

基于 CC2531 的安全监测预警系统设计

李 欣, 刘聪聪, 耿 超, 安媛媛

(哈尔滨理工大学 测控技术与通信工程学院, 哈尔滨 150000)

摘要: 为解决目前基层军营安全监测手段存在的高功耗、高成本、实时性较差、易被破坏等问题, 选用 CC2531 和 CC2591 作为 ZigBee 通信模块芯片, 布设多种传感器, 搭建无线传感网, 以 PC 机为监测主机, 制定通信协议, 设计出军营无线安全监测与预警系统; 实现一平方公里范围内温度、湿度、人体入侵、可燃气体烟雾浓度等信息的远程监测与自动预警; 以不同距离监测哈尔滨十二月份室外温度、相对湿度为试验, 无数据丢失, 温湿度测量误差不大于 2%, 表明系统具有高可靠性、高精度、低功耗、灵活易用等优点, 具有广阔的应用前景。

关键词: 安全监测; ZigBee; 多传感器; CC2531

Design of Camp Safety Monitoring and Early Warning System Based on CC2531

Li Xin, Liu Congcong, Geng Chao, An Yuanyuan

(College of Measurement and Control Technology and Communication Engineering, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150000, China)

Abstract: Aiming at the short comings such as high energy consumption, high cost, poor real-time performance, easily damaged in military camp safety monitoring methods at the present time, a wireless security monitoring system based on CC2531 and CC2591 as the main ZigBee communication chip is explained in this paper, PC works as the monitoring host while deploying a variety of sensors in the wireless sensor network, the communication protocols are formulated. It is capable of automatic remote monitoring the temperature, humidity, human invasion, combustible gas smoke concentration information and early warning in a square kilometers range. The experimental of monitoring the outdoor temperature and relative humidity of Harbin in December verification of the system is also illustrated in this paper, there is no data lose while the deviation less than 2%, the results show that the advantages of the system lie in high reliability, high precision, significant energy saving, flexible and easy to use with wide application promising.

Keywords: safety monitoring; ZigBee; multisensor; CC2531

0 引言

军队作为国家人民安全的武力保障, 本身的安全保卫工作尤为重要, 欧美等西方军队经过长期的信息化建设, 基本实现了集成自动化安全监测系统, 我军目前仍处于机械化和信息化建设并进的阶段, 受经费和技术限制基层军营的安全监测以有线视频监控、重点部位报警和人工巡逻为主^[1]。各系统分散, 铺设维护难度大, 实时性较差, 线路暴露安全性较低, 人工能源消耗成本较高, 尤其难以适应野外或战时移动铺设需要。

ZigBee 技术是一种新型的短距离双向无线传输技术, 具低功耗、短距离、易组网的特点。本文利用 ZigBee 技术特点, 以基层军营安全监测为应用背景, 设计一种多安全参数的无线安全监测预警系统, 无需人工值守, 提供平战两用低能耗、高可靠性安全监测与预警。合理选择 MCU 和多种传感器, 将多个系统分散完成的监测预警工作集成到一个系统上, 简化了监测工作; 通信模块优化设计, 同时加路由节点, 扩大了无线网络的覆盖范围; 采用 PC 机终端, 便于基层战士学习和使用。

1 系统概述

军营自然条件多样, 气候条件不稳定, 范围较大, 无线信号障碍较少, 监测系统要覆盖一平方公里范围, 实现可靠、稳定的信息采集和传输, 数据传输率大于 200 kbps, 尽可能降低网络节点尤其是带传感器的终端节点功耗, 适应各种气候环境, 监测技术指标如表 1 所示。

表 1 数据帧格式

参数	范围	精度	备注
温度	-40~50 °C	±1 °C	
相对湿度	0~100% RH	±5% RH	
可燃气体	0~100% LEL	±5%	甲烷、液化气、CO、酒精
人员入侵	5M (90 度锥角)	---	尽量不受光线影响

系统由终端节点、路由器节点、协调器节点和上位机构成, 采用网状拓扑结构, 利用营区内各点位的终端节点采集温度、相对湿度、可燃气体浓度、人员入侵等信息, 经路由器节点传输到协调器节点, 然后经串口传输到警戒保卫分队的 PC 机上, 进行处理显示, 完成实时显示与预警。平时由市电供电, 野外或移动铺设时由电池供电。系统结构如图 1 所示。

2 硬件设计

由于军营为较大平面区域, 不同于家庭或立体式楼宇的

收稿日期: 2014-01-13; 修回日期: 2014-03-12。

作者简介: 李 欣(1961-), 男, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事嵌入式系统、工业信息监测与处理方向的研究。

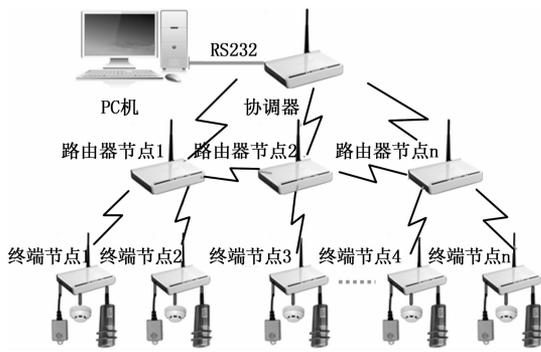


图 1 系统结构示意图

小型检测范围, 扩大节点通信距离, 提升通信效果是本设计的重点, 也能达到减少中继节点降低网络成本的目的, 同时要优化节点设计, 降低节点功耗。

2.1 终端和路由器节点

终端节点负责安全参数信息的采集和发送, 为方便携带安装和降低功耗, 尽量简化设计, 由时钟、CC2531、射频前端模块、天线、传感器和电源模块组成, 电路如图 2 所示。

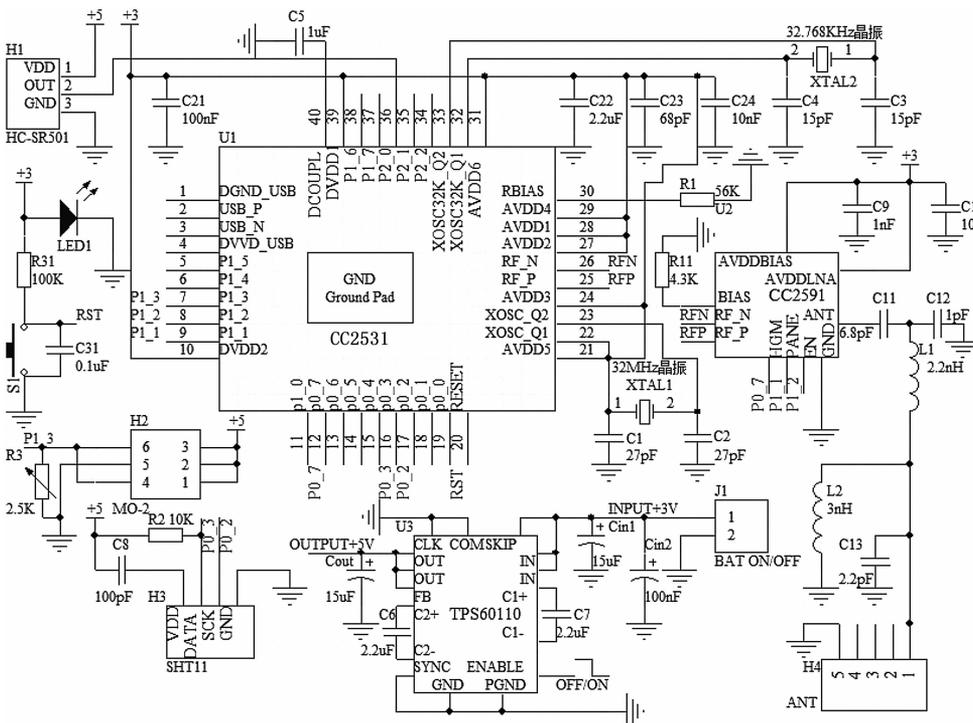


图 2 终端节点电路图

(1) CC2531 片上系统。使用 TI 公司原厂芯片, 性能稳定, 兼顾 MCU 和 ZigBee 通信功能, 内置了标准的增强型 8051 CPU、12 个 10 位精度的 A/D 转换通道、21 个双向的 I/O 端口、USART 接口, 工作温度范围 $-40\sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$, 工作电压 $2\sim 3.6\text{ V}$, 主动发送模式工作电流不大于 29 mA , 并有多模式, 具有优良的 RF 收发性能 (最大 4.5 dBm)^[2]。程序不大情况下选择 32 KB 闪存版本即可。

(2) CC2591 射频前端芯片。为获得最佳性能, 用偏置电阻设置一个精确的电流作用于 CC2591 内部电路, 电源进行去耦处理, 和天线间的网络使之与 $50\text{ }\Omega$ 匹配, 隔直流噪声和滤

波, 高/低增益模式工作电流 $3.4/1.7\text{ mA}$, 发射功率达 19 dBm ^[3], 能够有效提升通信距离和效果。

(3) 传感器模块。包括三部分: ①SHT11 两线串行接口数字式相对湿度温度传感器。温度测量范围为 $-40\sim +123.8\text{ }^{\circ}\text{C}$, 精度 $\pm 0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$, 相对湿度测量范围为 $0\sim 100\%\text{ RH}$, 精度 $\pm 0.03\%\text{ RH}$, 具有自动校准功能, 工作电压 $2.4\sim 5.5\text{ V}$, 典型工作电流 $28\text{ }\mu\text{A}$ ^[4]。②MQ-2 可燃气体传感器模块。可检测液化气、丙烷、丁烷、甲烷、氢气等浓度, 工作电压 5 V , 调节滑动变阻器 R3 来调节传感器的灵敏度, 使输出电压处于 $0.3\sim 2\text{ V}$ 之间, 当输出大于 MCU 参考电压 1.15 V 时触发; ③HC-SR501 人体感应模块。基于红外线技术的自动控制模块, 带有光敏控制, 避免有光环境下的误报, 静态电流 $< 50\text{ }\mu\text{A}$, 有效范围 7 m , 工作电压 5 V , 检测到有人时输出电压 $+3.3\text{ V}$, 否则为 0 V ^[5]。

(4) 天线。选用 2.4 GHz 全向 SMA 接口天线, 长度 380 mm , 输入阻抗 $50\text{ }\Omega$, 增益 9 dB ^[6]。

(5) 电源部分。仅有电源和地线较为简单, 为减小电源不稳定对信号的干扰, 输入端放置两个电容, 芯片电源引脚进行合适的去耦处理。

路由器节点与终端节点类似, 缺少传感器模块和电压转换模块, 不再赘述。

2.2 协调器节点

协调器节点与 PC 机连接, 完成监测数据和控制命令的交换, 任务负荷较重, 采用直流供电。由于新出售的电脑不再配置串口, 为了扩大系统的应用范围, 协调器节点通过 USB 接口与 PC 机通信, CC2531 支持 USB 通信, 通过简单的电路即可与 PC 机建立通信, 接口电路如图 3 所示。

3 软件设计

3.1 协调器节点组网及路由协议设计

路由器和协调器节点是网络的骨干, 他们之间的通信性能决定着网络的性能, 针对军营环境设计组网及路由建立的协议, 可靠性高、通信开销低, 具体描述如下。

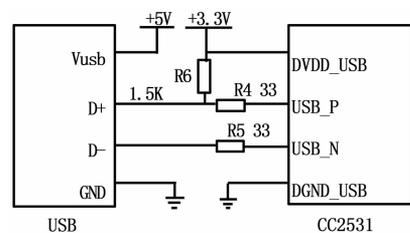


图 3 USB 接口电路

组网：①协调器周期发送组网广播帧进行组网，周期根据网络范围确定，广播帧剩余跳数要保证能够到达任何一个路由器节点。②路由器节点在收发报文时维护两条路径消息：最近路径和信号强度最佳路径，建立邻居列表即可到达节点并定期更新。③各节点回复组网确认帧，协调器建立路由表。④路由器节点可和邻居列表中一跳节点直接通信，降低协调器符合，不能直通则上报协调器转发。⑤路由器节点搜索终端节点并上报给协调器节点，建立拓扑关系。⑥删除节点，收到删除帧的路径节点从邻居表中删除该节点，到达该帧时其向一跳邻居发送被删消息，邻居及该单从邻居表中将其删除。⑦退出网络。某路由器节点因为电量原因无法继续工作或打算转移到其他网络时发出，向前驱节点发送转发给协调器节点退出帧，有协调器节点确认删除。

3.2 路由器节点组网和终端节点软件设计

为简化设计，设定路由器节点和终端节点为一跳星型网络，终端节点间不直接通信，不直接与协调器节点通信，为降低功耗，采用定时发送消息模式，终端节点短工作长睡眠，节点加入和删除与路由器类似，组网简单，方便实现，可以有效完成监控任务，网络通信量不高，适用于军营环境。终端节点程序流程如图 4 所示。路由器节点主要负责消息的转发，从收到的消息中提取出目的地址然后转发即可，较为简单。

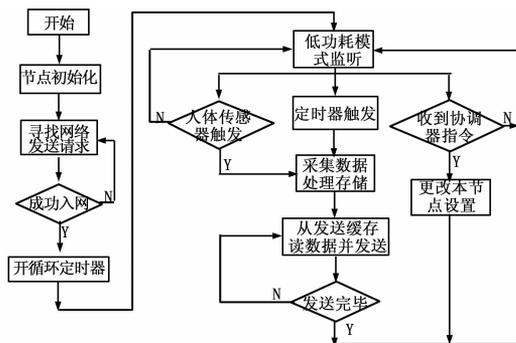


图 4 终端节点软件流程图

3.3 网络层帧结构

良好的帧结构可以降低网络开销，提高可靠性，延长网络寿命。ZigBee 协议带有载波侦听多点接入/避免冲突 CSMA/CA 机制，有效避免了信道堵塞导致的发信失败。系统采用终端节点主动上报模式，入网后定时采集信息向协调器节点发送，数据帧符合互操作性，帧格式如表 2 所示。

表 2 数据帧格式

源地址	目的地址	报文控制	报文序号	帧类型	剩余跳数	数据	CRC	预留
2	2	1	1	1	1	5	1	1

帧头和帧尾用来标记数据的开始和结束，源地址标明数据来源，节点只对目的地址与自身地址相同的帧做出反应。帧类型标明帧的功能，分为 2 种：控制帧是协调器节点发出的设置命令，测量帧是终端节点发往上位机的监测数据，数据包含设置信息或监测数据（温湿度信息各 2 个字节，可燃气体浓度和人体检测触发信息共 1 个字节），CRC 校验确保收发两端数据的一致，提高可靠性。

3.4 上位机

上位机软件采用 VS 2008 开发环境，C 语言编写 WindowsFormsApplication 项目，调用 MSComm 控件完成串口通信，生成 EXE 可执行程序方便在 PC 机上安装使用。软件开启后首先配置界面参数，然后读取协调器发来的数据，提取出节点信息和环境参数信息值，更新显示，同时存储数据至数据库，以供查询与分析，当某项参数超出系统设置的阈值时，进行报警。

4 测试结果和分析

为了验证系统的监测性能，利用场地面积、建筑物分布与军营类似的校园，主要测试通信距离和效果，首先打开协调器，在合适位置放置路由器节点，能与终端节点和协调器节点通视为最佳。分 5 次采集不同距离模拟点位的温度、相对湿度信息，并与现场测量信息对比，结果如表 3 所示。从结果看，数据丢失率为 0，温度误差不大于 ±0.5 °C，相对湿度误差不大于 ±2% RH，系统能实现数据采集和传输可靠，满足设计要求。

表 3 测试数据对比

编号	距离 (m)	检测温度 (°C)	实测温度 (°C)	误差 (°C)	监测湿度 (%RH)	实测湿度 (%RH)	误差 (%RH)
1	100	-10.4	-10.1	-0.3	66.2	65.3	0.9
2	200	-9.9	-10.0	0.1	62.6	64.1	-1.5
3	400	-10.1	-9.9	-0.2	65.5	64.4	1.1
4	600	-9.7	-9.8	0.1	64.0	63.5	0.5
5	800	-9.0	-9.5	0.5	62.1	63.8	-1.7

5 结论

本文选用高性能芯片搭建无线网络，充分利用芯片的片内资源，匹配以高效的传感器，在传统监测系统基础上加以改进，实现了在较大范围内的环境参数信息无线采集、传输、储存，便于查询、分析和处理，设计出集中监控与预警系统。在保证网络的高可靠性基础上，扩大了无线网络的覆盖范围，具有低成本、低功耗、高精度、部署灵活等优点，适应基层部队需要，具有较高的实用价值。

参考文献：

[1] 崔学军, 吴震, 张伟涛. 浅谈如何构建军营安全文化 [J]. 决策探索, 2012, (1): 85-86.
 [2] 石军锋, 钟先信, 陈帅. 无线传感网络结构及特点分析 [J]. 重庆大学学报 (自然科学版), 2005, (2): 16-19.
 [3] Pottie G, Kaiser W. Wireless Integrated Network Sensors [J]. Communications of the ACM, 2000, 43 (5): 51-58.
 [4] 翟雷, 刘盛德, 胡威斌. ZigBee 技术与应用 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007.
 [5] Misra S, Reisslein M, Xue G. A Survey of Multimedia Streaming in Wireless Sensor networks [J]. IEEE Communications Surveys Tutorials, 2008, 10 (4): 18-29.
 [6] 章伟聪, 俞新武, 李忠成. 基于 CC2530 和 ZigBee 协议栈设计无线网络传感器节点 [J]. 计算机系统应用, 2011, 20 (7): 184-187.
 [7] 高海波. 基于 ZigBee 的智能无线传感器网络系统的设计 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2012.