

# 机场智能驱鸟系统中的网关设计

刘玉芬<sup>1</sup>, 郭志雄<sup>1</sup>, 陈裕通<sup>2</sup>, 刘志刚<sup>2</sup>

(1. 华南理工大学广州学院 电气工程学院, 广州 510800;

2. 广州民航职业技术学院 航空港管理学院, 广州 510403)

**摘要:** 鸟撞是威胁航空安全的重要因素之一, 严重影响着人类的生命财产安全, 因此必须采取有效的措施防止此类事件的发生; 根据现有驱鸟方式与方法所存在的问题, 文章提出了利用物联网技术构建机场驱鸟联动系统的方案; 由于 Zigbee 网络存在自身的缺陷且又受限于机场地理环境的特性, 因此必须解决鸟情控制中心与驱鸟设备的远距离通信问题; 文章以 STM32 为核心处理器并结合 CC2530、CC2591 以及 GPRS 模块构建了驱鸟智能系统的网关, 实现了 Zigbee 端与驱鸟设备间约为 400 m 的通信距离, 而发射功率则达到了最大 +22 dBm、接受灵敏度 -99.2 dBm 的性能指标; 而在 SIM900 端, 由于与移动运营商进行了联网从而实现了机场范围内的全覆盖, 解决了鸟情控制中心与驱鸟设备间的数据交换。

**关键词:** 鸟撞; 无线; 通信; Zigbee; GPRS

## Design of Gateway in Airport Intelligent Bird-repelling System

Liu Yufen<sup>1</sup>, Guo Zhixiong<sup>1</sup>, Chen Yutong<sup>2</sup>, Liu Zhigang<sup>2</sup>

(1. Guangzhou College of SCUT, Guangzhou 510800, China;

2. Guangzhou Civil Aviation college, Guangzhou 510403, China)

**Abstract:** Bird collision is one of the important factors threatening aviation safety, which seriously affects the safety of human life and property. Therefore, effective measures must be taken to prevent such incidents. According to the problems existing in the existing ways and methods of bird-repelling, this paper proposes a scheme of constructing an airport bird-repelling linkage system by using the Internet of Things technology. Because Zigbee network has its own shortcomings and is limited by the characteristics of airport geographic environment, it is necessary to solve the problem of long-distance communication between bird control center and bird repellent equipment. In this paper, STM32 is used as the core processor and combined with CC2530, CC2591 and GPRS modules to construct the gateway of bird-repelling intelligent system. The communication distance between Zigbee terminal and bird-repelling device is about 400 m, while the transmission power reaches the maximum +22 dBm and the acceptance sensitivity is -99.2 dBm. In SIM900 terminal, due to its mobile operation, the gateway of bird-repelling intelligent system is constructed. Businessmen networked to achieve full coverage within the airport, and solved the data exchange between bird control center and bird-repelling equipment.

**Keywords:** bird collision; wireless; communications; Zigbee; GRPS

## 0 引言

鸟类的飞行大约起始于一亿五千万年前, 而人类的飞行则大约是在 100 年前。显而易见的是, 人类因鸟类能在天空中展翅飞翔而激起了对飞行的渴望, 并最终实现了飞行的愿望。然而需要与鸟类共享一片天空, 这就必然会发生矛盾——鸟击(或称鸟撞)。

2017 年中国民用航空局公布了近 6 年的鸟撞数据, 根据这些数据可以得到如图 1 所示的趋势图。从图 1 可知, 2007~2016 年的鸟撞事故征候次数虽然相对保持在一个较

低的水平, 但在平稳中亦有增长, 而鸟撞的次数则在不断地增加且增长的速度更是呈现逐年递增的趋势。

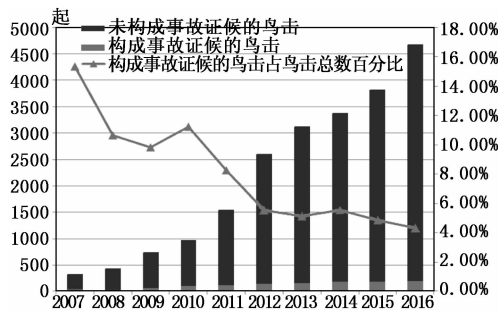


图1 2007~2016 年鸟击及鸟击事故征候数量

收稿日期:2019-08-22; 修回日期:2019-09-16。

**基金项目:**广东省重点科研项目(2018GKTSCX025);广东省普通高校青年创新人才类项目(2018GkQNCX080)。

**作者简介:**刘玉芬(1986-),女,广东佛山人,硕士,工程师,主要从事物联网技术方向的研究。

刘志刚(1979-),男,河南人,硕士,副教授/副院长,主要从事无线通信技术方向的研究。

鸟撞具有必然性、危害性、普遍性以及规律性等特点, 必须寻找有效的办法来遏制此类事件的发生。当前机场上所使用的驱鸟方法如表 1 所示, 其基本都是在对鸟类各生物特性进行研究后所提出的方法, 因此具有一定的局限性。这些方法在引进初期确实会有一定的效果, 但时间长了其使用效

果就会大大地降低,以致机场内的鸟撞事件逐年上升。

表 1 机场常用驱鸟方法

驱鸟方法	内容
物理驱鸟	使用捕鸟网、防鸟电篱以及驱鸟刺等对鸟类进行捕捉与驱赶。
听觉驱鸟	使用超超声相控阵驱鸟系统、超声波驱鸟器以及语音鸟器等进行驱赶。
视觉驱鸟	使用激光驱鸟器、彩色风轮、彩带以及稻草人等对鸟类眼睛进行刺激性驱赶。
生态驱鸟	即诱导性驱鸟,在不影响飞机航行的机场外区域建立适合鸟类生活的环境,吸引鸟类在该区域生活。
化学驱鸟	化学驱鸟是利用鸟类对特定某些气味嫌弃的特性,在机场的重要区域喷洒特殊的化学药品来刺激驱赶鸟类。

近年,航空安全的问题已引起了人们的高度重视,在 2017 年 8 月更是召开了首届航空保障设备发展论坛,将机场驱鸟设备的效果不佳问题作为一个重要研究专题。从现有的研究成果来看,国内外学者所提出的改进驱鸟效果的方法主要分为两类,即设备改进法与设备联动法。其中设备联动法由于机场地理环境的特性,导致设备联动的范围受到限制,怎么实现远程数据的传输与控制是亟待解决的问题。本文结合现有驱鸟设备与机场地理环境的特性提出以 STM32 (ST 意法半导体公司推出的 32 位 MCU 微控制器)为核心处理器,融合 Zigbee 技术与 GPRS (General Packet Radio Service, 通用分组无线业务) 技术网络最终实现数据交换和远距离传输和控制。

1 系统设计和网关功能

驱鸟联动系统主要由传感器节点、路由节点、网关以及监控中心四部分组成,如图 2 所示。各传感器节点通过 Zigbee 短距离无线通信技术构成自组网络,监控中心与无线网关之间则通过 GPRS 进行设备状态信息及控制命令的传递。每个传感器节点通过燃气压力传感器、微动开关、限位开关以及电池电量检测电路等器件自动地采集设备信息,并结合预设的上下限值进行分析,判断是否需要设备进行维护。对于使用了太阳能电池进行供电的设备,其电池电压被随时监控,一旦电量过低就会由节点发出报警信号并强制节点进入睡眠状态直到电池电量充满为止。网关用于连接 GPRS 网络与 Zigbee 无线网络,负责传感器节点与路由节点的管理。

本系统根据某空军机场场务部的需求,提出了采用物联网技术、图像识别技术、计算机技术及嵌入式技术等设计的驱鸟联动系统方案,系统结构图如图 3 所示。系统采用了 Zigbee 网络与短波网络交互的方式进行组网,以实现有效覆盖整个机场区域的目的。在网络的覆盖区域内,只需要将煤气炮、钛雷炮、二踢脚、拦鸟网、摄像头及语音驱鸟器等驱鸟设备接入网络,即可实现鸟情状况、设备状态的信息查询以及相关控制命令的发送等功能。

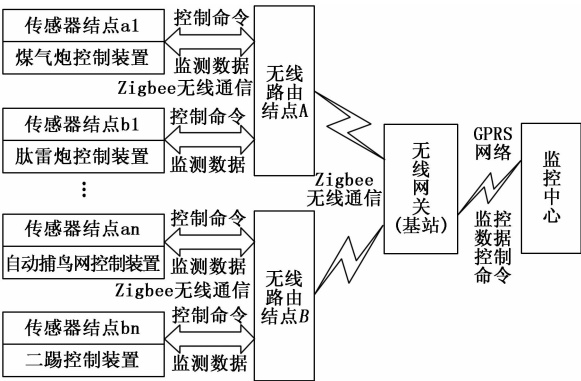


图 2 系统总体组成框图

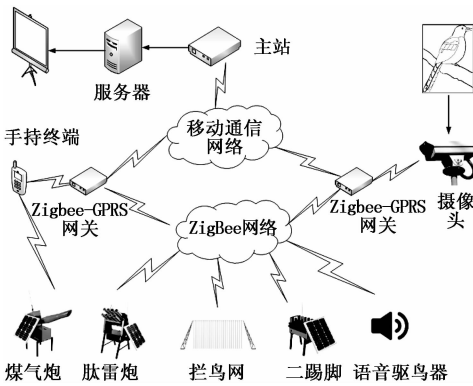


图 3 驱鸟联动系统拓扑图

用于捕捉鸟情的设备采用了 4G (第四代移动通信及其技术) 无线视频监控的方案,以保证图像清晰、实时、高速的传输。手持机与一般的手机不同,其装载了能够接入 Zigbee 无线传感网的相关模块,不仅保证了和接入 Zigbee 网络中的煤气炮、拦鸟网、钛雷炮、二踢脚以及语音驱鸟器等设备进行通信,还可以保证驱鸟工作的及时开展。网关通过移动通信网络与主站进行通信,从而实现上位机与底层驱鸟设备的远程通信,完成控制命令的解析、发送、下发与处理等工作。同时,拦鸟网、煤气炮、二踢脚、钛雷炮与及语音驱鸟器等设备的工作状态感知数据也会通过网关反馈到上位机,为上位机监控各个设备的工作状态提供数据。

2 Zigbee—GPRS 网关设计

无线传感器网络需通过网关与主站进行通信网络的相连,为无线短波网络和无线传感器网络提供数据通信的桥梁。网关的系统结构如图 4 所示,从图中可知网关通常与汇聚节点放置在同一个设备内。传感器节点或终端节点采集到场内驱鸟设备的信息后便将其发送至汇聚节点进行数据打包与发送,但因汇聚节点无法单独地与外网进行通信,因此网关利用串行通信的方式读取其数据,然后再通过外网发送至主站。考虑到设备终端节点的数据汇聚到网关后,其数据量并不是特别大,因此确定了以 STM32 为核心处理器并结合 CC2530、CC2591 以及 GPRS 模块构建驱鸟智能系统的网关,并设计实现 Zigbee 端与驱鸟设备间约为 400

m 的通信距离,发射功率在 +20 dBm 以上、接受灵敏度约为一 90 dBm 的性能指标;而 GPRS 模块则使用 SIM900A 为主要模块,实现对机场范围内的全覆盖。

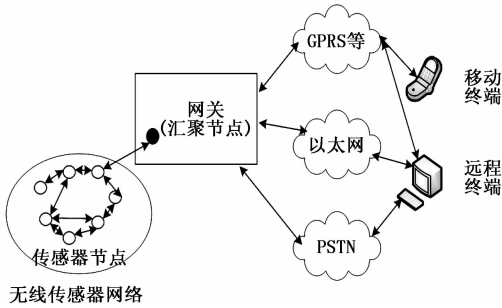


图 4 WSN 网关系统结构

2.1 硬件电路设计

根据对系统功能以及性能的需求分析与研究,本文设计的网关系统结构图如图 5 所示。该系统由主控器、Zigbee 通信模块以及 GPRS 通信模块组成。其中,GPRS 通信模块负责网关与主站的通信,Zigbee 通信模块则作为协调器负责与 Zigbee 相关节点通信,而处理器作为中间桥梁负责 GPRS 与 Zigbee 间的数据转换。

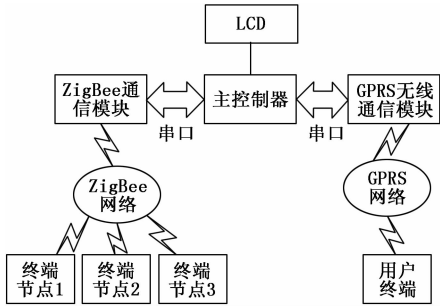


图 5 Zigbee 转 GPRS 网关模块总体结构图

针对网关各模块的硬件本文作了如下选择:Zigbee 无线通信模块采用 CC2530+CC2591 方案;MCU (Microcontroller Unit,即主控制器)的核心处理器选用 ST 公司的 STM32F107VCT6;GPRS 无线通信模块则使用 SIM900A 模块。由于 STM32F107VCT6 属于 ARM 系列的高性能处理器,具有数据处理能力强、内存容量大、资源丰富等特点,因此选用它作为控制器的核心处理器;此外,选用 SIM900A 模块的原因则是该模块的板载资源丰富且易于操作。由于 SIM900A 与 CC2530 模块都有串口,因此设计中使用了串口将 SIM900A、CC2530 模块与 STM32F107VCT6 进行硬件连接,具体方案如图 6 所示。

SIM900A 模块是 SIMCOM 公司生产的一款工业级 GSM/GPRS 模块,包含了 GSM 基带、GSM 射频、存储器、TTL 接口、电源输入接口、电源指示灯、信号指示灯、电源开关、自锁式 SIM 卡座、天线接口、开机/关机按键以及引出 I/O 口等,具有较为丰富的资源,其功能模块框图如图 7 所示。在调试该模块时可通过 USB 转串口模块将其与计算机进行连接,然后打开串口调试工具即可使用 AT

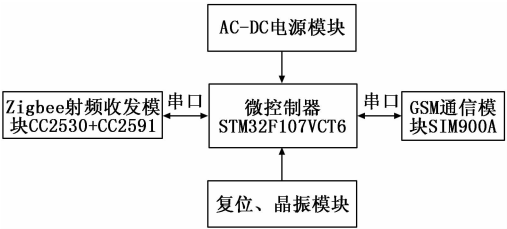


图 6 网关节点设计方案

命令对其进行操作。

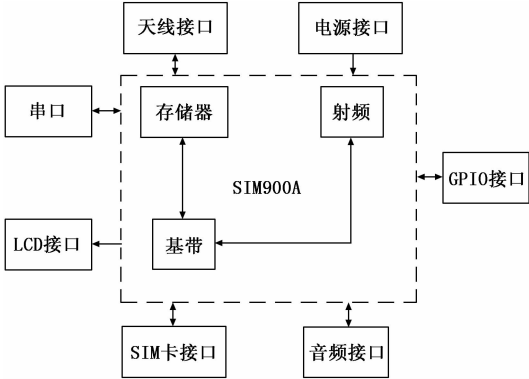


图 7 SIM900A 功能模块图

2.2 软件设计

SIM900 模块与 STM32 间可通过串口进行通信与控制,在程序设计中主要使用用了 C 语言程序进行编程,而在操作 SIM900 模块时系统所调用的函数为 sim900a\_send\_cmd(),结合 AT 命令即可对模块进行相关的操作。

```
void sim900a_sms_send_test(void)
{
    .....
    p=mymalloc(SRAMIN,100); //申请 100 个字节的内存,用于存放电话号码的 unicode 字符串
    p1=mymalloc(SRAMIN,300); //申请 300 个字节的内存,用于存放短信的 unicode 字符串
    p2=mymalloc(SRAMIN,100); //申请 100 个字节的内存 存放:AT+CMGS=p1
    while(1){
        if(smssendsta){
            smssendsta=0;
            Show_Str(30+40,70,170,90,"等待发送",16,0);
        }
        delay_ms(10);
        smssendsta=1;
        sim900a_unigbk_exchange(phonebuf,p,1); //将电话号码转换为 unicode 字符串
        sim900a_unigbk_exchange((u8 *)sim900a_test_msg,p1,1); //将短信内容转换为 unicode 字符串.
        sprintf((char *)p2,"AT+CMGS=\"%s\"",p);
        ....
        if(sim900a_send_cmd(p2,">",200)==0){
```

```
//发送短信命令+电话号码
LED2=0;
u2_printf("%s",p1); //发送短信内容到 GSM 模块
delay_ms(90); //必须延时,否则 不能发送短信
if(sim900a_send_cmd((u8 *)0X1A,"+CMGS;",1000)==0)
smssendsta=2;//发送结束符,等待发送完成(最长等待 10 秒钟,因为短信长了的话,等待时间会长一些)
}
USART2_RX_STA=0;
break;
}
if((timex%20)==0)
LED3=! LED3;//200ms 闪烁
timex++;
delay_ms(10);
.....
if(USART2_RX_STA&0X8000)sim_at_response(1);//检查从
GSM 模块接收到的数据
myfree(SRAMIN,p);
myfree(SRAMIN,p1);
myfree(SRAMIN,p2);
.....
}
```

常用的与短信功能相关的 AT 命令如表 2 所示。

表 2 短信功能 AT 命令

命令	功能说明
AT+CMGD	删除短消息
AT+CMGF	选择短消息格式
AT+CMGR	读取短消息
AT+CMGS	发送短消息
AT+CSDH	显示文本格式参数
AT+CSMP	设置文本模式参数

在收发短信的工作模式上,一般有文本模式和 PDU 模式两种。文本模式比较简单,PDU 模式格式复杂但能够进行灵活的设置。PDU 模式将短消息中心信息、编码方案信息和用户数据等进行统一的编码,形成规定格式的 PDU 串,最后以二进制方式来进行收发。

由于 SIM900A 模块已内置了 TCP/IP 协议,因此网关 MCU 只需向该模块发送相关的 AT 指令即可与目标上位机建立 TCP/IP 连接,实现 GPRS 网络传输过程。GPRS 连接的流程图如图 8 所示,STM32F107VCT6 通过 UART1 向 SIM900A 写入 AT 命令,使 SIM900A 模块与远端的上位机建立 TCP 或 UDP 连接,从而实现数据的远程传输。

在使用 SIM900A 建立 GPRS 连接后,STM32F107VCT6 还需与 Zigbee 协调器共同完成网关的功能,具体程序流程如图 9 所示。

3 实验测试

由于外场的驱鸟设备与服务器间有一定的连接距离,

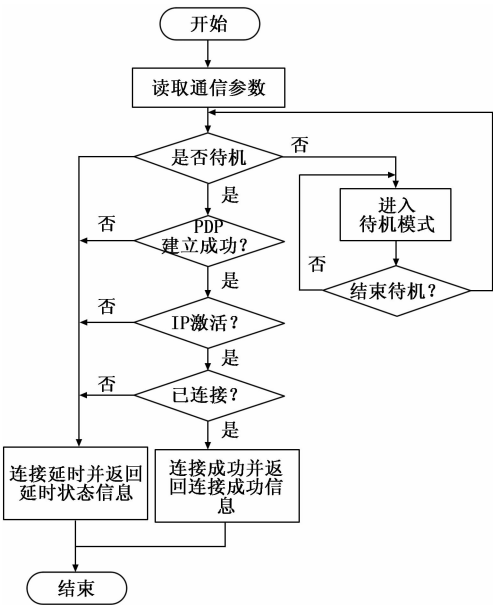


图 8 GPRS 连接建立过程

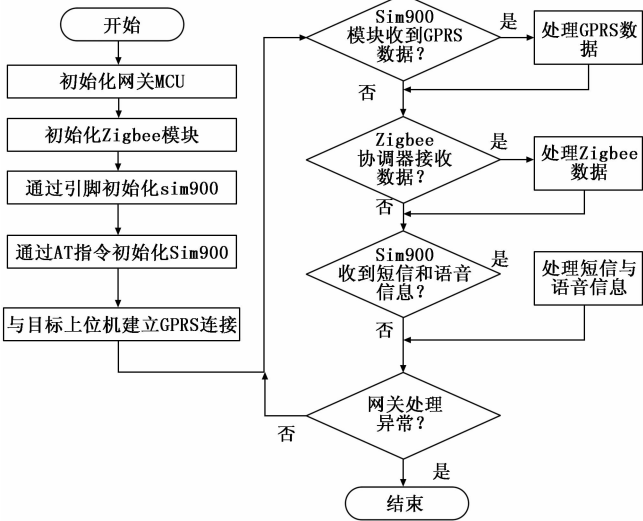


图 9 MCU 程序处理流程图

除了需要实现短距离的传输外还需解决服务器与终端之间的传输。因此除了需要 ZigBee 无线网络的短距离传输的路由节点外还需要实现远距离传输的网关节点,这直接影响了整个驱鸟联动系统的网络通信质量与控制的距离,有必要对其进行相关的测试。

3.1 数据通信测试

Texas Instrument Packet Sniffer 为 Zigbee 网络常用的数据包抓取软件,利用该软件可以分析 Zigbee 网络的数据传递信息。为了测试所设计的路由节点功能本文使用了 Packet Sniffer 进行数据包抓取实验并得到数据包。每个数据包都由很多段组成,这是与 ZigBee 协议一一对应的,其数据包格式如图 10 所示。因为 ZigBee 协议栈是按照分层结构去实现的,故在显示数据包时使用了不同的颜色。在下位机组建网络的过程中,一旦网络层管理实体确定好一个

PANID, 便会即刻选择一个 0x0000 的 16 位网络地址。而路由节点和终端节点在没有加入网络时使用的是 64 位物理地址, 只有在成功入网后才会给予一个“合法 ID 号”即 16 位短地址, 其目的就是为了减少资源占用、降低发射功率, 提高通信的有效性指标。



图 10 ZigBee 数据包格式

从 Packet Sniffer 抓取的数据包可以知道终端节点、路由节点以及网关已建立了正常的通信网络, 实现了驱鸟设备间的正常通信。

3.2 设备通信测试

当 USB 线与下位机连接好后, 在主界面通过串口连接功能实现软件上的连接。开启相应的设备后, 可在串口打印窗口观察到发送命令数据, 这表明串口已正常工作, 并且能与下位机通信。当 USB 与下位机断开连接后, 在软件上无法实现软件连接, 这符合预期。

3.3 设备控制测试

场内驱鸟设备有煤气炮、钛雷炮、语音驱鸟器、拦鸟网、二踢脚等设备, 本文以煤气炮的设备通信作为测试设备。

煤气罐图标直观地显示气罐中的煤气量, 分红色、黄色、浅绿色和深绿色四个档, 当显示红色时, 表示煤气量不足, 需要更换煤气罐。煤气量不足时, 左侧设备基本信息栏中的气罐压力接近 100 kPa, 也就是接近大气压。当煤气炮关机时, 设备状态为“关闭”, 设备图标显示灰色; 煤气炮开机时, 装备状态为“可控”, 装备图标显示黄色。点击“刷新”按键获取煤气炮状态, 即气罐压力和蓄电池电压。点击“发射”按键, 旁边的指示灯闪烁, 表示煤气炮正在发射。发射完成后, 开始发射间隔倒计时 (15 秒), 倒计时结束后, 方可再次发射, 其控制界面如图 11 所示。由测试结果可知, 路由节点已实现了对终端设备的正常控制。

系统搭建好后, 还需对其作出客观性的评估以证实使用该系统后场内驱鸟效果具有一定的提升。设备的评估方法使用的是观测法, 即在机场不同功能区安排对应的工作人员蹲点观察记录, 对场内常见的 38 种鸟类的飞行路线进行记录 (如图 12~13 为戴胜与家燕的飞行轨迹示意图), 并通过鸟类的飞行路线分析设备的驱赶效果。每一种鸟的观察数量都为 100 只, 根据观察人员绘制的飞行路线及逗留时间判断设备的驱赶效果。从鸟类飞行路线轨迹示意图对比可知, 使用该驱鸟联动系统后机场驱鸟的效果具有一定的提升。

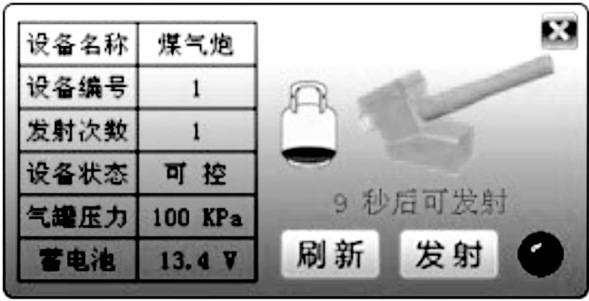


图 11 煤气炮发射控制界面

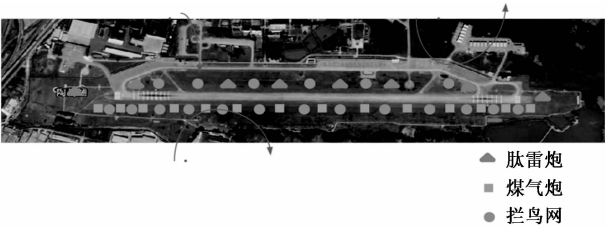


图 12 戴胜飞行轨迹示意图

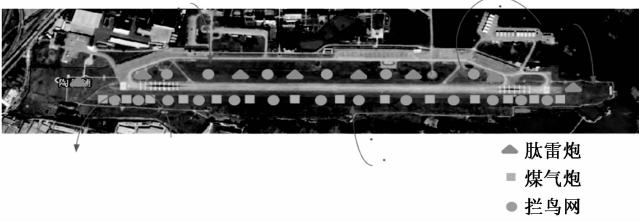


图 13 家燕飞行轨迹示意图

4 结束语

本文针对机场智能驱鸟系统中传感器网络 (Zigbee 网络) 需要与外网进行数据传输的问题, 提出了“STM32F107VCT6 + CC2530 + CC2591 + SIM900A”的方案, 即 Zigbee 网络与 GPRS 网络融合组网进行传输。设计的 ZigBee-GPRS 网关, 实现了智能驱鸟系统中驱鸟设备与用户间数据的实时交互与远程控制以及监测的功能。

参考文献:

[1] Bayo-Monton Jose-Luis, Martinez-Millana Antonio, Han Weisi, et al. Wearable Sensors Integrated with Internet of Things for Advancing eHealth Care [J]. Sensors, 2018, 27 (18): 1850-1868.

[2] 袁 明, 钟燕华, 陈小红, 等. 物联网技术入门与实践 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2018.

[3] 陈树成, 李晓波, 崔 明, 等. 基于 CC2530 和 SIM900A 的无线传感器网络设计 [J]. 电子设计工程, 2018, 26 (17): 121-125.

[4] Boubiche, Djallel Eddine, Pathan, et al. Advanced Industrial Wireless Sensor Networks and Intelligent IoT [J]. IEEE Communications Magazine, 2018, 39 (2): 14-15.

[5] Incki, Koray, Ari, et al. A Novel Runtime Verification Solution for IoT Systems [J]. IEEE Access, 2018 (99): 5-11.

(下转第 200 页)