A-PDF Split DEMO : Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

# 基于 ZigBee 无线传感网络的 LED 照明控制系统

俞 建,刘 红*
(浙江工业大学 机械工程学院,浙江 杭州 310014)

**摘要**:针对当前传统照明系统存在的手动操作、布线复杂等缺陷,以及无法满足环境采集、线性调光要求的不足,提出了一种基于 ZigBee 无线传感网络的 LED 照明控制系统设计方案。该系统采用 CC2530 芯片,利用网状(Mesh)拓扑结构的 ZigBee2007/PRO 无线传感网络实时采集照明现场的光照度、移动目标、温度、LED 状态等参数,随着环境参数变化以及预先设置的照明模式(手控、自控),控制系统自动做出智能判断,实现了 PWM 线性无极调光;基于 VC6.0 平台开发的 PC 上位机对 LED 照明控制系统进行了实时监控、集中管理,克服了传统照明管理落后、单一控制、人员浪费的缺陷。研究结果表明,该系统可实现"传感器节点实时采集环境参数,ZigBee 遥控器准确控制,PC 上位机集中管理"的设计目标,且实验数据理想。

**关键词**:ZigBee;无线传感网络;LED;照明控制;CC2530;PWM 调光
**中图分类号**:TM923;TN711.5;TM921.5 **文献标志码**:A **文章编号**:1001-4551(2012)11-1333-04

# Lighting control system of LED based on ZigBee wireless sensor network technology

YU Jian, LIU Hong
(College of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

**Abstract**: Aiming at the defects of the current traditional lighting system about manual operation, complex wiring and so on which can't meet the requirements of the environmental sampling, linear dimming, the design of lighting control system of LED based on ZigBee wireless sensor network technology was presented. CC2530 chip was chosen and Mesh topology structure of ZigBee2007/PRO wireless sensor network was used by the system to acquire real-time environment parameters in lighting scene, such as illumination, moving target, temperature, LED state and so on. With the change of environmental parameters and the preset lighting mode, the system can automatically make quick response and realize PWM linear non-polar dimming. The LED lighting control system was real-timely monitored and centralizedly managed by the PC host computer based on the VB6.0 platform to overcome the defects of traditional lighting inefficient management and staff wastage. The results indicate that the system achieves the design goal of the real-time acquisition of environment parameters by sensor nodes, precise control by ZigBee remote control and centralized management by PC and the experimental data is ideal.

**Key words**: ZigBee; wireless sensor network; LED; lighting control; CC2530; PWM dimming

## 0 引 言

随着社会科技的不断发展,人们对楼宇照明的网络化、智能化、无线化的需求越来越强烈。楼宇建筑采用智能化照明系统来集中管理照明终端是照明领域的新热点。在传统照明系统中,用户采用人工管理、手动开关控制照明灯具,无法实现自动线性调光和上位机集中管理,电能浪费、人工浪费严重,"长明灯"现象时有发生[1]。相比总线型控制技术,ZigBee 无线传感网络照明技术无需繁琐布线,具有全自动组网、近距离、低成本、低功耗等优势[2-3]。

本研究提出的照明方案综合节能灯具 LED 和

**收稿日期**:2012-07-02
**作者简介**:俞 建(1987-),男,浙江杭州人,主要从事智能家居系统、嵌入式系统以及机电控制系统的设计与开发方面的研究. E-mail:558683@163.com
**通信联系人**:刘 红,男,教授,硕士生导师. E-mail:hliu@zjut.edu.cn

ZigBee 无线照明控制系统的优势,有手控和自控模式可选,在实现 LED 手动开关和调光控制的同时又可依据环境参数变化自动完成 LED 的 PWM 的 256 级线性调光,可实现照明系统的无需布线、自动组网、环境采集、线性调光和集中管理。

## 1 LED 照明系统方案

ZigBee 无线传感网络节点存在 3 种逻辑设备类型:Coordinator(协调器)、Router(路由器)和 End-Device(终端设备)[4],使用 2.4 GHz 的 ISM 频段,传输速率为 250 Kbit/s。

LED 照明控制系统方案框图如图 1 所示。该控制系统采用 ZigBee2007/PRO[5] 网状(Mesh)拓扑结构,减缓数据传输延时,增强了网络"自愈"能力。借助路由中转节点,ZigBee 无线传感网络中的数据信息可以实现多跳网络传输,同时倒 F 型 PCB 天线的通信距离足以覆盖整幢楼宇。为了实现用户与 LED 照明控制系统进行人机界面交互式操作,协调器连接一台 PC 上位机作为服务器节点,通过 RS232 通信将实时采集的环境参数和 LED 工作状况等信息上传至 PC 显示,方便用户开展一站式的集中管理。

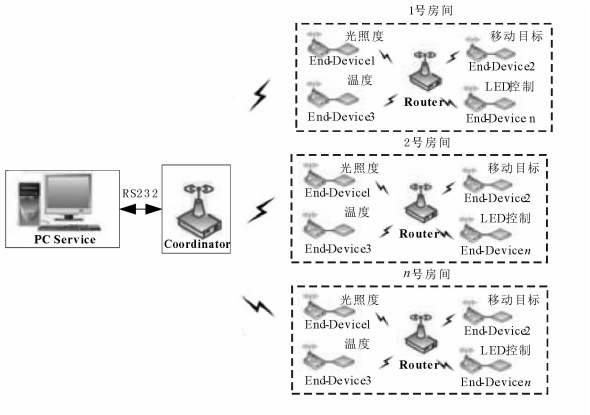



图 1 LED 照明控制系统方案框图

ZigBee 无线传感网络 LED 照明控制系统中的房间子系统布局实例如图 2 所示。对应一个路由设备和若干终端设备。房门入口上方为路由节点 A,它负责系统数据信息中转,同时采集进入房间的移动目标。会客室和影音室分别为传感器终端节点 B、D,配备人体红外传感器、DS18B20 温度传感器、PT4115 驱动器[6],餐厅和主卧为传感器终端节点 C、E,配备人体红外传感器、光照传感器、PT4115 驱动器,负责采集移动目标、温度、光照度等参数,B、C、D、E 共同实现 LED 照明系统环境信息采集,并依据参数变化实现 LED 的 PWM 线性调光。

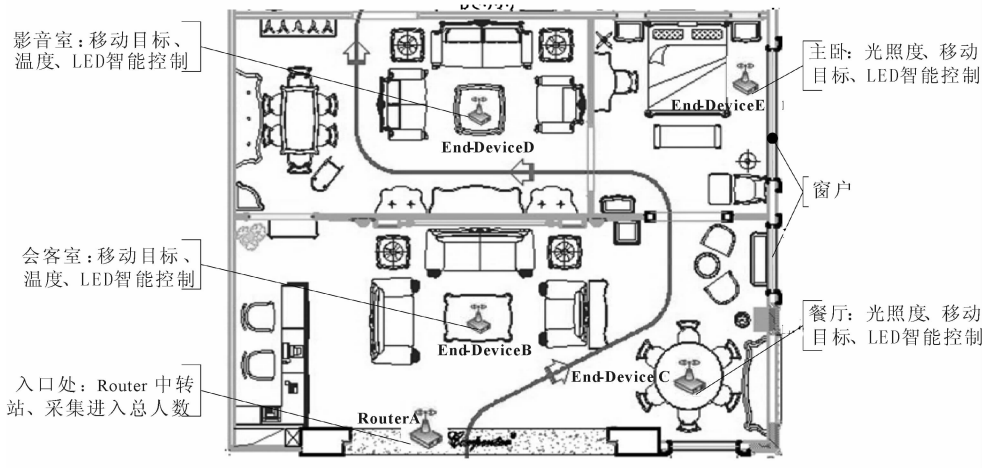



图 2 LED 照明控制子系统节点布局平面图

## 2 LED 照明系统硬件实现

LED 照明控制系统采用 TI 公司 CC2530 芯片作为核心处理器,该芯片集 IEEE802.15.4、ZigBee 和 RF4CE 于一体,内置了 RF 收发器、增强版 8051CPU、可编程闪存 Flash、256 KB RAM 等功能[7];选用 2 节 1.5 V 干电池为节点模块提供电源,这些特性可以为 LED 照明控制系统提供一个完整可行的 ZigBee 无线解决方案。

### 2.1 终端节点设计

LED 照明控制系统终端节点电路框图如图 3 所示。终端节点的外围电路集成了 PT4115 驱动源、光电隔离继电器[8]、光照度传感器、移动目标传感器、温度传感器、电源管理、RS232 通信、JTAG 等模块。传感器实时

采集环境参数(光照度、移动目标、温度);继电器实现对 LED 开关量控制;PT4115 应用脉冲恒流源驱动技术控制电流脉冲频率和占空比实现 LED 的 PWM 无极调光,达到合理照明度。同时, CC2530 控制器将传感器采集到的环境参数经路由节点传送至协调器处理器与用户预先设定参数逐一比对,并做出快速响应。

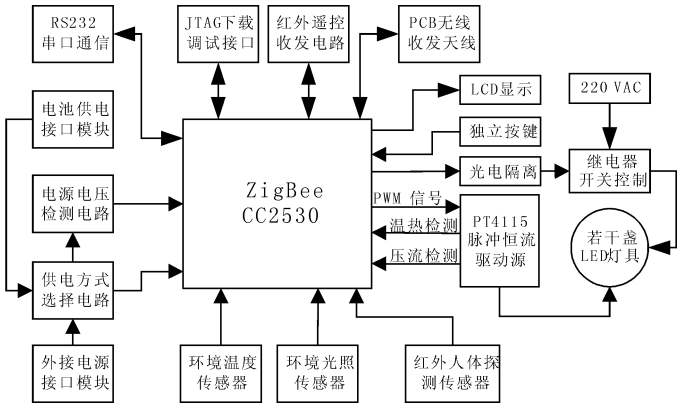



图 3　LED 照明控制系统终端节点电路框图

### 2.2　协调器、路由节点设计

协调器节点硬件模块实物图如图 4 所示。协调器、路由节点采用 CC2530F256 芯片[9]为 MCU,外围电路类似于终端节点,但无需各类传感器模块、继电器模块和 PT4115 驱动器模块,对复杂数据的综合处理能力远远大于其他节点。LCD 模块实时显示 ZigBee 无线传感网络的组网信息;LED 指示灯显示网络连接状态;ZigBee 遥控器模块可以进行手控和自控两种模式之间切换,手控模式下,用户可以用 ZigBee 遥控器远程控制 LED 照明系统的操作,自控模式下照明系统依照环境参数变化全自动智能控制整个系统运作;协调器节点的通讯接口采用标准 RS232,与 PC 服务器节点建立双向通信,以实现 LED 照明控制系统的一站式集中管理。

## 3　LED 照明系统软件实现

### 3.1　下位机控制软件实现

下位机控制软件包括 3 部分:协调器节点、路由节点和终端节点[10]。协调器负责设备启动、选择信道和网络标识符[11]、路由维护等,同时将终端和路由节点采集回来的环境信息与用户预先设定参数逐一比对,综合分析,并判断出执行动作;路由和终端节点入网成功后实时采集 LED 照明控制现场的环境信息以及 LED 工作状态,并无线传送回协调器控制器。该 LED 照明控制系统中,协调器节点通过 RS232 串口每隔 1 s

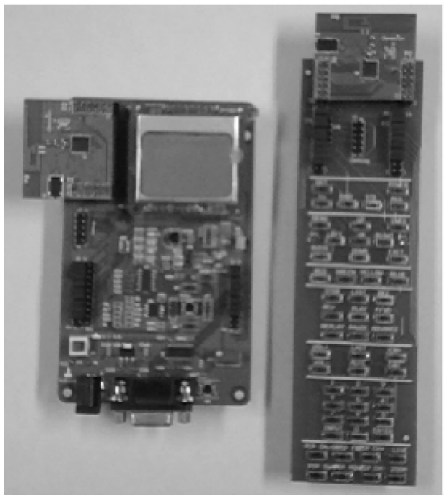


图 4　LED 照明控制系统协调器和路由节点硬件模块(左)、ZigBee 遥控器模块(右)实物图

将照明现场的环境参数(移动目标、光照度、温度等)和 LED 工作状态上传至 PC 上位机并实时显示,又能将 PC 服务器的用户控制命令转发至无线传感网络中其他路由和终端节点,下位机控制软件流程图如图 5 所示。

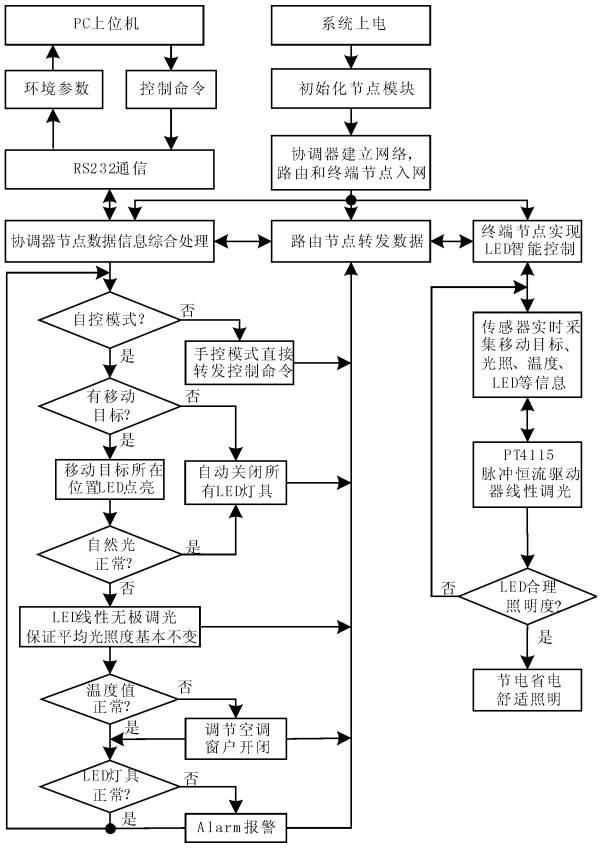



图 5　下位机控制软件流程图

### 3.2　上位机监控软件实现

LED 照明控制系统上位机数据管理监控界面如

图 6 所示，以 VC6.0 平台进行开发，快速实现 PC 与 ZigBee 无线传感网络的通信[12]。照明系统可由界面的按钮设置“手控模式”、“自控模式”。PC 机实时接收照明现场的环境参数和 LED 工作状态，移动目标、光照、温度 3 个参数以曲线和图表双重形式显示，LED 状态、异常报警则以图表显示。PC 上位机还集成数据库，将重要数据自动保存，用户随时可以调用和查看历史数据并打印。

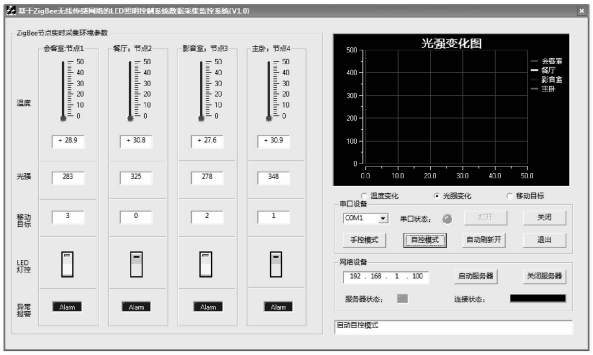
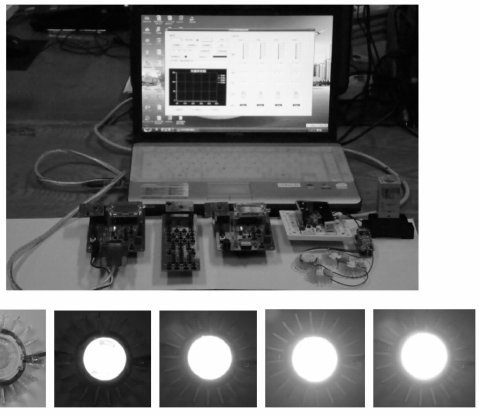



图 6 LED 照明控制系统上位机数据管理监控界面

## 4 实验及结果分析

本研究利用 IAR7.51 软件打开 ZigBee 协议栈，把工程文件分别编译成协调器、路由器、终端节点的可执行程序，并下载到各模块中。LED 照明控制系统实物图与不同照明度 LED 灯具图如图 7 所示。

协调器网关节点用 RS232 串口线连接至 PC 机，用户双击运行上位机软件，然后先把协调器上电，LED3 和 LED4 亮，接着路由和终端节点分别上电，LED2、LED3、LED4 都亮后按下路由和终端节点的右键，LED1 亮，最后进入 PC 上位机软件选择正确 COM1 口后“打开串口”，并单击“自动刷新开”，此时成功建立了下位机与上位机的双向通信，LED 照明控制系统开始正常运转。



0% 照明度 25% 照明度 50% 照明度 75% 照明度 100% 照明度

图 7 LED 照明控制系统实物图与不同照明度 LED 灯具图

### 4.1 自控模式测试

LED 照明系统依照环境参数变化实现全自动智能控制。

首先，用户在上位机界面选择“自控模式”按钮或者用 ZigBee 遥控器“SET”键切换为“自控模式”，传感器节点将照明现场实时采集的环境参数（光照度、移动目标、温度）和 LED 状态反馈给协调器；协调器综合分析环境参数后做出智能判断，并发出 LED 控制命令；PC 上位机实时显示传感器节点采集的环境参数、LED 工作状态和异常报警。实验结果如图 6、图 7 所示。图 6 中温度为 28.9 ℃、30.8 ℃、27.6 ℃、30.9 ℃；光强为 283 lx、325 lx、278 lx、348 lx；移动目标为 3、0、2、1。照明系统预设的平均光照度为 300 lx，节点 2、4 的自然光照度超过 300 lx，且节点 2 房间无移动目标，所以 LED 灯控为节点 1、3 的 LED 点亮，节点 2、4 的 LED 熄灭。异常报警栏为 LED 全部工作正常，无Alarm报警。

### 4.2 手控模式测试

通过墙壁开关、上位机界面或 ZigBee 遥控器实现对 LED 手动控制，自我记忆。

首先，用户在上位机界面上选择“手控模式”按钮或者用 ZigBee 遥控器“SET”键切换为“手控模式”，与“自控模式”唯一不同在于协调器不做任何的环境参数综合分析和智能判断，仅仅作为数据和控制命令传输中转站，将上位机界面和 ZigBee 遥控器发出的 LED 控制命令转发给所有终端节点。监控界面的“LED 灯控”和“异常报警”可以用于手动控制对应房间 LED 亮灭与报警。ZigBee 遥控器“UP”和“DOWN”键为 LED 的 PWM 调光档，实现 0 ~ 100% 线性无极调光；“25%”、“50%”、“75%”、“100%”为 LED 调光快捷键，用于实现 4 个常用档位调光；“SCENE1”、“SCENE 2”、“SCENE 3”、“SCENE 4”为 LED 情景键，用于选择对应房间 LED；“ALONE”键为独立键，用户在选择情景键后再配合独立键，才能单独控制情景键选中的 LED；“ON/OFF”键为 LED 开/关键，用于关灯前自我记忆 LED 状态，为下次开灯提供 LED 情景和调光信息。实验结果如图 7 所示，系统可实现 LED 开关控制、情景设置以及从 0 ~ 100% 照明度 PWM 线性调光。

### 4.3 结果分析

经实验验证，该 ZigBee 无线传感网络 LED 照明控制系统运行正常、稳定，有手控模式和自控模式可选，在实现 LED 手动开关和调光控制的同时又可依据环境参数变化自动实现 LED 的 PWM 的 256 级线性调

（下转第 1344 页）

## 5 结束语

针对仿人足球机器人步态运动中的特点,本研究采用三次样条插值来规划髋关节运动轨迹,使得机器人上肢运动轨迹平滑、连续;采用高次多项式插值来规划踝关节运动轨迹,减小了摆动腿在抬起与落地阶段对机器人本体的冲击。

同时,本研究利用遗传算法优化规划的步行参数,从而保证了机器人的 ZMP 在整个运动过程中具有一定的稳定裕量,提高了机器人步行的稳定性。

**参考文献(References):**


[1] KIM S, KIM C, YOU B. Stable Whole-body Motion Generation for Humanoid Robots to Imitate Human Motions[C]// The 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Saint Louis:IEEE,2009:2518-2524.

[2] 黄春林,张 祺,杨宜民. 三次样条插值方法在 Nao 机器人步态规划中的应用[J]. 机电工程技术,2011,40(2):62-64.

[3] 伊 强,陈 恳,刘 莉,等. 考虑综合行走约束的仿人机器人参数化 3D 步态规划方法[J]. 机器人,2009,31(4):342-350.

[4] HU L, ZHOU C, SUN Z. Biped Gait Optimization using Spline Function based Probability Model[C]// The 2006 IEEE International Conference on Robotics and Automation. Orlando Florida: IEEE, 2006:830-835.

[5] PHUONG N T, DAE W K, HAK K K, et al. An Optimal Control Method for Biped Robot with Stable Walking Gait [C]// 2008 8th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots. Daejeon: IEEE, 2008: 211-218.

[6] 杨 鹏,孔 鑫,赵 奇,等. 基于混合编码遗传算法的双足机器人步态规划[C]//中国控制与决策学术年会论文集. 辽宁:《控制与决策》杂志社,2006:1285-1289.

[7] 付根平,杨宜民,黄春林. 基于粒子群优化算法的双足机器人步态优化[J]. 华中科技大学学报:自然科学版,2011,39(52):355-358.

[8] 刘 为,高 尚. 一种新条件下的三次样条插值[J]. 信息技术,2011(8):23-24.

[9] 梶田秀司. 仿人机器人[M]. 管贻生,译. 北京:清华大学出版社,2007.

[10] 林德龙. 舵机驱动仿生四足机器人设计[J]. 机械,2011,38(2):66-69.

[11] 徐李超,张 祺. 一种仿人机器人步态优化的新方法研究[J]. 广东工业大学学报,2012,29(1):50-54.


[编辑:李 辉]

(上接第 1336 页)

光。节点模块数据收发天线采用单端非平衡倒 F 型 PCB 天线,与电路板一体,数据多跳传输满足收发距离要求,在室内障碍空间传输距离可达 80 m 以上,在空旷无障碍空间可达 150 m 以上,若附加 CC2591 距离扩展器模块可增加至 250 m 以上。综上所述,该系统设计均符合设计要求。

## 5 结束语

该系统是基于 ZigBee 无线传感网络的一个典型应用,照明模式有手控、自控模式可选,在满足用户合理照明度的前提下最大限度减少“长明灯”现象,降低电能消耗,克服了传统照明控制系统布线复杂、管理落后、单一控制、电能浪费等缺陷。

实验测试结果表明,该 LED 照明系统实现了“传感器节点实时采集环境参数,ZigBee 遥控器准确控制,PC 上位机集中管理”的设计目标,目前在智能建筑、智能家居的高档别墅和住宅中具有很大市场竞争力,同时随着住户对照明品质的要求越来越高,应用前景十分广阔。

**参考文献(References):**


[1] 石赛兰. 太阳能 LED 路灯节能控制系统设计[J]. 机电工程技术,2010,39(12):61-62.

[2] 周志敏,纪爱华. LED 灯设计与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2009.

[3] 王旭升. 基于 ZigBee 的智能建筑灯光控制系统设计[J]. 机电工程技术,2011,40(12):22-25.

[4] IEEE. 802.15.4, Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Network (LR-WPANs) [S]. [s.n.], 2003.

[5] 崔 莉,鞠海玲,苗 勇,等. 无线传感器网络研究进展[J]. 计算机研究与发展,2005,42(1):166-174.

[6] Jennic. Jennic 802.15.4 Stack API Reference Manual (JN-RM-2002)[M]. Jennic, 2007.

[7] Jennic. Jennic ZigBee Application Development API Reference Manual(JN-RM-2014)[M]. Jennic,2007.

[8] CC253X User'sGuide [EB/OL]. [2010-06-25]. http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc2530.html.

[9] CALLAWAY E H. Wireless Sensor Network: Architecture-and Protocol [M]. Ohio: CRC Press, 2004.

[10] EDGAR H C. Wireless Sensor Networks: Architectures [M]. Florida: CRC Press LLC, 2004.

[11] Siemens Company. TC35i AT command set [M]. Ver3.01. Siemens Company, 2003.

[12] Siemens Company. TC35i Hardware Interface Description Product Specification[M]. Siemens Company, 2003.


[编辑:李 辉]