

基于EnOcean技术的智能照明控制系统设计

针对传统有线照明控制系统布线复杂、智能化程度低且能耗较大的缺点,设计了一种基于EnOcean无线通信技术的智能照明控制系统。重点给出了系统的结构设计和相关软硬件的设计。实验测试表明该系统能有效工作,且操作方便,具有良好的可扩展性和节能效果。

陈 广 李晓卉/武汉科技大学信息科学与工程学院

赵 兵 梁晓兵/中国电力科学研究院



陈 广/硕士研究生

一直以来,照明控制都是人们生活中一项最基本而最广泛的应用,传统照明控制以手动方法为主,控制模式单一,有效管理范围狭小,无智能性可言^[1],且不可避免地造成许多资源和能源的浪费。

近些年来,国内外出现了一些新型的照明控制方法:一种是基于现场总线的方法,如C-Bus 协议、DALI协议等;另一种是基于电力载波线的方法;第三种是基于无线通信网络的方法,如GPRS、WIFI和Zigbee等。这些方法一定程度上实现了照明控制的智能化,但往往还存在控制方法复杂或使用成本高等缺陷。

因此,本文设计了一种基于EnOcean无线技术的智能照明控制系统,利用EnOcean高质量的通信和能量收集的优点,并结合智能中心控制器和远程管理终端,实现对楼宇照明设备的智能控制。

EnOcean简介

EnOcean是一种基于能量收集的超低

功耗短距离无线通信技术，主要针对楼宇自动化应用，该技术有三大亮点：高质量无线通信、能量收集和转换及超低功耗芯片组。EnOcean具有非常精简的协议栈，并采用无握手的通信机制，和其他无线通信技术如Zigbee等相比具有更低的功耗和更高的效率；此外，EnOcean通过收集存在于自然界中的非常小的能量，可以做到无电池和免维护。

EnOcean网络体系结构主要包括四层：物理层、数据链路层、网络层以及应用层，其中前三层建立在国际标准ISO/IEC 14543-3-10之上，而应用层则由EnOcean开放联盟来负责定制。

ISO/IEC 14543-3-10标准定义:

1) 物理层。采用315 MHz或868.3 MHz的射频频带, ASK调制方法, 有效传输速率为125 Kbit/s, 标准通信距离室内30 m, 室外300 m。

2) 数据链路层。负责管理子报文时间机制以及数据完整性检测。为了保证传输的可靠性,在发送时会采用“发前侦听”机制,此外每个报文都会基于一个特定的时间算法重复发送3次。

3) 网络层。负责数据包转换、数据包转发及潜在的数据包定向。

每个EnOcean设备都具有一个唯一的32位硬件地址，用于在通信过程中的设备识别。

系统整体框架

采用无线照明控制方案,不仅美观而且可以有效地减少额外电缆的敷设,降低成本,是楼宇照明控制的首选方

关键词/Keywords

EnOcean •

智能照明·

无线通信·

国家自然科学基金项目(61105070), 国家国际科技合作专项项目(2013DFG72850), 湖北省高等学校优秀中青年科技创新团队计划项目(T201302)。

案。然而，设计无线照明控制系统时，除无线通信性能外，还需要考虑能耗和能量源的问题。本方案选择了EnOcean超低功耗无线通信技术作为基本通信方法；在控制上，除系统中心控制单元外还加入了可移动的远程管理终端，并加入了基于能量收集的EnOcean无线开关设备以代替传统的开关面板，从而实现照明控制的智能化、节能化和多功能化。

图1为基于EnOcean的智能照明控制系统整体框图，本系统主要包括系统中心控制单元、EnOcean子网控制单元、EnOcean信号中继单元、EnOcean终端设备单元、EnOcean无线开关单元和远程管理终端单元几个部分。

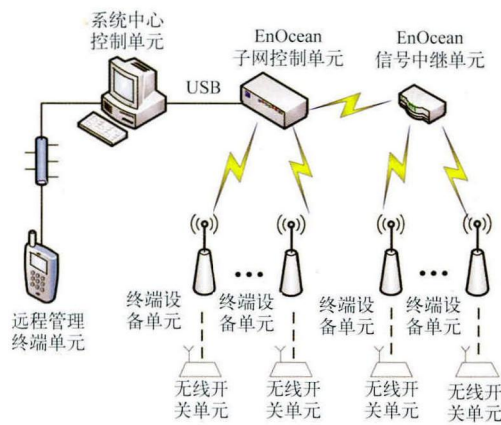


图1 基于EnOcean的智能照明控制系统整体框图

图1中系统中心控制单元为一台计算机或嵌入式单板机，系统中心控制单元上设有网口和USB接口，在系统中心控制单元上装有系统中心控制软件。系统中心控制单元负责对整个系统的综合管理和系统的信息处理，同时也是远程管理终端和EnOcean子网端之间通信的接口。

远程管理终端为一个具有互联网通信功能的智能移动设备，包括智能手机、平板计算机等，在远程管理终端单元上装有远程管理服务软件。远程管理终端可以实现随时随地对照明设备进行控制，摆脱现有控制方法对控制地点的约束。

EnOcean子网部分以EnOcean子网控制单元为原始父节点，EnOcean信号中继单元和EnOcean终端设备单元作为子节点，形成树形拓扑结构。EnOcean子网控制单元负责对子网内设备的综合管

理；EnOcean信号中继单元用于在两个设备距离较远时对数据包进行中继，EnOcean协议中规定最多可以有两级中继；EnOcean终端设备单元接收无线控制信号，最终完成对照明设备的设备的控制和对环境光强的检测；EnOcean无线开关单元作为一个辅助控制单元，主要用以替代传统的有线开关面板，EnOcean无线开关单元与EnOcean终端设备单元可通过“学习”设定形成一一对应连接。

系统硬件设计

1. EnOcean子网控制单元硬件设计

EnOcean子网控制单元是EnOcean子网内设备与外部控制中心联系的桥梁，负责对网络内设备的管理以及子网内设备与外部控制中心的数据交换。EnOcean子网控制单元主要包括电源模块、时钟模块、复位模块、微控制器模块、射频模块、天线模块以及UART接口转USB接口模块，以方便与系统中心控制单元连接，EnOcean子网控制单元结构如图2所示。

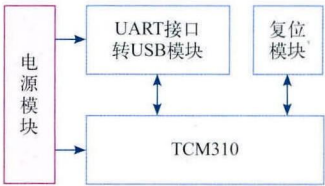


图2 EnOcean子网控制单元结构图

本单元采用了EnOcean公司的集成模块TCM310，TCM310模块带有一个双向的串行通信接口和一个无线射频通信接口，所用无线通信频率为868 MHz。在TCM310内部集成了时钟模块、天线模块和一个射频SOC芯片EO3000I。EO3000I是一款低功耗射频SOC，其基于一个16 MHz的8051内核和一个315/868 MHz的RF收发器，在EO3000I内部具有32 KB的Flash和2 KB的RAM，并具有10位准确度的A-D和8位准确度的D-A接口。EO3000I具有极低的功耗，在休眠模式下的电流仅为0.2 μA。EnOcean子网控制单元和系统中心控制单元通过USB接口相连，直接由系统中心控制单元供电。

2. EnOcean终端设备单元硬件设计

EnOcean设备终端单元是整个系统的核心功

能单位，主要负责对环境光强的检测和对照明设备光强的控制。本单元主要包括电源模块、时钟模块、复位模块、微控制器模块、射频模块、光强检测模块、光强模块和用户外部按键模块，EnOcean终端设备单元结构如图3所示。

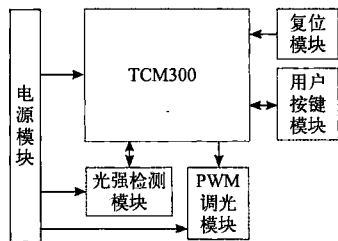


图3 EnOcean终端设备单元结构图

本单元采用了EnOcean公司的集成模块TCM300，TCM300模块主要用作终端传感器或控制器，也可以被配置作为EnOcean信号中继器，TCM300模块除具有串行通信接口外，还具有逻辑I/O接口和A-D及D-A接口。在TCM310内部集成了时钟模块、天线模块和一个射频SOC芯片EO3000I。

光强检测模块用于检测环境光强值，为自动调节光强提供反馈信息，本系统采用了BH1620光强检测传感器，其体积小，灵敏度高，通过模拟电流信号反映光强值信息，可以被TCM300的A-D端口通过一个取样电阻直接检测。

光强控制模块为EnOcean设备终端单元中的执行机构，本设计中采用了一款LED驱动芯片PT4115，PT4115是一款电感电流导通型降压恒流源，有效工作电压为6~30 V，最大输出电流1.2 A，可通过DIM引脚实现模拟调光或范围很宽的PWM调光。本系统中TCM300的D-A输出端与PT4115的DIM引脚连接，通过输出电压的变化来控制LED灯亮度。

3. EnOcean无线开关单元

EnOcean无线开关单元采用能量收集技术获取所需电能，其组成主要包括：能量收集模块、能量管理模块、微控制器模块、时钟模块、射频模块和天线模块。EnOcean无线开关单元按压面板下有一个压电转换器，可以把按压时的机械能转换为电能，再通过能量收集和存储供给其他模块工

作，整个模块无须电池或外部电源。

系统软件设计

1. 系统中心控制单元软件设计

系统中心控制软件主要功能包括：对EnOcean子网控制单元或远程管理终端单元的接入管理、EnOcean子网端和远程管理终端间的信息交换、提供人机交互接口以及实现照明自动控制等。

系统中心控制软件主流程如图4所示，首先系统进行初始化，包括对EnOcean子网单元的检测及远程管理终端单元的接入管理等，然后对外部设置进行读取，判断控制模式：如果为“自动控制”模式，则执行自动调光动作，之后检测网口端有无消息；如果为“手动控制”模式，则直接检测网口端有无消息，若网口端有消息，则对消息进行分析并处理，如无消息，则检测有无外部输入信号，若有信号则根据输入信号类型进行操作，然后返回重新判断控制模式，若无信号则直接返回判断控制模式。

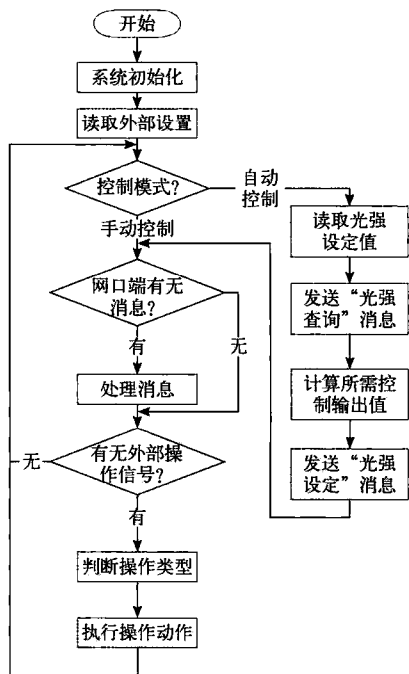


图4 系统中心控制单元软件流程图

系统中心控制单元和EnOcean子网控制单元的通信遵循ESP3协议，系统中心控制单元和远程管理终端单元的通信遵循TCP/IP协议，因此在系统

中心控制软件的设计中一个重要的部分就是两种协议的转换。

2. 远程管理服务软件设计

远程管理终端主要用于实现对照明设备的灵活控制，在进行操作前先要与系统中心控制单元建立连接。远程管理服务软件的主要功能有：与系统中心控制单元建立连接、获取子网内设备状态信息及对子网内照明设备进行控制等，为了保证系统的安全性，远程管理服务软件还具有用户登录验证的功能。

远程管理服务软件主流程如图5所示，首先远程管理终端通过互联网与系统中心控制单元建立连接，然后从系统中心控制单元同步EnOcean子网内设备状态信息，之后读取用户外部操作，并发送相应命令到系统中心控制单元，然后等待系统中心控制单元应答，将执行结果显示在屏幕上，再继续等待用户外部操作。

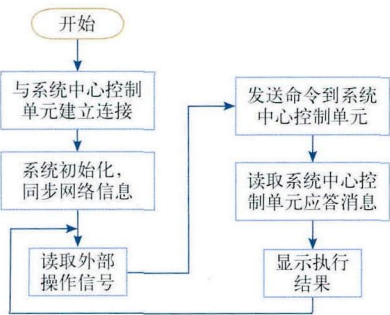


图5 远程管理服务软件流程图

系统测试

为了验证设计方案的可行性和有效性，本文依据图1搭建了一个实验系统，并对系统的运行状况和有效覆盖范围进行了测试。该实验系统包括1台计算机（系统中心控制单元），1个EnOcean子网控制单元，1个EnOcean信号中继单元，3个EnOcean终端设备单元和1个EnOcean无线开关单元，系统中心控制单元软件界面如图6所示。

当打开新的EnOcean终端设备时，可以看到在软件界面上显示有新设备加入，单击对应设备的图标，即可显示当前设备状态和光强值，拖动光强调节进度条时，可以看到对应照明设备的光强



图6 系统中心控制单元软件主界面

值变化。使用智能手机进行控制时，也可以达到相同的效果。实验结果表明采用了本设计方案的实验系统工作正常，并能对灯的开关和光强进行调节。

为了测试实验系统的有效覆盖范围，在室内环境下，将EnOcean终端设备单元放在不同位置进行了若干组开关灯控制测试。当系统中心控制单元和EnOcean子网控制单元在同一个房间时，有效通信距离可达25 m；当两者间隔一个房间时，有效通信距离则为10 m以下，对更远的距离则需要通过EnOcean信号中继单元的中继作用。从实验结果可以看出，在墙体阻隔情况下，EnOcean设备的有效控制范围仍可借助EnOcean信号中继单元达到20 m以上，可满足大多数照明控制应用的需求。

结束语

基于EnOcean无线无源技术的智能照明控制系统功能完善，操作简便，布线少，维护和改造方便，节约能源和资源。本系统根据实际应用需求，在传统的基本照明控制系统的基础上，增设了可移动的远程管理终端和EnOcean无线开关设备，提高了系统的智能化程度，增强了系统的实用性，具有非常广泛的应用前景。

参考文献

[1] 邹吉平. 基于现场总线的智能照明控制系统分析与应用[J]. 灯与照明, 2005, 29 (3).

(收稿日期: 2014-08-04) EA