

# ZigBee 技术在城市照明监控系统中的应用<sup>①</sup>

何 赛, 陈小平

(苏州大学 电子信息学院, 苏州 215006)

**摘 要:** 为了方便有效地对城市照明设施进行监测和控制, 采用 CC2530 芯片构成网络节点, 将 ZigBee 技术应用到照明监控系统中。主要阐述了所设计的照明监控系统的 ZigBee 网络的拓扑结构设计, 路由设计, 网络实现等方面内容。实践表明采用了该 ZigBee 网络的照明监控系统具有覆盖范围广、成本低、体积小、效率高等诸多优点。

**关键词:** ZigBee 技术; 照明监控; CC2530

## Application of ZigBee Technology to Urban Lighting Monitoring System

HE Sai, CHEN Xiao-Ping

(School of Electronics and Information Engineering, Suzhou University, Suzhou 215006, China)

**Abstract:** In order to make it easy and effective to monitor urban lighting system, this paper applies ZigBee technology to lighting monitoring system. The wireless network node is composed by CC2530. The design of topology and routing and the realization of system's ZigBee network are introduced in this paper. Practice shows that the lighting monitoring system based on ZigBee has merits of widely covered network, low cost, small size and high efficiency.

**Key words:** ZigBee technology; lighting monitoring; CC2530

## 1 引言

路灯和景观灯是城市夜晚一道亮丽的风景线, 也是城市中必需的公用照明设施。城市照明监控系统是一种监测与控制的集成系统。一套高效的城市照明监控系统可以节省大量的人力物力。但目前, 我国的照明监控技术还比较落后, 存在很多问题<sup>[1]</sup>。

ZigBee 技术是一种新兴的短距离, 低速率, 低成本, 低复杂度的无线通信技术<sup>[2]</sup>, 适用于无线传感器网络及远程控制领域。它可工作在免费的 2.4GHz 公共频段, 传输速率为 10Kbps~250Kbps, 传输距离为 10m~100m。将其运用到照明监控系统中去可以实时检测并控制照明设施状态, 从而使照明设施便于维修和管理, 大大节省维护照明设施所需的人力和物力。如何构建 ZigBee 网络来高效地监控照明设施的状态是本文要解决的问题。

## 2 系统组成

### 2.1 照明监控系统构架

基于 ZigBee 技术的城市照明监控系统采用“监控中心—路端通信装置—路端单灯测控器”的三层结构, 系统的结构如图 1 所示。

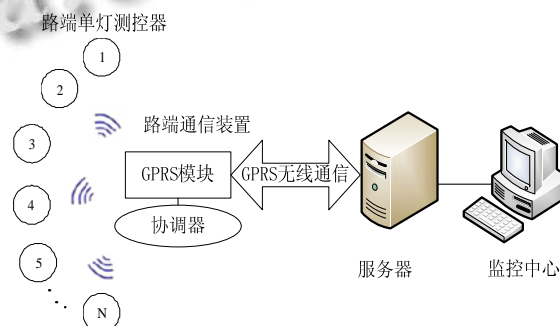


图 1 城市照明监控系统结构图

① 收稿时间:2011-03-20;收到修改稿时间:2011-04-18

图 1 中的路灯节点 1 至 N 通过网络协议实现了路灯通信的网络结构，每个路端通信装置作为该条道路的主控节点。通过 GPRS 通信技术和 ZigBee 技术的结合，可以将路灯的状态信息发送到中心服务器，并存入数据库中，监控中心通过对服务器的数据库进行操作可以实现对路灯状态的监测和控制。

### 2.2 系统硬件设计

系统的硬件部分包括路端单灯测控器和路端通信装置。系统的 ZigBee 网络中的节点分为三类：协调器，路由节点，终端节点。路端单灯测控器由路由节点或终端节点加上外围采集控制模块构成，其中由路由节点构成的路端单灯测控器除了要监控自身的路灯状态，还要起到转发数据的作用。路端通信装置则主要包括协调器和 GPRS 通信模块。

由于网络中节点的数量较大，为了便于生产，将协调器，路由节点和终端节点的主要区别放在软件方面。硬件方面除了协调器具有 UART 接口外，其他都是相同的。各节点均采用 Ti 公司生产的 2.4G 射频芯片 CC2530，该芯片支持专有的 802.15.4 市场及 ZigBee 标准。路端单灯测控器的硬件结构如图 2 所示：

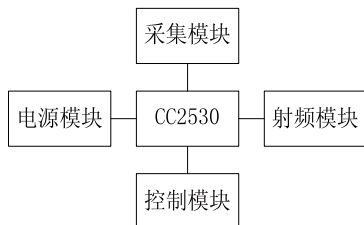


图 2 路端单灯测控器硬件结构

路端通信装置的主控芯片采用了 Philips 推出的具有 ARM7TDMI-S 内核的 LPC2368，可简化外围硬件电路设计，降低设计成本与复杂度。GPRS 模块采用华为生产的 GTM900C，它是一款双频 900/1800MHZ 高度集成的 GPRS 模块，内嵌 TCP/IP 协议模块，易于集成。

## 3 照明监控系统网络设计

### 3.1 网络结构设计

ZigBee 标准具备强大的设备联网能力，它支持三种无线网络类型，即：星型网络，树状网络和网状网络。对于照明监控系统的 ZigBee 无线传感网络来说，

由于各个单灯间的间距较远，单灯节点众多且排列在一条近似直线的道路上，而 ZigBee 通信距离又较近，要求网络的可扩展性要比较好，因此选用树状网络结构。所设计的网络拓扑结构如图 3 所示。

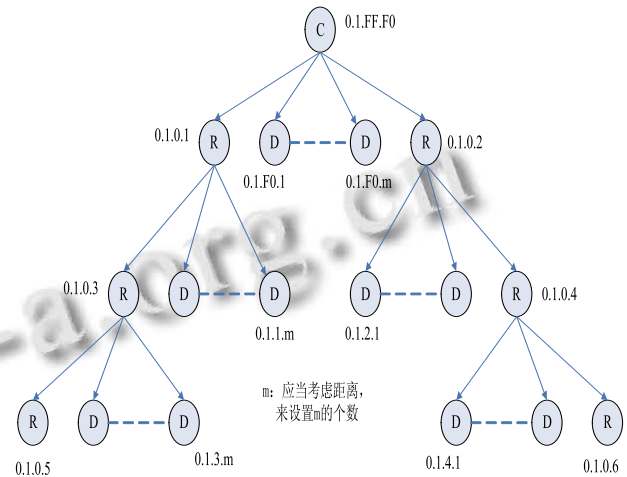


图 3 网络拓扑结构图

该网络结构结合了 ZigBee 协议的一些基本特点：(1)网络中有三种角色：协调器(C)、路由节点(R)、终端节点(D)；(2)网络中尽量采用最短距离通信，使网络中传输数据帧时所经过的跳数最少；(3)每个网络都有自己的网络 ID(ZigBee 中叫做 PAN\_ID)。例如可以将各个角色的逻辑地址分配如下：C: 0xFFFF0；R: 0x00.0x01--0x00.0xFF；D: 0x01.0x01--0xFF.0xEF。

### 3.2 网络路由协议设计

ZigBee 网络层支持 Tree, AODVjr 等多种路由算法<sup>[3,4]</sup>。Tree 路由算法可以减小路由协议的控制开销和节点能量消耗。但当网络中节点数量较多,节点层次较深时,会造成分组传输时延较高。AODVjr 算法可大大提高网络的通信效率，但其通信链路上的每个路由节点都必须维护路由表，对能量的要求较高。对于照明监控系统的网络来说，由于各个节点均由市电而非电池供电，因此能耗方面要求不高。此外，该网络中节点众多，又采用了树状结构从而导致节点层次很深。为了尽量减小网络中数据的传输时延，我们采用 AODVjr 路由算法来进行路由发现。

AODVjr 路由算法主要有两个过程：第一个过程是当节点未发现自己到目的节点的路由时，该节点便以洪泛的方式向整个网络广播路由请求数据包 (RREQ)。第二个过程是当该数据包到达目的节点时，

目的节点以单播的方式向路由发起节点回复路由数据包(RREP)。最终当路由发起节点收到路由回复包时,路由发现过程结束。此时就建立起一条路由发起节点到目的节点的通信链路,路由发起节点将更新自己的路由表并进行数据的传输。显然,此时建立的通信链路是源节点与目的节点之间的最短路径。

在我们的照明监控网络中,协调器和路由节点属于全功能设备 FFD (Full Functional Device),可以接收其他节点当子节点,同时根据自身状况决定是否给其他节点查找路由,转发数据。终端节点则属于精简功能设备 RFD (Reduced Function Device),它不能成为其他节点的父节点,通信时只能通过父节点帮忙转发数据。对于接收到数据帧的某节点,该算法在本系统网络路由中具体实现过程如图 4 所示:

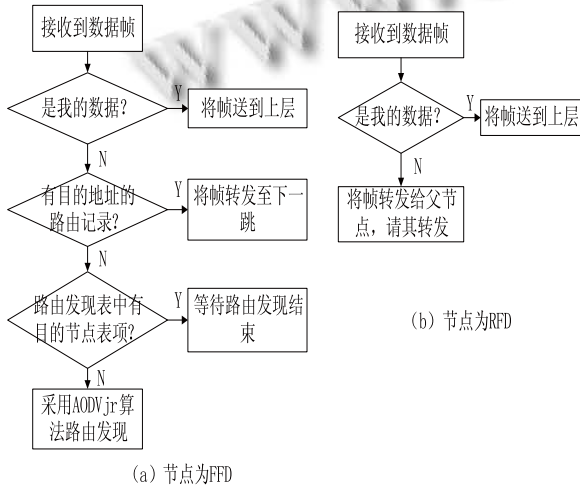


图 4 算法在网络中具体实现

### 4 照明监控系统网络实现

#### 4.1 网络组网机制

##### (1) 组网过程

对于照明监控系统的 ZigBee 网络来说,协调器上电后首先对 CC2530 进行初始化,然后建立一个无线网络。在 ZigBee 协议中定义了端点绑定过程,当路由节点或者终端节点要加入网络时,它们会请求协调器改变其绑定表,这样便创建了源节点和目的节点间的通信链路。协调器收到设备的入网请求后,会判断是否允许其加入网络,若允许,便为其分配一个 16 位的短地址,并将其地址信息记录到地址表中。终端节点则可以选择绑定路由节点以便于其建立通信链路。路

由节点接收到终端子节点入网请求后,若同意请求,便会为其分配网络地址并记录节点的地址信息。当网络组建完成之后,便可以进行数据传输。组网过程中各种节点的工作流程如图 5 所示。

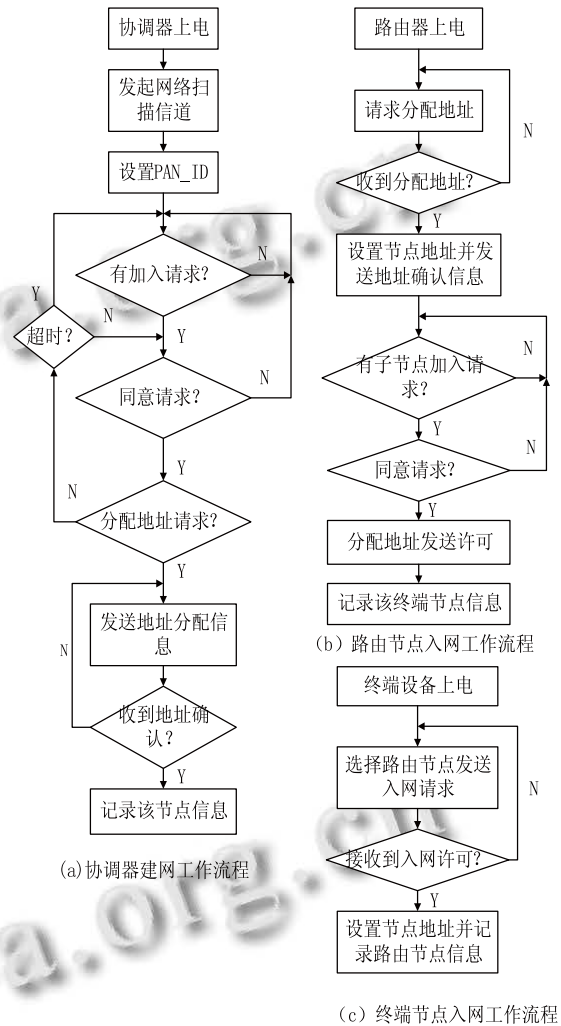


图 5 组网过程中各种节点工作流程

##### (2) 数据传输

在照明监控系统的 ZigBee 网络中,主要有两种帧需要传输。一是取灯的状态或控制灯的命令帧,它由协调器发出,传输到终端节点;另一则是单灯节点返回给服务器的状态帧,它则由终端节点发送到协调器。其中为了节省能耗,大部分时间将路灯终端设在休眠状态,仅定期地唤醒设备来接收和发送数据。

#### 4.2 网络控制机制

为了实现城市道路照明智能监控,协议针对具体路段进行整体控制或单点控制,将路段节点

编号按序编号,从1到N。根据网络的结构,将单灯的节点号和单灯的网络节点地址联系起来。为了准确而快速地对网络中的各个节点状态进行控制和采集,系统主要使用两个机制来进行网络的控制。

#### (1) 命令转发机制

网络中各个节点只对收到的命令帧进行转发,对帧的内容不做修改。每个节点通过一个位示图结构来记录哪些帧已经被转发。节点接收到帧数据后根据帧号将该缓冲区的相应位置位,同时转发。如果节点接收到帧后判断该帧已经被该节点转发,即相应位已经被置1则丢弃该帧,从而保证以最快的速度控制一条线路。

对于向某个指定节点发送命令,节点接收到帧后,将自己的节点号与接收到的帧中的节点号对比,如果大于则丢弃该帧,否则转发。这样可使网络中数据帧传输有序化,有效避免网络堵塞。

#### (2) 状态返回机制

目前只针对单个节点状态返回机制,发送指定命令帧后,指定节点接收到该命令后立即返回状态。只有节点号比目标节点号小时才转发状态,直到主节点接收到状态。状态返回机制和命令转发机制的执行过程相反。

## 5 结语

在苏州科技园的某条道路上对20个景观灯搭了所设计的系统进行了测试,经实际运行,该系统可以良好地完成预期的效果。ZigBee网络对单灯的控制以及取单灯状态指令的响应速度很快,发生数据丢帧的情况极少,且该网络还可以继续扩展。此外,虽然该ZigBee网络是以照明监控系统为依托的,但为类似的无线网络系统提供了很好的参考,具有很好的实际应用价值。

### 参考文献

- 1 李战明,刘宝.Zigbee 传感器网络在路灯远程监控系统中的应用.微计算机应用,2009,12(2):17-20.
- 2 瞿雷,刘盛德,胡咸斌.ZigBee 技术及应用.北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- 3 Sun J, Wang ZX, Wang H, Zhang XF. Research on Routing Protocols Based on ZigBee Network. Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, 2007,639-642.
- 4 Shang T, Wu W, Liu XD, Liu JW. AODVjr Routing Protocol with Multiple Feedback Policy for ZigBee Network. Consumer. Electronics, 2009. ISCE2009. IEEE 13th International Symposium on. 2009, 483- 487.

(上接第141页)

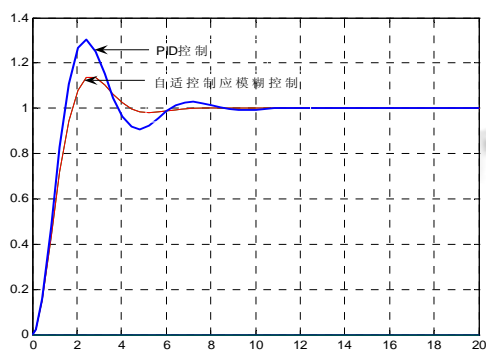


图4 PID控制和自适应模糊控制的仿真曲线

## 5 结语

为了适应焚烧炉的燃烧过程具有非线性、参数时变等特性,抑制外界变化和本身不确定性等因素的影响,本文提出了自适应PID模糊控制方案,算法简单,易于实现,通过在线实时最优调整控制器的量化因子

和比例因子,提高了系统的响应速度和稳态精度。经过仿真和应用表明,与常规的PID控制相比,基于自适应模糊控制的调节器具有使系统更好的性能,不但满足了焚烧安全稳定的要求,而且能动态适应热值变化,是一种有效的控制方法。

### 参考文献

- 1 胡寿松.自动控制原理.北京:科学出版社,2000.77-132.
- 2 张恩勤,施颂椒.模糊控制与PID控制方法的比较.上海交通大学学报,1999,33(2):32-35.
- 3 窦振中.模糊逻辑控制技术及其在应用.北京:北京航空航天大学出版社,1995.32-79.
- 4 欧阳黎明.MATLAB 控制系统设计.北京:国防工业出版社,2001.42-90.
- 5 刘金锴.先进PID控制MATLAB 仿真.北京:电子工业出版社,2004.98-129.