

基于 ZigBee 架构的疗养院智能安防系统设计

李麟, 潘云

(海军特勤疗养中心, 山东 青岛 266071)

摘要: 目前对于疗养院居住安全要求越来越高, 提出了对疗养院的安防设备进行智能控制的要求, 为了实现这种需求, 提出了基于 ZigBee 的疗养院安全系统的设计方案, 同时并实现了系统的硬件和软件的流程, 智能实现了对疗养院安防的监控; 基于 ZigBee 的疗养院安全系统采用 STC89C52 单片机作为主控设备, 在基于 ZigBee 网络技术的基础上连通了多个检测传感器设备, 传感器设备将检测到的数据通过无线局域网传输给主控设备进行处理, 系统中对火灾检测的温度阈值设置为 40 ℃, 有害气体的检测参数设置为 300 ppm, 非法入侵检测的最远距离为 6 m; 实验结果证明, 通过使用基于 ZigBee 的疗养院安全系统, 可以有效地对火灾、有害气体等灾害的有效报警, 同时针对非法入侵行为进行警示, 达到了实现疗养院智能安防的目的。

关键词: ZigBee; 疗养院; 安防系统

Design of Intelligent Security System for Sanatorium Based on ZigBee Architecture

Li Lin, Pan Yun

(Qingdao Special Services Recuperation Center of PLA Information Management Section, Qingdao 266071, China)

Abstract: At present, the safety requirements for nursing homes are getting higher and higher, and the requirements for intelligent control of sanitation equipment in nursing homes are put forward. In order to realize this demand, the design scheme of ZigBee-based sanatorium safety system is proposed, and the hardware of the system is realized. The software process intelligently realizes the monitoring of the sanatorium security. The ZigBee-based nursing home security system uses the STC89C52 single-chip microcomputer as the main control device. Based on the ZigBee network technology, multiple detection sensor devices are connected. The sensor device transmits the detected data to the main control device through the wireless local area network for processing. The temperature for fire detection is set to 40 ℃, the detection parameter for harmful gases is set to 300ppm, and the maximum distance for illegal intrusion detection is 6m. The experimental results prove that by using the ZigBee-based sanatorium safety system, it can effectively alarm fires, harmful gases and other disasters, and at the same time warn against illegal intrusion behavior, achieving the goal of achieving intelligent security of nursing homes.

Keywords: ZigBee; sanatorium; smart home safety system;

0 引言

随着我国老龄化日益严重, 疗养院、养老院等养老服务机构越来越受到人们的青睐。然而, 疗养院等机构的现代化水平仍于人们的需求有较大差距^[1]。特别是信息化、智能化方面, 需要此类机构配备相适应的智能化管理系统^[2]。智能系统平台集成或控制各种智能安全防护设备, 使得智能设备在统一平台下进行管理和运维。智能系统平台通过硬件、软件的支持实现了智能安全防护设备终端设备的管理, 以及对住宅的监控和状态的监测, 将数据记录通过软件保存在系统的数据库中^[3]。

设计了基于 ZigBee 协议无线连接通信技术, 使控制核心与检测火灾、有害气体和入侵检测的硬件设备之间通过无线局域网连接在一起进行通信和数据传输, 软件系统对传输的数据进行处理和判定^[4-5]。这套智能安全系统以

STC89C52 芯片为控制器核心, 控制其他相关的硬件设备。系统可靠性高, 体积小, 能够对火灾、有害气体和非法入侵监听监测, 及时发出报警, 控制智能安全防护设备设备做出妥当处理, 适用于疗养院等机构。

1 疗养院安防系统设计

ZigBee 为基于 IEEE802.15.4 标准的开发而来的低功耗协议^[6-7]。ZigBee 除本身自带优势外, 还可以用户根据自己的需要, 设置多个安全级别。嵌入式技术也是 ZigBee 优于其他无线设备的另一个优势, 可以集成多种嵌入式设备, 使设备之间互联互通。因此, 在我国智能安全防护设备安全系统中得到了广泛的应用^[8]。

智能安全防护设备安防系统采用模块化的思想进行设计和开发, 主要功能包括了火灾检测、煤气泄漏等有害气体的检测、入侵检测和报警功能, 如图 1 所示。

在智能安全防护设备安全系统的实现过程中, 以 STC89C52 为该系统的主控核心芯片, 选用温湿度传感器 DHT11 实现室内火灾气体检测, MQ-2 型烟雾传感器用于有害气体检测硬件实现、HC-SR501 红外传感器用于入

收稿日期: 2019-08-03; 修回日期: 2019-09-05。

作者简介: 李麟(1979-), 男, 山东龙口人, 工程师, 主要从事计算机网络、数据库设计与应用等方面工作方向的研究。

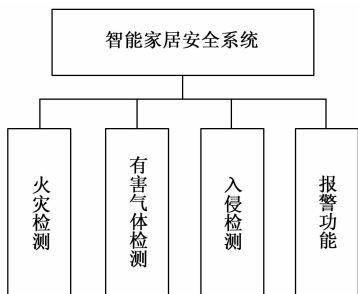


图 1 智能安全防护设备安全系统的功能组成

侵检测的硬件实现, CC2530 芯片用于实现 ZigBee 技术协调器节点设计, 无线连接不同的硬件设备, 使之通信, 12864LCD 液晶显示器显示从传感器中检测到的数据信息, 报警模块警示居住人潜在的危险信号。智能安全防护设备安全系统的总体硬件结构图如图 2 所示。

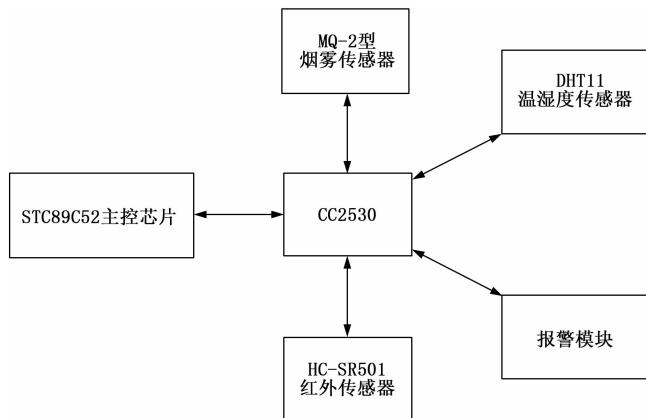


图 2 智能安全防护设备安全系统总体硬件结构图

2 系统硬件设计

2.1 STC89C52 芯片

STC89C52 芯片作为系统的主控模块, 当检测到其他硬件传输过来的异常数据, 就产生一个危险信号, 向蜂鸣器发出报警指令, 控制蜂鸣器发出报警信号, 提示并警告居住人有危害生命财产安全的事情发生, 共同辅助其他模块电路进行紧急处理^[9-10]。STC89C52 芯片可降至 0 Hz 的静态逻辑操作, 提供 2 种节电模式^[11]。

2.2 DHT11 温湿度传感器

型号为 DHT11 温湿度传感器在行业内应用较广, 其湿度为 30~80%RH, 温度 10~45℃ 范围内传感器具有较高的分辨率^[12]。DHT11 可以将温度、湿度的信号通过传感器进行信号的采样比翰转换成数字信号, 通过基于 ZigBee 技术与控制器无线通信, 将数字信号提供给 STC89C52 芯片进行分析处理, 从而达到对火灾的检测效果^[13]。

DHT11 温湿传感器使用单行 4 个引脚, 引脚 1 用于电源, 引脚 2 用于数据端口, 单线双向传输, 引脚 3 留空, 引脚 4 用于接地, 可以直接连接到 I/O CC2530 端口, 其正常工作时可以测量的温度范围是 0~50℃, 考虑岛室内正常

温度不会超过 40℃, 因此将检测到大于 40℃ 的情况定义为火灾发生危害。为了获得更精确的检测结果, 在数据端和电源之间连接一个 4.7 kΩ 上拉电阻, 且连接线的长度小于 20 m。值得注意的是, 如果 DHT11 温湿传感器没有接收到主控芯片发送的开始信号, 是不会主动进行温湿度的采集, 在采集的过程中, DHT11 处于高速模式, 空闲状态处于低功耗模式, 所以在使用的时候必须周期性地通过主控芯片对传感器发送采集数据命令。具体的 DHT11 电路图如图 3 所示。

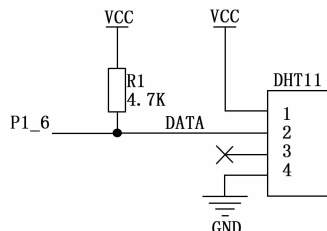


图 3 DHT11 温湿度传感器电路图

2.3 MQ-2 型烟雾传感器

MQ-2 型烟雾传感器煤气、液化石油气等有毒有害烟雾的检测具有很高的灵敏度, 尤其是对烷类烟雾最为敏感, 其良好的抗干好性, 可以准确排除有刺激性而非可燃性烟雾的干扰^[14-15]; 而且 MQ-2 型烟雾传感器具有长期的稳定性, 相应时间短, 能适应繁重的长时间有害气体的检测任务, 使得智能安全防护设备安全系统具有较好的安全性能^[16]。MQ-2 型烟雾传感器对可燃、有害气体的检测相当灵敏, 本系统设置的气体检测阈值为 300ppm, 将电压的变化作为有害气体浓度的监测指标。

当室内有害气体烟雾浓度高于预设阈值对应电压时, U1A 输出低电平 (0 V), LED 灯报警; 否则, U1A 输出高电平 (VCC), LED 熄灭。该模块的电路图如图 4 所示。

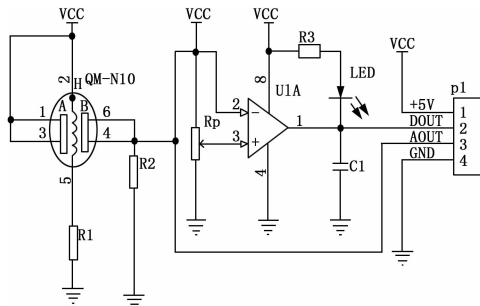


图 4 MQ-2 型烟雾传感器示意图

2.4 HC-SR501 红外传感器

HC-SR501 PIR 传感器的最初用途是检测模块前面的人体运动。传感器有 2 种触发模式, 即重复触发模式和重复触发模式, 通过改变跳线帽位置。在非重复触发模式下, 如果传感器模块的输出电压保持高电压, 即使检测到其他人的运动, 也不会再次触发。在重复触发模式中, 当在延迟时间内检测到第二个人体运动时, 将重新计算输出延迟。智能对象中的传感器模块在重复触发模型中工作。

HC-SR501 的延迟时间和检测范围可调。为了开发 HC-SR501 能耗模型，对输出高和输出低状态下的电流值进行了分析。HC-SR501 红外传感器的最远探测距离受到环境的影响，本文中最近的探测距离达到了 6m，在有效范围内检测到人的时候，会输出一个高电平作为检测信号，其工作原理如图 5 所示。

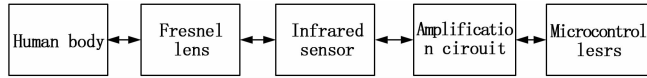


图 5 红外传感器工作原理

2.5 CC2530 协调器

CC2530 是一种片上系统 (SOC)，可以在 ZigBee 中使用，实验测试平台采用基于 802.15.4 IEEE 无线传感器网络标准的 ZigBee 协议栈 (Z-Stack)^[19]。在通信过程中，节点传输的每一帧数据都携带 RSSI 信息。CC2530 有一个内置的接收信号强度指示器 (RSSI)，该值为有符号 8 位 2 的补码格式。从接收到的 CC2530 的 MAC 帧中读取 rssi-val 寄存器的值。CC2530 可以用于 ZigBee 无线网络上的一个真正的片上系统解决方案。它不仅保证了 ZigBee 网络的优异性能，还集成了性能良好的 RF 核心和运算功能强大的 CPU，保证对节点数值运算和信号处理的强大计算能力，是搭建 ZigBee 无线局域网第一个快速建立起来的节点设备。

2.6 ZigBee 网络体系结构^[20]

ZigBee 技术是一种新兴的短距离、低速率、大容量、低功耗的无线网络技术，具有低功耗、延时短、成本低、安全可靠等优点。本文设计开发的智能安全防护设备安全系统，需要使用 ZigBee 技术搭建连接各种检测设备的硬件的无线局域网。ZigBee 网络中存在着两种功能型网络设备，由 3 种类型的网络节点可以组成三种类型的网络拓扑结构的网络。

ZigBee 网络中的设备可以分为：协调器，路由器和终端设备，本文采用 CC2530 协调器作为无线局域网的协调器，主要负责建立网络；路由器负责对无线局域网中的报文信息进行路由传输；终端设备是具有加入、推出无线局域网功能的硬件设备，并且可以接受和分发网络报文，不允许在终端设备上进行报文的转发。由于本文设计的系统只涉及到室内封闭环境的无线组网，无需使用路由功能。

ZigBee 网络的拓扑结构分为：星型网络、网状网络和树形网状网络，本文采用的是树形网状网络的拓扑结构组织协调器与终端设备。ZigBee 网络的工作模式分为信标模式和非信标模式，在信标模式下，实现了网络中所有的设备的同步工作与休眠，节省用电；在非信标模式下，网络中的设备周期性进入休眠模式，而网络协调器和路由器长期处于工作状态，由于系统的设计需求，需要采用信标模式对协调器和终端设备进行组织和管理。

经过论证，在 ZigBee 网络架构的实现阶段，采用

CC2530 协调器作为 ZigBee 无线网络的协调器，在各种检测硬件设备的终端上植入 ZigBee 模块 (NRF24L01 模块和 GSM 短消息模块)，在控制器段也需植入 ZigBee 模块 (植入 ZigBee 模块的硬件设备可以称为是一个 ZigBee 终端设备或是路由器设备)，然后将这些设备与基于 CC2530 芯片作为协调器的 ZigBee 无线网络进行连接，组网进行各个设备的通讯。在 ZigBee 无线网络中组网的流程图如图 6 所示。

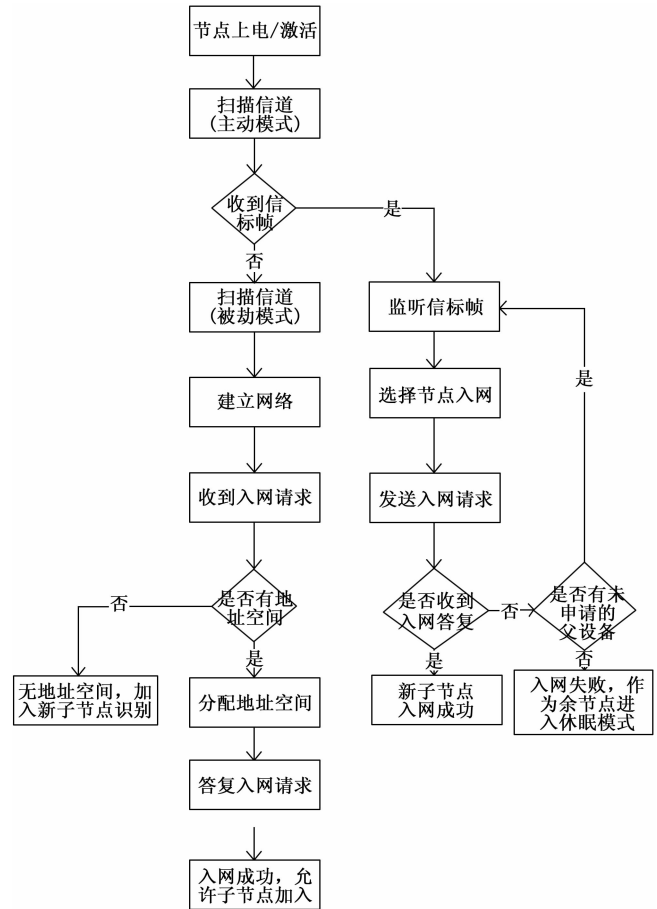


图 6 ZigBee 无线网络组网流程图

ZigBee 技术的无线局域网组网过程如下：当一个设备被激活后，首先扫描信道是否存在能量，检测可能存在的干扰，按照能量排序信道；然后选择一个最佳的信道作为当前的工作信道，一般情况下，第一个建立起来的 ZigBee 无线网络节点就是协调器节点，然后需要确定设备自身的 16 位网络地址、设备网络的 PAN 标识符 (PANID 号，信道的唯一标识)、网络的拓扑参数等信息；最后各项参数配置完成后，协调器就可以允许其他的节点设备加入该 ZigBee 无线网络。ZigBee 使用了 3 个频段，定义了 27 个物理信道，本系统使用的是 2.4 GHz 频段附近定义的 5 个信道，信道间隔为 5 MHz，数据的传输速率可达 250 kb/s，系统在物理层和数据链路层采用的是 IEEE 802.15.4 协议。

2.7 报警模块

在报警模块中，当主控模块监测到危险的信号时，微控制器向报警模块发送低电平信号，蜂鸣器在确认后发送

报警信号, 通知用户室内烟雾浓度超过正常浓度或非法侵入, 以防止事故的发生, 保证居住人的生命财产安全; 当温湿度的值异常时, 也会引起警报系统, 产生报警。

3 系统结构及原理

总体上看, 本智能安全防护设备安全系统的软件部分主要由检测、控制和报警三部分组成, 这些都是基于单片机的编程技术实现的, 其主要的硬件设计结构如图 2 所示, 本节主要介绍系统的软件流程设计。

在系统进行初始化时, 首先搭建一个基于 ZigBee 无线网络系统, 将 DHT11、MQ-2、HC-SR501 传感器设备通过无线局域网连接起来; 然后系统中的传感器开始工作, 周期性地向温湿传感器发送激活信号, 不断地检测家庭中的温度和湿度, 将收集到的数据经过 ZigBee 无线网络传输给 STC89C52 单片机主控模块进行处理, 并显示温湿度; 值得注意的是: 有害气体和入侵检测的硬件可以实时自主工作, 无需周期性发送激活信号。当主控模块检测的指标超过正常设置时, 系统会做出报警, 提醒居住人进行紧急情况的处理。如果红外传感器检测到非法入侵, 报警器也会被激活, 产生报警。智能安防系统的软件流程图如图 7 所示。

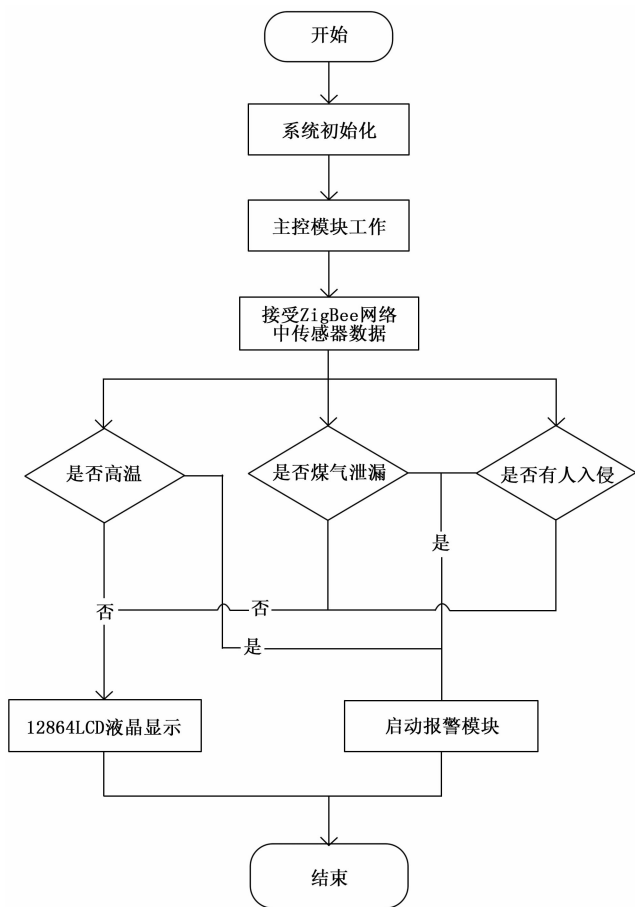


图 7 系统软件流程图

用模块化的思想进行 C 语言编程, 实现对 STC89C52 单片机接收到的传感器数据解码和处理, 对于 DHT11 火灾检测的温度数据阈值设置为 40 °C, 一旦高于这个温度, 则判定为高温, 表明发生了火灾; MQ-2 型烟雾传感器的浓度阈值设置为 300 ppm, 当监测到 MQ-2 型设备的电压降低时, 证明环境中的有害气体高于 300 ppm, 就触发报警; 对于 HC-SR501 红外传感器, 对于 6 m 以内的范围, 当监测到有效范围内的入侵时, HC-SR501 红外传感器输出的高电平将会被主控模块监测到, 从而产生报警。

4 系统测试

整个智能安防系统以 STC89C52 型微处理器为核心控制。信息采集模块由红外传感器、振动传感器、可燃气体传感器、温湿度传感器组成。基于 ZigBee 技术的无线通信模块主要包括 NRF24L01 模块和 GSM 短消息模块。主机和从机通过无线通信模块实现信息交换。GSM 模块与主机相连, 构成智能安全防护设备安防系统, 具有防盗、防火、室内多点布防、远程报警等功能。系统启动后, 传感器采集的室内温度和湿度将显示在 12864 LCD 液晶显示器上。同时, 传感器检测有害气体 (包括烟雾、可燃气体等)、火灾和陌生人非法入侵信号, 如果这些值超过阈值, 将转换成电信号并传输到单片机进行后处理, 单片机根据不同情况进行报警。单片机的使用使得该系统具有操作简单、功能稳定、成本低、功耗低、实用价值高、应用范围广等优点。

4.1 温湿度传感器模块测试

测试结果与设定的温度阈值有关, 为保证设计系统的准确性, 将所设计的智能安全防护设备安全系统与检测合格的数字温度表在同一时间、同一地点践行环境测试, 测试的结果如表 1 所示。

表 1 温度测试

项目	10 °C	20 °C	30 °C	40 °C
测量次数	20	20	20	20
报警率	10%	85%	100%	100%

在实时监测的过程中, 12864 LCD 模块会实时显示当前住宅区环境下的温湿度信息, 给居住人提供准确的数字参考信息, 具体的信息如图 8 所示。



图 8 12864LCD 显示当前住宅区的温湿度信息

在主控模块的编程上, 操作系统是基于 Windows7, 采

4.2 烟雾传感器模块测试

针对 MQ-2 型烟雾传感器模块, 采用燃烧纸法对室内环境中的烟度传感器进行检测。在四种不同的距离上进行检验, 然后根据不同的数据得到统计时间。其灵敏度特性如图 9 所示。从图 9 可以看出, MQ-2 型烟雾传感器模块对不同的气体敏感度不一样。可广泛应用于家庭和工业气体泄漏检测设备中。

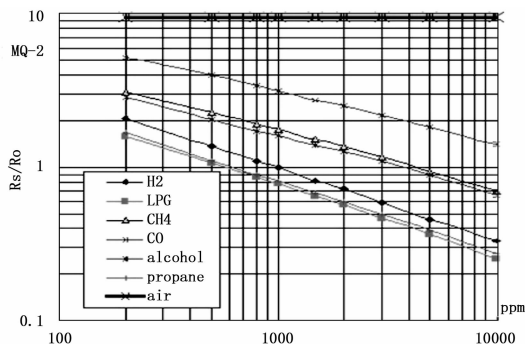


图 9 MQ-2 型烟雾传感器的灵敏度特性

为了保证 MQ-2 型烟雾传感器模块在实际烟雾环境下的准确效率, 测试实验额外使用烟雾源靠近烟雾传感器, 测得的烟雾浓度值为 1 600 ppm, 远高于设置在主控模块中的阈值, 达到了需要报警的要求, 此时黄色的 LED 灯亮起, 蜂鸣器发出滴滴声报警。

4.3 红外传感模块测试

在实验允许的条件下, 分别测试了 HC-SR501 红外传感器在不同场合下感应人体红外的最大距离, 经过实验测试得知, 在室内环境下, 红外感应模块可以在 2 m 的范围内感应到人体辐射出的红外线, 探测到人体, 从而产生报警; 在 5 m 的范围内, 当人体左右移动的时候, 都可以检测到人体辐射出的红外线, 产生报警, 所以室内检测的最大距离为 5 m。在室外测试环境中, 由于无障碍物的干扰, 增大了红外传感模块的探测距离, 最远检测距离可达 6 m, 监控较为灵敏, 满足智能安全防护设备安全系统的需求。

4.4 实验小结

通过对智能安全防护设备安全系统模块的火灾检测、有害气体检测和入侵检测的实验可以得知, 本文设计开发的系统能够满足探测火灾、有害气体和非法入侵的需求, 灵敏度较高, 能准备地检测灾害的发生, 产生报警, 提醒居住人排除安全隐患, 保障居住人的生命财产安全, 是现代化居家必备的系统之一; 本系统使用基于 ZigBee 技术搭建的无线局域网能很好地将这些传感设备与主控设备连接起来, 网络稳定, 延时较低, 使一个主控设备可以同时控制多个传感设备, 在保证系统可靠运行的同时, 增加了系统的鲁棒性, 克服了传统的有限网络接线复杂、布局不美观的弊端。

5 结论

本文设计开发了一款智能安全防护设备安全系统。该

系统基于 ZigBee 技术搭建了一套无线局域网, 使得主控设备与多个智能终端感知设备处于同一个无线局域网中, 主控设备能实时处理终端设备发送过来的传感数据, 从而检测火灾、有害气体和陌生人非法入侵, 系统运行稳定, 可靠性高, 在智能家电多样化发展的今天, 将会有广阔的市场应用场景, 其潜力有待进一步地挖掘。

参考文献:

- [1] 李麟. 基于 Ad Hoc 网络的医院智能安防控制系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2019, 27 (4): 64-67.
- [2] 骆春潮. 网络时代智能安全防护设备的安全问题研究 [J]. 信息记录材料, 2019, 20 (4): 69-70.
- [3] 郭东妍, 赵焱. 大数据背景下物联网智能安全防护设备安防检测系统设计 [J]. 数字通信世界, 2019 (4): 86.
- [4] 王谨毓. 智能校园安防监控物联网系统设计 [J]. 现代电子技术, 2019, 42 (6): 51-54.
- [5] 刘云楷, 邵昌尧, 李杰, 等智能安防机器人控制系统设计与研究 [J]. 电子测量技术, 2019, 42 (4): 25-29.
- [6] 闫敏. 基于 ZigBee 的核电站智能安防系统设计 [J]. 信息技术, 2018, 42 (12): 84-87.
- [7] 肖迺. 基于 STM32 的家居安防系统设计与测试 [D]. 石家庄: 河北科技大学, 2019.
- [8] 陈璠. 智能视频分析技术在安防领域的应用解析 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2018 (11): 57-58.
- [9] 何文乐. 融合物联网智慧校园安防系统优化设计 [J]. 信息技术, 2018 (11): 139-142.
- [10] 寇为刚, 郑克诚. 基于 STM32 单片机的智能家庭安防系统设计与实现 [J]. 无线互联科技, 2018, 15 (21): 47-49.
- [11] 刘永立. 智能安防系统设计与实现 [J]. 电脑编程技巧与维护, 2018 (10): 140-141.
- [12] 潘晓贝. 基于 WSN 的校园安防系统研究设计 [J]. 网络安全技术与应用, 2018 (10): 93-94.
- [13] 文枰. 智能安全防护设备安防系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2018, 26 (8): 290-293.
- [14] 王璐, 周亦敏, 余治昊. 一种结合校园一卡通系统及物联网技术的智能实验室安防系统设计 [J]. 电子器件, 2018, 41 (4): 1077-1081.
- [15] 邱昭赋. 监狱集成化智能安防系统的应用与分析 [J]. 中国信息化, 2018 (8): 65-66.
- [16] 杨扬, 郝明磊, 张璇. 基于 WiFi 探针技术的无线安防系统设计 [J]. 电子测量技术, 2018, 41 (15): 128-132.
- [17] 王智峰, 邹峰, 侯菲, 等. 家庭智能安防报警系统的研究 [J]. 仪表技术, 2018 (7): 31-33.
- [18] 蒋玮. 基于物联网智能安全防护设备安防系统设计 [J]. 内燃机与配件, 2018 (10): 211-213.
- [19] 王伟. 基于云平台的智能安全防护设备生态与安防系统设计与研究 [D]. 贵州: 贵州大学, 2018.
- [20] 邹文清. 智能安防系统在城市轨道交通行业的应用 [J]. 通讯世界, 2018 (4): 267-268.