

认知无线电技术在 ZigBee 中的应用研究

宗平¹, 刘柳², 乔秀泉³

(1. 南京邮电大学 海外教育学院, 江苏 南京 210046;

2. 南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210046;

3. 山东圣世达化工有限责任公司, 山东 淄博 255206)

摘要:目前多种无线通信技术共享 2.4GHz ISM 频段, 它们之间的相互干扰以及频谱重叠现象已成为人们非常关注的一个问题。文中将认知无线电技术应用到 ZigBee 网络通信中, 针对 2.4GHz 频段, 利用认知无线电的频谱感知功能, 对信道状态进行检测, 搜寻频谱空穴, 并且对频谱进行长期感知和统计, 使 ZigBee 用户选择最可能空闲的频段作为传输信道, 同时提出了一个 2.4GHz 无线环境感知模型。该方法提高了 ISM 频段的频谱利用率, 并且减少了同频段其他多种无线通信技术对 ZigBee 产生的干扰, 保证了 ZigBee 信号的有效传输。

关键词:认知无线电; 无线传感网; ZigBee; 频谱感知

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)08-0241-04

Application Research of Cognitive Radio Technology in ZigBee

ZONG Ping¹, LIU Liu², QIAO Xiu-quan³

(1. College of Overseas Education, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210046, China;

2. College of Computer, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210046, China;

3. Shandong Shengshida Chemical Engineering Co. Ltd, Zibo 255206, China)

Abstract: At present, many wireless communication technologies shared the 2.4GHz ISM band, but it has to face mutual interference and spectral overlap. People pay great attention to this problem. In this thesis, cognitive radio technology is applied to the ZigBee network. For the 2.4GHz band, the spectrum sensing capabilities of cognitive radio can be used to detect the channel status and statistics, to search spectrum holes, allowing ZigBee users to take up spectrum space always free as their transmission channels. At the same time, a 2.4GHz band perceptual model is proposed. This method will improve the spectrum utilization in ISM band, reduce co-frequency interference generated by other wireless technology, and then assure effectiveness of ZigBee wireless transmission.

Key words: cognitive radio; WSN; ZigBee; spectrum sensing

0 引言

近年来,伴随着无线传感器网络的迅猛发展,ZigBee 技术以其低功耗、自组织、安全可靠、支持大量节点等优势,被业界认为是最有可能应用在工控场合的无线方式。同时,多种使用 2.4GHz ISM 频段的短距离无线通信技术也在迅猛地发展。目前,使用该频段的设备类型包括: ZigBee、蓝牙、Wi-Fi、微波炉、无线 USB、无绳电话。多种无线技术共享同一频段,它们之间的相互干扰以及频谱重叠现象成为人们非常关注的

一个问题^[1,2]。文中提出了一种在 ZigBee 网络中融入认知无线电技术的方法,以解决这类问题。

认知无线电是一种新型的智能无线通信技术,它通过对周围环境特征进行感知来对设备发射和接收的部分参数进行自动调整。认知无线电具有频谱空穴检测、信道容量的估计、功率控制、动态频谱管理等功能,可以实时感知周围的无线环境,通过分析频谱信息,将设备使用频率及时地转移到未被使用的频段上,从而有效地解决频谱资源紧张,频谱利用率不高以及频谱分配方式缺乏灵活性的问题^[3]。

ZigBee 是基于多个不同频率的信道进行传输的,通过认知无线电技术进行频谱感知,智能的检测信道容量,搜寻频谱空穴,并且通过统计计算得出最适宜的频谱空穴,动态智能的利用这些空穴,可以充分使用资源紧缺的无线频谱,提高频谱利用率,并且有效地减少同频段多种无线技术共存对 ZigBee 产生的干扰,从而

收稿日期:2011-12-27;修回日期:2012-04-01

基金项目:江苏省科技支撑项目(BE2009157);教育部广东省产学研结合项目(2010B090400168)

作者简介:宗平(1956-),男,博士,教授,主要研究方向为计算机网络、物联网技术等;刘柳(1988-),女,硕士,研究方向为计算机在通信中的应用。

保证 ZigBee 信号更有效地传输。

1 ZigBee 的信道选择机制

ZigBee 网络的体系结构可以分为四层,从上到下分别是应用层 (APL 层)、网络层 (NWK 层)、媒体访问控制层 (MAC 层) 和物理层 (PHY 层)。ZigBee 的信道选择主要是由物理层的相关功能实现的:对当前信道进行能量检测 (ED);为接收到的信息包提供链路质量指示 (LQI);空闲信道评估 (CCA);信道频率选择;数据传输和接收。这些功能是 ZigBee 进行信道选择的基础^[4]。其中,ED 为上层提供信道选择依据,主要用来测量目标信道中接收信号的功率强度,检测结果为有效信号和噪声功率信号之和。LQI 为上层提供接收数据时无线信号的质量和强度信息,它对检测信号进行解码,生成一个信噪比指标。CCA 用来判断信道是否空闲,它有三种评估模式:第一种方法是判断信道的信号能量,当信号能量低于某门限值时就认为该信道是空闲的;第二种方法是通过判断无线信号的特征,即载波频率和扩频信号特征;第三种方法是同时检测信号特征和信号强度,是前两种模式的结合,判断信号是否空闲。

每一个 ZigBee 网络所工作的信道都是在网络建立时确定的,网络中所有的节点都在一个公共的信道频率上通信,即单信道通信。ZigBee 在 2.4GHz 频段的信道划分如图 1 所示。ZigBee 协调器负责启动建立一个新网络。首先,在接收到上层新建一个网络的调用后,网络协调器开始对有效信道进行能量检测操作,能量检测扫描允许设备获得每一个请求扫描信道的能量峰值,物理层的能量检测完成之后,就将扫描结果返回给上层,其网络层管理实体将以递增的方式根据所测量的能量值对信道进行排序,如果能量值超出允许能量水平,则丢弃该信道,否则选择允许该信道并进一步处理,此后,在所指定的信道上执行主动扫描。在主动扫描完成后,若找到了一个合适的且没有被其他网络重复使用的空闲信道,则将为这个新网络选择一个 PAN 标识符,即 PANID^[5]。

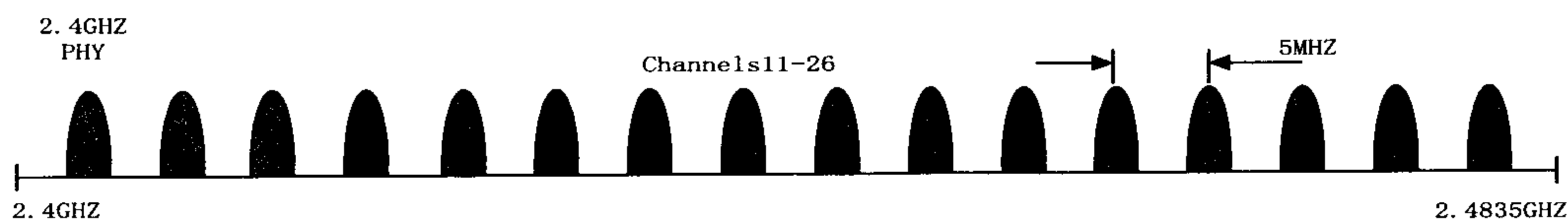


图 1 ZigBee 物理层在 2.4GHz 信道频段分布

2 认知无线电的频谱感知技术

认知无线电可利用各种频谱感知算法灵敏感知周围环境变化,来检测在认知无线电通信范围内是否存在授权用户信号。在认知无线电系统中,主要的频谱

感知技术的划分如图 2 所示。发射源检测中,认知用户首先侦听信号中是否存在授权用户发射机发出的微弱信号,然后通过分析来判断发射机的工作状态,继而得出所侦听的频段的占用情况。接收端检测是相对于发射源检测而言的,通过判断授权用户接收端是否处于工作状态来判断所侦听的频段是否被授权用户占用,从而检测是否存在频谱空穴。合作频谱检测,即协作频谱检测,是指存在多个认知用户共同感知所探测频段,然后将感知结果通过融合技术进行融合判断,从而得出判决结果^[6]。

文中是将认知无线电的感知技术应用到 ZigBee 无线传感网中,就必须结合 2.4GHz 频段的特点来选择一种合适的感知技术。除了 ZigBee 之外,蓝牙、无线 USB、无线局域网 Wi-Fi 等用户都使用 2.4GHz 频段,所以现在要感知的是除了 ZigBee 用户之外的其他多种用户是否正在占用所探测的信道。这就导致了所检测信号的复杂性和不确定性,而发射源检测和接收端检测一般都是针对授权用户单一且确定的情况。并且通常情况下认知无线网络用户并不能充分得到有关主用户接收机的信息,这是因为主用户网络和认知无线网络在物理上是完全分开的。所以在检测过程中,主用户不可避免地会受到干扰。一个认知无线电网的发射基站和接收者之间可能是视距传播的,但由于信道的阴影效应和多径衰落可能检测不到主用户的存在^[7]。协作频谱感知就避免了这个问题,并且能够在很大程度上提高系统的全局检测性能,因此笔者采用了协作频谱感知技术。

协作检测感知中,分散的多个感知节点是分散在某些特定的区域中的,然后通过无线传感器信息融合技术得出判决结果。每个认知用户基于本地频谱检测算法独立完成局域决策,将这些局域决策送到信息融合中心之后,就组成观测向量,信息融合中心利用不同的融合准则,基于这些观测向量获得最终的判决结果。在协作检测技术中,信息融合中心处理本地频谱检测结果的方式是决定检测性能的重要因素。当前最常用、研究也比较成熟的融合准则是 OR 准则和 AND 准则。

OR 准则:只要有一个认知用户支持某判决,基站最终判决结果就为该判决,

该融合准则具有较大的虚警概率和较小的漏警概率,适用于小干扰约束条件下对高优先权主用户工作频段的主用户信号检测。AND 准则:只有当所有认知用户都支持某判决时,基站最终判决结果才为该判决。与 OR 准则相比,该融合准则有较小的虚警概率和较大

的漏警概率,适用于大通信容量约束条件下对低优先权主用户工作频段的主用户信号检测^[8]。

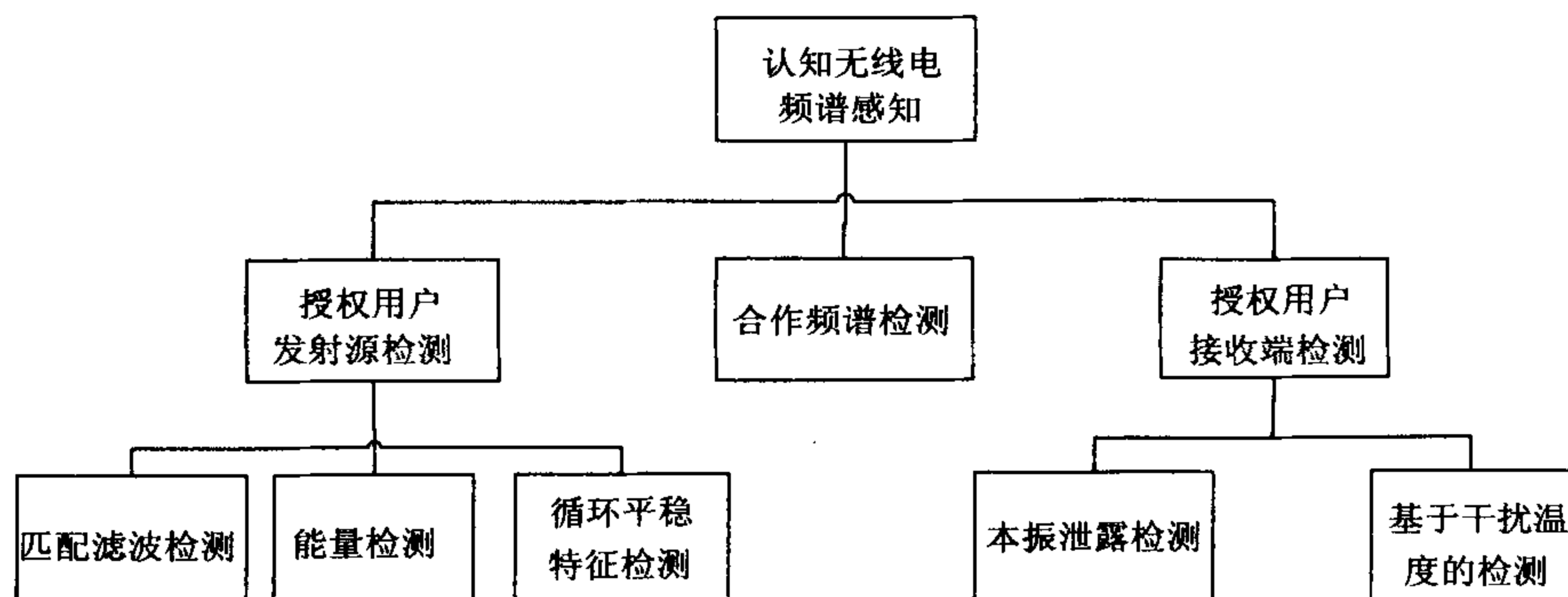


图2 认知无线电频谱感知技术的分类

3 认知无线电技术在 ZigBee 中的应用

3.1 应用研究方案

目前正在研究的认知无线电技术主要应用在固定频谱分配的授权用户和感知用户之间。文中所研究的 2.4GHz ISM 频段主要是开放给科学、工业、医学三个主要机构使用,属于 Free License,无需授权许可,只需要遵守一定的发射功率(一般低于 1W),并且不要对其它频段造成干扰即可^[9]。因此多种无线电技术都可使用该频段,针对这种情况,就不存在授权和非授权的问题。但是由于 ZigBee 自身具有占空比低、功耗小、节点分布较密集,而且传输的是窄带信号的特点,可以将 ZigBee 用户看做是非授权用户,其他类型的无线电用户看做是授权用户。该研究的主要目的就是减少授权用户对非授权用户所产生的干扰,这是文中研究工作的主要特点之一。正是基于这样的思路,当 ZigBee 用户占用频谱空穴之后,如果其他类型的用户需要占用该频段,那么 ZigBee 所采取的策略是不予理会,并不是像通常认知无线电技术中所采用的让非授权用户为授权用户让出所占用频段。因此,这样的方法首先保证的是 ZigBee 信号的有效传输。

认知无线电是用来实时监测频谱空穴,然后进行实时接入的^[10]。然而在 ZigBee 网络中加入认知无线电思想,最大的目的在于可以对 2.4GHz 无线环境通过多次感知进行统计,从而根据当前的信道状态去预测之后一段时间之内的信道状态,即在进行频谱感知时,并不仅仅对当前频谱进行检测,而是要在一个较长的时间段内进行检测并进行统计,从而搜寻那些频段被占用的几率最小,且最为可能成为频谱空

穴。为统计的次数或者时间加上一个时间窗,即只统计距离本次判决最近的固定数量的判决次数,当产生一个新的判决结果时,去掉一个最早的判决结果,加入一个最新的判决结果,作为下一次判决的依据^[11]。根据多次感测统计得出哪个频段成为频谱空穴的次数最多,就表明该频段被使用的几率最小,那么就可认为该频段是 ZigBee 需要的信道频率。

找到频谱空穴之后,ZigBee 用户就可以动态的切换到空穴频段中。在网络建立之后的信号传输过程中,ZigBee 就固定地占用该频段。这与 ZigBee 本身的信道选择机制相比,选择的信道不仅在当前是空闲的,而且在平时传输过程中也很有可能是空闲的,从而达到降低其它类型设备用户对 ZigBee 用户产生的干扰以及提高频谱利用率的目的。

3.2 构建 2.4GHz 无线环境感知模型

在 ZigBee 用户选择传输信道之前,应建立图 3 所示的模型分别对 2.4GHz 频段 16 个信道中的每个信道进行协作频谱感知。在该模型中,针对 ZigBee 的信道 11~26,共设置了 32 个认知用户,16 个认知无线电数据融合中心,最终得到 16 个信道的全部状态。探测每个信道时,可在不同的两个特定区域设置认知节点,每个认知节点在本地采用能量检测算法,通过计算分析该信道接收信号的能量是否超过设定的门限值来判断该信道是否空闲^[12]。然后每个认知用户均把自己的判断结果发送到认知无线电数据融合中心,进行 OR 准则融合判断得出全局判断结果。

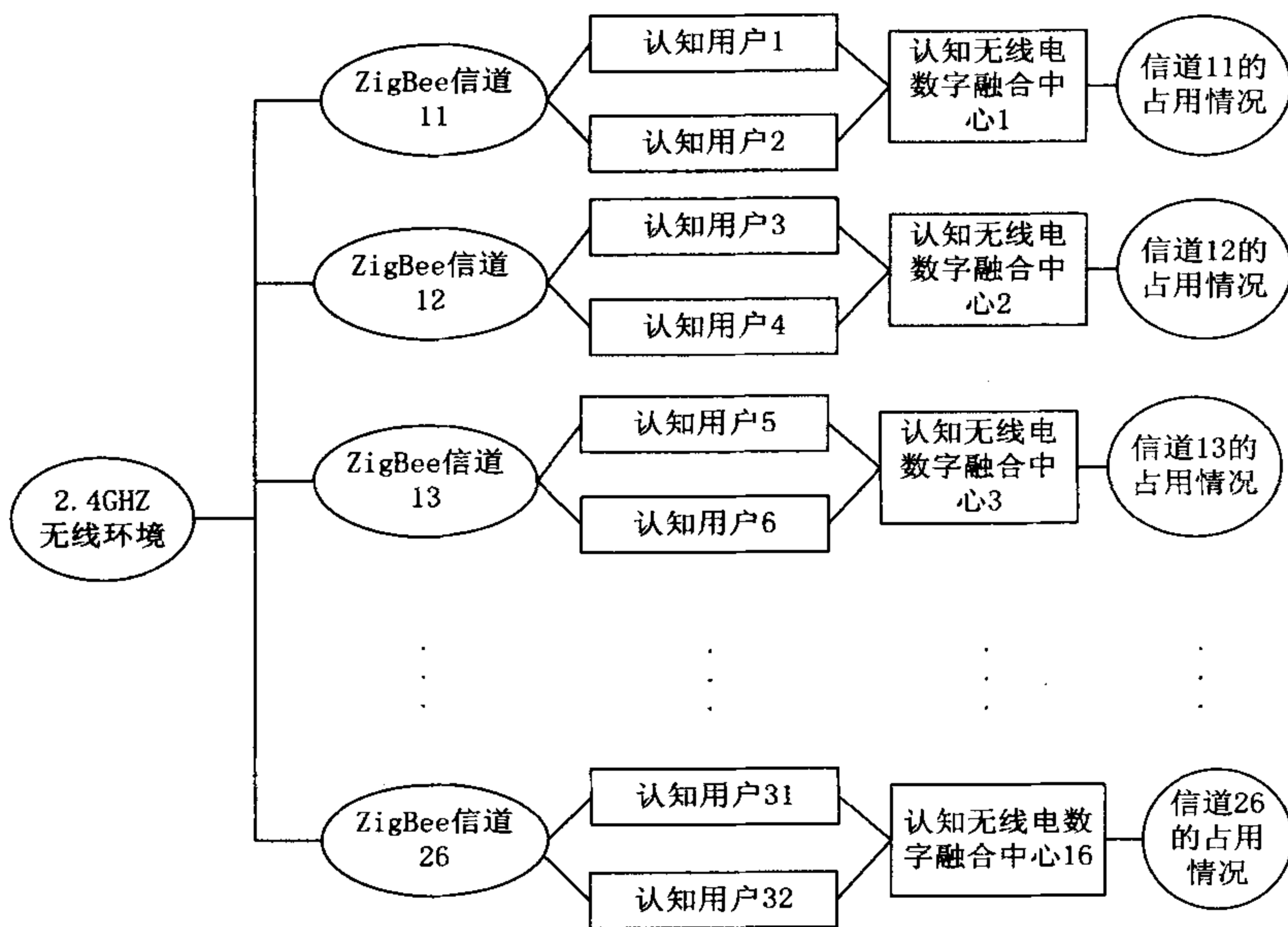


图3 2.4GHz 无线环境感知模型

3.3 系统仿真及性能分析

文中对上述研究方案进行了仿真实验,遍历所有信道,测出了普通 ZigBee 信号的误帧率和加入认知无线电思想的 CR-ZigBee 信号的误帧率,生成曲线图如图 4 所示。普通情况下,ZigBee 网络会选择默认信道,如果默认信道已被占用则简单地采用能量检测进行信道状态估计,选择能量最小的那个信道进行信号传输。这样该信道在之后的占用中很有可能受到蓝牙等其他类型用户的干扰,所以误帧率较高。而 CR-ZigBee 信号因为在选择信道之前就对每个信道进行了多次感知统计,最终选择的信道都是经过状态预测的,所以相对普通的 ZigBee 信号,误帧率有所降低。

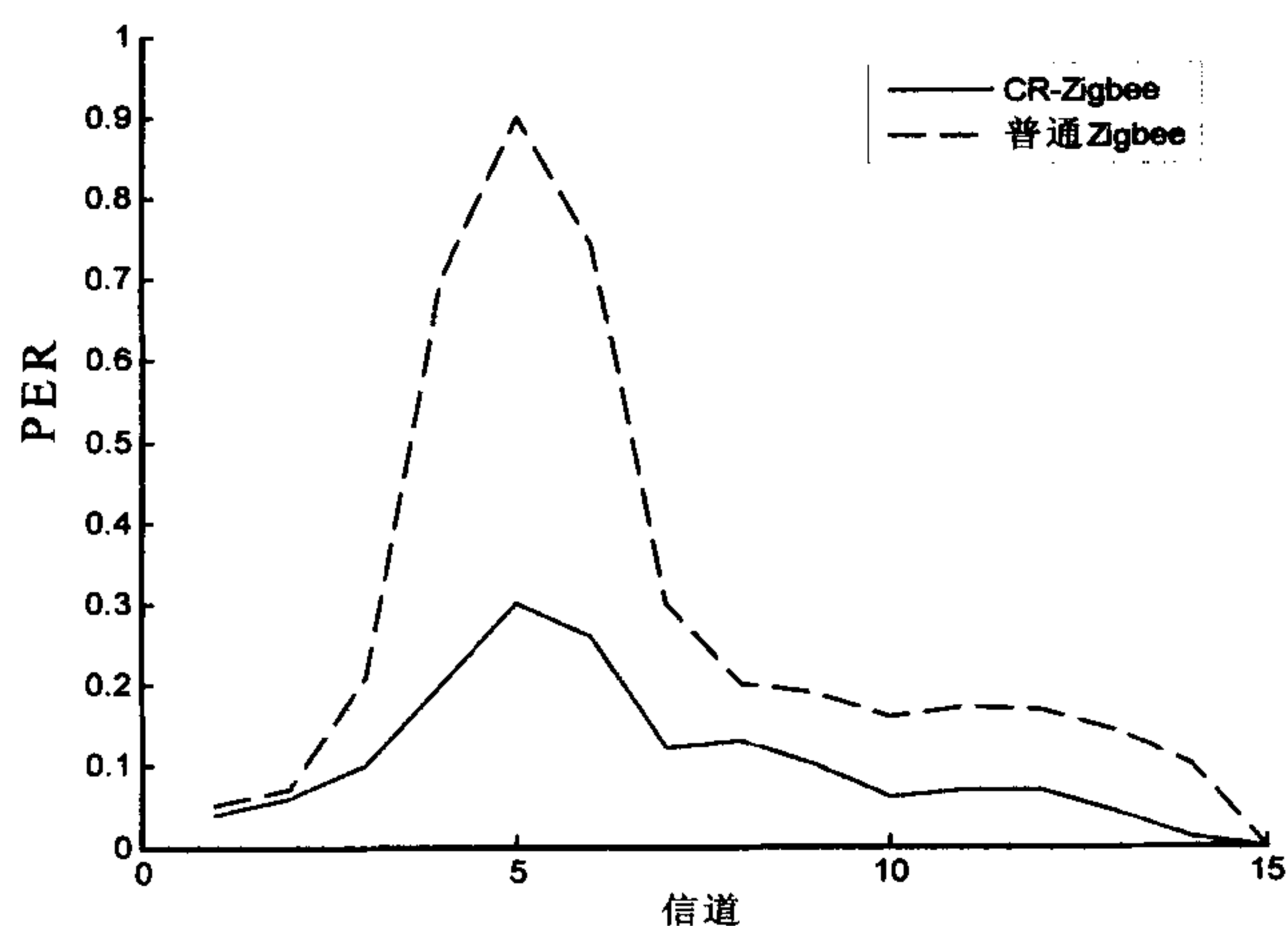


图 4 CR-ZigBee 和普通 ZigBee 的测试对比结果

4 结束语

文中提出了利用认知无线电技术的频谱感知功能,对 2.4GHz 频段进行频谱检测并统计,搜寻得到频谱空穴,从而使得 ZigBee 用户灵活占用频谱空穴,进行有效传输。

该方法提高了 ISM 频段的频谱利用率,同时减少了同频段其他多种无线技术对 ZigBee 产生的干扰。由于频谱资源的紧张以及频谱分配方式缺乏灵活性,认知无线电技术具有广阔的发展空间,将其与 ZigBee 网络结合,是其中一种十分有效的应用。但是当认知无线电技术灵活感知统计 2.4GHz 频段频谱,

减少其它类型设备对 ZigBee 用户产生干扰的同时,也会带来一些问题。比如说,ZigBee 设备占用了频谱空穴,就会导致周围的无线环境跟着发生变化。当其它类型设备用户需要使用 ZigBee 所占用频段的时候,ZigBee 并不会退回让出该频段。如何解决这类问题将是文中的后续研究工作。

参考文献:

- [1] 胡葛军. 短距离无线通信技术在智能家居中的应用[D]. 北京:北京工业大学,2006.
- [2] 李 蛟,杨仁坤,肖 俊. 2.4GHz 无线技术标准及 ZigBee 抗干扰性能[J]. 电信工程技术与标准化,2006(3):31-35.
- [3] 陈 星. 感知无线电物理层关键技术研究[D]. 北京:北京邮电大学,2008.
- [4] 闫 沫. ZigBee 协议栈的分析与设计[D]. 厦门:厦门大学,2007.
- [5] 李 刚,张志宏. 蜜蜂的舞蹈 ZigBee 的无线网络技术和应用[J]. 电子产品世界,2006(1):84-87.
- [6] 虞贵财. 感知无线电中的频谱感测技术研究[D]. 北京:北京邮电大学,2010.
- [7] 宫润胜,胡中豫,申 涛. 认知无线电中多节点协作频谱感知及其融合算法[J]. 西南大学学报,2008,30(11):151-155.
- [8] Chulho W, Hesham A. Adaptive Radio Channel Allocation for Supporting Coexistence of 802. 15.4 and 802. 11b[C]//VTC-2005-Fall. [s. l.]:IEEE,2005:2522-2526.
- [9] Mitola J, Gerald Q, Maguire J R. Cognitive Radios: Making Software Radios More Personal[J]. IEEE Personal Communications,1999,6(4):13-18.
- [10] Haykin S. Cognitive Radio: Brain-empowered Wireless Communications[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications,2005,23(2):201-220.
- [11] Weiss T A, Jondral F K. Spectrum pooling: an innovative strategy for the enhancement of spectrum efficiency [J]. IEEE Communications Magazine,2004,42(3):8-14.
- [12] 杨晓燕,杨 震,刘善彬. 基于预测机制的认知无线电机机会频谱接入[J]. 重庆邮电大学学报,2009,21(1):14-19.

(上接第 240 页)

- [7] 王 磊,薛 榕. 基于 LFAP 的网络流量统计分析系统的设计与实现[J]. 现代情报,2006(5):53-55.
- [8] 李茂盛. 对网络管理中网络流量监测的探讨[J]. 信息与电脑,2010(1):87-89.
- [9] 赵新元,王 能. 基于 Web 的网络流量监测系统的设计[J]. 计算机工程,2007,33(2):237-240.
- [10] 吴 敏,王汝传. 基于主机的 P2P 流量检测与控制方案

[J]. 计算机技术与发展,2009,19(10):26-30.

- [11] Feldmann A, Rexford J, Caceres R. Efficient Policies for Carrying Web Traffic over Flow-switched Networks[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking,1998,6(6):673-685.
- [12] Schueier B. Managed Security Monitoring: Network Security for the 21st Century[J]. Computer & Security,2001,20:491-503.

作者：[闫福鑫](#)，[许志宏](#)，[刘佑宝](#)
作者单位：[西安微电子技术研究所, 陕西西安710065](#)
刊名：[计算机技术与发展](#)
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)
年，卷(期)：[2012 \(8\)](#)

参考文献(12条)

1. 胡葛军 短距离无线通信技术在智能家居中的应用[学位论文] 2006
2. 李蛟;杨仁坤;肖俊 2 4Ghz无线技术标准及ZigBee抗干扰性能 2006(03)
3. 陈星 感知无线电物理层关键技术研究[学位论文] 2008
4. 闫沫 ZigBee协议栈的分析与设计[学位论文] 2007
5. 李刚;张志宏 蜜蜂的舞蹈ZigBee的无线网络技术和应用 2006(01)
6. 虞贵财 感知无线电中的频谱感知技术研究[学位论文] 2010
7. 宫润胜;胡中豫;申涛 认知无线电中多节点协作频谱感知及其融合算法[期刊论文]•西南大学学报 2008(11)
8. Chulho W;Hesham A Adaptive Radio Channel Allocation for Supporting Coexistence of 802.15.4 and 802.11 b 2005
9. Mitola J;Gerald Q;Maguire J R Cognitive Radios:Making Software Radios More Personal 1999(04)
10. Haykin S Cognitive Radio:Brain-empowered Wireless Communications[外文期刊] 2005(02)
11. Weiss T A;Jondral F & Spectrum pooling:an innovative strategy for the enhancement of spectrum efficiency 2004(03)
12. 杨晓燕;杨霞;刘善彬 基于预测机制的认知无线电机会频谱接入[期刊论文]•重庆邮电大学学报 2009(01)

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfr201208062.aspx