基于ZigBee技术的大型设备检测装置的设计

张燕灵 黎思齐 樊婧琦 吴 昊 祁 祺 吕金芬 宗成阁
（哈尔滨工业大学电子信息工程学院，哈尔滨 150001）

摘要：利用ZigBee技术的短程无线通讯功能，设计了一套检测装置，用于大型设备的安装、调试和检测。结果表明，本套装置能够实现大型设备检测过程中的信息无线传输、远程记录和信息显示，最远距离可达100m，为大型设备提供了一种低成本、便捷的检测方法。

关键词：ZigBee技术；信息传输；无线通讯；设备检测

ZigBee-based Design of Inspection Unit for Large Equipment

Zhang Yanling Li Siqi Fan Jingqi Wu Hao Qi Qi Lv Jinfen Zong Chengge
（School of Electronics Information Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001）

Abstract：Taking advantage of short-range wireless communication of ZigBee technology, an inspection unit is designed. As the experiments shows, the unit can be used for wireless transmission of information, remote recording and data display in large equipment inspection. The maximum distance is 100m. An economic and convenient method to inspect large equipment is developed therefore.

Key words：ZigBee technology；information transmission；wireless communication；equipment inspection

1 引言

近年来，无线通讯技术发展异常迅速，从早期的电报、电话等通讯工具，到数字电话、可视电话、手机、网络通讯等先进技术的应用，在航空航天、电子科技、信息科学等各领域都产生了很好的效果，提高了工作效率和质量，创造了巨大的经济效益和社会效益。ZigBee是一种短距离、低功耗的无线通信技术，主要用于近距离无线连接，以多跳接力的方式实现无线通信。研究人员基于ZigBee技术进行了大量的应用研究，现已广泛应用于公共交通调度系统、宾馆餐厅服务、指纹考勤等场合[1~4]。本文利用ZigBee技术设计了一套无线信息传输装置，在大型设备安装、调试和检测过程中，以无线传输的方式将检测结果传递给信号接收终端，为大型设备检测提供一种低成本、便捷的信息传输工具。

2 ZigBee技术简介[5, 6]

2.1 低能耗

低能耗是ZigBee的突出优势。通常ZigBee节点所承载的应用数据速率都比较低，在不需要通信时，节点可以进入能耗很低的休眠状态，此时能耗只有正常工作状态下的千分之一。由于一般情况下，休眠时间占总运行时间的大部分，因此，ZigBee可以达到很高的节能效果。在待机模式下，2节5号干电池可支持1个节点工作6至24个月，相比较，Bluetooth能工作1至2个月，WiFi只能工作数小时。

2.2 低成本

通过大幅简化协议，降低了对通信控制器的要求，按预测分析，以8051的8位微控制器测算，全功能的主节点需要32kb代码，子功能节点少至4kb代码，而且ZigBee免协议专利费。这样每块芯片的价格仅2美元左右。

2.3 低速率

ZigBee工作在20～250kbps的较低速率，分别提供250kbps（2.4GHz）、40kbps（915MHz）和20kbps

作者简介：张燕灵（1989-），本科，电子信息工程专业；研究方向：电子信息技术。
基金项目：哈尔滨工业大学大学生创新性实验课题
收稿日期：2011-02-28

（868MHz）的原始数据吞吐率，满足低速率传输数据的应用需求。在 2.4GHz 的频段只有 250kbps，而且只是链路上的速率，除掉帧头开销、信道竞争应答和重传，真正能被应用的速率可能不足 100kbps，并且余下的速率可能被邻近多个节点和同一个节点的多个应用所瓜分，因此不适用于视频，只适用于传感和控制。

2.4 近距离

传输范围一般介于 10～100m 之间，在增加 RF 发射功率后，亦可增加到 1～3km，如果通过路由和节点间通信的接力，传输距离还可以更远。

2.5 短时延

ZigBee 的响应速度较快，一般从睡眠转入工作状态只需 15ms，节点连接进入网络只需 30ms。而 bluetooth 需要 3～10s，WiFi 需要 3s。

2.6 高容量

ZigBee 底层采用直扩技术，因为无需同步且节点加入网络的过程很快，一般可以做到 1s 以内。而 bluetooth 通常需要 3s。ZigBee 可采用星状、片状和网状网络结构，由一个主节点管理若干子节点，最多一个主节点可管理 254 个子节点；同时主节点还可由上一层网络节点管理，最多可组成 65000 个节点的大网，相比较 Bluetooth 每个网络只有 8 个节点。

2.7 高安全

ZigBee 提供了三级安全模式，包括无安全设定、使用接入控制清单（ACL），防止非法获取数据以及采用高级加密标准（AES128）的对称密码，以灵活确定其安全属性。在可靠性方面，ZigBee 以很多层面进行保证。物理层采用了扩频技术，能够在一定程度上抵抗对 MAC 层的干扰；应用层（APS 部分）有应答重传功能；MAC 层的 CSMA 机制使节点发送前先监听信道，可以起到避开干扰的作用。当 ZigBee 网络受到外界干扰，无法正常工作时，整个网络可以动态地切换到另一个工作信道上。

3 ZigBee 技术无线网络技术优势

ZigBee 技术的设计目的和技术特点决定了其最适合应用于要求功耗低、成本低、数据传输速率不高且距离不远的场合。目前，ZigBee 技术已广泛应用于生产、生活众多领域，例如数字家庭、工业控制、环境监测、军事、智能交通等。除 ZigBee 技术外，还存在其他多种短距离无线通信技术，在此，将 ZigBee 技术同这些相关技术的性能进行简单的分析比较。

表 1 给出了 ZigBee 技术与其他三种短距离无线通信技术的比较。不难看出，它们都具有各自的特点，适用于不同的应用场合，它们之间相互竞争、相互补充，谁也不能替代谁，相信它们会取长补短，共同发展，为人们的生活提供更快捷、更便利的通信方式。

表 1 4 种无线通信技术的比较

规范	工作频段	传输速率/Mbps	最大功耗/mW	连接设备数	主要用途
ZigBee	868/915MHz/2.4GHz	0.02/0.04/0.25	3	65535	工业控制、传感器网络
Bluetooth	2.4GHz	1/2/3	100	7	个人网络
RFID	5.8GHz	0.212	10	2	超市、物流管理
802.11g	2.4GHz	54	100	255	无线局域网

从表 1 可以看出，相比其他 3 种无线传输方案，ZigBee 技术功耗更低，支持更多的连接，这更适合用于大型工业设备的装配和检测。

4 大型设备检测系统设计

4.1 硬件设计

4.1.1 检测系统组成

该系统由一个仿真器、若干个发送器及一个接收器组成，如图 1 所示。接收器负责建立和管理网络，与仿真器相连并通过串口连接 PC 机来保存和显示相应的信息。

每一个工作人员手持 1 个发送器进入大型设备中，不同的发送器拥有不同的 2 个识别码，当有一个人按下发送器的按键以后，对应的合格与不合格的识别码被发射出去，然后等待接收端响应，等到接收器发来的回应后就可以继续下一个位置的检测了。接收器收到识别码后，根据识别码鉴定出合格或者不合格信息是由哪一台发送器发出的，并将相对应的信息存入 PC 机的数据库。在设备检测的过程中，接收器、

仿真器与 PC 机置于检测室中，发送器由检测人员带入各种大型设备中进行检测。

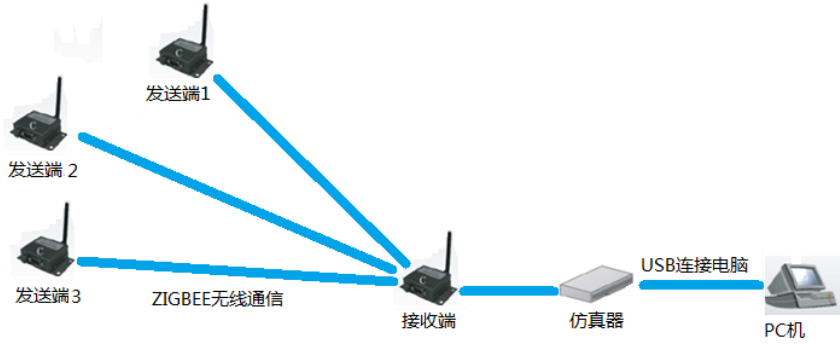


图 1　大型设备检测系统框图

4.1.2　射频模块设计

置于发送器和接收器中的射频模块具有发送和接受信息的功能，主芯片是Chipcon公司推出的CC2430射频收发芯片，它拥有128kb编程闪存，并且有全球首款支持ZigBee协议的SoC解决方案以及2.4GHz IEEE 802.15.4系统。Zigbee CC2430模块原理如图2所示。

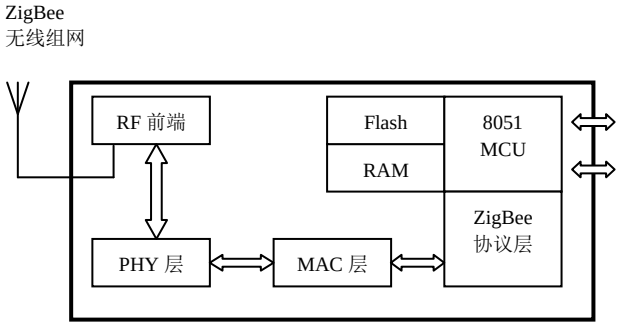


图 2　Zigbee CC2430 模块原理图

4.2　软件设计

大型设备检测系统的软件设计主要包括两部分：ZigBee 网络结构分析和应用程序的实现。

4.2.1　ZigBee 网络结构分析

ZigBee 技术支持三种网络拓扑，即星型（Star）、簇树型（Cluster Tree）和网状网型（Mesh）。这三种网络拓扑结构如图 3 所示。

从功能上看，ZigBee 网络中的节点分为全功能设备（FFD）和精简功能设备（RFD）两种。与 FFD 相比，RFD 电路简单，运算能力较弱，存储体容量小。一个 FFD 可以同时和多个 RFD 或其他 FFD 通信，而 RFD 只能与一个 FFD 进行通信。

从节点在网络中所处的地位来看，分为协调器（Coordinator）、路由器（Router）和终端设备（End-device）三种。协调器是网络中的核心节点，负责发起网络，选择关键的网络参数和维持网络正常工作。路由器用来扩展 ZigBee 网络结构，根据路由协议转发数据并协助终端设备之间进行通信。协调器和路由器必须由 FFD 担任。

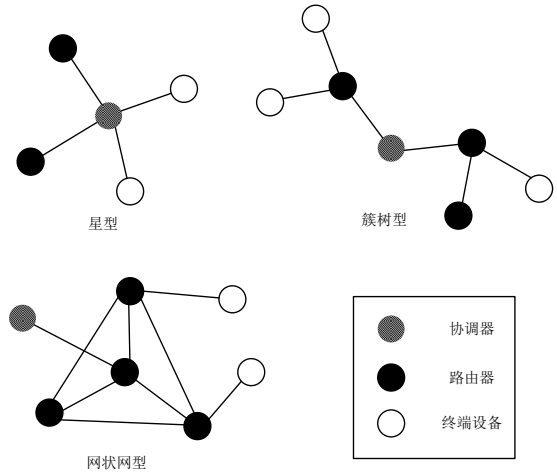


图 3　ZigBee 网络拓扑结构

在本文的设计中，安装在被检测设备上的 ZigBee 模块担任终端设备角色，因为它仅实现特定的功能，例如向网络发送设备工作状态的信号。而接收端的无线模块担任协调器角色，负责组网及向上位机转发实时采集的检测数据。

接收器开机后自动进行初始化和建立网络，并进入空闲状态。接收器收到任何信息都传输进入 PC 机的数据库，并发送一个对应的确认信号。接收器的工作流程图如图 4 所示。

发送器加入网络成功后，可按键发送检测位置的合格或不合格的信息。发送后等待，当接收到接收器

发来的确认信号后，发送器上的红灯闪烁 3s 表示数据库已存储该信息，然后进行下一个位置的检测。发送器工作流程如图 5 所示。

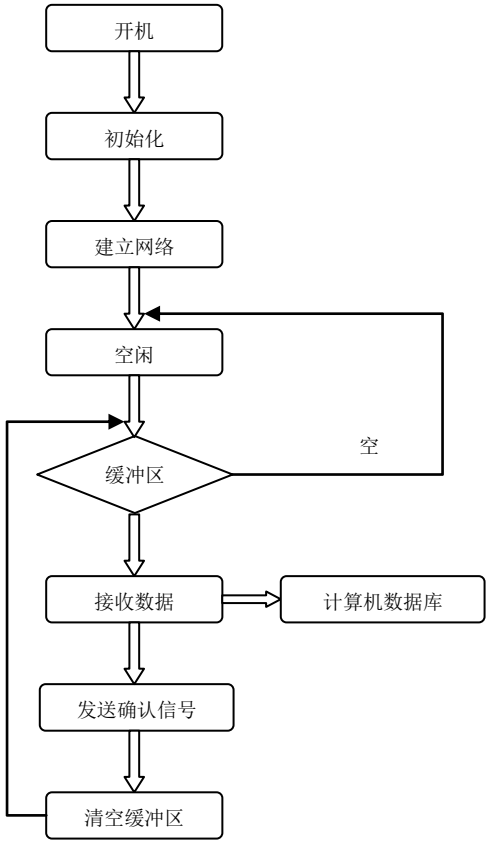


图 4　接收器工作流程图

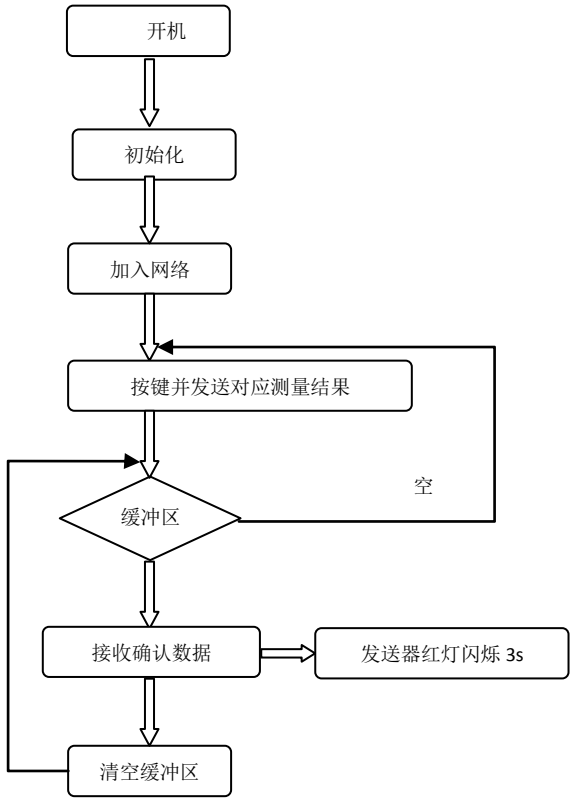


图 5　发送器工作流程图

4.2.2　应用程序的实现

为了能够方便记录检测结果并将检测结果自动录入电脑，本系统将 ZigBee 模块与 PC 机数据库系统结合，记录检测结果。SQL Server 是大型的关系数据库，它建立于 Windows 的可伸缩性和可管理性之上，可提供功能强大的客户/服务器平台。

5　系统测试

发送部分由天线、调制口、编码口及按钮等部件组成，当 A 按动按钮时，由编码口产生编码，该编码经调制口调制到载频上，通过天线发送出去，发送距离为 100m 以内。

接收部分 B1～BN 由天线、放大口、解调口、声、光报警口等组成。当天线接收到 A 发送的编码信息时，由放大口进行放大后，送到解码口进行解码，然后进行声或光指示，持续时间为 1～30s。

为了测试本文设计系统的实际检测距离，使用 TI 公司的CC2430 ZDK硬件平台和Smart RF Studio软件进行了测试，得到的信号强度与距离关系以及其与理论衰落曲线的对比如图 6 所示。

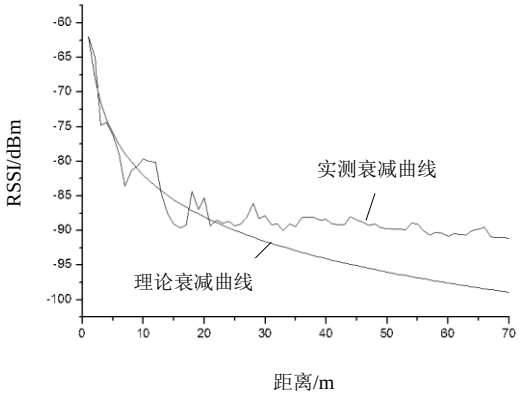


图 6　信号理论衰减曲线与实测曲线对比

从图 6 可知，系统在 70m 范围之内都保持着比较好的信号强度，也就意味着在此范围内本文设计的检测系统都是可靠的。而通过增加路由节点，通常可将距离扩展到 300～400m。

6 结束语

本文以 ZigBee 模块为载体设计的信息传输装置，通过硬件连接和软件程序流程，实现了简短信息的传输功能，并通过数据库的软件设计，实现了 PC 机记录和显示信息的功能。本装置可以实现 100m 以内的无线信息传输，可用于大型设备内部检测时的信息传输、发送和记录检测结果。它能够提高工作效率，降低成本及噪音污染。

参考文献

1 谢慧鹏，王建明，张晶晶. 基于 ZigBee 技术的低功耗无线抄表系统的设计与实现[J]. 北京师范大学学报（自然科学版），2008(4)：174～176

2 詹杰，石伟. 基于 ZigBee 的智能公交无线通信网络的设计[J]. 现代电子技术，2007(10)：118～120

3 李建坡，朱绪宁，隋吉生. 基于 Zigbee 技术的无线指纹考勤系统[J]. 东北电力大学学报，2009(12)：33～37

4 赵景宏，李英凡，许纯信. Zigbee 技术简介[J]. 电力系统通信，2006，27(165)：54～56

5 王智军. 短距离无线通信 Zigbee 技术及其应用[J]. 赤峰学院学报，2008，24(6)：78～81

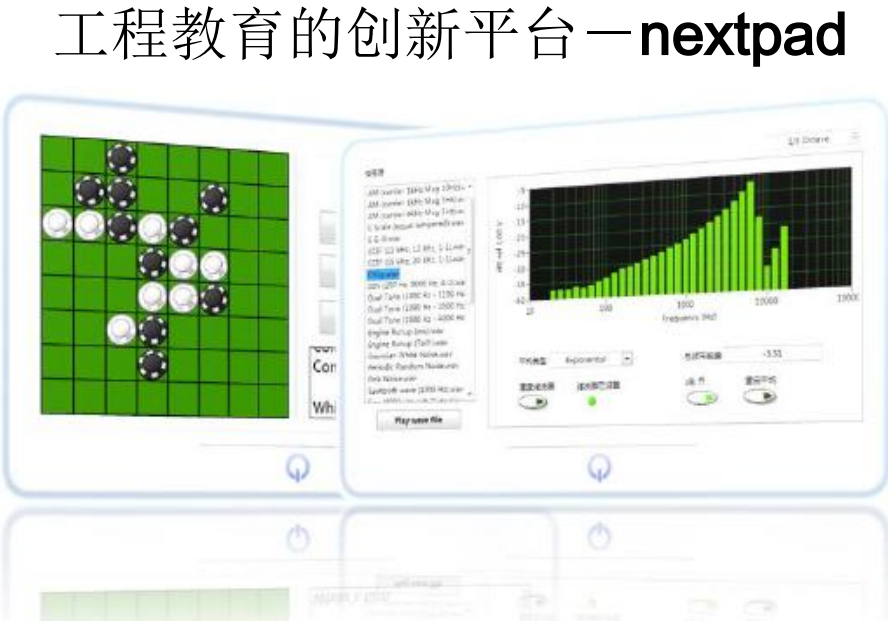
6 王竹林，秦会斌，胡炜薇，等. 基于 Zigbee 的无线呼叫系统的设计和实现[J]. 电子器件，2009(6)：613～615

泛华测控 nextpad 平台发布　助力“课件的革命”

2011 年 2 月 24 日下午 2 点，泛华测控通过 GSDzone 在线发布会正式推出了期待已久的工程教学平台——nextpad，同时宣布了 next 计划的启动。

nextpad 作为专为中国理工科师生量身定制的工程创新平台，借助 NI LabVIEW 的图形化开发、界面技术与硬件的无缝连接，将助力于各类学科的教学、实验与创新。Nextpad 的诞生，旨在用“最形象、互动与创新的方式”推进中国工程教育的革新。

据 next 项目负责人介绍，nextpad 是一个创新的平台。通过使用 nextpad 上的应用程序，展示的是活动的课件。该课件打破了传统静态课件带来的抽象沉闷，使得工程教学变得更直观、更交互、更生动。



发布会上，泛华测控向网友们演示了多个 nextpad 应用程序，使网友们初步感受到了 nextpad 的魅力。比如，当您演示一个名为 SignalLab 的应用程序，各种信号处理相关的知识点就会通过 LabVIEW 生动的显示控件表达出来，并伴随各种波形图，用户可直观地感受到信号处理的结果。