

文章编号: 2096-1618(2018)06-0661-06

# 基于 ZigBee 技术的交互式智能教学反馈系统设计

苏鲁阳<sup>1</sup>, 陈子为<sup>1,2</sup>, 陈科<sup>1</sup>, 赵海宏<sup>1</sup>

(1. 成都信息工程大学电子工程学院, 四川 成都 610225; 2. 成都信息工程大学信号处理实验室, 四川 成都 610225)

**摘要:**针对当前课堂应答系统与课堂考勤系统彼此分离, 未实现有效的整合, 以及这两套系统在教学使用中存在的问题与缺点, 提出一种集智能考勤系统与智能应答(投票)系统于一体的交互式智能教学反馈系统。系统基于 ZigBee 技术和指纹识别技术, 通过便携式无线指纹识别终端实现自动签到, 通过智能应答终端实现课堂上师生的互动, 通过 ZigBee 网络实现无线传输, 通过上位机统计结果, 并将考勤信息、回答问题情况上传到远端云平台。实现自动签到、顺序点名、随机点名、回答问题、投票等功能。测试结果表明, 系统具有功能完善、使用方便、功耗低等优点, 满足交互式课堂的各种需求, 明显提高了授课效果。

**关键词:**课堂应答系统; 考勤系统; ZigBee; 指纹识别

**中图分类号:** TP274+.2

**文献标志码:** A

**doi:** 10.16836/j.cnki.jcuit.2018.06.011

## 0 引言

交互式教学反馈系统即课堂应答系统(classroom response system, CRS 或 Clicker), 是近年从国外引进的用来改进课堂教学质量的教学设备之一。在对现代化教育设备的研究过程中, 发现在普通的课堂上师生交互较少, 教师很难把握学生的认知程度。无论教师怎样去改变教学方法, 大多数学生都没自主地加入学习知识的队伍中, 不去思考课堂问题、回答问题<sup>[1]</sup>。同时, 课堂点名(签到)作为高校课堂教学管理的有效手段, 对人数较多的课堂, 逐一点名却占据了有效的教学时间。如何实现无误差、效率高的课堂点名, 并且让大多数学生能真正参与课堂教学活动成为中国高校老师面临的现实问题。

随着科学技术的飞速发展, 各类现代化的设备层出不穷, 互联网、物联网高速普及, 都为教学设备提供理论和实践的基础。唐明伟等<sup>[2]</sup>利用 USB 短信猫, 通过短信在课堂上实现考勤, 存在成本高、安装困难、功能单一的缺点。谢明华等<sup>[3]</sup>提出的基于 OpenCV 的视频签到系统, 可以通过采集每个人的面部信息, 进行存储与比对, 但是误差率非常高。贺甘芹等<sup>[4]</sup>基于 APP Inventor 构建了 GPS 课堂签到系统, 运用 GPS 定位技术, 使用定位产生位置信息来完成学生签到, 由于受教室位置等因素影响, 导致信号差, 实现的考勤效果不理想。林信川等<sup>[5]</sup>通过搭建 iBeacon 基站完成室内精确定位, 通过学号或手机号登录 APP 完成自动签到, 为

高校课堂自动点名提供了一种新的思路, 但是当多个 iBeacon 基站同时工作时容易相互影响, 导致系统功能紊乱。朱贵宝<sup>[6]</sup>设计了基于 APP 的课堂教学效果反馈系统, 以方便快捷的方式, 辅助教师在课堂教学后将知识点和技能项及时发布给学生, 但不能课堂实时交互和测试, 教学效果并不理想; Sung 等<sup>[7]</sup>设计了基于智能设备的交互课堂系统 SD-CRS, 采用 WiFi 或 3G 进行数据传输, 利用 CRS 服务器收集学生的课堂响应数据并及时通过投影仪反馈给学生。

目前, 课堂应答系统与课堂点名(考勤)系统是两个不同的系统, 需要两套不同的设备, 未实现有效的整合。此外, 先前的系统各方面功能不完善, 存在一定缺陷。例如由于使用专用无线网络, 当多个相邻课堂在同时使用该系统时会出现信号干扰情况; 未实现学生答题反应时间记录、数据统计、云端查询等功能; 系统的功耗高、辐射强、安全性不高; 未实现对学生的课堂表现的数据分析, 容易代替签到。设计的系统能满足交互式课堂的各种需求, 提高授课效果。

## 1 系统整体设计

交互式智能教学反馈系统主要分为 5 大模块, 即教师端操作软件、智能应答终端、无线考勤终端、云平台 and APP 设计。老师进入教室后, 可以登录教师端操作软件, 选择课程和班级。学生进入教室后, 可以登录智能应答终端, 实现与自己的学号绑定, 然后可以使用无线考勤终端进行签到。开始上课后, 教师可以通过投影仪将问题展现给学生, 学生可以通过智能应答终

端回答问题,还可以设置回答问题的时间。另外,还有随机提问、抽问、固定抽问、投票、分组、布置作业、下载课堂数据、上传文件等功能。在此期间产生的数据都会同步到云平台,云平台分析和处理后,会同步到学生的 APP 端。在课下,学生可以使用 APP 端查看个人的课堂表现、课表、下载 PPT、上传作业、校历、学习日程安排等功能,系统工作结构示意图如图 1 所示。

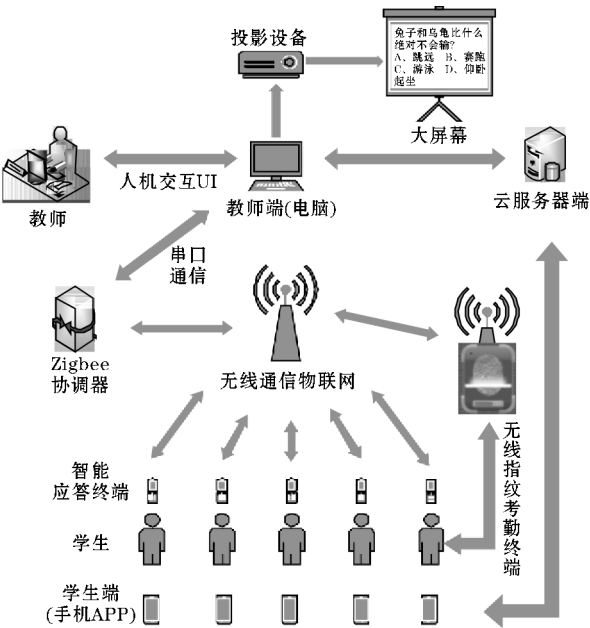


图1 系统工作结构示意图

图 1 中无线通信物联网采用 ZigBee 局域网。建立在 IEEE 802.15.4 标准上的 ZigBee 局域网技术是一个低速率的无线局域网络技术,使用国际通用免版权频段(2.4 GHz),提供 16 个频率通道,具有 Mesh Network 网络层提供的自组织、自路由、自冗余、自恢复功能。这种网络架构称为无线局域网络,且对网络连接内部的设备的数量没有绝对限制,协调器始终工作在监听下,能够迅速发现网络连接中新加入进来的终端网络节点。ZigBee 网络技术主要用于短距离、数据量不大的无线局域网连接,具有 20 ~ 250 Kbps 的传输速率。

2 系统硬件设计

2.1 硬件电路构成

交互式智能教学反馈系统的基本组成主要分为物理层、网络层和应用层。最底层就是物理层,使用 CC2530 芯片为单片机处理器,功能上分为协调器、路由器和终端设备 3 种。由这 3 种类型设备组成 ZigBee 网络。硬件电路结构图如图 2 所示。其中协调器的硬件电路和路由器的硬件电路比较相似,主要包括电源

电路、CC2530 最小系统、RF 射频模块、串口通信电路、OLED 显示模块等。ZigBee 终端设备分为智能应答终端和指纹考勤终端两种类型。在 ZigBee 路由器硬件电路基础上智能应答终端增加了键盘扫描电路,指纹考勤终端增加了指纹识别电路。终端设备均采用锂电池供电。

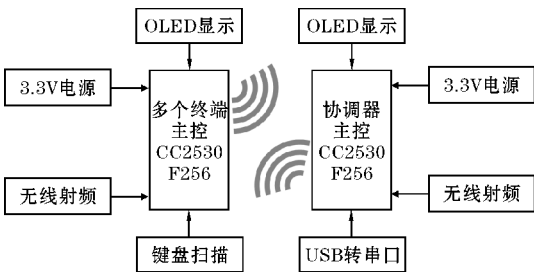


图2 ZigBee 协调器和终端硬件电路结构图

2.2 指纹考勤终端

指纹考勤终端的控制核心采用了意法半导体的 STM32F103 系列的微处理器。在考勤模块中,STM32 处理器通过串口与指纹识别模块和 ZigBee 模块进行通讯,其周围还包括按键电路、带触摸功能的显示屏、蜂鸣器和 LED 电路、直流电源模块。其中指纹识别处理器采用的是 FPM10A 微处理器,整个系统由指纹传感器、DSP 处理器模块和闪存芯片组成,具有指识别与存储的功能。指纹考勤终端上的 CC2530 模块担任的是路由器功能。硬件电路模块图如图 3 所示。

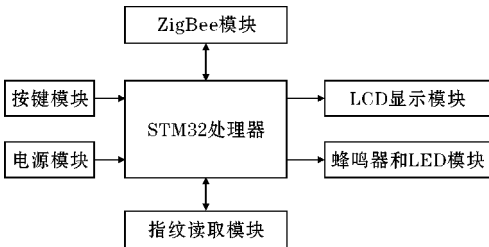


图3 指纹考勤终端硬件电路模块图

2.3 ZigBee 通信电路

ZigBee 通信电路采用 TI 公司推出的 CC2530 处理器。CC2530 微处理器集成了高性能的 8051 单片机和 2.4 GHz 的射频电路模块,并且具有 256 KB 可重复擦写的 FLASH,8 KB RAM 等功能。不需要过多复杂的电路,只要外接简单的电路,就能实现信号的收发功能。该芯片能够处理复杂的事件,运行与不同的模式,功耗非常低。

ZigBee 无线通信网络有非常厉害的组网能力,其主要星型、树型以及网状结构网络拓扑结构。由于系统的设计网络通信方式为一对多、多对一的模式,所

以采取的通信方式为终端对协调器,也就是 ZigBee 采用星型网络。终端设备间如需要进行通信,则通信数据需要协调器或者路由器进行转发。这种拓扑结构具有维护管理容易、重新配置灵活、故障隔离和检测容易等等优势。终端节点能够自动加入局域网络,并且可以与协调器进行信息的交互,星型拓扑结构中一个终端节点出现问题不会影响整个网络的工作,在系统出现问题时能够在短时间内找到问题所在,便于管理者维护系统。

2.4 按键模块

智能应答终端的按键模块主要由功能按键模块和矩阵按键模块两部分组成。其中功能按键模块部分主要包含电路的复位按键、掉电保护按键和重启按键。复位按键主要是为了防止系统异常而设定的系统手动复位,掉电保护按键是防止模块突然间断电导致登录

信息丢失,重启按键是为了使得登录信息失效时重启。按键一共由 4×4 个,包含键 0 到 9,键“\*”为退格键,键“#”为选定键,另外还有 A、B、C、D 4 个选项键。

2.5 OLED 显示模块

智能应答终端的显示采用 OLED 显示屏,分辨率为 128×64,采用四线 SPI 接口,2.2~5.5 V 供电电压和 IO 驱动电压。采用的 SPI 接口比 IIC 接口速度快 5 倍,功耗很低。

3 应用层通信协议设计

3.1 应用层数据帧格式

在应用层的通信协议设计中,系统制定了适合基本设置和上下通信的数据帧格式,如表 1 所示。

表 1 应用层通信协议通用格式							
	帧头	信道号	组号	设备号	命令	数据	帧尾
字节数	2	1	1	1	1	1+N	1
取值范围	0x55 0x77	0x0B~0x1A	0x01~0xFE	0x00~0xFF	0x01~0xFF		0x88 0x99

帧头(Frame Start)和帧尾(Frame End):协议使用的帧头是 0x55 0x77,帧尾是 0x88 0x99,用来识别帧数据的帧开始和帧结束。

信道号(Channel ID):总的信道号有 16 个,从 11 号到 26 号,默认的是 11 号,即 0x0B。使用不同的信道可以减少信号在不同的系统之间的相互影响。

组号(Group ID):用来划分小组的,主要应用于需要集体分组讨论的课堂活动上。组号可以是 0x01 到 0xFE,默认组号是 0x01。

设备号(Device ID):用来标识当前这个设备。每个设备的设备号具有唯一性,可以与学生的信号等信息进行绑定。

命令(Command):用来确定当前帧的作用,例如 0x01 表示开机初始化;0x11~0x16 是上位机传达的命令,即 0x11 表示电池电量不足,0x12 表示设置信道号,0x13 设置组号,0x14 表示设置设备号,0x15 表示回答问题命令,0x16 表示设置回答问题所需时间;0x21 表示学生回答单选题,0x22 表示回答多选题;0x30 表示指纹识别结果。终端设备接收到上位机的信息后,进行解析,然后按照解析的命令执行不同的程序。

数据(Data):数据字是命令的参数值或终端设备的状态值或发送给上位机的应答数据,包含 1~N 字节,不同的操作命令其字节数不同。

基本设置过程是给所有设备上电,然后设备初始

化,接着开始组网;组网完成后,向上位机发送自身的信息,然后,上位机软件发出设置的命令;最后是终端设备可以正常进行通信工作了。

3.2 应答数据帧定义

应答功能就是响应教师提出的问题,学生将题目编号和个人答案先后发送出去。该数据帧定义是,命令是 0x21,数据是题目编号和个人作答。题号使用的是 ASCII 码 0x30~0x39,分别表示数字 0 至 9,答案也是使用的 ASCII 码 0x41、0x42、0x43、0x44,分别表示‘A’、‘B’、‘C’、‘D’。例如发送 0x21、0x32、0x43 就表示回答“第 2 题选择 C”,这样就可以完成应答功能。若是对于多项选择题目,则采用连续发送多个答案的方式,其命令字是 0x22,数据字是答案和结束符号。例如发送 0x22、0x03、0x31、0x42、0x43 就表示回答“第 1 题选择 B、C”。

4 系统软件设计

4.1 Z-stack 操作系统

由于 Z-stack 结合了 OSAL 操作系统,因此系统在 main 函数的运行中,主函数主要完成了两件事:一个是系统及各个模块的初始化;另一个就是通过设定不



同任务的 Task ID 的值使得任务优先级存在高低之分,从而对操作系统中的任务执行进行先后的顺序排列,依次运行,并且整个系统是循环执行,这样一种轮询机制不仅极大地降级系统的功耗,还提高了整个系统的效率<sup>[8]</sup>。

4.2 协调器软件设计

如图 4 所示,协调器上电并完成一系列协议栈所必需的操作后,进入应用层,并开始循环处理系统运行过程中的数据和指令。具体而言,协调器在完成应用层相应模块的初始化工作(如蜂鸣器、显示屏、串口等)之后,协调器进入应用层处理函数中,进行触发事件的判定,从而完成串口接收、按键处理、无线数据接收等事件,以此来完成智能应答的所有操作。

另外,协调器搭建起整个网络。每一个教室都将设置一个协调器,用以搭建不同的网络,上位机通过云端下载班级的上课信息,可以发送指令,让教室内的所有节点的网络 ID 在上课时切换成他们将要加入的网络 ID,即 PANID。这样能避免教室之间可能出现的串网问题<sup>[9]</sup>。

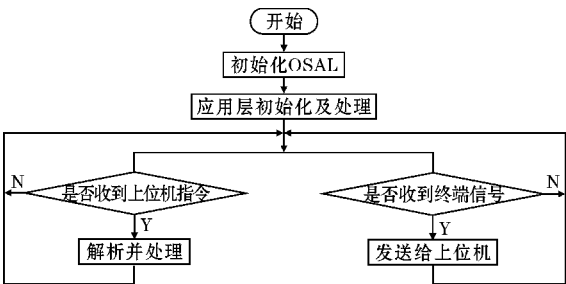


图 4 协调器软件流程

4.3 路由器软件设计

如图 5 所示,路由器在上电以后,对协议栈所必需的初始化工作与协调器类似。只是在处理应用层时,路由器只会通过串口接收来自 STM32 的指纹识别信号,并且及时地发送给协调器。并没有那么多的流程和处理事件。

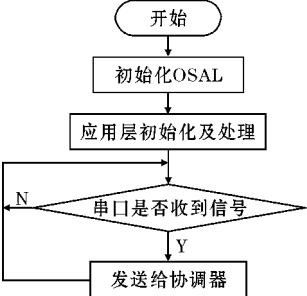


图 5 路由器软件流程

4.4 终端节点软件设计

如图 6 所示,终端节点上电并完成必需的初始化工作后,将进行状态判定。如果之前登录过,可以马上进行恢复;若没有登录过,那么就进行正常的登录过程。当学生输入自己的学号之后,节点会向协调器发送请求登录信号,然后协调器向上位机进行比对确认。上位机软件进行分析比对之后,向该节点发送登录响应。返回正确的响应命令后,终端设备登录成功,出现答题页面。

在答题界面,节点会收到来自上位机的答题信号、分组信息、倒计时信号等等。多数信息将在显示屏上进行显示,用户可以通过按键进行交互应答,实现整个智能应答系统的完整流程。

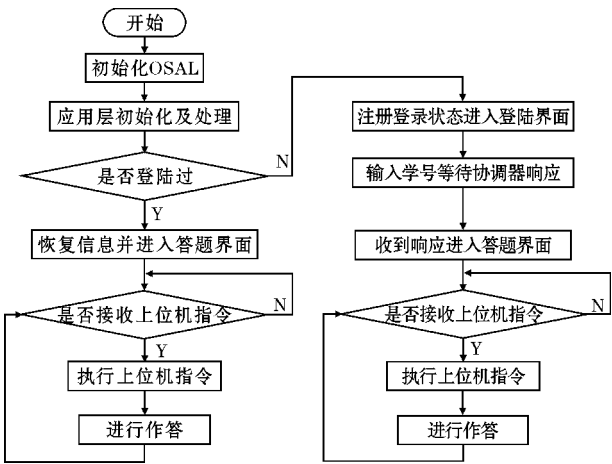


图 6 终端节点软件流程

4.5 上位机软件设计

系统的上位机采用 C#的 Windows 窗体进行设计。上位机系统框图如图 7 所示。首先软件进行初始化,然后使用“System. Net”程序进行与云端的连接,进行数据交互。然后使用 C#控件进行登录界面的设计。

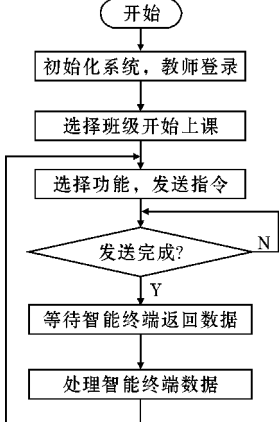


图 7 上位机系统框图

接着调用“SerialPort”组件进行串口设置,与下位机 (ZigBee 协调器) 进行数据交互。然后通过上位机向终端设备进行指令发送。最后对终端设备返回的数据进行整理与分析,传送到不同的函数去执行。

## 5 系统测试和结果分析

### 5.1 系统测试

#### 5.1.1 组网测试

组网测试主要检测智能应答终端与上位机软件的



通讯是否正常,它的通讯是通过协调器和路由器组成的无线网络将各个终端连在一起。当智能应答终端连接不上网络时会显示等待连接界面。当智能应答终端连接上了网络后显示的是登录界面。

#### 5.1.2 功能测试

签到:测试应在指纹考勤终端上进行,考勤信息会实时存储在上位机及云平台上。签到准确率取决于指纹识别模块,经测试系统签到准确率可达到99.8%。

提问功能:如图 8 所示,当老师点击了提问按钮时,学生可以在智能应答终端上输入自己的答案,按下发送键后上位机就会显示学生的答案并给出统计结果。

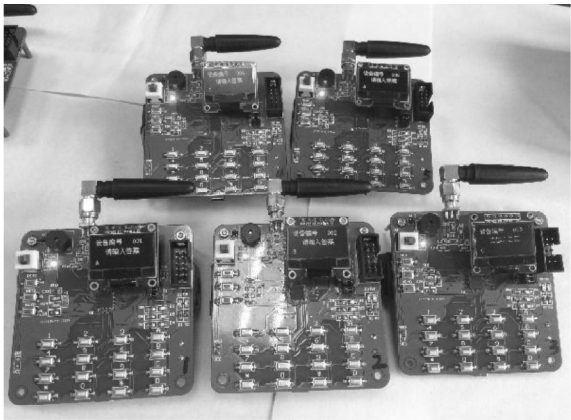


图 8 回答问题界面

抽问功能:分为随机抽问和固定抽问,当老师点击了随机抽问时,智能应答终端中只有一人选中,并给出作答提示,作答提示是蜂鸣器进行不同节奏的响声和 LED 灯亮灭。固定抽问是老师指定某个学生回答问题,只需将学生学号输入后点击抽问即可。

投票功能:当老师点击了投票功能,可以设置投票的选项,比如 3 个,那么同学们只能选择投 A、B 或 C,投完后将投票结果显示在上位机上。

随机分组功能:老师点击分组功能,可以输入小组人数,点击确认后,小组就随机分好了。

抢答功能:当老师点击抢答功能时,同学们都可以作答问题,但是只有最快发出答案的同学才会显示在上位机上,即抢答到题目。

### 5.2 结果分析

经过以上测试可知,交互式智能教学反馈系统很好的实现了考勤签到、顺序点名、随机点名、提问、抽问、抢答、分组讨论、投票等功能,并且操作简便。在室内使用时,智能终端与协调器之间的距离在40 m内时信号很稳定。由于教室的长度一般都在40 m以内,因此系统满足课堂教学应用场景对通信距离的要求。即使个别房间超过40 m,也可以通过路由中继的方式实

现中、远距离的无线传输。由于 ZigBee 具有快速自组网的特点,因而系统也可以随时增减终端用户,而不影响系统的正常运行。

系统的指纹考勤终端的识别率达到 99.8%,准确率高,识别速度快,满足课堂考勤的需求。由于采用了考勤终端相互传递的流动性考勤方式,避免了固定式考勤的时间地点相对集中而造成拥挤、秩序混乱、考勤效率不高的弊端。

## 6 结束语

随着科学技术的飞速发展,各类现代化的设备层出不穷,互联网、物联网高速普及,都为教学设备提供了理论和实践的基础。文中创新性地将智能考勤系统与智能应答(投票)系统融入一体,提出一种将 ZigBee 技术及指纹识别技术应用于课堂互动教学的方案,并设计了基于此方案的交互式智能教学反馈系统。系统采用模块化设计,实现了自动签到、顺序点名、随机点名、回答问题、分组讨论、投票、学生错题分布、学生讨论结果分布等功能,具有交互功能完善、布局灵活、使用简便、功耗低、体积小等优点。通过对师生的现场观察和个别访谈,系统能够满足课堂即时互动的需求,有

助于活跃课堂气氛,丰富组织课堂教学活动的形式,显著提高了教学效果,可实现对传统教学反馈系统的升级与替换。

提出的交互式教学反馈系统,涉及电路设计、C# 软件设计、ZigBee 组网设计、指纹识别算法、移动端 APP 开发等。难点在于硬件的电路设计与调试、智能终端的组网测试与调试、协调器与教师端软件的调试等。目前,系统实现了预定的基本功能,可以在教室里使用。但是,还存在用户体验不理想、云端数据处理产品过少、云端同步功能不完善等问题,将通过搜集用户的反馈信息来调整和完善代码、增添云端数据处理产品,这也是下一阶段的研究重点。

## 参考文献:

- [1] 蔡天芳. Clicker 在创建互动课堂和研究性教学的应用[J]. 中国教育信息化,2009(15):121-124.
- [2] 唐明伟,庄玉良,蒋勋,等. 基于短信猫的课堂自动点名系统[J]. 现代教育技术,2013,23(10):115-120.

- [3] 谢明华,刘辉,王新辉. 基于 OpenCV 的实验室视频签到系统的设计[J]. 计算机与现代化,2010(3):78-80.
- [4] 贺甘芹,卢国庆. 基于 APP Inventor 的 GPS 课堂点名应用系统设计与实现[J]. 中国教育信息化,2016(8):87-89.
- [5] 林信川,游贵荣. 基于 iBeacon 的课堂自动考勤系统设计与实现[J]. 重庆科技学院学报(自然科学版),2017,19(1):97-100.
- [6] 朱贵宝. 基于 APP 的课堂教学效果及时反馈系统的设计与应用[J]. 教育现代化,2016,26(40):242-243.
- [7] Sung T W, Yang C S, Wu T T. Using Personal Smart Devices as User Clients in a Classroom Response System[J]. Lecture Notes in Electrical Engineering,2014,260:291-297.
- [8] 章浩. 交互式教学反馈系统 Clicker 的设计与实现[D]. 武汉:华中师范大学,2012:29-34.
- [9] 杨兴龙. 多人实时应答系统及其应用研究[D]. 南京:东南大学,2014:20-22.

## Design of Interactive Intelligent Teaching Feedback System based on ZigBee Technology

SU Lu-yang<sup>1</sup>, CHEN Zi-wei<sup>1,2</sup>, CHEN Ke<sup>1</sup>, ZHAO Hai-hong<sup>1</sup>

(1. College of Electronic Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. Digital Signal Processing Laboratory, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

**Abstract:** In order to solve the existing problem that the classroom response system and classroom attendance system are separate, an interactive and intelligent teaching feedback system with intelligent attendance and intelligent response (voting) is proposed in this paper. The ZigBee technology and fingerprint identification technology are used in the system. The portable wireless fingerprint identification terminals are used to complete attendance. The responding terminals are used to implement teacher-student interactions, and the ZigBee networks are used for wireless transmission. Moreover, an upper computer software is used to collect information of attendance and responding, and then the information is uploaded to the cloud platform. The functions of this system include automatic check-in, sequential name, random name, answering questions and voting. The test results show that the system has the advantages of complete functions, convenient use, lower power consumption, etc. It satisfies the various needs of the interactive classroom and it can obviously improve the teaching effect.

**Keywords:** classroom response system; attendance system; ZigBee; finger printing