络进行双向的数据传输.第 3 级是在云端服务器上建立监控中心服务器.监控中心服务器与因特网连接,Web 用户通过网络直接操控服务器数据;手机客户端则通过手机客户端软件访问服务器数据;PC 端通过远程连接服务器进行数据访问.从而实现实时远程监控实验楼宇环境并控制其照明设备.

## 2 系统硬件设计

硬件设计是整个系统开发的基础,决定了整个系统能否高效、稳定地运行.本系统的硬件设计分为 ZigBee 协调器模块、ZigBee 路由器模块、ZigBee 照明终端节点、ZigBee 温湿度、烟雾报警数据采集节点等几个方面.下面就其中核心的协调器模块、路由器模块和 ZigBee 照明终端节点的设计进行详细介绍.

### 2.1 协调器模块电路设计

协调器模块是系统的核心模块之一,主要实现数据的转发、ZigBee 无线传感器网络的组建和维护等功能.协调器模块由 GPRS 模块和射频最小系统模块组成.其中,GPRS 模块选用 SIM900A 作为此模块的主要通信芯片,射频最小系统则选用 CC2530 作为此模块的主要通信芯片.系统中的数据指令处理任务由 CC2530 来完成.根据 CC2530 的硬件结构可知,它内部集成有较为强大的 MCU 和射频模块,因此该芯片完全能够满足本系统的设计需求.协调器模块是基于 GPRS 通信系统与 CC2530 最小系统的组合,它们之间通过 RS232 进行串口通信.协调器模块工作过程是,无线传感器网络中的协调器接收来至各个节点的数据后,通过串口传送至 GPRS 模块,GPRS 模块通过网关再将数据传送至互联网,最后传送到后台服务器.后台服务器的控制工作过程则恰好与之相反.CC2530 芯片外围硬件电路如图 1 所示.

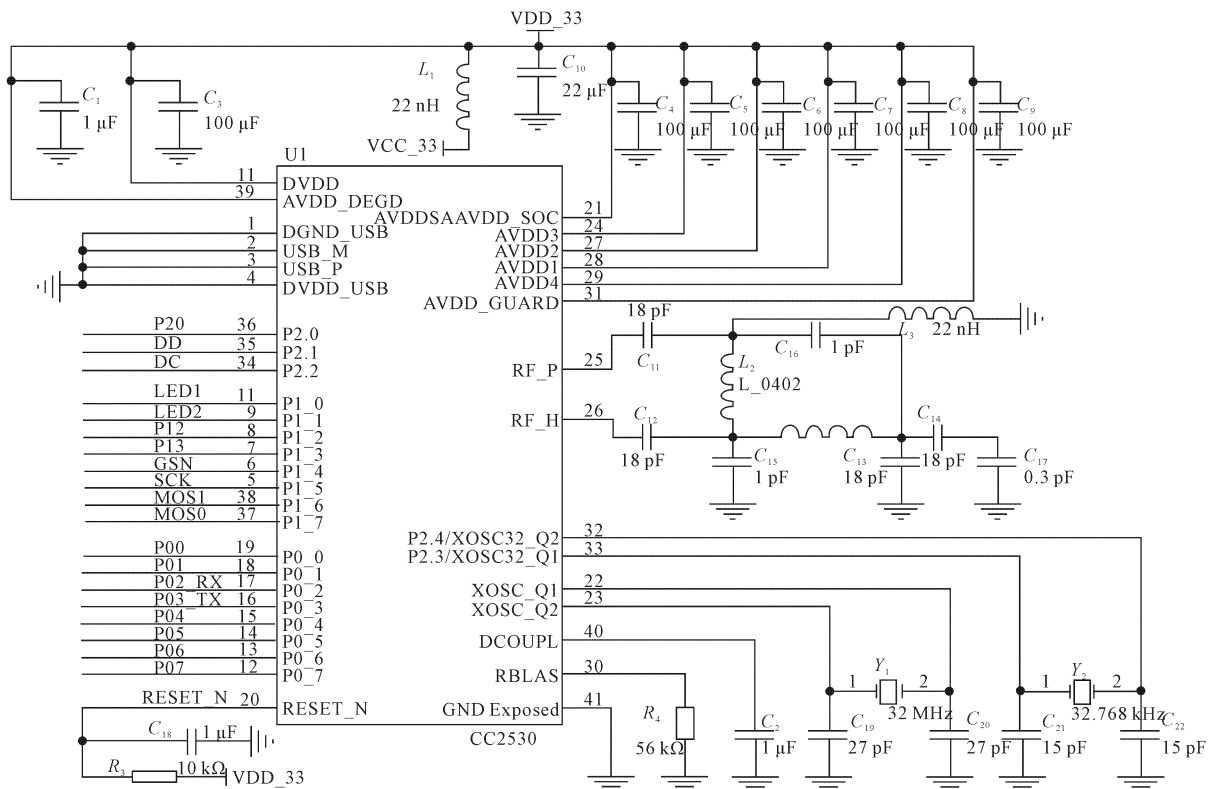


图 1 CC2530 芯片外围硬件电路

## 2.2 路由器模块电路设计

路由器模块是无线传感器网络的重要组成模块,是无线传感器网络数据采集的中转站.本系统中无线传感器网络采用网状拓扑结构,由 ZigBee 路由节点、ZigBee 终端节点和 ZigBee 协调器组成.系统中的路由器与协调器的设备类型一致,都是全功能型设备,只是工作性质不一样.路由器负责路由功能,它根据设定的路由算法自动选择最优路径,对数据进行转发.因此,路由器的硬件电路可以说是协调器模块硬件电路 CC2530 射频部分的硬件电路,只是在软件程序中将其设定为路由器功能.

## 2.3 ZigBee 照明终端节点电路设计

终端路灯模块是系统的数据来源点和受控点,此模块电路的稳定性直接关系到系统运行的实效性.其电路设计主要包括 ZigBee 通信系统电路设计和传感器电路设计.ZigBee 通信系统电路与 CC2530 射频部分的硬件电路相同,传感器电路设计则分为光敏传感器和电流传感器电路设计.ZigBee 照明终端节点传感部分的电路原理如图 2 所示.其中,光敏传感器电路实现判断环境明暗程度的功能.光敏传感器选用 5516 光敏电阻,电路中  $R_{130}$  为上拉电阻,P01 与 CC2530 芯片相连,P15 为光敏电阻接口插槽.电流传感器电路主要负责终端照明设备的电流检测,判断 LED 灯是否正常工作.电流传感器选用 ACS712ELC-20A,P1 的 2 个引脚与用电器串联,P2 第 1 引脚与 5 V 电源相连,第 2 引脚与 CC2530 数据端口相连,第 3 引脚与地相连.

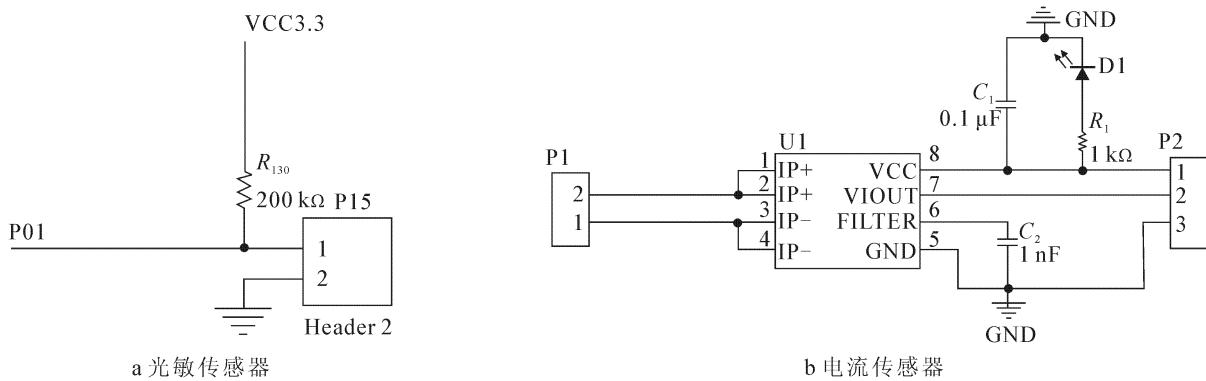


图 2 ZigBee 照明终端节点传感电路

## 3 系统软件设计

软件设计主要分为无线网络连接和远程监控的实现.无线网络连接主要包括协调器程序设计、路由器程序设计、ZigBee 节点照明终端程序设计.远程监控主要包括数据库服务器和远程终端软件的设计.

### 3.1 协调器模块程序设计

协调器模块程序设计主要包括 GPRS 数据接收与发送程序设计和 ZigBee 网络协调器程序设计.GPRS 程序设计主要负责协调器与后台服务器之间的数据交换,即协调器接收来自 ZigBee 终端节点模块采集的数据,将数据打包处理,并通过 GPRS 网络传送至互联网.后台服务器再通过互联网接收来自协调器的数据,对其进行相应的处理.相反地,如果后台服务器需要对终端节点进行控制,那么它首先通过互联网发送控制指令到 GPRS 模块,GPRS 模块将接收到的控制指令再传送到协调器,协调器将指令传送到终端节点模块执行.GPRS 常用的组网方案包括公网 IP 地址传输方式和动态 IP 域名解析传输方式.本系统采用公网 IP 地址传输方式.ZigBee 网络协调器是感知层传感网络的中心控制节点,它的主要任务是建立网络与接收各网络节点发送的数据,并对数据进行初步处理.在网络协调器中,大部分关于协议栈的处理工作由协议栈自动完成,而用户程序主要负责检查接收确认原语,再作出相应的处理.ZigBee 网络协调器的设计主要包括对模块功能类型的设置、信道扫描、ID 设置、数据接收和发送.

协调器模块工作流程(图 3)是:首先各接口初始化,然后连接到 GPRS 网络;连接成功后,建立网络并监控,若收到 ZigBee 网络信号,则判断是否为加入信号,是终端设备加入信号则批准加入并分配地址,同

时发送测试信号;当节点加入网络完成后,给服务器设定一个中断入口.若有来自后台服务器下送的控制指令,则进入中断马上执行中断服务程序;若没有控制指令的下送,则接收路由器和终端设备发送过来的数据包,并通过 GPRS 网络将数据发送到服务器.

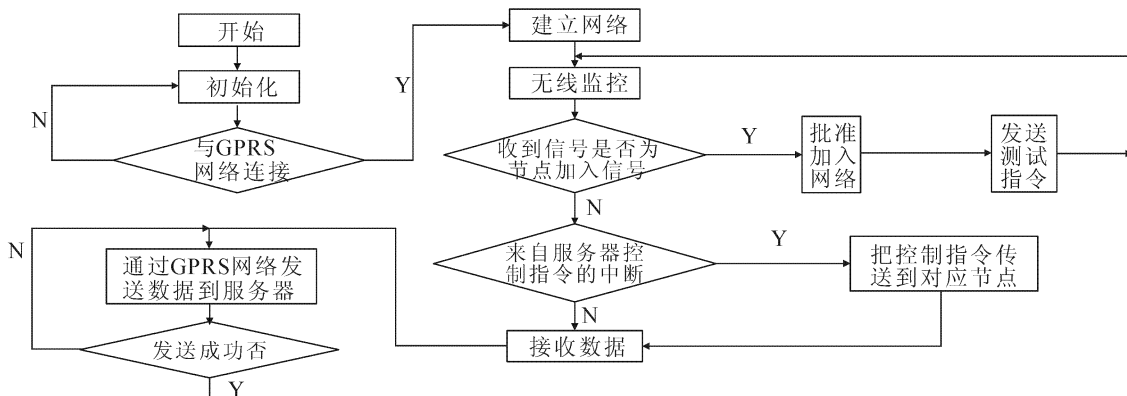


图 3 协调器模块程序流程

### 3.2 路由器程序设计

考虑低功耗、可靠性和快速收敛性,系统采用按需距离向量路由(Ad hoc On-demand Distance Vector Routing, AODV)算法.该算法可以准确地实现源节点和目的节点间的数据交换.其网络维护简单,当网络有通信链路出现故障时,系统能有效快速地消除路由信息,实现网络的快速自愈.路由工作流程(图 4)是:首先对设备进行初始化,扫描周围的网络;选择可以操作的网络进行操作;中断入口等待中断,对中断信号进行判别是否为网络中的中断;若是网络中断则需判别中断来自子节点还是父节点,然后对应进行路由算法的处理;若中断信号不是网络中的中断信号,则判别是否为网络管理中断;若是网络管理中断则马上执行中断程序,不是则应答完成返回等待中断信号.

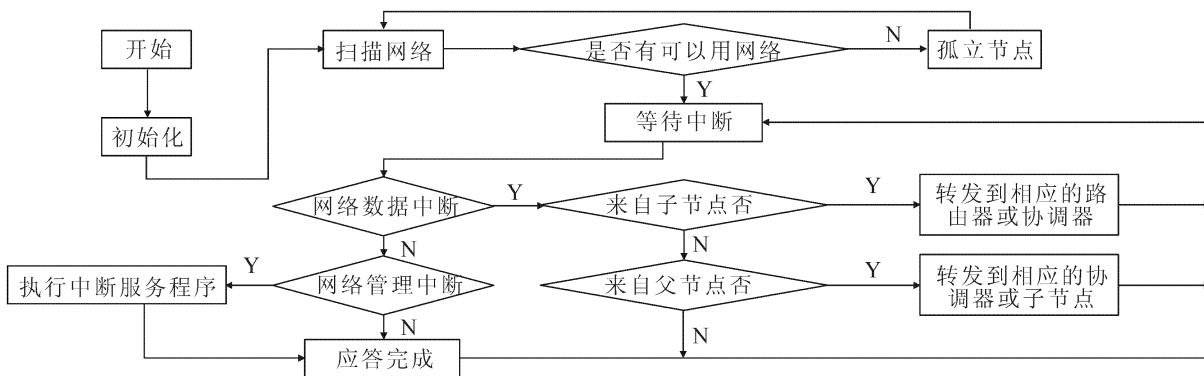


图 4 路由程序流程

### 3.3 ZigBee 终端节点程序设计

ZigBee 终端节点工作流程如图 5 所示.在 ZigBee 终端节点程序设计中,首先对各设备进行初始化,然后加入网络.新加入网络的节点设备需要接收协调器的测试信息.设定一个来自协调器下发指令的中断入口,以便执行协调器下发的控制指令.接着读取光敏传感器的数值,并将该值与标准值范围进行比较.若不在范围则报警光敏传感器错误,并跳转到其他传感器读取数值,将数值一起打包送服务器管理.若在标准范围内则开启 LED 驱动模块,驱动模块根据读取到的值调整照明设备的亮度.接着读取电流传感器数值,判断数值是否在标准范围内.若不在范围则使能报警模块报警 LED 节能灯模块错误,并跳转到读取其他传感器数值,将数值打包送服务器管理;最后设置一种休眠模式,在某个时间段不需要进行上述工作.当休眠时间结束再自动返回工作模式.设置休眠模式是为了延长硬件寿命、降低设备能耗.

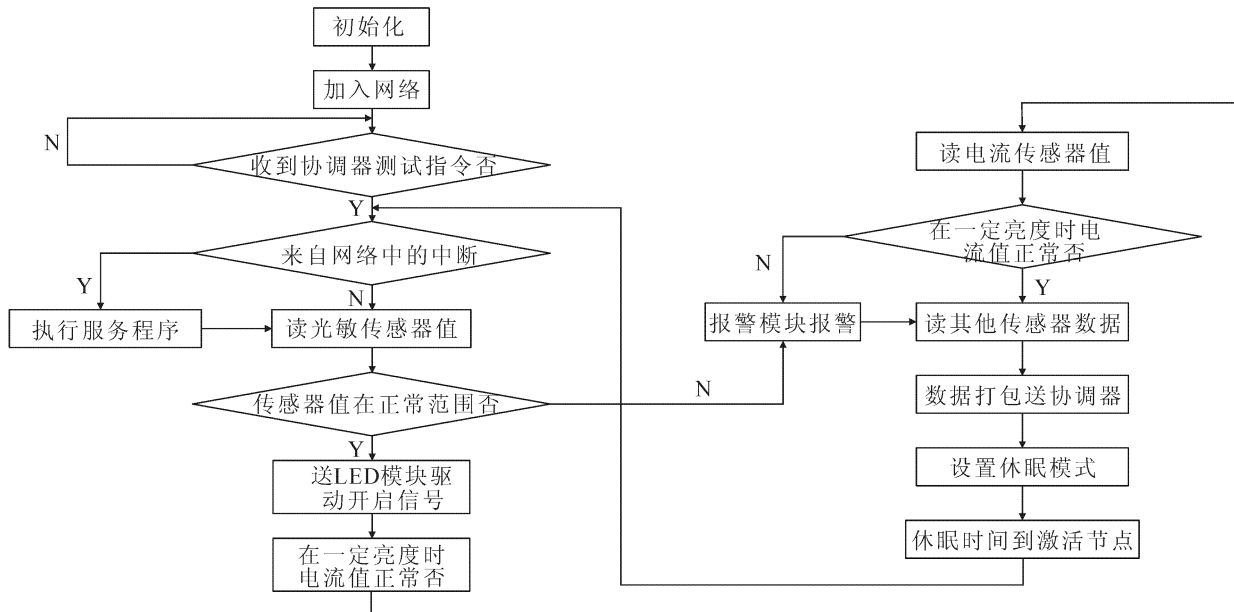


图 5 ZigBee 终端节点程序流程

### 3.4 系统服务器及终端软件

系统服务器主要包括数据库系统、PC 登录操作软件和 Web 服务器软件。该数据库系统基于 MySQL 平台进行开发,涉及的数据表主要包括用户信息表 user\_info 和传感节点信息表 node\_info,主要功能是用户登录与授权管理、用户信息管理、节点传感器数据管理。PC 软件程序主要作用是方便用户在服务器上直接监控系统运行状态,它以请求的方式访问数据库,请求的结果再通过数据库接口返回到 PC 软件的显示界面。另外,通过手机 APP 实现移动状态下实验楼宇相关环境和照明参数信息的监控。

## 4 结语

针对目前高校实验楼宇中公共照明节能及环境监控问题,设计了一套基于物联网技术的智能化实验楼宇 LED 节能照明及环境监控系统。该系统采用 3 层网络结构:感知层采用低功耗 ZigBee 自组织网络实现状态数据采集;网络层通过 GPRS 无线网络技术实现传感及控制数据的远程传输;应用层客户端通过 PC 机或者手机移动终端等监控实验楼宇相关环境和照明参数信息。该系统体系架构灵活,可扩展性强,能很好地实现实验楼宇节能照明及环境监控的智能化。

### 参考文献:

- [1] 张金瑞.基于物联网的智能交通系统网关研究与实现[D].长春:长春理工大学,2014:5-11.
- [2] 蔡亮,王荣合,赵仁鑫,等.基于无线传感网络与水量反演方法的供水管网监测模式研究[J].给水排水,2016,42(S1):304-309.
- [3] 王艳.基于物联网的森林病虫害防治智能传感系统研究[D].南京:南京林业大学,2012:21-37.
- [4] 许峥,史智兴,张云飞,等.基于 ZigBee 的农田信息采集传输系统设计研究[J].安徽农业科学,2013,41(6):2 772-2 774.
- [5] 梁平原,陈炳权,谭子尤.无线传感器网络数据采集关键技术及研究进展[J].吉首大学学报(自然科学版),2011,32(1):56-62.
- [6] 李迎久.基于 Android 移动平台的物流信息管理系统设计[J].吉首大学学报(自然科学版),2015,35(1):35-39.
- [7] 吴忠杰,罗根传,刘新喜.隧道监测系统研究现状及其发展趋势[J].吉首大学学报(自然科学版),2012,33(6):70-76.

(下转第 60 页)

**Abstract:** A new species, *Sinocyclocheilus convexiforeheadus* Li Yang *et* Li sp, nov. was found in a small lake formed after a flash flood in a karst cave of Wenliu Village, Qiubei County, Yunnan Province in October 2015. The new species is similar with *Sinocyclocheilus* *shylinus* and *S. aquihornes* in the 5 *Sinocyclocheilus* species with horn. But it can be distinguished from the aforementioned two species by the following characteristics: head stubpile; pectoral fin not attaining pelvic fin base; dorsal fin a little anterior to pelvic fin.

**Holotype** 20151018001, standard body length 42mm, collected from Wenliuxiang of Qiubei October 2015. Kept in Reservoir of Heilongtan, Shilin, Yunnan.

**Description** D. iii, 7; A. ii, 5; P. i, 9; V. i, 6; Branched caudal fin ray 16. Body length is 4.6 times as long as body height, 3.23 times as head length, 5.6 times as length of caudal peduncle, and 10.5 times as height of caudal peduncle. Length of head is 1.44 times as long as depth of head, 2.6 times as width of head. Length of caudal peduncle is 1.88 times as long as height of caudal peduncle.

**Diagnosis** The new species is similar with *Sinocyclocheilus* *shylinus* and *S. aquihornes* in the 5 *Sinocyclocheilus* species with horn. But it can be distinguished from the aforementioned two species by the following combination of characters: head stubpile; pectoral fin not attaining pelvic fin base; dorsal fin origin a little anterior to pelvic fin origin.

**Key words:** cave; blind fish; *Sinocyclocheilus*; new species

(责任编辑 向阳洁)

(上接第 46 页)

## Design of Intelligent Lighting and Monitoring for Buildings Based on Internet of Things

YIN Jie, YANG Shijiang, WANG Hanrui, YAO Huixiong, HU Li, YANG Xi

(College of Information Science & Engineering, Jishou University, Jishou 416000, Hunan China)

**Abstract:** The construction of intelligent campus makes high requirements for energy efficiency and environment regulation of laboratory buildings. Aiming at the low level of intelligence in efficient lighting and environment monitoring and difficulties in real-time monitoring, an intelligent energy-saving lighting and environment monitoring system based on Internet of Things technology is designed. This system applies a hybrid network architecture, employing IEEE 802.15.4 standard low-power ZigBee self-organizing network in the sensing layer to achieve state data acquisition and GPRS wireless network technology in the network layer to achieve distant data transmission. The designed architecture is flexible and extensible, and realizes the intelligent management of energy-saving lighting and environment monitoring for laboratory buildings.

**Key words:** laboratory management; Internet of things; energy-saving lighting; environment monitoring; ZigBee; GPRS

(责任编辑 雷可君)