

# 基于 ZigBee 的低延时 PDA 网络系统设计与实现

杨照峰, 时合生, 樊爱宛

(平顶山学院 软件学院, 河南 平顶山 467000)

**摘要:** 传统的自助信息服务系统 (PDA) 终端平台设备只具有简单的读写功能, 网络互动能力较差, 在文件传输中出现较大的数据流时会造成明显的网络延时; 设计并实现了基于 ZigBee 网络的终端 PDA 平台系统设计; 在平台设计中, 引入了主从 CPU 轮流方式, 分担设备交互中产生的海量数据流, 在外围电路中, 设计了专用的 SD 存储卡, 便于数据移植; 在原有的平台无线传输模块中, 进行了链路升级, 采用分级路由机制, 有效降低数据包的路由延时。并以教学 PDA 为例进行开发与试验, 系统测试表明: 文章设计的自助信息服务系统 PDA 网络下行发送数据在 10 ms 可以完成, 误码率为 0.001%, 上行发送数据成功率高达 99.7%; 证明该系统具有稳定的网络性能与实用性; 具有较高的网络稳定性和很强的实用价值。

**关键词:** 课堂终端; ZigBee; 主从 CPU; 链路升级

## Low Latency Interactive Self-help Information Query Platform Design

Yang Zhaofeng, Shi Hesheng, Fan Aiwan

(Software Engineering School, Pingdingshan University, Pingdingshan 467000, China)

**Abstract:** Traditional classroom teaching equipment has a simple to read and write function, network interactive ability is poorer, because the larger data in the file transfer flow cause apparent network latency, in this paper, a class terminal PDA system based on ZigBee network, designed the master-slave CPU work by turns, optimize share the data flow in the classroom interaction, based on ZigBee technology to realize the terminal equipment of the wireless connection, in the peripheral circuit design the dedicated SD memory card, is advantageous for the data migration, wireless transmission module in the original link upgrades in the ZigBee network protocol, uses hierarchical routing mechanism, reduce the packet routing delays. PDA network in different area of the classroom teaching experiments downward to send data can be completed in 10 milliseconds and bit error rate is 0.001%, ascending to send data 99.7% success rate. It proved that the system has a stable network performance and practicality.

**Keywords:** classroom terminal; ZigBee; master-slave CPU; link to upgrade

### 0 引言

嵌入式技术是将先进的计算机技术、微电子技术相结合的产物, 近些年来快速发展已经广泛应用在国防技术、数字家庭、汽车工业医学科技等各行各业。嵌入式系统集成了一般体积较小、功耗较低、集成度较高具有计算机式的快速计算速度<sup>[1-3]</sup>。嵌入式技术的快速发展也为各种 PDA 式的发展提供动力。近些年, 我国的终端 PDA 研制技术在各大高校与科研院所的推动下出现了很多优秀的研究成果。这些终端系统被广泛使用在了各个阶段的教学与试验中。各大厂商也相继推出了自己的具有各种用途的学习终端 PDA, 这些终端设备可以提供具有与计算机相同功能的学习效果, 方便了信息获取, 大大降低了成本。但是这些 PDA 终端不具备计算机联网的功能, 无法进行学习互动, 计算机网络技术的快速发展使得计算机技术与教育教学结合形成使用方便、网络稳定的终端 PDA 成为研究热点<sup>[4-6]</sup>。

### 1 PDA 网络系统总体架构

本文设计的具有联网功能的 PDA 终端不仅具有传统的单机学习的功能, 还可以在 ZigBee 网络支持下网络化, 系统形成后具有液晶显示与键盘输入功能, 具有 FAT16 文件系统的管理能力, 最多可以实现 100 个 PDA 终端在无码率要求下与主节点进行数据通信。系统包括: 移动终端 PDA 收发模块、

数据安全监控模块、ZigBee 无线网络通信模块、GPRS 传输模块、PC 机端服务器模块, 设计框图如图 1 所示。

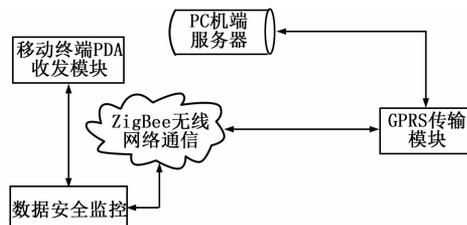


图 1 PDA 网络系统总体结构图

图 1 中, 移动终端 PDA 发送查询信息, 数据安全监控模块对信息与周围环境进行监测, 监测安全后, 传递给 ZigBee 无线网络通信, 经由 GPRS 模块传到 PC 端服务器进行数据查询, 查询结果由 GPRS 传输到 ZigBee 网络, 经数据安全监控模块检测后回传给移动终端 PDA 显示结果。

### 2 嵌入式 PDA 终端系统硬件设计

终端 PDA 的数据经过两片 AT89C52 单片机组成的主从处理器进行数据处理, 处理器与显示器与键盘通过总线连接, 处理器的数据通过通信串口与 ZigBee 无线通信模块进行连接后, 收发模块将数据进行无线发送。ZigBee 网络协议主要通过 CC2430 芯片承载, 这种芯片具有成熟的协议栈的支撑能力, 并且成本较低适合在校园中大范围的推广, 另外芯片还具有强大的系统扩展能力, 只需要较少的外围电路既可以实现芯片的支撑使用。系统的设计主要分为无线模块与终端模块构成, 系统通过总线技术实现数据在终端系统内的传输, 通过串口进行

收稿日期: 2014-02-26; 修回日期: 2014-03-27。

作者简介: 杨照峰 (1978-), 男, 河南襄城人, 讲师, 硕士, 主要从事计算机技术应用及网络安全方向的研究。

无线模块与主处理器间的通信。

### 2.1 PDA 终端收发模块的硬件设计

本文的 PDA 终端设计中各个模块外围功能电路进行了全面的设计, 使用主从 CPU 的架构方式构造处理器模块, 设计了可以对终端进行固件升级的 USB 方式, 设计与 PC 机数据通信的 CC2430 支持串口 UART 协议。主 CPU 通过总线连接到系统的液晶显示屏上, 通过串口进行数据通信, 从 CPU 模块承担着电压转换与键盘控制等功能。存储单元包括 Flash 芯片存储方式与 SD 卡存储方式通过 SPI 总线交换数据, 为了方便学生能够对自己的学习信息携带与课后处理, 系统采用了 SD 卡存储器的数据存储模式, SD 卡内部集成了 MLC 与 NAND 技术, 通过接口与专门的驱动器进行相连, 具有断电保护的功能, 具有 SPI 模式、1 位 SD 与 4 位 SD 三中传输模式, 图 2 是本系统的存储单元设计电路图。

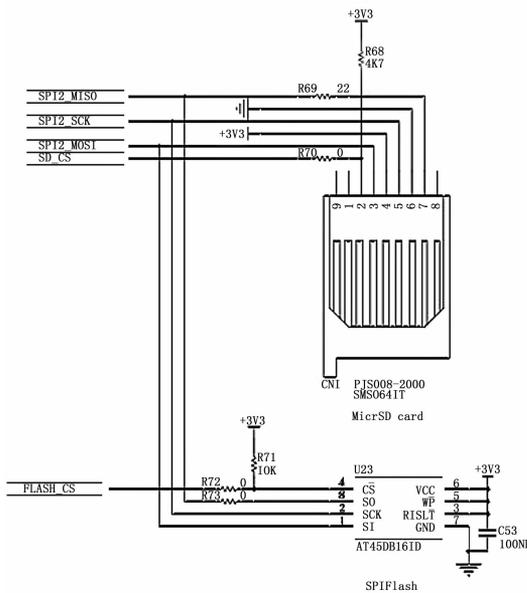


图 2 存储单元硬件设计电路图

PDA 终端可靠性是硬件设计的重要考虑指标, 为了方式在元器件失效与其他情况导致接口短路, 本文在 SPI 接口中加入了 SPI 限流电阻。系统的外围功能扩展使用了 USB 接口进行设备, USB 设备分为 HOST 设备与 DEVICE 设备, 系统进入运行后通过控制键进入 USB 的引导固件中。

### 2.2 ZigBee 无线网络通信模块的硬件设计

本系统的无线网络通信模块采用了 CC2430 ZigBee 协议栈, Chipcon 公司生产的 Zigbee 管理芯片 CC2430, 这是一款最为常用的无线传感网络管理芯片, 芯片具有强大的内部实现能力, 只需要很简单的外围电路就可以进行芯片的管理, 电能的损耗较低适合大范围的校园教学的实现。因为在 CC2591 芯片内部集成了 RF 匹配网络, 本文将两种芯片进行组合扩展设计出如图 3 的无线通信电路图。

图 3 中的 R1 与 R2 为两个偏置电阻, 分别保证晶振中的合适的工作电流与电流的参考发生器。主控芯片的主时钟电路经过 XTAL1 与两个负载电容 C14、C15 提供, 各个定时器都工作在该时钟中, 时钟的控制通过 CLKCON 实现。内部的 RC 振荡器也可以产生时钟, CC2591 的 EN 引脚、HGM 引脚、经过单片机的控制后接入到 CC2430 的闲置 I/O 口, 通过控制这些接口的电平来控制 CC2591 的接收模式。

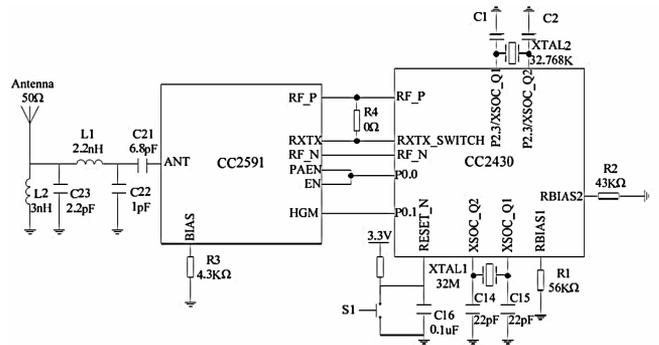


图 3 无线通信电路的硬件设计

电源模块是保证终端系统运行性能稳定的重要手段, 电源设计中加入了 LMN117 对直流的电流进行转换, 消除外部的干扰。

在电源与地间接入了一个二极管 D5 保证电源的供电稳定。计算机串口处理的电平是 RS-232。

## 3 软件设计

### 3.1 PDA 终端收发模块的软件设计

PDA 终端收发模块的软件是保证系统稳定运行的重要部分, 基于 ZigBee 网络的系统终端 PDA 软是基于实时操作系统 UCOS-II 平台进行, 设计分为硬件驱动, 操作系统、应用模块 3 个部分。

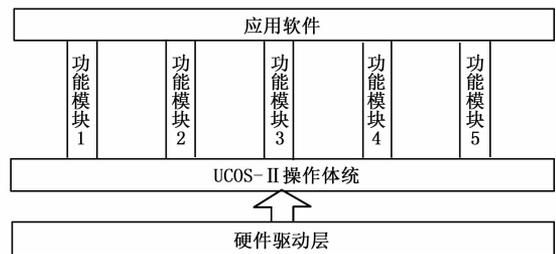


图 4 终端模块软件设计

硬件驱动层是介于硬件与应用层的程序, 该层设计时将固定格式数据发送给上层的操作系统其余各层, 保证硬件电路与芯片的运行稳定。设计了 USB 设备、串口电路、控制芯片等硬件的驱动程序函数接口。操作系统层采用了实时操作系统 UCOS-II, 这种操作系统可以移植到不同的 CPU 芯片结构中, 可以运行在 8 位到 64 位的系统结构中, 因为在本系统中存储资源与 CPU 资源有限, 使用这种操作系统是最为适当的, 内核程序较少, 占用 CPU 的资源较少可以有效进行升级。功能模块层承载系统运行程序的模块封装, 通过面向对象的设计语言实现结构上的语义描述, 通讯接口等功能。应用程序的软件设计保证软件的开发简单不需要直接访问硬件, 直接对 UCOS-II 操作系统的接口函数进行数据通信开发应用软件, 应用程序中除了基本的单机学习的功能外, 还依托无线网络加入了很多无线应用功能, 比如无线考试、无线考勤、无线提问等功能, 表 1 是部分应用程序的编码表。

### 3.2 数据安全监控模块软件设计

在网络 PDA 系统中, 数据安全监控模块占有很重要的位置。它能对所有数据进行过滤, 监测网络环境的状况, 该软件以 Visual C++ 6.0 为开发平台。在 VC++ 中进行数据库操作, 例如 ADO 类, 添加打开和关闭数据库连接的函数等, 从而实现对数据库的访问、修改等操作以及打印报表等; 使用 Mscomm 控件设计串口通信, 当接受数据或出现故障时, 触

发 OnComm 事件中根据 CommEvent 的值来判断是正确接收还是出现故障,对接收正确的数据进行检验、拆分、转换、过滤

表 1 应用程序信息数据表

字段名称	编码类型	大小
发习题	ID	int4
发考卷	nodv	int4
成绩提交	nodC	int4
成绩公布	nodM	int4
无线举手	nodL	int4
无线考勤 time	datetime	8
报警值	value	int4
密码设置 time	datetime	8

等处理。数据安全监控模块软件设计如图 5 所示。

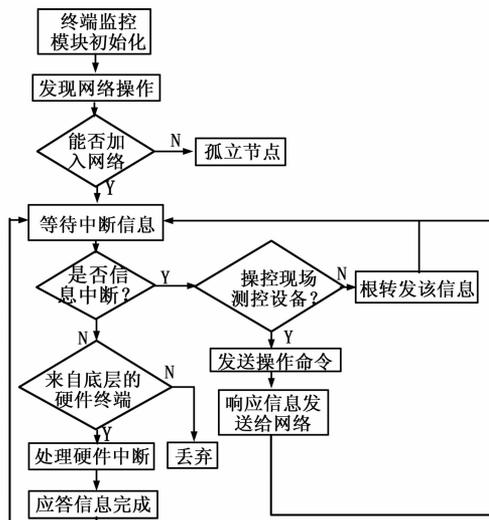


图 5 数据监控模块软件设计图

### 3.3 ZigBee 无线通信模块的软件设计

为了保证教学系统终端网络性能的可靠性和及时性,本文设计系统在链路中控制中进行可靠性升级,原始的 ZigBee 网络无法保证所有的节点都有可靠的连接性,本文利用分层的思想将教师的主节点作为协调器,负责教学过程中网络的建立,设置多个二级路由节点,二级路由节点下分别设计三级路由节点与终端使用节点的网络链路工作方式。

设计时在每一个终端节点在准备加入与离开网络时,网络中的其余节点通过网络拓扑得知该消息,在二级路由因为网络拥塞数据较多时,通过子节点存储的父节点的数据路由进行链路规划,父节点每隔一定的时间发送 MAC 命令帧进行子节点的查询。当本节点能加入的节点数目已经到达预设的最大数目,还有其他节点加入网络时需要通过网络对类型节点进行连续检测。经过节点查询链路升级后节点的网络连接延时与误码性能能够都有了有效地提高,适合在教学课堂中的终端 PDA 实现网络化。

## 4 系统测试分析

为了验证本文的终端 PDA 网络系统的性能,分别在不同的面积的教室与教室的不同地点布置终端两种情况下对系统进行测量,在 100 人的容量的教室中设置的二级路由节点为 5 个,60 人容量的教室中二级路由节点的数量为 3 个,小型教室设置的二级路由节点为 1 个。主要的系统应用测试包括数据传输测试、节点的功耗测试,其中节点功耗测试本文对改进的

协议与经典的 ZigBee 协议进行网络耗能对比。表 2 是在不同的人容量下终端节点入网的延时数据表。

表 2 节点入网数据延时表

教室容量	数据方向	延时(ms)	状态
100	上行	6	正确
80	上行	5	正确
60	下行	4.5	正确
50	上行	3	正确
40	下行	3	正确
30	上行	2.7	正确
30 以下	下行	1.0	正确

表 2 记录了在不同的面积下的教室中网络节点入网的延时数据,虽然在一些面积较大的房间中网络数据传输有了一定的延时,但是在系统的允许范围内。

本文使用的网络路由协议与经典的 ZigBEE 网络协议在链路中针对不同的应用程序节点数据通信的路由时间消耗进行时间对比,如图 6 所示。

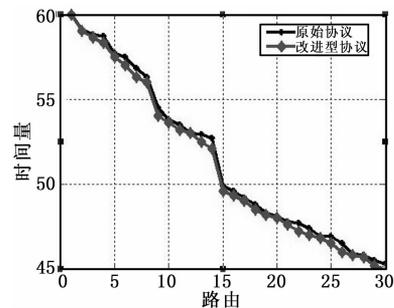


图 6 系统路由对比图

图 6 可见经过本文对无线传感器网络中的节点路由协议进行改进后,节点路由性能有了明显的提高,保证了系统中节点通信的稳定性与准确性。

## 5 结束语

本文针对目前手持式终端 PDA 不能进行联网,交互性差的情况,提出一种基于 ZigBee 技术的终端 PDA 网络平台设计方法。在不同面积与不同数量的课堂教学中进行系统测试,结果表明本文提出的平台设计方法,在向终端节点发送数据时,可在 10 ms 内完成,平台的误码率在上行与下行方向均可以保证在 0.01% 内,经过链路升级后的平台路由消耗在不同的应用程序中平均降低两个跳步,节省了时间,提高了设备交互性。证明该平台具有稳定的网络性能与实用性。

### 参考文献:

- [1] 傅 蓁, 魏顺平. 无线传感器网络教育应用研 [J]. 中国电化教育, 2008, 7 (255): 105-107.
- [2] 王文虎, 李建奇, 彭光林. 一种网络化的实验教学监测终端设计 [J]. 计算机测量与控制, 2009, (11): 45-48.
- [3] 刘豫钧. 应用无线局域网技术构建高度交互的教室环境 [D]. 西安: 陕西师范大学, 2005.
- [4] 姜 博. 基于 PDA 的嵌入式无线通信系统设计与实现 [D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2007.
- [5] 王瑞荣, 陈 碧. 低功耗自组织无线传感器网络 [J]. 计算机测量与控制, 2005, 22 (7): 58-61.
- [6] 高立丽. 网络风险评估技术中马尔科夫链的应用研究 [J]. 科技通报, 2013, (8): 38-40