

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2015.05.023

# 基于 ZigBee 技术的变电站 分离式智能驱鸟系统研究\*

陈 隆<sup>1</sup>, 杨晓东<sup>2</sup>, 林天佑<sup>1</sup>

(1. 国网浙江省电力公司 检修分公司, 浙江 杭州 311232; 2. 浙江工业大学 信息工程学院, 浙江 杭州 310023)

**摘要:**针对变电站驱鸟防护问题,对传统的电力系统驱鸟方式所存在的弊端进行了分析,基于 ZigBee 无线组网技术、多普勒效应和超声波技术提出了一种新型变电站分离式智能驱鸟系统,将传统驱鸟装置分割为检测和驱赶两种独立的设备,根据各设备的作用范围,研究了检测设备、驱赶设备在变电站中的布置方法,采用 ZigBee 技术在各设备间建立了通信网络,使检测和驱赶设备协同完成驱鸟工作,实现了驱鸟防护网的全站覆盖。基于 CC2530 核心芯片和 Z-Stack 协议栈提供了一种 ZigBee 网络解决方案,对该系统进行了具体实现,并在某变电站实地环境下进行了相关性能的实验测试。研究结果表明,该系统驱鸟范围广、效率高、管理方便,为变电站驱鸟提供了一种新的解决方案。

**关键词:**无线通信; ZigBee 技术; 变电站; 分离式; 驱鸟系统

中图分类号: TM76

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2015)05-0702-05

## Separate intelligent bird-repelling system of substation based on ZigBee technology

CHEN Long<sup>1</sup>, YANG Xiao-dong<sup>2</sup>, LIN Tian-you<sup>1</sup>

(1. Maintenance Company of State Grid Zhejiang Electric Power Company, Hangzhou 311232, China;

2. College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

**Abstract:** Aiming at the problem of bird-repelling which exists in the substation, the drawbacks of traditional bird-repelling devices was investigated, and a new type of substation separate intelligent bird-repelling system based on ZigBee network, ultrasound technology and Doppler effects was designed where the traditional bird-repelling device was divided into two separate devices, detection equipment and drive equipment. The method of laying out the detection equipment and drive equipment were explored according to the scope of them. Communication network needs to be established among the equipment with the adoption of ZigBee technology, making detection and drive equipment to cooperate to complete the bird-repelling work and realizing the total coverage of the bird-repelling system in the substation. A kind of ZigBee network solution was provided based on CC2530 and Z-Stack protocol stack, at last, the implementations of the system were conducted, and the performance testing was undertaken in one substation. The results indicate that the bird-repelling system has provided a new solution for the bird-repelling of the substation with the performance of wide scope, high efficiency and ease of administration.

**Key words:** wireless communication; ZigBee technology; substation; separate; bird-repelling system

## 0 引 言

由于变电站通常处于空旷的地理环境中且其中电气设备长期静止运行,往往会吸引鸟类将鸟巢筑在变

电站设备上,容易引起电力系统事故,鸟类活动已经严重威胁到电力系统(变电站,输电线路等)的稳定、安全运行<sup>[1-2]</sup>。目前,国内外针对电力系统的驱鸟手段主要为:人工驱鸟、利用风车、鸟刺、防鸟板等驱鸟以及使

收稿日期:2014-11-06

基金项目:浙江省电力公司群众性创新资助项目(5211MR14004Z-08)

作者简介:陈 隆(1979-),男,浙江温州人,主要从事电力系统检修及运行方面的研究. E-mail:178883950@qq.com

用简单电子驱鸟器驱鸟。人工驱鸟虽然效果明显,但要耗费大量的人力、物力;风车、鸟刺及防鸟板只能在理想情况下起到一定的作用,当遇到大风等情况,不但不能起到作用,如有异物落到上面反而有可能起到相反作用;而简单的电子驱鸟器则存在过多的无用损耗和维护困难等缺陷<sup>[3-9]</sup>。上述驱鸟手段普遍存在效率低、经济性不高以及可管理性差等弊端。

目前,对于复杂电子驱鸟装置的研究,主要从检测、驱赶鸟类方式等方面入手,大多局限于对一体化驱鸟装置的研究。该类驱鸟装置若单独使用,则驱鸟范围局限;若多装置多点使用,则在检测、驱赶作用范围不一致的情况下,必定会造成浪费或驱鸟范围不足。

针对上述分析,本研究基于 ZigBee 无线通信技术、多普勒效应、超声波技术设计一种经济、实用的新型变电站分离式智能驱鸟系统。

## 1 分离式智能驱鸟系统构成

### 1.1 问题描述

前期工作中,本研究基于多普勒效应和超声波技术成功研制了适用于变电站的驱鸟触发装置。驱鸟装置检测方位及距离如图 1 所示。实际测试结果显示,检测设备的有效探测距离为 10 m ~ 15 m,范围局限在圆心角为 60° ~ 120° 的扇形区域内。如果不对全站进行整体防护,鸟类在被驱赶出某一设备后,又会在另一设备上重新做窝。因此很有必要对变电站进行整体防护。但如果将现有的驱鸟装置应用于保护变电站所有设备,将需要安装大量的驱鸟装置,存在项目经费过高、维护工作量庞大、技术经济性较差等弊端。

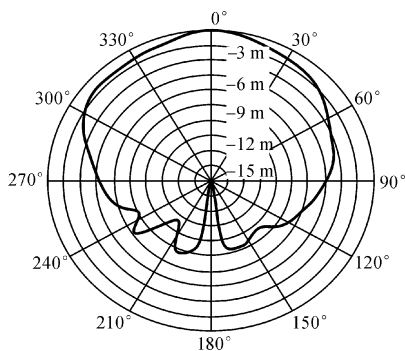


图1 驱鸟装置检测方位及距离

### 1.2 系统简述

本研究将上述驱鸟装置分割为检测与超声波驱赶两个分离的部分,根据实际需求分别布置检测设备与超声波驱赶设备,并在各设备间建立通信网络,使检测设备和超声波驱赶设备协同、配合完成驱鸟工作,构成变电站级的驱鸟防护网。

检测设备基于多普勒效应原理探测鸟的存在与否,超声波驱赶设备的动作器件为超声波发生器。限于现有技术以及经济性要求,检测设备的有效探测范围如图 1 所示。驱赶设备的有效作用范围在半径为 15 m ~ 30 m 的球体内。

本研究根据检测设备和超声波驱赶设备的作用范围将变电站划分  $N$  个边长为 45 m 的网格,并根据网格中设备的实际情况具体设计检测设备的布置数量、方向及位置,网格中的布置方案示意图如图 2 所示。

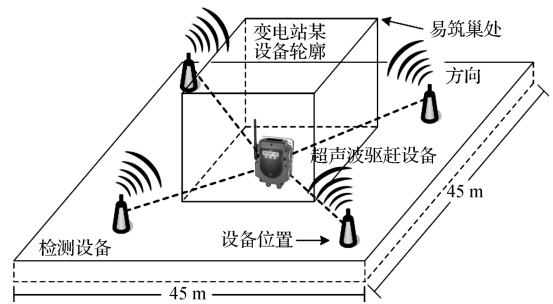


图2 探测与超声波驱赶设备布置方案示意图

分离式智能驱鸟系统基于 ZigBee 通信组网技术以及具体设备布置方案构建而成,系统构成如图 3 所示。

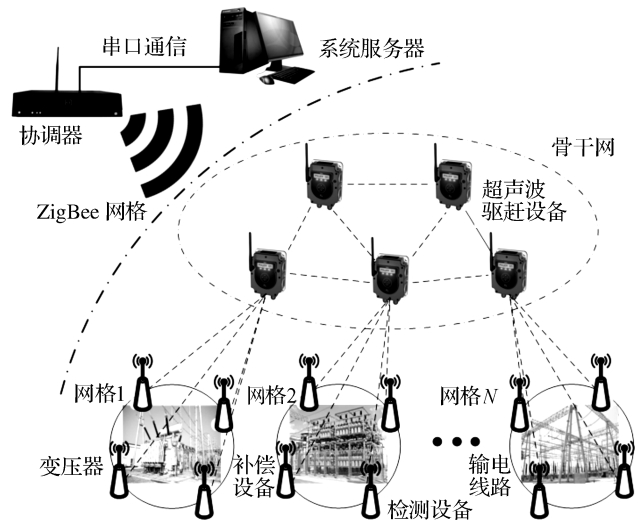


图3 智能驱鸟系统构成示意图

系统由通信网络、若干检测与超声波驱赶设备以及系统服务器构成。由于检测设备的作用范围较驱赶设备的作用范围大,本研究基于 ZigBee 通信技术将若干个检测设备对应于 1 个超声波驱赶设备映射在同一个网格中,实现变电站的所有设备处于驱鸟防护网中。对于任一网格,如果其中的某个检测设备被触发,将启动该网格中的超声波驱赶模块,将鸟驱赶走。

### 1.3 系统通信

各设备间的数据交互由 ZigBee 技术承担。ZigBee 是一种短距离、低功耗的无线传感器网络通信技

术<sup>[10-13]</sup>,其主要技术特点有:

(1)快速自组网能力。对整个变电站构建驱鸟网络,需要布置大量的检测设备和驱赶设备,ZigBee 技术的快速自组织能力可以方便地组网,快速地在各设备间建立无线连接;

(2)低功耗。驱鸟设备往往采用光伏或蓄电池供电,ZigBee 技术低功耗的特点可以延长驱鸟设备的工作时长。

(3)高可靠性。ZigBee 协议数据传输的可靠性高;物理层使用 OQPSK(偏移四相相移键控)和 DSSS(直接序列展频)调制技术;采用 CSMA-CA 解决数据冲突问题;16-bits CRC 校验等。对手机、发配电设备等电磁干扰有良好的防护。

(4)主要适用于短距、无线控制系统,传输少量控制信息,速率最高可达 250 Kbps。

ZigBee 技术的物理设备按功能分为协调器、路由器和终端设备,根据在系统中的具体应用,分别对应于图 3 中的协调器、超声波驱赶设备和检测设备,并共同组建形成网状拓扑网络。各部分的功能分别为:

(1)协调器。扫描空闲信道,创建网络等待设备加入,并维护现有网络,将驱鸟记录及下属设备状态传至系统服务器;

(2)超声波驱赶设备。系统的执行单元拥有路由功能,与协调器一起构成 ZigBee 网络的骨干,覆盖整个变电站;等待接收其所在网格内检测设备的触发信号,触发信号到来时启用变频超声波驱赶鸟类,并向服务器传送驱鸟记录;

(3)检测设备。利用多普勒效应原理探测是否有鸟类在该设备作用范围内,设备被触发时即使促使所在网格内的驱赶设备工作;定时向服务器汇报设备状况(故障与否、电池荷电状态等)。

## 2 系统硬件设计与功能分析

### 2.1 协调器

本研究选用 TI/Chipcon 公司的 CC2530 硬件解决方案和 Z-Stack 协议栈来实现所述无线传感器网络。ZigBee 网络协调器的电路设计如图 4 所示。

协调器是 ZigBee 网络的中枢,负责网络的维护,工作量大,为防止数据溢出,本研究对存储器进行了扩展。LED 指示灯用于指示设备工作状态。串口组件用于与系统服务器交换数据,如此,可在服务器的可视窗口中查看各设备的拓扑情况、设备状况及历史记录等,方便人机交互。

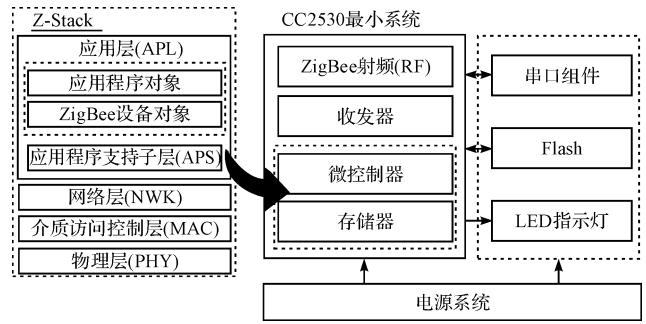


图 4 ZigBee 网络协调器

### 2.2 超声波驱赶设备

超声波驱赶设备结构如图 5 所示。驱赶设备被触发启动后,会发射变频超声波驱赶鸟类,防止鸟类神经系统适应同一频率超声波的情况发生,保证驱鸟效果的持久性。超声波的产生机理如图 6 所示。

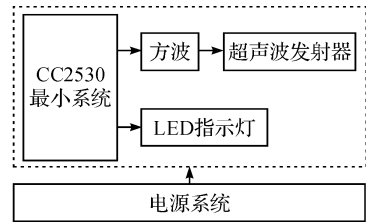


图 5 超声波驱赶设备

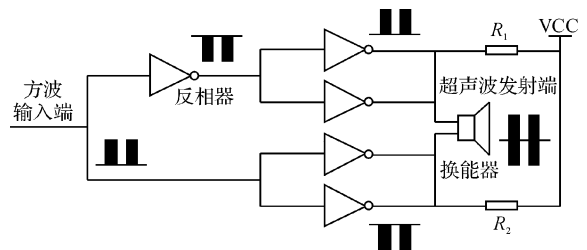


图 6 变频超声波发生机理

超声波产生电路主要由反相器和超声波发射换能器构成。该研究在输入端加入一定频率的方波,经过反相器作用,将两路方波信号加到超声波换能器的两端产生超声波。这种推挽形式可以大大提高超声波的发射强度。本研究通过改变输入端方波的频率实现超声波变频。

### 2.3 检测设备

检测设备应用多普勒原理,采用微波位移传感器 HB100 作为检测模块核心。检测设备结构如图 7 所示。

传感器 HB100 可以检测鸟飞来的速度,并将速度信号转换成电信号,放大后传送给微控制器,微控制器对信号处理后进行判断,若判断有飞鸟进入到检测区域,则发送控制信号驱动超声波驱赶模块进行驱鸟行为。实验表明传感器 HB100 可以精确检测到 10 m ~ 15 m 范围内的物体移动,并产生相应的信号。

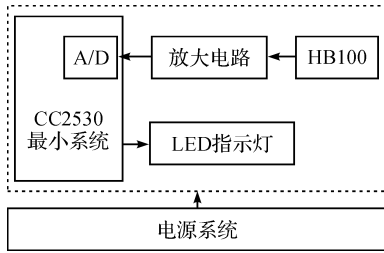


图7 检测设备

### 2.4 设备供电方式

本研究对检测设备定时唤醒来检测飞鸟踪迹,其余时间处于休眠状态,故采用蓄电池对其进行供电。图7中CC2530与HB100都具有低功耗的特点,蓄电池供电可以保证检测设备的长时间运行。

考虑到超声波驱赶设备的功率需求,笔者采用独立光伏充、放电系统作为对驱赶设备的供电电源,实现对驱赶设备的长期稳定供电。

## 3 系统软件设计

### 3.1 ZigBee 网络协调器软件

ZigBee网络中,协调器主要负责网络的组建、维护、控制终端节点的加入等。智能驱鸟系统中ZigBee协调器的软件流程如图8所示。网络号PAN ID是一个ZigBee网络的标志,在同一区域中是独一无二的,路由设备和终端设备均根据网络号加入到相应网络。

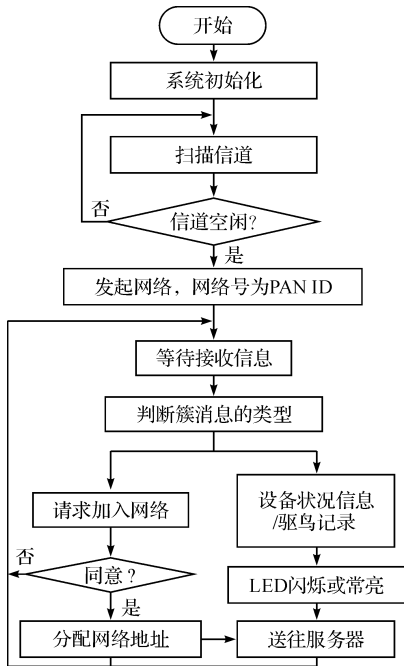


图8 协调器软件流程

网络组织者协调器与系统服务器直接相连,将网络中各设备的相关信息送往服务器,实现友好地人机界面,方便驱鸟设备与变电站工作人员实时交互。

### 3.2 超声波驱赶设备软件设计

超声波驱赶设备软件流程如图9所示。初始化后,软件会扫描所有的可用信道来试图找到一个ZigBee协调器节点,并请求加入网络,得到协调器肯定的答复后,即可加入一个拥有特定PAN ID的ZigBee网络。加入网络后,软件为设备状态报告事件设置定时器中断,定时器溢出即向网络根节点报告设备状态,同时等待消息的到来,如果接收到检测设备的触发信号,则产生不同频率方波诱导发射变频超声波进行驱鸟,如果是需要转发的信息,则开启路由功能。

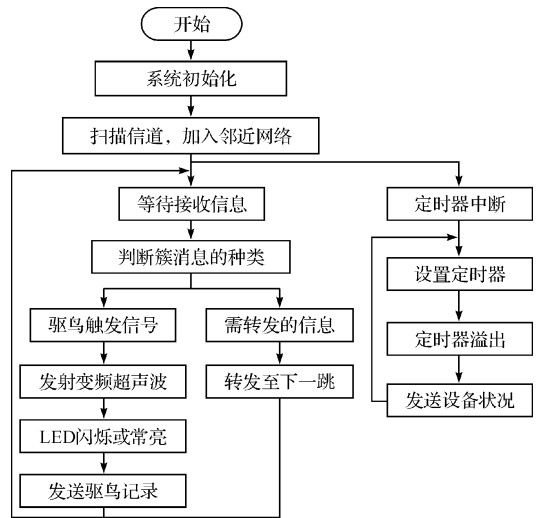


图9 超声波驱赶设备软件流程

### 3.3 检测终端软件设计

检测设备加入网络的过程与驱赶设备相同,加入网络后,一方面会为设备状态报告事件设置定时器中断,另一方面通过另一路定时器来定时唤醒设备检测飞鸟踪迹。具体软件流程如图10所示。

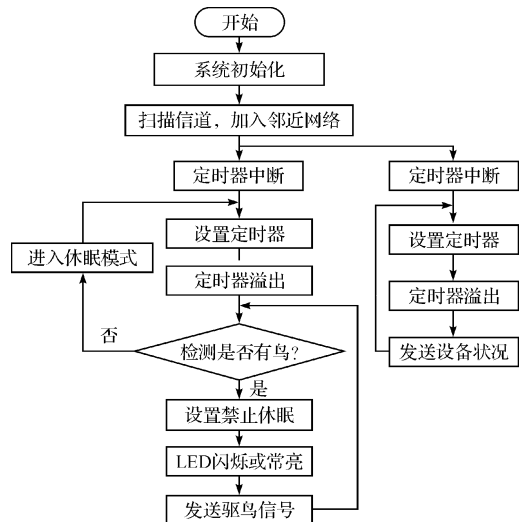


图10 检测设备软件流程



检测设备在系统中大量存在,构成驱鸟系统的视觉系统,在防护网络内,按图 1 布置检测设备,任何一只鸟都不能躲开系统的“视觉系统”,配合 ZigBee 网络的信息传输以及超声波驱赶设备执行驱鸟,本研究设计的分离式智能驱鸟系统可以实现变电站的全面驱鸟。

## 4 实验与分析

本研究在某变电站实地环境下对该系统进行了相关性能的实验测试,分别采用模拟鸟类飞行和实际观察鸟类飞入两种方法对该系统驱鸟的有效性进行验证。

模拟鸟类飞行情况实验中,本研究选择 3 种大小不同的遥控飞机区别不同大小的鸟类,考虑到飞机表面光滑和鸟类身体布满羽毛对微波反射率的不同,在飞机表面覆盖绒布模拟鸟类身体,分别以不同的速度和方向模拟鸟类飞入,并用示波器检测位移传感器信号放大电路的输出。实验结果显示遥控飞机飞入时,检测设备指示灯反应,对应范围内的位移传感器输出发生频率变化,驱赶设备指示灯反应,人机交互界面显示驱赶设备运行,系统正常工作。

本研究实际观察鸟类飞入情况,分别对晴天和雨天进行观察,时间选择鸟类活动频繁的早晨。观察结果显示鸟类飞入时,检测设备、驱赶设备指示灯反应,鸟类被成功驱赶,整个变电站内无鸟类持续活动。

## 5 结束语

本研究创新性地将传统意义上的驱鸟装置分割成分离的检测和驱赶设备,并基于 ZigBee 技术将布置在防护区域中的多个检测、超声波驱赶设备有机地连接起来,使检测和驱赶设备协同完成变电站的驱鸟工作。相对于传统一体式的驱鸟装置,本研究提出的分离式智能驱鸟系统具有范围广、效率高、管理方便和信息化

程度高等优点,为变电站驱鸟提供了一种新的解决方案。

## 参考文献(References):

- [1] 易 辉,熊幼京,周 刚. 等架空输电线路鸟害故障分析及对策[J]. 电网技术,2008,32(20):95-100.
- [2] 李 坤,李成攻. 基于多普勒检测技术的智能驱鸟器[J]. 电子技术,2012,39(4):35-37.
- [3] 田安华,刘 刚,李家英,等. 电力输电线路高塔驱鸟系统设计[J]. 四川理工学院学报,2012,25(6):18-21.
- [4] 钟诗胜,张恩惠,王 瑞,等. 一种机场空中驱鸟设备与系统的研究[J]. 南京理工大学学报,2004,28(3):238-242.
- [5] 卢月胜,于莲芝. 基于多普勒检测技术的智能驱鸟器[J]. 现代电子技术,2011,34(24):174-180.
- [6] 席细平,马重芳,王 伟. 超声波技术应用现状[J]. 山西化工,2007,27(1):25-28.
- [7] 符 东. 一种基于 AD9850 的超声波信号发生器[J]. 液气气动与密封,2012(9):28-30.
- [8] 田治富,叶树明,胡 庆. 智能超声波驱鸟装置的设计与实现[J]. 电力电子技术,2011,45(4):106-108.
- [9] 张东阳. 多普勒探鸟与多方式驱鸟相结合的智能驱鸟器[J]. 电力科学与工程,2010,26(5):38-41.
- [10] 刘 超. 基于 ZigBee 技术的无线自组网通信模块的设计与实现[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学能源学院,2007.
- [11] 梁湖辉,张 峰,常 冲,等. 基于 ZigBee 的变电站监测报警系统[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(11):121-124.
- [12] WHEELER A. Commercial applications of wireless sensor networks using ZigBee[J]. **IEEE Communications Magazine**,2007,45(4):70-77.
- [13] CHEN B, WU M G, YAO S, et al. ZigBee Technology and its Application on Wireless Meter-Reading System [C]// 2006 IEEE International Conference on Industrial Informatics. [s. l.]:[s. n.],2006:1257-1260.

[编辑:李 辉]

### 本文引用格式:

陈 隆,杨晓东,林天佑. 基于 ZigBee 技术的变电站分离式智能驱鸟系统研究[J]. 机电工程,2015,32(5):702-706.

CHEN Long, YANG Xiao-dong, LIN Tian-you. Separate intelligent bird-repelling system of substation based on ZigBee technology[J]. *Journal of Mechanical & Electrical Engineering*, 2015,32(5):702-706.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>