

定向运动设备中无线通信模块的设计

陈旭 杜国平

(南京理工大学自动化学院 南京 210094)

摘要: 针对目前定向运动设备各站点之间不能相互通信,比赛信息不能及时传输等问题,设计了一种带无线通信模块的定向运动设备,并且详细介绍了 ZigBee 无线通信模块,给出了该模块的硬件设计和软件设计。本次设计基于 CC2538 微控制器,并且为了拓展网络覆盖范围,提高通信质量,特别添加了射频范围扩展器 CC2592。实际测试结果表明,本次设计的定向运动设备中的无线通信模块通信稳定,通信距离较远,满足实时、准确地传输比赛信息的设计要求,具有很强的实用价值。

关键词: 无线网络; ZigBee; CC2538; 射频范围扩展器

中图分类号: TP23; TN92 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.10

Design of a wireless communication module in orienteering equipment

Chen Xu Du Guoping

(Department of Automation, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: Since recent orienteering equipment can not communicate with each other, and event information can not be transmitted immediately, this paper designs a kind of orienteering equipment which has a wireless communication module. It describes the ZigBee wireless communication module in detail, along with its hardware and software design. The design is based on CC2538 microcontroller. In order to extend network coverage and improve communication quality, the module adds an RF range extender CC2592 in particular. Practical test results show that the wireless communication module in orienteering equipment works stably, and has a long transmission distance, which meets the demands of transferring real-time and accurate event information, and has a highly practical value.

Keywords: wireless network; ZigBee; CC2538; RF range extender

1 引言

我国已经将全民健身上升为国家战略,它关系到人民体质的增强、健康水平的提高和生活质量的改善^[1]。定向运动是一项集体能与智能为一体的新兴的体育运动^[2],不需要特定场馆,在校园、公园、城镇均可举行,让人在大自然中休闲与健身,受到越来越多人的欢迎。传统的定向运动设备各站点独立存在,站点与站点之间、站点与管理主机之间没有联系,比赛结果只有在比赛结束之后才能导出,不能实时了解比赛的情况。

针对这一现象,设计了一种带 ZigBee 无线通信模块的定向运动设备。

目前近程通信技术领域主要涉及 3 种通信技术:蓝牙、WIFI 和 ZigBee。蓝牙主要提供短距离的无线空中接

口^[3];WIFI 传输速率高,多用于音视频的传输,但是协议复杂,功耗过高;ZigBee 凭借其低成本、低功耗、易扩展、多跳通信等优点在智能家居物联网、工农业监测系统、安全系统等领域受到广泛应用^[4-5]。

带 ZigBee 无线通信模块的定向运动设备各站点作为无线通信网络的终端节点可以同其他网络终端节点通信,也可以同网络中的协调器节点通信,协调器节点通过串行接口与管理主机通信。因而各站点信息能够通过协调器节点及时传送到管理主机,管理主机也可以将命令通过协调器节点传达给各站点,从而可以实时了解比赛的动态,并且可以控制比赛的进行。

2 硬件设计及测试

带 ZigBee 无线通信模块的定向运动设备主要由微控

收稿日期:2015-08

制器及其外围电路模块、电源模块、射频范围扩展器模块、传感器模块等组成,硬件结构如图1所示。本文重点介绍 ZigBee 无线通信模块的设计与实现,包括该模块的硬件及软件设计,对于具体需要传输的数据及其采集方法,本文中不做说明。虽然本次设计中只有协调器节点与 PC 通信,但是为了调试方便终端节点也留有 USB 接口,因此在硬件上协调器节点与终端节点没有区别。

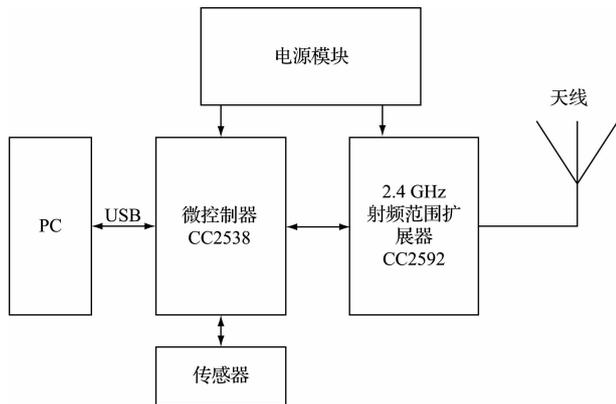


图1 硬件结构

由于 CC2538 自带串行外设接口 USB,因此选择使用 USB 与 PC 通信,从而省去了普通 UART 口与 PC 通信时的电平转换工作。为了确保通信的可靠性,外加 CC2592 射频前端提高通信范围和通信质量^[6]。

CC2592 是一款高性能、低成本的 RF 前端,适用于低电压低功耗的 2.4 GHz 无线应用。可为 TI 所有 2.4 GHz RF 收发器以及片上系统产品提供无缝接口,改善射频性能。

2.1 微控制器芯片选型

本次设计采用的微控制器是 TI 公司最新推出的 CC2538,与其他 ZigBee 产品相比,CC2538 有着绝对的优势。如表 1 所示,以 CC2531 做参照对象,列出了其在内核、存储器大小、外设、输出功率等方面与 CC2538 的差异,突出了 CC2538 的优点。

表1 CC2538 与 CC2531 对比

参数	CC2538	CC2531
内核	ARM Cortex M3	8051
Flash	最高 512 KB	最高 256 KB
RAM	最高 32 KB	8 KB
外设	USB, I ² C, SSI, SPI, UART	USB, SPI, UART
16 位定时器	8 个	1 个
32 位定时器	4 个	0 个
GPIO	32 个	19 个
输出功率	7 dBm	4.5 dBm
产品中可以使 用的操作系统	Android、Linux、 No OS	—

2.2 2.4 GHz 射频范围扩展器

CC2592 集成了功率放大器、低噪音放大器、平衡转换器、交换机、射频匹配网络等,CC2592 与 CC2538 组合,将增大 CC2538 射频信号的输出功率并提高其接收器灵敏度。CC2592 与 CC2538 的连接电路如图 2 所示。

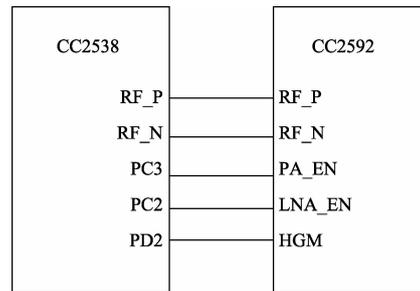


图2 CC2538-CC2592 连接电路

芯片 CC2592 的上的 3 个数字控制管脚控制着整个芯片的工作状态,它们分别是 PA_EN、LNA_EN 以及 HGM,本次设计中使用了 CC2538 的 3 个 I/O 口控制 CC2592。PA_EN 和 LNA_EN 必须由射频观测信号控制,因此选择 PC3 控制 PA_EN,PC2 控制 LNA_EN,而 HGM 则可以由任意的 GPIO 控制。表 2 给出了当 CC2592 与 CC2538 相连时 CC2592 的控制逻辑。当设备处于发射模式时,其射频输出功率由 CC2538 中的 TX-POWER 寄存器的值决定。

表2 CC2592 控制逻辑

PA_EN	LNA_EN	HGM	工作模式
0	0	x	不工作
x	1	0	RX 低增益模式
x	1	1	高增益模式
1	0	x	TX 模式

2.3 射频电路测试

本次硬件设计中非常重要的一个部分就是射频电路的设计,解耦元器件的大小及其放置方式,电源滤波以及 PCB 线都会对实际的射频性能产生至关重要的影响。为了实际测试本次设计的硬件的射频性能,使用 TI 公司的 SmartRF Studio 应用程序,该应用程序对生成配置寄存器值、实际测试射频系统以及查找优化的外部组件值尤为有用。

运行软件之后,进入到操作界面,选择相应的工作频段,输出功率等。在输入完毕后,可以在 Register 框里看到寄存器的配置参数,这些参数可以作为以后软件开发时的参考。

本次测试选择两个设计好的设备,一个作为发射端,一个作为接收端。测试结果如图 3 和 4 所示,图 3 为发射端测试界面,图 4 为接收端测试界面。在发射端发送 Text

框中输入“Hello”，接收端也做相应的接收设置，View format 选择 Text。点击两个窗口的 start 按钮，则可以看到接收端可以接收到发射端的数据，接收端窗口右侧显示平均 RSSI 为 -9.3 dBm，所有接收包都正确，错误率为 0。实验证明本次设计的射频电路工作比较稳定，性能良好，为下一步的软件开发奠定了良好的基础。

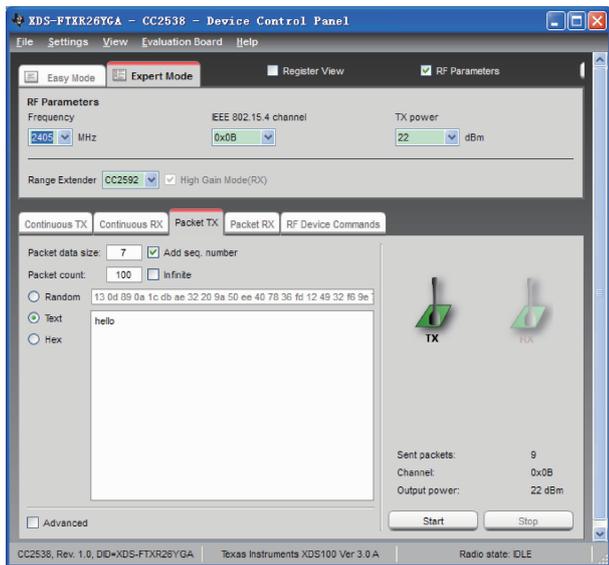


图 3 发射端测试界面

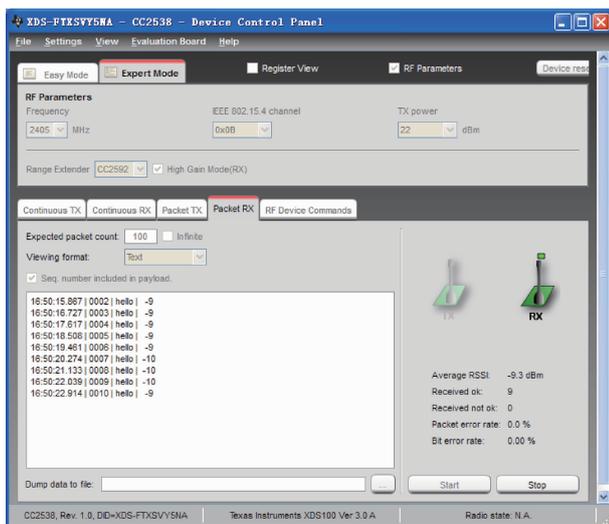


图 4 接收端测试界面

3 软件设计及实现

3.1 Z-STACK 协议栈概述

Z-STACK 是 TI 公司开发的支持 ZigBee 联盟标准的协议栈，该协议栈层次分明，结构清晰而且方便移植，能够在多任务的环境中。

为了管理各层任务的运行，往往将 ZigBee 协议栈和

操作系统相结合，Z-STACK 中的 OSAL 层，实际上就是一个操作系统。OSAL 提供了如下功能：任务注册、初始化、开始；任务键的消息交换；任务同步；时间管理；任务分配^[7]。在添加应用程序的时候，主要是通过创建相应的 OSAL 任务来实现。

Z-STACK 负责支持 ZigBee 各层的协议实现，其任务处理过程主要集中在 OSAL 的一个无限循环中来处理任务队列出现的任务^[8]。Z-STACK 整个工作流程包括硬件初始化，启动网络，OSAL 初始化以及无限任务循环等几个部分。

3.2 协调器节点程序设计

协调器是整个网络的核心，它的主要工作是启动网络。2.4 GHz 的射频频段被分为 16 个独立的信道，每一个设备都有一个默认信道集。协调器扫描自己的默认信道集并选择噪声最小的信道作为自己所建网络的信道。建立网络成功以后，协调器等待路由由节点或者终端节点的加入，一旦这些节点加入网络，协调器会为其分配网络短地址，然后这些节点之间就可以互相通信了。协调器的工作流程如图 5 所示。

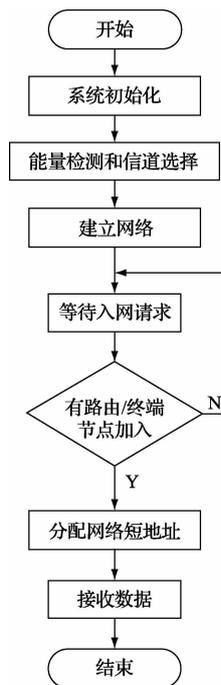


图 5 协调器工作流程

3.3 终端节点程序设计

终端设备启动后，将扫描默认信道集指定的频道，并选择一个信道上已经存在的网络请求加入，在收到协调器节点的请求确认之后即可加入该网络。在成功加入网络之后，终端节点即可获得传感器的信息，并将这些信息传送给协调器节点。终端节点的工作流程如图 6 所示。

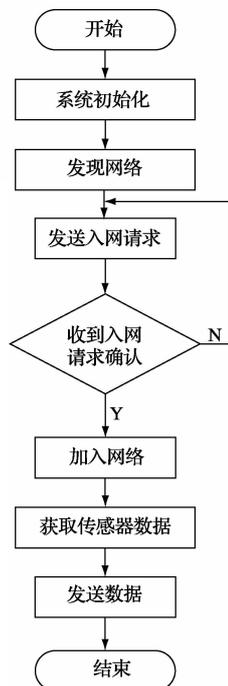


图6 终端节点工作流程

3.4 ZigBee 组网实现

本次设计中终端节点的主要功能是接收传感器的数据,并发送给协调器;或者接收协调器传送过来的命令,并且进行相应的操作。协调器节点主要功能是接收终端节点发送来的数据,并传送给管理主机;或者接收管理主机传达的命令,并将命令通过无线网络传送给相应的终端节点。明确各节点的功能并完善了节点程序之后,就可以开始实际的运行 ZigBee 无线传感器网络^[9]。

为了测试网络是否正常工作,本文验证的是网络节点在检测区域内随机分布后的自组网情况^[10]。测试以一个协调器节点、两个终端节点为例,由协调器向每个终端节点单独发送设置站点 ID 的命令,相应终端节点向协调器节点回复自身 ID。然后再由协调器广播发送获取终端节点网络短地址的命令,各终端节点向协调器节点回复自身网络短地址等信息。具体测试内容如表 3 所示。

表 3 组网测试

测试项目	发送帧	接收帧
设置站点 ID	DDDD0205BBBB	DDDDFF0205BBBB
设置站点 ID	DDDD0206BBBB	DDDDFF0206BBBB
		DDDDFF05C708080
获取网络短地址	DDDD05BBBB	5BBBB
		DDDDFF054FE9080
		6BBBB

可见协调器每次发送出一个命令帧,都能收到相应的接收帧,而且接收帧内容正确,说明组网成功。

4 结论

设计的带 ZigBee 无线网络通信模块的定向运动设备采用了 CC2538 微控制器,该款芯片相对其他带有 ZigBee 模块的芯片具有明显的优势,方便今后针对不同应用可以添加操作系统等,可操作性比较强。本次设计还添加了射频扩展器,增加了无线收发功率,扩大了网络覆盖范围。经实验证明,本次设计的定向运动设备中的 ZigBee 无线通信模块通信稳定,通信距离较远,具有实用性。

参考文献

- [1] 陶花. 全民健身服务体系现状与对策研究[D]. 广州: 华南师范大学, 2007.
- [2] 项前. 黑龙江省高校定向运动的开展现状与对策研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2010.
- [3] 杨卫, 陈佩珩, 张文栋, 等. 基于蓝牙技术的语音通信传输系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2013(2): 499-501, 511.
- [4] 张大伟, 陈佳品, 冯洁, 等. 面向准危重病病人的区域化无线监护系统研制[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(1): 74-81.
- [5] 鲍贤亮, 陈年海, 徐一凡, 等. 基于 ZigBee 技术的无线脉搏传感网[J]. 电子测量技术, 2015, 38(2): 105-108.
- [6] 焦尚彬, 宋丹, 张青, 等. 基于 ZigBee 无线传感器网络的煤矿监测系统[J]. 电子测量与仪器学报, 2013, 27(5): 436-442.
- [7] 周海鸿, 周嘉奉. 基于 ZigBee 技术的温湿度监测系统[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(7): 75-79.
- [8] 陈谱. 基于 ZigBee 的无线数控手持设备的设计与实现[D]. 沈阳: 中国科学院沈阳计算技术研究所, 2014.
- [9] 马海. 基于 ZigBee 无线传感器网络的远程数据监测的设计与实现[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2010.
- [10] 徐朋豪, 冯玉光, 奚文骏, 等. 基于 ZigBee 的无线温湿度采集系统研究[J]. 国外电子测量技术, 2013, 32(1): 33-36.

作者简介

陈旭, 1990 年出生, 硕士研究生。主要研究方向为工业自动化。

E-mail: chenxujane@163.com

杜国平, 1959 年出生, 高级工程师, 硕士生导师。主要研究方向为工业自动化和计算机控制等。

E-mail: dgp@mail.njust.edu.cn