

[文章编号] 1003-4684(2019)05-0061-04

基于物联网的楼宇 LED 智能照明系统的设计

方 娜, 李黄发, 蔡华锋, 李 逸

(湖北工业大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430068)

[摘 要] 针对传统楼宇照明系统能耗浪费严重、无法统一管理、维护困难等缺陷,设计出一套以楼宇 LED 为集成,协同控制为目标的楼宇 LED 智能照明系统。该系统终端硬件平台基于 TI CC2530 处理器、红外传感器、光敏传感器和烟雾传感器,软件平台基于 TinyOS 操作系统和 6LowPAN 通信协议,并结合分布式节点信息采集控制和 WSN 路由算法,实现了对楼宇 LED 灯光的高效节能的综合化、智能化的管理与控制。

[关键词] 物联网; CC2530; TinyOS; 6LowPAN; 无线传感器网络

[中图分类号] TP273

[文献标识码] A

近年来随着物联网及智能控制技术的发展,新技术、新产品、新成果不断涌现,智能照明技术也伴随着物联网技术的发展而蓬勃兴起,物联网技术和 LED 产品制程的成熟,逐步改变着传统照明市场的格局^[1]。物联网和 LED 是两大新兴战略产业,其一体化集成代表智能照明未来发展的主要方向^[2]。本文设计的基于物联网的楼宇 LED 智能照明控制系统,以物联网技术为通信核心,采用全数字、模块化、分布式的系统结构,可以根据某一区域的功能、每天不同的时间、室内外亮度来自动实现区域照明设备的运行。该系统能够将照明设施集中统一管理与监控,通过对照明的控制及室内布点设计,达到室内光效随各种空间场景视觉功能的需求变化而变化,并对所采集的信息进行相应的逻辑分析、推理、判断,对分析结果按要求的形式存储。

1 系统总体设计

楼宇 LED 智能照明系统在硬件上将主控和射频通信功能规划于小系统核心板上,将传感器和 LED 控制等功能模块接口配置于功能配置板上。系统核心板上以 CC2530 和射频小系统为核心,将各控制引脚通过接插件引到功能配置板;功能配置板上引出了红外探测、光敏感应、温度检测、烟雾探测模块接口,以及 LCD 灯光控制的继电器和程控接口;各个功能模块以插接的方式、由最终用户自主裁剪和自由配置,其架构框图见图 1。

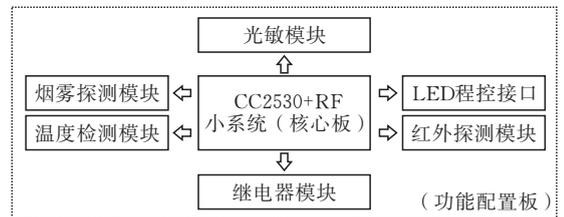


图 1 系统架构框图

2 系统硬件设计

楼宇 LED 智能照明系统硬件部分采用模块化设计,按功能分为主控与射频核心板和功能配置板。

2.1 主控与射频核心板

主控与射频核心板采用美国德州仪器公司的 CC2530 芯片作为控制芯片^[3],它是用于 IEEE802.15.4、ZigBee 和 RF4CE 上的一个真正片上系统解决方案,能够用低成本的材料组建强大的网络节点,支持低功耗无线通信。在本设计中,主控板负责无线采集和控制网络的链接、数据的分析以及指令的下达,实现了链路层 802.15.4 协议的帧的无线传输、算法执行和电路驱动控制功能。功能配置板上的各功能模块则是采集光强、红外、温度、烟雾等各种环境信息上报到主控芯片,主控芯片将根据智能照明控制算法,对应发出相关位置范围内的灯光亮度控制指令,对底层继电器和 LED 程控接口进行控制,达到智能照明的最终目的。用户也可通过远程网络或者手机软件把控制命令发送给楼宇智能照明

[收稿日期] 2018-09-26

[基金项目] 湖北工业大学大学生创新创业训练计划项目(201610500041)

[第一作者] 方 娜(1979-),女,湖北罗田人,湖北工业大学讲师,研究方向为物联网通信与信息处理技术

控制网关,由核心板接收到对应的指令后,再对各环境信息采集和控制模块进行控制。当设置在室内的传感器探测到有异常情况时,由核心板上层系统发出告警信号,以触发紧急处理方案。

2.2 功能配置板及各功能模块

功能配置板设计相对简单,主要实现了核心板与各功能模块之间的电气线路互联。功能模块包括人体红外传感模块、温度探测模块、光照度监测模块、烟雾探测模块插接口,及 LED 程控模块和继电器控制模块接口。

2.2.1 人体红外传感模块

红外传感模块能够感应人体所在距离和接近速度。当人体快速接近灯源关闭区域时,节点会实时测量人体距灯源的距离和速度,通知临近节点以一定的速度调亮或开启灯源,照亮行进路线;当人体逐渐远离灯源开启区域时,节点会实时测量人体距灯源的距离和速度,通知临近节点以一定的速度依次调暗或关闭灯源,以避免不必要的电能消耗,其接口电路和电路板见图 2。

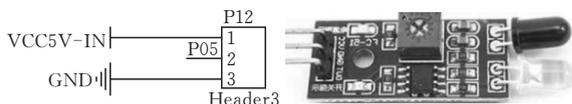


图 2 红外检测模块接口电路原理图及电路板

2.2.2 温度探测模块

温度探测模块使用美国 DALLAS 公司生产的 DS18B20 数字温度传感器^[4],其测温范围为 $-55^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$,固有测温分辨率 0.5°C ,支持多点组网功能,多个 DS18B20 可以并联在三线上,实现多点测温,测量结果以 9~12 位数字量方式串行传送,其接口电路原理图和电路板见图 3。DS18B20 数字温度传感器用于各种单片机控制器,可以非常容易地实现对环境、温度探测和感知。

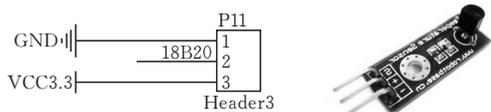


图 3 温度探测模块接口电路原理图及电路板

2.2.3 光照度监测模块

光照度监测模块实时测量和计算室内关键位置光照强度,并与周围节点光源驱动强度形成闭环反馈,以达到综合调节的目的。该模块能够结合室外阴晴变化和早晚光照明暗进行自我调节,在保证室内充分照明的前提下,最大程度的节约照明能耗。光照度监测模块在环境光线亮度达不到设定阈值时,DO 端输出高电平;当外界环境光线亮度超过设定阈值时,DO 端输出低电平。DO 输出端可以与单片机直接相连,通过单片机来检测高低电平,由此来检测环境的光线亮度改变;DO 输出端可以直接驱动继电器模块,组成一个光控开关,

其接口电路与电路板见图 4。

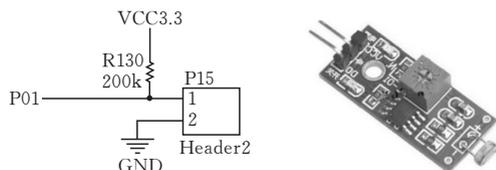


图 4 光照度监测模块接口电路原理图及电路板

2.2.4 烟雾探测模块

烟雾探测模块使用 MQ-2 传感器进行烟雾检测,所使用的气敏材料是在清洁空气中电导率较低的二氧化锡 (SnO_2)。当烟雾传感器所处环境中存在可燃气体时,烟雾传感器的电导率随空气中可燃气体浓度的增加而增大,使用简单的电路即可将电导率的变化转换为与烟雾传感器气体浓度相对应的输出信号。MQ-2 气体烟雾传感器^[5]对液化气、丙烷、氢气的灵敏度高,对天然气和其它可燃蒸汽的检测也很理想,这种气体传感器可检测多种可燃性气体,是一款适合多种应用的低成本烟雾传感器,其电路原理图及电路板见图 5。

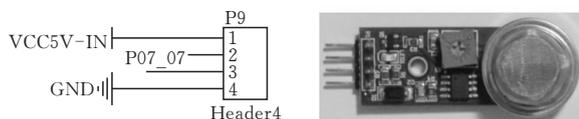


图 5 烟雾探测电路原理图及电路板

2.2.5 LED 程控模块和继电器控制模块

LED 程控模块(图 6)和继电器控制模块(图 7)相配合,驱动可控 LED 光源的控制接口,能够使系统对 LED 亮度进行线性调节(不少于 4 路)。

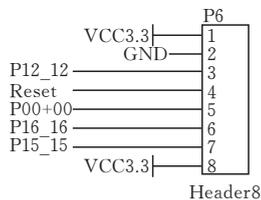


图 6 LED 程控模块接口电路原理图

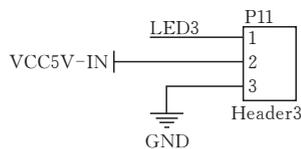


图 7 继电器模块接口电路原理图

3 系统软件设计

针对楼宇照明控制领域面临的智能化连续监控的实际问题,在分析楼宇照明控制领域特有的技术需求和工程实际的基础上,对现有无线传感器网络通信技术方案进行筛选和改进,建立了高效高可靠性的无线传感器网络通信方案。在基于链路层协议 IEEE 802.15.4 的基础上,开发一套符合楼宇 LED 照明系统实际需求的通信协议栈软件。软件部分采用四层网络模型,其中的网络层和传输层协议栈将以内核模块的方式实现,应用层协议及接口作为库文件的形式供上层应用调用,而链路层的 IEEE 802.15.4 协议实现于 Modem 芯片固件中。该软件

系统将在目前广泛使用的嵌入式 Linux 系统和专为嵌入式无线传感网络定制的 TinyOS 上分别实现。

3.1 系统平台

物联网协议栈及系统平台运行基于 TinyOS 操作系统,使用 6LowPAN 协议栈作为物联网通信的基础平台。终端软件采集人体红外传感模块、温度探测模块、光照度监测模块、烟雾探测模块的实时数据,与当前局部相关照明网络的节点进行数据互通,并结合局部网络节点的驱动情况、进行驱动光强的算法调节。

3.2 核心模块设计

为实现楼宇 LED 照明智能监测无线传感器网络的高效性、可靠性和易维护性等关键性能指标。软件设计上需要对数据传输的高效性、网络节点的健壮性、关键数据完整性和控制链路稳定性做具体落实,其核心模块架构及功能示意图见图 8。网络层高载荷率的封包结构和数据部分的压缩技术是实现网络高效传输和节点低能耗的基础,分布式网络节点的信息传输控制技术是实现无线传感器网络监控智能化的技术手段。

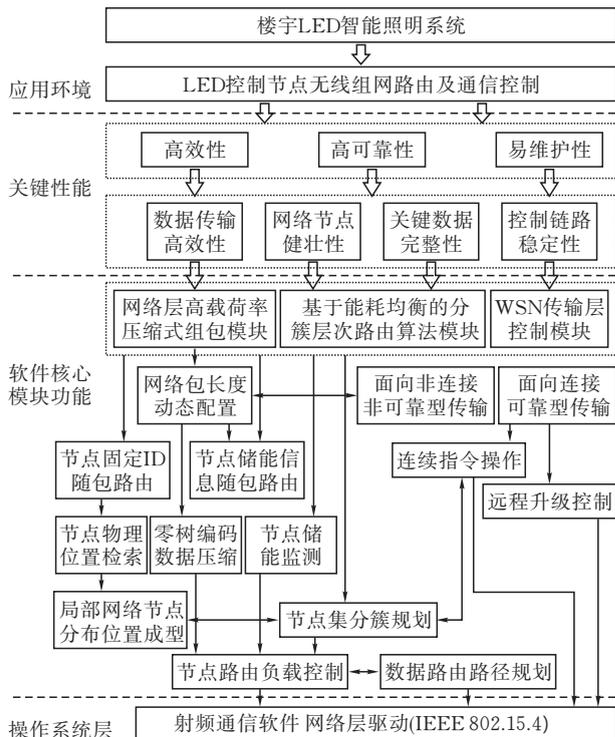


图 8 软件核心模块架构及功能示意图

3.2.1 网络层高载荷率压缩式组包模块 在深入分析楼宇智能照明系统基本特点和监测节点不同功能配备的基础上,结合节点定位和节点储能同步的需求,合理规划数据包结构,将必要的节点特征和系统维护信息进行划分固定,依照不同检测功能配置的节点进行动态配置调节,并对此部分的监测数据运用零树编码的一维数据压缩算法,有效地缩减了

数据包的长度。在提高网络传输效率的同时,极大减少了数据发射功耗,为网络中硬件、软件、协议、存取控制和拓扑提供标准和运行基础。最终建立适用于节点位置跟踪、储能信息同步、数据包高比例压缩、包长度动态可配置的高载荷率网络层封包结构。

嵌入式零树数据编码算法^[6]以二维小波变换为基础,使用系数空间树的零树编码和连续累进量化方法,利用自适应算术编码方法提高压缩性能,在数据压缩领域取得了较好的效果。为有效缩减网络层数据包,提升网络信息传输效率,节约节点收发耗能,将零树编码数据压缩算法引入到对网络包中数据部分的压缩中,并引入小波包变换,将其应用于控制监测数据的压缩,提高数据压缩效率。

3.2.2 基于能耗均衡的分簇层次路由算法模块

通过监控节点数据报文中的节点实时剩余储能信息和节点 ID,负责路由汇聚的簇头节点实时解析出簇内临近节点位置和能耗情况。在网络重新划分节点集合和规划簇内数据路由路径后,可实现节点负载合理分配,减少系统能耗,延长节点使用时间。本设计依据关键路由节点剩余能量相关的路由算法,将路由的数据负载分时动态规划到不同的簇内路由节点上,并对簇头节点作相应调整,使得系统的每个具有路由功能的节点,都能依据自身的储能,获得合理的路由载荷分配,最大程度上保证监控网络的使用时长和可靠性。

对于节点 ID,考虑到楼宇智能照明控制、监测的实际施工步骤和易操作性,监测的节点一般采用固定形式。如果对这些节点配置实时定位的 GPS 模块,费用高、功耗大、性价比低,不具备实际意义。楼宇照明系统在工程规划之初已确定了监测点位置,工作人员仅需在现场记录下对应的节点 ID 和室内位置数据,并将现场数据上传到上层监控系统的数据后台中,便可随时检索节点位置。因此,可将节点 ID 作为硬编码,在系统中唯一指定。

3.2.3 WSN 传输层控制模块 无线传感器网络 WSN(Wireless Sensor Network)中的监控节点与上层控制汇总平台交互时,对于常规数据监测模式下的数据报通信,可以采取非连接型的单个数据报路由的形式^[7]。在此模式下,数据传输快、节点开销小,对于小数据非持续传输优势明显,虽然会出现个别数据报文丢失的情况,但对整个监控系统的数据完整性没有太大的影响^[8]。然而,在节点控制命令执行和节点升级的场景下,必须采用面向连接、传输可靠的链路模式,这种模式保证了数据正确性和顺序性。虽然建立时速度慢、资源开销大,但是在关键场景的数据交互时是唯一的。本设计在应用层

和网络层之间,增加面向连接的可靠型传输和面向非连接的非可靠型传输两种传输层协议接口。这两种协议接口为上层监测系统对节点应用层的操作提供了极大便利,为整个网络的高效维护奠定了基础。设计方案为:

1)建立一套面向连接的可靠的信息传输方案,为控制命令执行和系统升级提供必要条件,其中包括初始链路建立、数据效验、交互应答、顺序接收控制、重传机制和链路撤销等。

2)为节省额外开销,采取面向非连接的非可靠性传输模式。数据报文仅作必要的信息效验,无重传机制、无报文顺序限制、不做传输层数据应答。最终将两种方式统一成一套软件协议栈及应用层调用接口。

3.3 软件系统运行

楼宇LED智能照明控制系统以其控制功能强、方式多、范围广、自动化程度高,使照明的智能化、信息化成为可能,更能与区域信息系统和智慧城市融为一体。该系统集统计分析综合化、能源管理自动化,数据呈现多样化为主要特点,通过无线的分布式控制网络,只需一台中央主机,即可实现对某一区域甚至整幢大楼的监控,其运行界面如图9所示。



图9 系统运行界面

Design of Building LED Intelligent Lighting System Based on Internet of Things

FANG Na, LI Huangfa, CAI Huafeng, LI Yi

(School of Electrical and Electronic Engin., Hubei Univ. of Tech., Wuhan 430068, China)

Abstract: In view of the serious waste of energy consumption in traditional building lighting systems, the inability to unify management and the difficulty of maintenance, a building LED intelligent lighting system was designed to manage and control the LEDs in whole building integrally and coordinately. The system terminal hardware platform is based on TI CC2530 processor, infrared sensor, light sensor and smoke sensor. The software platform is based on TinyOS operating system and 6LowPAN communication protocol and combined with distributed node information acquisition control and WSN routing algorithm. Practice has proved that an efficient energy-saving system is realized on the comprehensive and intelligent management of building LED lighting.

Keywords: Internet of Things; CC2530; TinyOS; 6LowPAN; wireless sensor network

[责任编辑:张岩芳]

4 结论

本文设计的基于物联网的楼宇LED智能照明系统,硬件部分以TI CC2530处理器、红外传感器、温度传感器、光敏传感器、烟雾传感器为基础平台,软件部分以物联网互联技术为基础,以6LowPAN为核心通信协议,应用分布式节点信息采集控制和网络路由技术,使不同节点之间可以联网通信和协同互动,以实现楼宇LED的综合化、智能化的管理与控制。

[参考文献]

- [1] 卢明乔. 基于 ZigBee 网络的 LED 智能照明系统的研究与设计[D]. 南京:南京信息工程大学,2014.
- [2] 吉爱清. 基于物联网技术的照明控制系统的设计与实现[D]. 南京:南京邮电大学,2016.
- [3] 郭佑民,刘娟,孟凡刚,等. 基于 ZigBee 的智能型 LED 路灯照明系统设计[J]. 兰州交通大学学报,2010,29(4):36-39.
- [4] 田宝森,杨涛,汪为,等. 色温自调的 LED 智能照明系统的设计[J]. 微型机与应用,2016,35(16):32-33.
- [5] 任建明,卢宇,管立伟. 室内环境无线监控系统的设计[J]. 信息通信,2017(7):89-90.
- [6] 詹为,段先华,於跃成. 基于小波变换的图像压缩编码方法研究[J]. 计算机技术与发展,2018(6):21-25.
- [7] 刘晓为. 基于无线传感器网络的 LED 道路照明智能控制技术[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2014.
- [8] 楼婷婷,潘峰. 基于无线传感器网络的智能 LED 灯控制系统设计[J]. 计算机测量与控制,2016,23(6):1990-1992.