

# 基于 STM32 和 ZigBee 的无线校园火灾报警系统设计\*

丁凡,周永明

(韶关学院 物理与机电工程学院,广东 韶关 512005)

**摘要:** 结合校园防火报警需要,设计了基于 ZigBee 技术的无线校园防火报警系统。该系统以意法半导体公司推出的 STM32 系列 ARM 控制器、TI 公司的 CC2420 无线射频芯片为核心,对无线传感器网络中的终端节点、路由器节点、协调器节点的硬件和软件进行了模块化设计。传感器节点以温度、烟雾和 CO 浓度为实现监测对象,判断是否有火灾隐患,从而实现校园防火报警系统的无线网络化。

**关键词:** STM32; ZigBee; 无线; 火灾报警

中图分类号: TP212

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)06-0043-03

## Design of wireless fire alarm system for campus based on STM32 and ZigBee

Ding Fan, Zhou Yongming

(School of Physics and Mechanical & Electrical Engineering, Shaoguan College, Shaoguan 512005, China)

**Abstract:** In this paper, a fire alarm system for campus based on ZigBee wireless network was designed, which can meet the campus' fire alarm management. This system takes ST's STM32 microprocessor and TI's CC2420 RF chip as the core. The fire alarm system adopts the modular design to design the hardware and software of the terminal node, routing node and sensor node according to the function setting in wireless communication network. The sensor sub-nodes can detect temperature, smoke or carbon monoxide signals real-time captured by the sensors and determine whether to have fire hazard. Thus it realizes the wireless network of fire system for campus.

**Key words:** STM32; ZigBee; wireless; fire alarm

目前校园安防监控系统大多是基于有线通信,这就使得一些不便于布线的区域成为了安防监控的盲区,而有有线连接方式可扩展性较差,维护困难,相对成本较高。

基于上述原因,本文提出了基于新一代 STM32 嵌入式微处理器和 ZigBee 技术的无线智能型校园安防监控系统。利用 ZigBee 无线传感器网络,配合各种传感器的使用,可以对校园实行全方位、多角度实时监控。当校园内有火灾等安全事故发生时,便可以快速通知管理人员及时进行处理,从而极大地保证了学校师生的生命财产安全。

### 1 系统总体架构设计

本监控系统节点数量有限,节点位置较为固定,采用树形网络拓扑。整个网络由三部分组成,包括 ZigBee

终端设备、路由器、网络协调器,ZigBee 终端设备负责收集探测器探测到的报警信息,并将报警信息以 ZigBee 无线通信方式发送到终端设备的路由器(即父设备),再由路由器转发到网络协调器。基于 ZigBee 技术的智能型火灾报警系统提高了管理系统中数据的可靠性,对每个终端节点所监控的区域内发生的火灾险情能及时判断并通过无线网络通知管理人员。系统整体架构如图 1 所示。

### 2 无线火灾报警系统的节点硬件设计

#### 2.1 微处理器(MCU)控制模块

在本系统中,采用意法半导体公司(ST)推出的 STM32 系列微控制芯片 STM32F103R8 为主控制器。STM32 系列 32 bit 闪存微控制器使用 ARM 公司专为嵌入式领域开

\* 基金项目:广东省自然科学基金资助项目(10451200501004408);  
广东韶关学院校级科研基金资助项目(2010年207号文件)

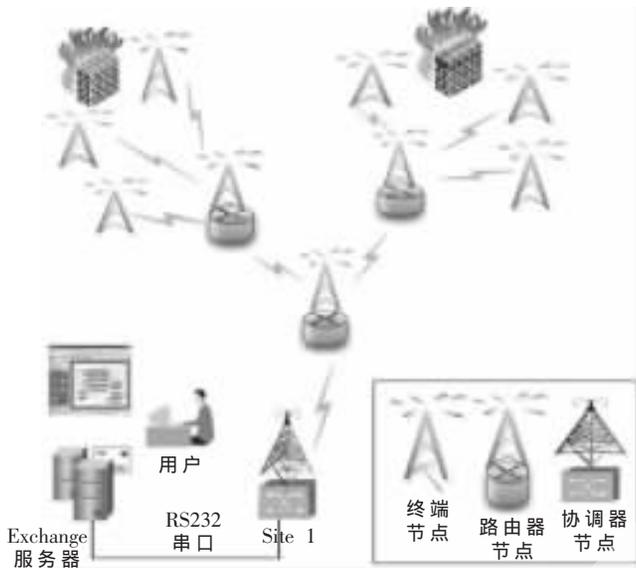


图1 无线校园火灾报警系统的整体架构图

发的具有突破性的 Cortex-M3 内核。该内核专为满足集高性能、低功耗、实时应用于一体的嵌入式领域的要求而设计,具有高性能、低功耗、实时性等特点。STM32 提供睡眠、停机和待机三种低功耗省电模式和灵活的时钟控制机制,用户可根据自己的需求合理地优化耗电和性能要求。STM32F103R8 属于增强型系列芯片,主频率为 72 MHz, 高达 90 DMIPS, 1.25 DMIPS/MHz, 内置 128 KB 高速闪存程序存储器和 20 KB 的 SRAM, 通过 APB 总线连接丰富和增强的外设以及多达 80 个的高速 I/O 口。

## 2.2 ZigBee 无线射频传输模块

CC2420 是 Chipcon 公司推出的第一款真正意义上符合 2.4 GHz IEEE802.15.4 协议规范,广泛应用于无线网络中的低功耗、低电压的射频收发芯片,只需极少外部元器件,性能稳定且功耗极低。CC2420 的选择性和敏感性指数超过了 IEEE802.15.4 标准的要求,可确保短距离通信的有效性和可靠性。CC2420 为工作于 2.4 GHz 免授权频段的无线通信提供了一个低成本的完整解决方案。

无线射频模块以射频模式接收和发送数据。CC2420 通过 SPI 接口与主微控制器(MCU)交换数据、发送命令等通信,由于 STM32F103 系列芯片一般都集成了 SPI 控制器,因此 CC2420 射频模块可以很方便地通过 SPI 总线接口与处理器 STM32 直接连接并进行数据通信。

CC2420 与微处理器 STM32F103R8 的接口连接如图 2 所示,CC2420 通过 SPI 4 条线接口(CSn、SI、SO、SCK)直接连接到 STM32F103R8 的 4 个 SPI 通信接口,负责数据通信;另外,还有 SFD、FIFO、FIFOP 和 CCA 4 个引脚与微处理器 STM32F103R8 连接,负责表示收发数据的状态。在这种连接方式中,STM32 工作在 SPI 主模式下;而 CC2420 射频模块工作在子模式下,由处理器 STM32 控制进行有效的数据收发工作。

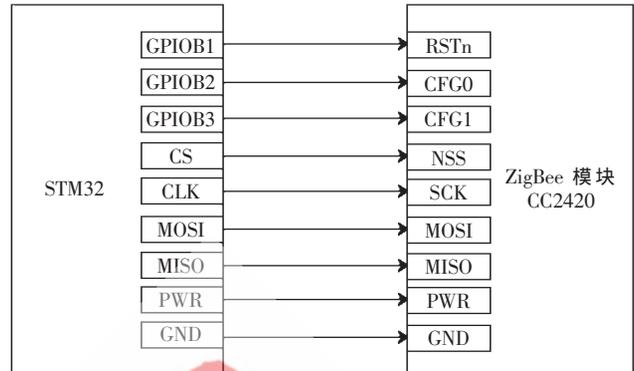


图2 ZigBee 无线射频通信模块与 STM32 的连接框图

## 2.3 传感器模块

随着微处理器技术、传感器技术和信号处理技术的快速发展,火灾自动探测技术已从单一传感器探测向着多传感器融合的方向发展,火灾探测预警的可靠性也随之大幅度提高。目前多传感器融合火灾探测技术主要选用光电感烟、感温和感 CO 传感器组合形式。采用多传感器的优点在于使探测器能够提高对火灾特征信号响应的灵敏度和均衡度,进而提高探测的质量和可靠性。

在本系统设计中,也采用了三层多传感器复合探测方案,选用烟雾传感器、CO 浓度传感器和温度传感器,将烟雾浓度、CO 浓度和温度作为火灾探测信号。

考虑到一般的烟雾传感器价格相对较高,这里使用的烟雾传感器由价格低廉的 OP231、OP801SL 红外发射、接收光电二极管组成,按照 75℃ 安装在内壁为黑色粗糙面的迷宫型集烟盒内,利用火灾发生时产生的烟雾微粒对光的散射作用,在一定的烟雾浓度范围内,散射光的强度与烟雾的浓度成比例,而这种漫散射的光将使光电二极管的阻抗发生变化,这样便可以将烟雾信号转变为电信号,以供传感器节点采集。DS18B20 采用 1-Wire 总线协议方式,在 -55~+125℃ 时的测量精度为 ±0.5℃,测量结果可选用 11 bit 串行数据输出。而 CO 传感器选择 TGS 系列半导体式气体传感器 TGS2442,其特点是低功耗、对 CO 的灵敏度高、寿命长、成本低、对湿度的依赖性低、工作于极短的脉冲加热方式。

## 2.4 ZigBee 节点硬件总体结构设计

结合本火灾报警系统中数据融合技术对 ZigBee 节点数据处理能力和内存的要求,本设计采用基于意法半导体公司(ST)推出的 STM32 系列微控制芯片 STM32F103+CC2420 的方案。

系统中有 ZigBee 终端设备节点、ZigBee 路由器节点和 ZigBee 网络协调器节点三种节点。从硬件角度看,三者的核心部件都是 STM32F103+CC2420、天线、电源,这也是 ZigBee 设备可以工作的最简系统。基于其硬件结构上的异同点,在设计和组装时根据不同的节点用途对部分单元电路作相应取舍。例如路由器节点和终端节点采用电池供电方式,并且不必有串口扩展电路;而协调器

## 网络与通信 Network and Communication

采用交流电源供电方式,不必有传感器单片机(无需采集数据),但必须有串口扩展电路以实现与上位机通信。

除此以外,协调器还有与火灾报警控制器通信用的串口及作实时显示之用的 LCD;路由器还有显示状态用的指示灯;终端传感器节点有显示节点状态用的状态指示灯以及温度传感器。二者电路均不复杂,都是基本系统加上少量外围扩展电路。为了节约成本,只制作一种集成了所有的外围电路的电路板,留出所需外扩电路接口,这样便可在制作正式产品时外接使用所需的不同外围电路。本系统所设计的 ZigBee 节点硬件总体架构如图 3 所示。

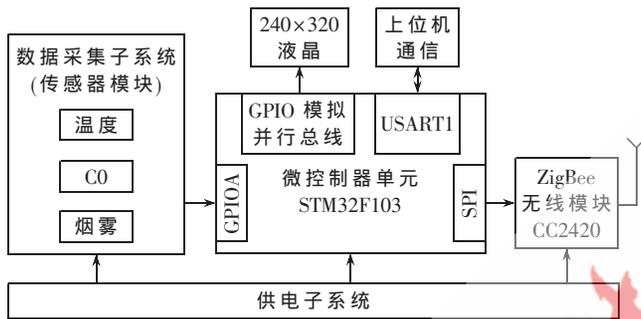


图 3 ZigBee 硬件节点总体设计

### 3 系统软件总体设计

#### 3.1 ZigBee 无线网络节点软件设计

本系统所用的开发环境是 IAR7.20,移植了 TI 公司的 Z-Stack 协议栈。Z-Stack 可以通过 IAR 开发环境进行编译下载。

校园火灾报警系统终端节点的软件流程如图 4(a) 所示。终端节点主要实现现场数据的采集,经过简单的融合处理后,便向上发送至其父节点,最终数据会汇聚到协调器。同时终端节点也会接收协调器节点发来的监控命令:例如开始采集数据或停止、更新数据采集周期等。由于终端节点能量受限,所以采用轮询的工作方式,

每  $N$  秒轮询一次,每  $M$  秒采集一次数据,其余时间则处于休眠状态。

路由器节点的设计可以看做是在终端节点的功能基础上再加上路由功能。由于相邻节点采集到的数据具有很强的相似性,路由器节点往往还需要做简单数据融合,以降低发往协调器的数据量。其软件流程如图 4(b) 所示。

协调器节点的处理能力、存储能力和通信能力相对较强,主要功能是对 ZigBee 无线网络中的各个子节点进行管理,将上位机监控中心下达的监控信息通过 ZigBee 网络发送到需要测控的子节点,同时接收各个子节点发来的状态、采集数据等信息,将数据在 LCD 上显示,并通过串口上传至监控中心主机进行数据处理和保存。

#### 3.2 系统上位机监控中心应用软件

系统上位机软件采用先进的虚拟仪器技术 LabVIEW 软件设计了系统的可视化报警监控操作界面,实现了在线动态数据采集、分析、存储以及实时显示等功能,界面优美,操作简单,使用方便。系统主要由上/下位机通信模块、火警信息处理模块、传感器节点查询/管理模块、操作人员系统控制管理模块、历史数据查询模块等构成,其功能框图如图 5 所示。

综上所述,本系统采用 ST 公司推出的新一代基于 ARM Cortex-M3 内核的 STM32 系列处理器作为主控制器(MCU),同时在原有有线监控报警系统的基础上,引入了 ZigBee 无线传感组网技术,实现了校园火灾事故的无线实时监控。相比传统的有线传感器火灾报警系统,本文设计的基于 ZigBee 技术的无线传感器网络克服了有线传感器网络的局限性,既避免了其他无线通信技术的高功耗的缺点,同时也降低了系统布线成本、安装和维护难度,具有广泛的前景和推广价值,可广泛应用于校园、医院等场所的火灾监控报警中。

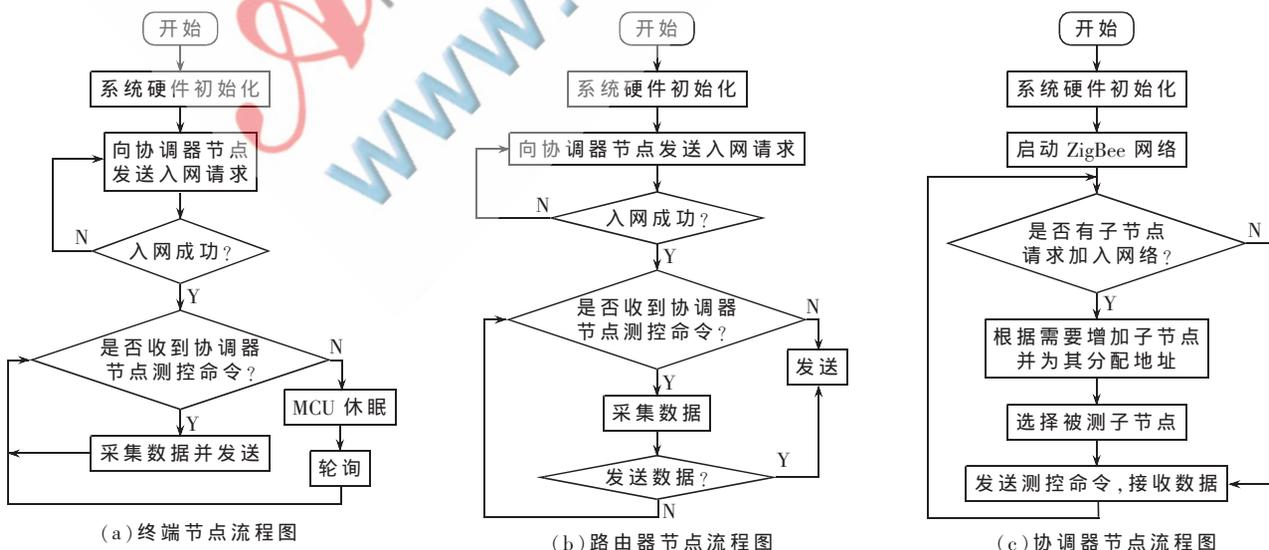


图 4 系统软件流程图

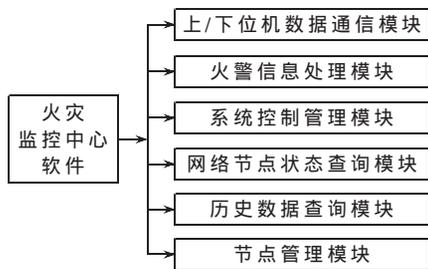


图 5 上位机监控中心应用软件功能框图

## 参考文献

- [1] 张帅华, 杨远, 梁玉堂, 等. 基于 AT91SAM9260 的 ZigBee 工业以太网网关设计[J]. 微计算机信息, 2011, 27(8): 113-114.
- [2] Liu Shixing, Tu Defeng, Zhang Yongming. Multiparameter fire detection based on wireless sensor network[J]. Proceedings 2009 IEEE International Conference, 2009, 58(11):

203-206.

- [3] Zhang Yunzhou, Xue Dingyu, Wu Chengdong, et al. Design and implementation of a wireless sensor network node[C]. Proceedings of 2008 IEEE International Conference on WiCOM, 2008: 1-4.
- [4] 杨荣, 杨涛. 基于 ZigBee 的无线传感器网络及其在智能大厦中的应用[J]. 中国农机化, 2005(5): 76-79.
- [5] 王永虹, 徐炜, 郝立平. STM32 系列 ARM Cortex-M3 微控制器原理与实践[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.

(收稿日期: 2011-08-24)

## 作者简介:

丁凡, 男, 1982年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 无线传感器网络、通信与信号处理。

周永明, 男, 1963年生, 工学博士, 教授, 主要研究方向: 电磁场与天线、无线传感器网络。