

DOI:10.19651/j.cnki.emt.1802164

校车防滞留检测报警系统的设计与实现^{*}

张 燕¹ 任安虎² 田永毅¹

(1.陕西工业职业技术学院 电气工程学院 咸阳 712000; 2.西安工业大学 电子信息工程学院 西安 710021)

摘要:针对幼儿被遗忘校车惨遭闷死的事件,基于ZigBee技术研制了一种校车防滞留检测报警系统。系统通过ZigBee无线传感器网络中的声音传感器和人体红外传感器同时检测幼儿滞留情况,并上传数据到控制中心判断是否存在异常,如果存在异常则控制报警系统给出声光报警提示,并通过GSM模块发送报警短信到指定号码。设计充分发挥了ZigBee无线传感器网络低功耗、低成本、分布式和自组织的4大优点。通过软硬件设计实现了系统的功能,实验测试结果表明,系统检测异常情况的成功率高,响应时间短,能够为幼儿的生命安全起到保驾护航的作用。

关键词:ZigBee; 幼儿滞留; 传感器; 检测; 异常; 报警

中图分类号: TN929.5 文献标识码: A 国家标准学科分类代码: 510.5015

Design and implementation of detection and alarm system for school bus anti-detention

Zhang Yan¹ Ren Anhu² Tian Yongyi¹

(1. School of Electrical Engineering and Automation, Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang 712000, China;

2.School of Electronic Information Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710021, China)

Abstract: Aiming at the death of detained children in school bus, a detection and alarm system based on ZigBee technology is developed. The system detects the children's detention through the sound sensor and infrared sensor in ZigBee wireless sensor network, and uploads the data to the control center to judge if there is any abnormality. If there is an abnormality, the control alarm system gives the sound and light alarm prompt, and sends the alarm short message to the designated number through GSM module. The design gives full play to the four advantages of ZigBee wireless sensor network: low power consumption, low cost, distributed and self-organizing. The function of the system is realized by software and hardware design. The experimental results show that the system has high success rate and short response time in detecting abnormal situations. It can play an escort role for the safety of children's lives.

Keywords: ZigBee; detained children; sensor; detection; abnormal situation; alarm

0 引言

近年来,校车各种安全事故频发,造成学生重大伤亡,尤其是幼儿被遗忘在校车内惨遭闷死的悲剧屡屡发生,给受害者家庭带来无尽的悲痛。校车安全监管问题已经引起政府相关部门的高度重视,国内针对校车安全监控的实际需求研发了很多监控系统^[1-3],但在如何有效防止幼儿滞留校车内的相关研究比较少^[4],本文基于ZigBee无线通信技术研制了一个校车防滞留检测报警装置,当驾驶员锁车离开后,系统若检测到车内外有幼儿滞留,控制器会立即触发车内的声光报警系统发出报警提示,并控制短信报警模块向系统指定号码发出报警信

息,从而使被遗忘的幼儿及时获得解救,避免安全事故的发生。

ZigBee技术是一种近距离、低复杂度、低功耗、低速率、低成本的双向无线通信技术^[5],兴起较晚,但发展迅速。使用ZigBee技术建立的无线通信网络,覆盖面积能达方圆几百米,网内设备通信效率高、能耗小,可自组网,且组网方式简单便捷,本设计充分借助ZigBee技术的优势,较其他设计的校车安全监控系统而言,具有更低的功耗、更低的成本,通过ZigBee技术简单便捷的无线自组网方式构建了一个校车内部的无线网络,既优化校车车内外布局、方便拓展,又避免布线极易遭到破坏和电磁干扰等弊端。

1 系统总体方案

系统以 STC12C5A-60S2 单片机为控制核心,通过 ZigBee 无线传感器网络中的声音传感器和人体红外传感器同时对车厢内幼儿滞留情况进行信息采集并通过终端节点以无线通信方式传输给协调器,协调器再将数据通过串口发送给 STC12C5A-60S2 进行处理,当发现有幼儿被遗忘在车厢内时,STC12C5A-60S2 控制声光报警系统发出声光报警提示,引起路人注意,增加救援机会,同时控制直流电机开启换气扇为车厢送入新鲜空气,并通过短信形式发送报警信息给相关责任人。系统网络架构如图 1 所示。

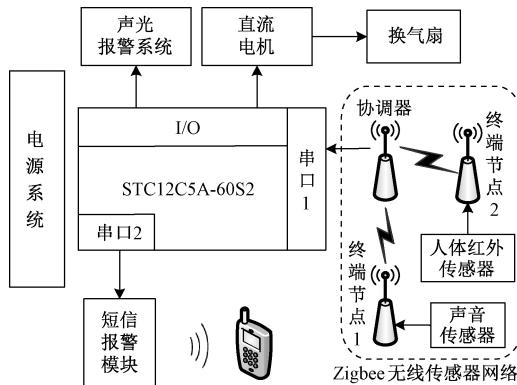


图 1 系统网络架构

2 系统硬件设计

2.1 ZigBee 无线传感器网络

采用 ZigBee 技术构建的无线传感器网络由协调器和终端节点构成,二者采用无线通信方式进行数据传输。系统选用星型网络拓扑结构,连接方式简单,适用于校车等小规模、低复杂度的应用^[6]。协调器和终端节点均选择 TI 公司推出的性能优良的 CC2530 单片机作为主控芯片,内核为增强型 8051,配置最大 128 KB 的可编程闪存和 8 KB 的 RAM,收发信息功耗低,非常适合对低功耗要求严格的场合^[7]。CC2530 内部固化了 ZigBee 协议栈的 PHY 和 MAC 层,能够以非常低的成本建立强大的网络节点,再结合性能优良的 RF 收发器,只需配置很少的外围元件就可以组成无线通信模块,电路如图 2 所示。电路供电电压为 3.3 V,有 2 个外接晶振,分别为 32 MHz 和 32.768 kHz。20 脚复位信号低有效,25、26 脚采用了 2450BM15A0002 巴比伦滤波器替代传统 CC2530 芯片天线电路,更好的保证了天线的抗干扰性和稳定性^[8]。

1) 协调器和终端节点

协调器是 ZigBee 无线传感器网络的核心,负责网络组建、信息收发以及与 STC12C5A-60S2 通信。一个协调器可挂接 255 个终端节点,所以在该系统中只需配置一个 ZigBee 协调器就足以满足对校车内部区域进行组网的需

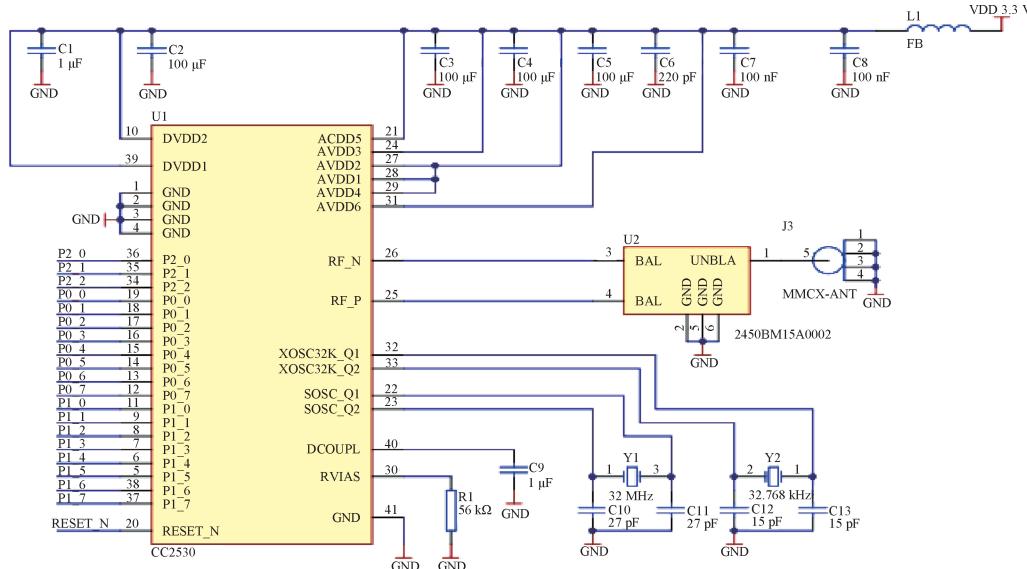


图 2 CC2530 无线通信模块电路

求。协调器的核心是 CC2530 无线通信模块电路,采用电源系统提供的 3.3 V 直流电源供电,通过串口通信方式将数据传输给 STC12C5A-60S2。

终端节点主要由 CC2530 无线通信模块和传感器模块组成。无线通信模块主要完成对数据的简单处理并通过无线网络上传至协调器,传感器模块完成对被检测区域数据信息的

采集。校车防滞留智能检测报警系统选择了人体红外传感器和声音传感器同时对校车内幼儿滞留情况进行检测,以确保系统的准确性和可靠性。2 个终端节点的 CC2530 通过各自的普通 I/O 口 P0_4 连接相应的传感器模块。

2) 传感器模块

校车防滞留检测报警系统采用了声音传感器和人体

红外传感器同时对闭锁后的校车进行幼儿滞留情况的检测,以期提高系统的精确性和可靠性。

声音传感器是将声波转换为电信号的一种装置。系统中选择的声音传感器内置了一个对声音非常敏感的电容式驻极体话筒^[9],当被遗忘的幼儿在车内发出各种呼喊声时,声波就会使话筒内的驻极体薄膜振动,导致电容变化,而产生微小的电信号,经处理后供后续电路使用。声音传感器可以检测到声音的有无,但无法对声音的大小进行测量。系统中选用的声音传感器有 3 个管脚:1 脚电源端,连接电源系统提供的 5 V 直流电;2 脚接地;3 脚为输出管脚,低电平有效,与终端节点 1 无线通信模块 CC2530 的 P0_4 引脚相连。当检测到有声音时,传感器的输出端 3 脚输出低电平;未检测到一定声音时,该引脚输出高电平。

人体红外传感器是将人体的红外信号转换为电信号的一种装置^[10]。当红外传感器探测到感应范围内有人体移动时,人体发射的 10 μm 左右的红外线经菲尼尔滤光片增强后聚集到热释电元件上就会向外释放电荷,产生电信号。系统中选择 HC-SR501 型人体红外传感器,有 3 个管脚。1 脚 VCC,外接 +5 V 电源;3 脚接地;2 脚输出端,高电平有效,连接终端节点 2 的无线通信模块 CC2530 的 P0_4 引脚。当人进入红外传感器感应范围后,人体红外传感器的输出端 2 脚输出高电平;人离开后,该脚输出低电平。需要注意的是,在 HC-SR501 感应范围内,人体有移动时方能检测到人体存在,当人体相对静止时,是无法检测到的,此时传感器输出低电平 0。

2.2 短信报警模块

短信报警模块选择了西门子公司推出的无线通信 GSM 模块 TC35i。TC35i 具有中国电信管理部门的入网许可,可兼容移动 GSM 网络协议,工作频点为 900 Hz 或 1 800 Hz 两个频段,可提供数据消息、SMS 短信和电话拨打等服务内容,工作稳定可靠,并且 TC35i 自带 RS232 通信接口,支持标准 AT 指令,可方便的与 PC 机或单片机联机通信。TC35i 有 40 个引脚,本系统中 TC35i 的引脚分配如下:1~5 和 6~10 两组引脚分别做电源正和电源负;15(IGT)脚连接 STC12C5A-60S2 的 P1_0,用于 TC35i 的启动。18(RXD)和 19(TXD)引脚通过 MAX232 电平转换后连接 STC12C5A-60S2 的 P1_3 和 P1_2 脚,TC35i 与 STC12C5A-60S2 间也是通过串口完成数据通信功能。24~29 用于外接 SIM 卡。31(PD)与 STC12C5A-60S2 的 P1_1 脚连接,用于 TC35i 的软关闭。32(SYNC)通过绿色 LED 灯显示 GSM 模块的工作状态^[11]。电路如图 3 所示。

2.3 声光报警系统

声光报警系统由蜂鸣器和红色 LED 构成,分别连接 STC12C5A-60S2 的 P1_4 和 P1_5 脚。蜂鸣器为无源蜂鸣器,高电平发出声音^[12]。当传感器模块检测到车内有幼儿滞留时,将数据信息通过协调器送给 STC12C5A-60S2,STC12C5A-60S2 将 P1_4 和 P1_5 设置为高电平,使蜂鸣

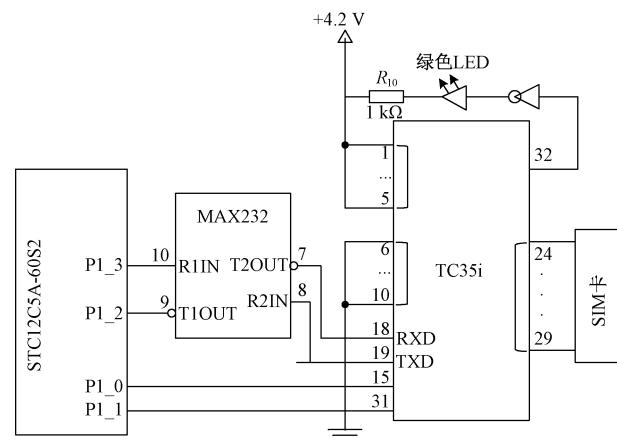


图 3 TC35i 的连接电路

器和红色 LED 分别发出声光报警信息。

2.4 电源系统

系统电源需求有如下几种:STC12C5A-60S2 及传感器模块需要 5 V 电压,TC35i 需要 4.2 V,CC2530 需要 3.3 V 供电。整个系统使用锂电池供电,锂电池输出电压为 3.7 V,所以系统采用 LM2731XMF 升压电路产生 5 V 电压;通过 LM2576-ADJ 稳压器转换产生 4.2 V;通过 RT8009 芯片产生 3.3 V 电压。

3 系统软件设计

3.1 协调器和终端节点

协调器和终端节点软件设计使用 IAR 开发环境用 C 语言设计,移植了 TI 公司的 Z-Stack 协议栈。系统采用星型拓扑结构实现通信,配置了一个协调器,终端节点可根据校车大小设置两个到多个。协调器上电初始化后,进行 ZigBee 无线传感器网络的组建、等待所有终端节点加入网络。终端节点设备上电初始化后确认自身为终端节点信息,然后寻找网络,并向其发送入网申请。入网成功后,终端节点进入休眠状态。当设定的定时中断后开始通过传感器采集校车内幼儿滞留的数据信息送给各自的 CC2530 进行数据组帧,然后再将数据发送给协调器,终端节点即进入休眠状态等待下一个采集周期^[6]。协调器收到终端节点送来的数据后进行数据解析,若解析的结果是两类传感器同时给出有幼儿滞留的数据,则协调器发送字符串“alam”(报警,表示有幼儿滞留)到 STC12C5A-60S2,除此之外协调器均发送“safe”(安全,表示无幼儿滞留)字符串给 STC12C5A-60S2,流程如图 4 所示。

程序设计中,定义了一个 judgeshengyin() 函数,若声音传感器检测到车内有幼儿滞留,与之相连的终端节点 CC2530 的 P0_4 输出低电平 0,则 judgeshengyin() 函数的返回值为 1,否则返回 0;同理,又定义了一个 judgehongwai() 函数,若人体红外传感器检测到有幼儿滞留,与之相连的 CC2530 的 P0_4 输出高电平 1,judgehongwai() 函数的返

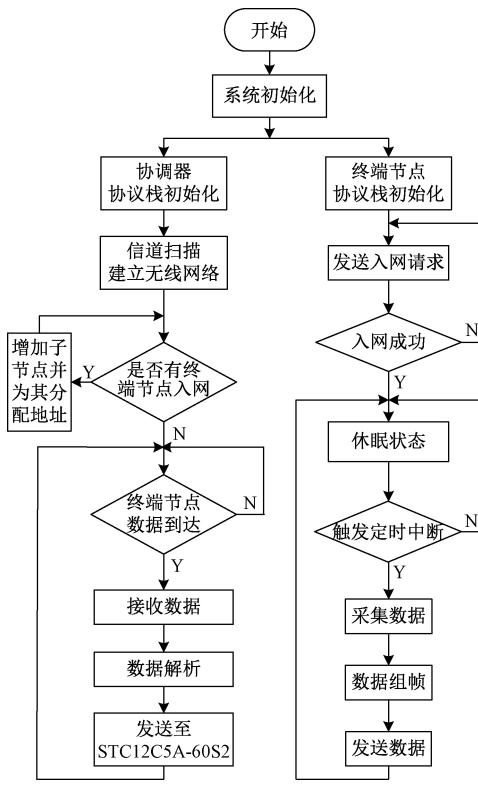


图 4 协调器/终端节点流程

回值为 1，否则返回 0。终端节点 1 进行数据组帧，以 0xEB 表示一帧数据的开始，以“S”“Y”两个字符代表声音传感器，若 judgeshengyini() 函数的返回值为 1，则发送数据 0x11，若 judgeshengyini() 函数的返回值为 0，则发送数据 0x00，最后以 0xFF 表示一帧数据结束。同理，终端节点 2 进行数据组帧，以 0xEB 表示一帧数据的开始，以“H”“W”两个字符代表红外传感器，若 judgehongwai() 函数的返回值为 1，则发送数据 0x11，若 judgehongwai() 函数的返回值为 0，则发送数据 0x00，最后以 0xFF 表示一帧数据结束。终端节点通过 AF_DataRequest() 函数将数据发送给协调器；协调器接收到声音传感器发送的数据后进行处理，若数据内容为 0x11，则置标志位 flag1=1；同理若接收到人体红外传感器发送的数据，若数据内容为 0x11 则置标志位 flag2=1，如果 flag1 和 flag2 同时为 1，表示车内外有幼儿滞留，此时协调器通过串口向单片机 STC12C5A-60S2 发送字符串“alam”，否则发送“safe”。

3.2 STC12C5A-60S2 处理器软件设计

STC12C5A-60S2 是深圳宏晶公司生产的一款高速、低功耗、强抗干扰的增强型 8051 单片机，指令代码完全兼容传统的 8051，但是速度快 8~12 倍。它的工作电压为 5.5~3.3 V(单片机 5 V)，有 40 个引脚，60 KB 片内程序存储器，1 280 字节的静态随即存取数据存储器，内部自带 A/D、D/A 转换器、实时时钟、看门狗等，有 SPI 接口、EEPROM、2 个全双工串行通信接口，多个普通 I/O 口。

较普通 51 单片机，STC12C5A-60S2 接口资源丰富，功能强大，能够实现传统 51 单片机不能实现的功能，在众多嵌入式控制系统中应用广泛^[13-15]。本系统通过 STC12C5A-60S2 实现核心控制功能，STC12C5A-60S2 承担的主要任务是接收协调器送来的数据进行分析处理，判断是否存在异常，若存在异常表示有幼儿被滞留在校车内，STC12C5A-60S2 控制声光报警模块发出声光报警提示，同时通过 TC35i 模块向指定的手机发出报警信息。

当 STC12C5A-60S2 收到“alam”字符串，则置 P1_4 和 P1_5 脚同时为高电平，蜂鸣器鸣叫，红色 LED 点亮，触发声光报警系统发出声光报警提示。

发送报警短信的过程如下：

- 1) 通过 AT+CMGF=1 设置短信为 PDU 格式；
- 2) 通过 AT+CSCA=\\" + 8613800290500 \\" 设置移动服务中心号码 “+ 8613800290500”。若为联通或电信手机，则此处应对应设置为联通或电信的服务中心号码；
- 3) 通过 AT+CMGS=\\" 136xxxxxxxx \\" 设置接收短信的手机号码，此处应为移动号码。若为联通或电信服务中心号码，此处应对应联通或电信的手机号码；
- 4) 调用自定义函数 sendmessage() 发送报警短信，短信内容为 “Warning: The child is detained in the school bus!”。

4 系统测试

为了验证系统的稳定性和时效性，在实验场景内对设计的校车防滞留检测报警系统进行了 20 次模拟测试。测试项目包括两类传感器对异常情况检测的成功率和响应时间、报警系统的响应时间以及发送报警短信的响应时间等。观察并记录测试结果如表 1 所示。

表 1 系统功能测试的成功率和响应时间

测试内容	成功率/%	响应时间/s
声音传感器	100	<2
人体红外传感器	95	<3
触发报警系统	95	<5
发送报警短信	95	<7

测试结果表明，设计的防滞留系统中两类传感器检测异常情况的成功率高，响应时间短，为及时解救车内幼儿赢得时间。经过系统控制中心后触发报警系统发出报警提示的响应时间略长，而发送报警短信取决于移动网络的质量，故是 4 项中响应时间最长的一个。从测试结果可以看出，当校车闭锁后系统能够及时对车内幼儿滞留情况进行检测，2 类传感器响应时间短，触发报警系统、发送报警短信准确、可靠、及时，达到了设计之初的预期目标，能够反复、稳定、可靠地运行。

5 结 论

本系统以 ZigBee 技术为核心,以 STC12C5A-60S2 为控制平台,通过声音传感器和人体红外传感器同时对校车内幼儿滞留情况进行检测,若有异常发生,系统能及时控制声光报警系统发出报警提示,并同时发送报警信息给指定号码。经过多次测试,系统检测到异常情况存在并触发报警系统、发送报警短信的成功率较高,响应时间较短。该系统最大的优点在于终端检测节点可根据需要灵活部署,并可依据校车大小适当增减节点、组网方便、成本低廉、结构简单、安全可靠,具有极强的推广性。

参考文献

- [1] 陈军统,杨舒捷,金跃伟.基于 GPS 和 GPRS 的智能校车安全监控系统研究[J].科教文汇(下旬刊),2013(3):108-110.
- [2] 赵科.校车安全监控系统的设计与实现[J].科技创新与应用,2012(29):23-24.
- [3] 胡治宇,利莉.基于 Atom510 的校车安全监控管理系统设计[J].景德镇学院学报,2015,30(3):13-15.
- [4] 张永生,张梦杰,范金鑫,等.基于 STM32F103 的车载儿童防滞留报警系统[J].内燃机与配件,2017(12):132-133.
- [5] 李传烨,葛国栋,樊志文,等.校车安全监控系统[J].应用科技,2016,43(1):46-50.
- [6] 刘涛.基于嵌入式及 ZigBee 技术的老人居室环境监测

系统[J].工业控制计算机,2015,28(10):40-41.

- [7] 薛立成,丁彦闯,李云鹏.基于 Android 和 ZigBee 的无线温度监测系统设计[J].电子测量技术,2018,41(7):120-123.
- [8] 陈小龙,郑炜超,朱春望.基于 CC2530 的智能无线装置设计[J].电子设计工程,2015,23(23):133-135.
- [9] 夏长玉,陈乾,张凯.温度、声音、距离检测模块的检测系统设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2018,18(8):31-34,38.
- [10] 崔燕琴.基于热释电无线传感网络的人体目标识别系统[D].哈尔滨:哈尔滨理工大学,2014.
- [11] 高伟.基于 ATmega16 和 TC35i 的校车防滞留系统设计[J].计算机光盘软件与应用,2014,17(19):73-74.
- [12] 吕晓颖.一种短距离无线数据通信的病床呼叫系统[J].单片机与嵌入式系统应用,2018,18(8):73-75,81.
- [13] 曹文俊,王少杰.基于 STC12C5A-60S2 单片机的电子密码锁设计[J].电子世界,2017(9):42.
- [14] 杨通,张富春,周杨乐,等.一种基于 STC12C5A-60S2 的路灯节能系统设计[J].电脑知识与技术,2018,14(9):273-275.
- [15] 陈荣坤.基于 STC12C5A-60S2 单片机的智能家居环境监控系统的设计与实现[J].智能计算机与应用,2015,5(3):105-107.

作者简介

张燕(通信作者),硕士,主要研究方向为信号与信息处理
E-mail:zy.xinxin@163.com