

2011

全国无线及移动通信学术大会 论文集

2011 National Conference on
Wireless & Mobile Communication (WMC'11)

中国通信学会无线及移动通信委员会 主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

2011 全国无线及移动通信 学术大会论文集

中国通信学会无线及移动通信委员会 主编

人民邮电出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

2011全国无线及移动通信学术大会论文集 / 中国通信学会无线及移动通信委员会著. -- 北京: 人民邮电出版社, 2011.9

ISBN 978-7-115-26316-2

I. ①2… II. ①中… III. ①无线电通信—学术会议—文集②移动通信—学术会议—文集 IV. ①TN92-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第179717号

内 容 提 要

本论文集收录了2011年度全国无线及移动通信学术大会论文109篇,内容覆盖频谱管理与监测、网络规划与优化、应急通信、软件无线电等诸多领域,全面反映了我国在无线及移动通信领域研究、部署应用等关键的研究进展,体现了我国学术界、运营商、制造商、管理机构的不断创新和探索。

本论文集可供全国无线及移动通信领域的科技工作者和高等院校相关专业的师生参考。

2011 全国无线及移动通信学术大会论文集

- ◆ 主 编 中国通信学会无线及移动通信委员会
责任编辑 吴娜达
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 880×1230 1/16
印张: 32.25 2011年9月第1版
字数: 1 055 千字 2011年9月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-26316-2

定价: 150.00 元

读者服务热线: (010)67119329 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前 言

近年来,随着移动通信网络的快速发展,无线通信技术已广泛应用于社会各领域,呈现出高速化、宽带化、异构化、泛在化的趋势,逐步形成新的经济增长点,在经济社会发展中发挥着越来越重要的战略作用。为进一步促进无线及移动通信领域新技术交流与合作,加强政府管理层、学术界和产业界之间的联系,推动我国无线与移动通信技术的发展和應用,中国通信学会无线及移动通信委员会于2011年9月在北京召开2011年度全国无线及移动通信学术大会(WMC'11)。会议由国家无线电监测中心承办,人民邮电出版社、华为、中兴等单位协办。

为了使业界全面、及时了解我国无线及移动通信发展的动态和趋势,在此次会议召开的同时,大会组委会组织了“2011年度全国无线及移动通信学术大会”征文活动。此次活动得到了众多运营企业、设备制造企业、研究机构、高等院校科研人员的积极响应,收到了大量的高质量论文,内容覆盖频谱管理与监测、网络规划与优化、应急通信、软件无线电等诸多领域,全面反映了我国在无线及移动通信领域研究、部署应用等关键的研究进展,体现了我国学术界、运营商、制造商、管理机构的不斷创新和探索。

在北京邮电大学、工业和信息化部电信研究院、中国移动、中国电信、中国联通等单位的通力协作、共同努力下,经过专家组的严格评审,从众多的论文来稿中精选了109篇具有较高参考价值的优质论文,由人民邮电出版社汇总出版,希望能对我国的研究人员有所借鉴,有助于我国无线及移动通信学术研究水平的不断提升,实现从通信大国向通信强国的跨越。

中国通信学会无线及移动通信委员会

2011年8月

中国通信学会

第七届无线及移动通信委员会

主任委员 刘 岩 国家无线电监测中心主任/教授

副主任委员

阚润田 工业和信息化部无线电管理局副局长/高工
张智江 中国联合网络通信集团有限公司技术部总经理/教授级高工
王志勤 工业和信息化部电信研究院副总工/教授级高工
窦 笠 中国电信集团公司技术部副主任/教授级高工
王晓云 中国移动通信研究院副院长/教授级高工
李书芳 北京邮电大学信息与通信工程学院教授/博导

委 员

杜廷山 工业和信息化部无线电管理局处长/高工
于绍卿 国家无线电监测中心科技处处长/高工
刘 鹏 中兴通讯股份有限公司副总裁/教授级高工
杨毅刚 电信科学技术研究院副院长/教授级高工
杨刚华 华为技术有限公司上海研究所总体技术部 副部长/高工
王泽权 上海贝尔股份有限公司副总裁/高工
万永乐 中国电子科技集团第七研究所副所长/研究员
杨 骅 北京时分移动通信产业协会秘书长/高工
王俊峰 国家无线电监测中心检测中心副主任/高工
钟剑波 总参第六十一研究所 通信中心主任/高工
王 京 清华大学信息技术研究院 教授
李少谦 电子科技大学通信抗干扰国家重点实验室主任/教授
朱近康 中国科学技术大学电子工程与信息科学系教授
赵春明 东南大学移动通信国家重点实验室副主任/教授
酆广增 南京邮电大学通信与信息工程学院教授
陶 成 北京交通大学电子信息工程学院院长/教授
张海林 西安电子科技大学通信工程学院院长/教授
沙学军 哈尔滨工业大学电子与信息工程学院研究室主任/教授
王建新 南京理工大学电子工程与光电技术学院副院长/教授
顾旻霞 中国联合网络通信集团有限公司处长/高工
范云军 中国移动通信集团北京有限公司副总经理/高工
杨峰义 中国电信股份有限公司北京研究院副总工/教授级高工
郑建飞 广东省电信规划设计院 副院长/总工/教授级高工
蒋 远 中国移动通信集团设计院有限公司副院长/教授级高工
马红兵 中讯邮电咨询设计院有限公司副总工/教授级高工
吴琳光 北京空中信使信息技术有限公司副总裁
杨贵亮 普天信息技术有限公司副院长/高工
杨文琳 青岛海信通信有限公司总经理/高工
梁 超 联想移动通信科技有限公司高级工程师/博士

C 目 录

无线网络与传输技术

2 300~2 400 MHz 频段雷达信号检测强度分析	黄 标,谭海峰,方 箭(2)
UWB 信号传输在行业环境中的分簇研究	刘素维,刘晓勇,刘 云,李英丹,李 周(7)
LTE 无线网络环境下基站业务传输承载需求研究	张 沛,赵正一,刘晓甲,顾婉仪(13)
UWB 信道分簇算法研究	杜 昊,刘 云,李 周,刘素维(18)
LTE 网络覆盖策略分析	蒋 峥,赵 勇,朱雪田(25)
广州亚运会开幕式场馆的移动通信网络可靠性设计	程日涛,汪 颖,马向辰,杨雪枫(30)
LTE MIMO 室内场景解决方案研究	吕召彪,李新中,杨 军(35)
一种覆盖室外热点用户区域的微基站选址算法	王 坦,朱 欣(40)
TD-LTE 无线网络规划方法研究	史 东,赵 婧(45)
基于 TD-SCDMA 的全业务城域网设计研究	李 晨,李国民(50)
论应急通信的特点与系统要求	陶新刚,周建设(55)
小波神经网络结合多项式的混合预测方法在通信规划中的应用	董 健,尹 萌,张 辉(58)
Link11 数据链信号仿真与监测分析	孙 浩,刘仲亚(62)
移动应急保障网络架构、应急方式和使用场景分析	李 懿(66)
室内覆盖共建共享技术可行性分析	王凯亮,殷佳乐(71)
无线网络结构评估及优化方法探索	古莉姗,张 慧,董 鑫,戴明艳(76)
Femto 技术进展及部署分析	李福昌,郭省力(82)
有源天线在移动通信系统中的应用研究	杨 涛,谢伟良,朱雪田(86)
LTE 技术演进及网络部署策略研究	仪鲁男,盛 煜,路 玮,吕召彪(90)
智能天线波束图加窗的研究	俱 莹(95)
无线局域网负载均衡的研究	张香云,邱 勇,晏伟成(99)

无线网络优化平台建设的若干问题探讨和趋势分析	方波,郭宝,李治文(103)
基于图论的移动 IPv6 部署	王鹏,李飞(107)
WCDMA 核心网 CS 域 IP 化演进	任忠(111)
基于滑动窗增强 NLMS 的回声消除算法研究	范团宝(115)
基于 LTE-Advanced 网络自优化的负载均衡算法	张耀旭,肖征荣(122)
基于 802.11p 协议的实时图像通信系统的设计与 FPGA 实现	付广钰,罗涛,覃建策(125)
PS 下行功率控制原理及评估方法简介	邓也,戴明艳,张慧,张晓辉(130)
河北 TD-SCDMA 网络运行特点及建设方案探讨	董健,艾秀青,尹萌,卢凤晖,王会波(136)
LTE FDD 链路预算及覆盖估算方法研究	郭省力(141)
LTE/HSPA SON 关键技术研究	乌云霄,王蕴实,吕召彪(147)
临汾电信 CDMA 网络优化研究分析	尚朝勇(153)
WLAN 网络规划方法研究	刘健,杨森(157)
LTE-A MIMO 增强技术研究	许珺,王友祥,吕召彪(162)
HSPA+双载波关键技术及其组网研究	乌云霄,赵元,吕召彪(166)
WLAN 系统多天线技术研究	高峰,朱文涛,马华兴(171)
TD-LTE 规模组网的关键技术及方案选择浅析	张阳(176)
基于结构调整的新型网络覆盖优化的实践与探讨	王蔚,赵春阳(181)
一种 GSM 网络话务密集区域基站建设与载频扩容方法析	曹禄,王星,钟震宇(186)
Chirp 信号与连续载波信号的多路复用性能分析	房宵杰,沙学军(190)
WLAN 智能型 AP 应用分析	赵元,乌云霄,邱勇,吕召彪(195)
LTE 系统隧道覆盖设计探讨	孟江涛,邢小刚(199)
高铁沿线的专网覆盖建设	陈亮(202)
IQ 不平衡 OFDM 接收机基于频域 LS 补偿技术的改进算法	史夏洁,刘俊豪,束锋,王建新,梁彦(206)
多基站多用户 MIMO 系统下行链路最大化信泄噪比预编码器的基于信干噪比功率的分配方案	王亚茜,柏庆,束锋,盛卫星,王建新(210)
新型平面标识域内路由协议	周三奇,陈佳,张宏科(214)
LTE 和 3G 互操作对核心网的要求	尹凤庆,冯征(218)
无线传感器网络节点定位算法设计模式探讨	王军(223)
超宽带信道大尺度衰落模型研究	董霖,刘云,李英丹,李周,张明远(228)
SDMA-OFDM 系统中一种迭代的非线性失真消除方案	李哲,穆晓敏,孔猛(234)
任意多极化天线阵列的相关性研究	王魁,马东堂,王欣,王海红(238)
新型的用于家庭基站网络中的干扰管理的信令方法	杨春亮,汪茂,王建新(243)
大型城市高业务密集区 GSM 无线网络质量提升策略及优化建设思路	赵谥,寇新忠(248)
超宽带信道模型分析	张培艳,刘云,李英丹,李周(252)

超宽带信道大尺度传播模型天线高度差影响研究	杨 琨,刘 云,刘晓勇(257)
UWB 室内无线信道频域测量数据后处理关键技术研究	黄 刚,刘 云,李英丹,李 周(265)

无线业务与运营维护

有源天线系统及未来发展应用研究	李新中,杨 军,陈新明(272)
基于 ARMA 的小区分钟级话务模型分析	赵春阳,王 蔚(277)
降低数据业务对网络的干扰的研究	戴明艳,邓 也,古莉娜,张 慧(281)
一种 GSM 网络资源配置及设备利用率取定方法	程新洲,刘光磊(285)
针对海量详单快速存储检索的实现方法	陈海波,侯建卫(289)
GSM 无线网络质量影响因素分析	杨 健,李方村(293)
机载移动通信技术及其应用研究	王 非,吕召彪(297)
IPTV 接入网传输性能测试的研究与实现	张治中,汪永福,谢金凤,李 新(301)
业务支撑网向云计算演进的挑战	郭 炜(306)
浅谈云计算技术在客服系统中的应用	曹沁宇(310)
OFDM 系统中子载波间干扰及其消除浅析	宋文姝(314)
LTE 系统帧定时同步的低复杂度 FPGA 实现	郝庭基,尹长川,罗 涛,刘丹谱(318)
HSPA+网络管理性能探析	王东洋,秦 蓁,叶 青,薛 楠(323)
对电磁波到达方向敏感的环天线	陈 洁,赵嘉功,武东博,张 涛(329)
中国移动全业务运营模式探索	李 晶(333)
多网络室内分布系统的设计	赵 龙,余丹娟(339)
3G 和 B3G/4G 系统的无线资源管理策略对比研究	许国平(343)
基于 SIM 卡远程写卡器实现燃气卡充值缴费技术	张志华,索 炜(348)
TD-SCDMA 分流 GSM 业务的优化策略分析	郭 宝(353)
宽带卫星通信安全及雨衰分析	孙 可,成思玥(357)
基于无线信道特征的数据压缩和加密联合优化算法	潘 登,李建森(362)

无线电频谱管理与监测

TD-LTE 系统对脉冲压缩雷达的干扰分析方法研究	吴 彪,李景春,沈国勤(368)
一种在机载平台上实时探测信号波长的方法	郁 涛(372)
超短波无线电监测网监测能力评估的数学赋值方法	马子健(376)

短波频谱数据采集准确性的研究	朱 斌(379)
基于虚拟仪器的 RFID 测试技术研究	王明阳,李书芳(383)
移动通信系统中互调的产生机制与干扰排查	赵 培,张 阳(388)
民用航空无线导航基础及二次雷达干扰排除	富 尧(393)
新疆边境地区电磁频谱测试中虚假信号的识别与分析	田 源,杨志勇(396)
无线充电技术简介及其监管机制思考	王传亮,解大勇(400)
关于二次雷达电磁环境测试方法的研究	费 伟(405)
基于动态门限电平的短波段频谱占用度测量	丁 浩,沈文静(408)
物联网的频谱支撑能力研究	何廷润(412)
论无线电集中统一管理的必要性	马晨祥(416)
超短波无线电测向定位新算法探讨	陈华东,陆 堪(420)
快速傅里叶变换在数字式 Watson-Watt 测向机中的应用	王 军(423)
家用电器与手机的电磁辐射实测及使用方法建议	刘志杰,杨 淳(427)
基于认知 OFDM 网络的次优化功率分配研究	宋延涛,杨守义,梅亚楠(431)
基于蒙特卡罗仿真的移动无线电台站间电磁兼容性分析	罗振华,骆丽萍,潘 登,李建森(436)
VHF/UHF 固定无线电监测站覆盖范围调研浅谈	李小平(440)
基于 MAP 的共信道 FM 信号分离方法在无线电监测工作中的应用	魏梅英,唱 亮,冀维林,骆 超(443)
1.8~2 GHz 多天线同时发射设备电磁辐射(SAR)评估方法的选择	齐殿元,赵 竞,邵 青,林 浩(447)
基于认知无线电的频谱管理策略	郝才勇(451)
蜂窝网络中频率分配算法的研究	孙丽娥(455)
UWB 对一种航空无线电导航通信系统的干扰仿真研究	方 正,刘 斌,方 箭(459)
TD-LTE 组网抗干扰性能研究	程 楠,孟德香(463)
对印制电路板线间串扰及辐射的研究与仿真	闫 肃,张小飞,李安平(468)
数字广播系统对航空无线电导航雷达系统的干扰分析	方 箭,崔晓曼,方 正(472)
论无线电频谱资源监管	吴海平,王江南,何爱群(477)
美国频谱需求测算方法分析	刘 琪(482)
基于软件无线电的 FFT 频谱仪设计	李 凯,李书芳,尹斯星(487)
辽宁辽阳地区无线电频谱资源利用与管理分析	李 峥,李 磊,刘志鹏,田承禹,李日波(491)
对微功率电台管理的研究	李 磊,李 峥,刘志鹏,田承禹,李日波(497)



无线网络与传输技术

2 300~2 400 MHz 频段雷达信号检测强度分析^{*}

黄 标,谭海峰,方 箭

(国家无线电监测中心 北京 100037)

摘 要

从认知无线电入手,引入了认知检测电平和认知工作电平的概念,基于 2 300~2 400 MHz 频段雷达系统与 TD-LTE 系统并存的情形,给出了计算方法,并结合典型工作雷达参数和 TD-LTE 系统的特性,通过链路预算分析了其认知检测电平和认知工作电平的大小,为此频段的频谱探测提供了依据。

关键词 认知检测电平;认知工作电平;雷达;TD-LTE

1 概述

现有的频谱资源通常由国家统一管理和支配,各种无线通信系统被授予不同的频段,并且只能在相应的授权频段通信以避免干扰。美国联邦通信委员会(FCC)的大量研究表明,一些非授权频段如工业、科学、医用频段以及与陆地移动通信 2 GHz 左右的授权频段过于拥挤,而有些授权频段却经常空闲。据 FCC 提供的数据表明,已分配的频谱利用率为 15%~18%。因此可以看出,现在基于固定频谱分配的资源利用率很低。有限的可用频谱和低频谱资源利用率决定了需要一种新的通信方式开发现有频谱。于是,认知无线电技术应运而生。

认知无线电最初是由 Joseph Mitola 博士提出的,他在 1999 年发表的一篇学术论文中描述了认知无线电如何通过一种“无线电知识表示语言(RKRL)”提高个人无线业务的灵活性。随后,他在 2000 年瑞典皇家科学院举行的博士学位论文答辩中详细探讨了这一理论。

认知无线电的基本出发点就是,在不影响授权频段正常通信的基础上,具有认知功能的无线通信设备可以按照

某种“机会方式”接入授权的频段内,并动态地利用频谱。其核心是无线电通信设备具有发现“频谱空穴”的能力,即频谱感知。

2 300~2 400 MHz 频段是 WRC-07 确定的 IMT 工作频率之一。目前,我国此频段有部分雷达使用,雷达系统发射功率较大。如果考虑在此频段引入认知无线电技术,TD-LTE 系统作为非授权用户能够充分利用该授权用户频段,大大提高了此频段的利用率。

2 认知功能概述

频谱感知技术是认知无线电的核心技术之一。从认知无线电的工作流程来看,最先进行的工作是对认知设备所处区域无线环境的感知,即空闲频谱检测。对频谱环境的感知是认知无线电技术实现的前提和先决条件,只有在对环境感知和检测的基础上,才能进行对空闲频谱资源的有效利用。在实际应用中,TD-LTE 认知无线电系统应具有以下探测功能。

首先,应可以执行信道可用度检查,寻找可用的信道。即在认知无线电系统启用之前,应对某一无线信道进行监听(如 10 s),以确认该无线信道是否有雷达在工作。如果没有雷达信号,则至少找到一个可用信道,认知设备就可

^{*} 国家科技重大专项“面向 WRC-11 的频谱有效利用关键技术研究及验证”资助项目(No.2009ZX03007-004)

在该信道开始工作。一旦开始在某一个可用信道工作,该信道则成为工作信道。

其次,应可以执行在线监测。即监测正在工作的信道以检查同信道的雷达尚未转移至或开始在认知系统信道上开始工作。雷达信号随时可能出现,也有可能同认知系统同频。为了不干扰雷达系统,认知系统应具有雷达在线检测功能,在正常认知信号发射中或发射之间持续地搜寻雷达信号。这时接收到的雷达信号相对于认知信号较弱,需通过相关技术来实现弱信号的检测。

第三,如果一个通过信道可用度检查或在线监测方式被标记为包含雷达信号的信道,在一定时间(如 30 min)内不得被认知设备使用,以保护扫描雷达。在线监测发现雷达信号后,应在最短的时间内(如 10 s)停止工作信道上认知设备的发射,而转移到其他空闲信道上工作。

3 分级电平

3.1 概念

认知检测电平是指在认知系统中认知节点对主用户探测的最小临界电平。认知检测电平较小时,虽然能使得检错概率更小,不会干扰主用户正常工作,但是会带来较大的虚警概率,导致认知系统的工作效率较低,同时会给感知节点探测能力的实现带来更大的挑战。认知检测电平较大时,虽然能使得虚警概率更小,保证从用户高效的工作,但是会带来较大的检错概率,干扰到主用户的正常工作,违背了认知无线电的初衷。因此,在认知系统中,选择合理的认知检测电平非常重要,既要保证主用户正常的运行又要尽可能地提高认知用户的工作效率。

在 TD-LTE 认知用户和雷达主用户相互干扰中,由于雷达的功率往往较大,其对 TD-LTE 系统的干扰往往会比较严重。因此,认知检测电平确定后,能保证不影响雷达系统正常工作,但是雷达仍有可能对 TD-LTE 造成干扰。

在此引入两级检测电平的概念,即认知检测电平和认知工作电平。认知工作电平指的是认知系统工作的最大允许干扰电平。认知检测电平的引入是为了保证主用户正常工作,认知工作电平保证认知用户正常工作。两级电平在频谱探测过程中的应用如下。

若探测电平大于认知检测电平,认知用户不接入或退出此频段。

若探测电平小于认知检测电平,大于认知工作电平,认知用户在干扰的情况下工作。由于受雷达主瓣干扰的时

间和概率较小,同时 TD-LTE 系统有编码、交织等功能,认知系统可以在承受一定干扰时开展部分非实时业务,例如数据业务等。

若探测电平小于认知工作电平,认知用户可以开展所有业务。

3.2 计算方法

认知检测电平的选择需要保证认知节点能够有效地检测到主用户的工作状态。其通过干扰允许电平和链路互异性进行分析,主要计算过程如下。

(1) 确定雷达接收机的最大允许干扰电平

雷达接收机的最大允许干扰电平的确定基于 ITU-R M.1461-ITU R M.1464 系列建议书。这些建议书指出最大允许干扰电平应低于 $N_{\text{rad}} + (I_{\text{nd}} / N_{\text{rad}})$,其中 N_{rad} 是雷达接收机的固有噪声电平, $I_{\text{nd}} / N_{\text{rad}}$ 为干噪比,一般取值为 -6 dB,即 $I_{\text{nd}} = N_{\text{rad}} - 6$ dB。

也有人认为雷达的最大允许干扰电平值应比雷达的最小可检测信号低 10 dB,这是很苛刻的。因为 2 300~2 400 MHz 频段的雷达基本上为非脉冲雷达,这些雷达在信号处理上有很大的信号处理增益(处理增益为 $B\tau$, B 为雷达接收机的中频带宽, τ 为雷达脉冲持续宽度),使得受干扰的可能性大大降低。因此,本文中雷达接收机的最大允许干扰电平 I_{nd} 比噪声功率低 6 dB。

(2) 进行认知发射机与雷达接收机之间的链路预算

假设的认知系统是基于 TD-LTE 的,即将 TD-LTE 系统改造成具有认知功能的系统。认知发射机与雷达接收机之间的链路损耗如下:

$$L_{\text{total}} = P_{\text{TD}} + G_{\text{TD}} + G_{\text{rad}} - I_{\text{nd}} \quad (1)$$

其中, L_{total} 是认知发射机与雷达接收机之间的链路损耗,单位为 dB; P_{TD} 是认知发射机(TD-LTE 系统)的发射功率,单位为 dBm; G_{TD} 为认知发射机(TD-LTE 系统)的最大天线增益,单位为 dBi; G_{rad} 为雷达接收机的最大天线增益,单位是 dBi; I_{nd} 是雷达接收机的最大允许干扰功率,单位为 dBm。

取认知系统和雷达系统的最大增益进行计算是为了使两系统在天线正对时也不会对雷达系统造成有害干扰,从而保证了雷达系统的正常工作。

(3) 计算认知系统接收到的雷达功率

假设认知系统与雷达之间传播路径是对称的(这是可行的),这时认知系统接收到雷达系统的功率如下:

$$P_{\text{r-rad}} = P_{\text{r-rad}} + G_{\text{rad}} + G_{\text{TD}} - L_{\text{total}} \quad (2)$$

其中, P_{rad} 是认知系统接收到雷达的功率, P_{rad} 是雷达发射机的最大峰值发射功率, 单位均为 dBm, G_{rad} 、 G_{TD} 、 L_{total} 同式(1)。

(4)根据各计算结果选取 Pr_{rad} 值最小的作为雷达信号的检测门限

在 TD-LTE 认知系统中, 认知工作电平即为 TD-LTE 系统正常工作的最大允许干扰电平。由于雷达相对位置较高, 有一定的天线仰角, 对 TD-LTE 认知系统终端的干扰很小, 因此在分析认知工作电平以基站的最大允许干扰电平为标准。

参照 3GPP LTE TS36 系列标准和 ITU-R M.2039 报告更新工作文档, 当其他业务的发射机对 TD-LTE 接收机的中频产生干扰时, TD-LTE 接收机输入端最大容许干扰功率为:

$$I_{\text{TD-LTE}} < N - 6 \tag{3}$$

其中, $I_{\text{TD-LTE}}$ 即 TD-LTE 接收机输入端干扰功率, N 是接收机噪声功率, 单位均为 dBm。

4 认知检测电平和认知工作电平的计算

4.1 认知检测电平的计算

目前, 该频段有多种型号的雷达在用, 为了分析方便, 这里只给出几种雷达系统的参数, 并分别定义为雷达 A、雷达 B 和雷达 C。同时, ITU-R M.1464 中列出了 2 700~2 900 MHz 频段中无线电导航雷达、气象雷达和军用雷达中很多种雷达的技术参数, 其中军用雷达有 4 种(雷达 I~雷达 L)。

考虑到 2 300~2 400 MHz 频段与 2 700~2 900 MHz 频段相近, 且基本为频率捷变雷达, 因此本文将 2 700~2 900 MHz 频段的雷达也作为参考计算。雷达 A、雷达 B、雷达 C 的参数见表 1, ITU-R M.1464 中 3 种军用雷达的参数见表 2。

综合上面雷达计算情况, 如果设定认知检测电平为 -77 dBm, 则可以很好地保护雷达系统正常工作。

表 1 2 300~2 400 MHz 频段雷达认知检测电平计算

雷达类型		雷达 A	雷达 B	雷达 C
频率范围(MHz)		2 300~2 400		
峰值发射功率(kW)		800	200	30
RF 发射带宽(MHz) -3 dB		1	3	2.5
天线极化		线、圆	线、圆	线、圆
天线主瓣增益(dBi)		35	34.5	30
雷达 EIRP(dBm)		124.0	117.5	104.8
接收机噪声系数(dB)		5		
接收机 IF 3 dB 带宽(MHz)		1	3	2.5
$N_{\text{rad}} = KTBf$		-109	-104.2	-105
$N_{\text{rad}} - 6 \text{ dB}$		-115	-110.2	-111
认知系统的参数	发射功率(dBm)	46		
	带宽 B_{TD} (MHz)	10		
	天线增益(dBi)	15		
	认知系统与雷达之间的总损耗 L_{total} (dB)	211	205.7	202
	$10\lg(B_{\text{rad}}/B_{\text{TD}})$	-10	-5.2	-6
	雷达接收到认知信号的链路预算(dB)	201	200.5	192
	认知系统接收到雷达信号的强度(dBm)	-62	-68	-72.2
	必要的检测门限(dBm)	-73		

表 2 2 700~2 900 MHz 频段雷达认知检测电平计算

特性	雷达 I		雷达 J	雷达 K
雷达类型	地面海岸		2D/3D 海军监视对空情报雷达	对空情报雷达
频率范围(MHz)	2 700~3 100		2 700~3 100	2 700~3 100;2 900~3 400
调制类型	Non-linear FMPON,Q3N		Non-linear FM PON,Q3N	Non-linear FMQ3N
峰值发射功率	60 kW		200 kW	1 MW
RF 发射带宽(MHz)-3 dB	2.5		10	100
天线极化	线、圆		线、圆	线、圆
天线主瓣增益(dBi)	33.5		40	40
雷达 EIRP(dBm)	111.3		123.0	130
接收机噪声系数(dB)	2.0		1.5	2
接收机 IF 3 dB 带宽(MHz)	1.5 (长脉冲)	3.5 (短脉冲)	10	10(成都会议)
$N_{\text{ref}}=KTBF$	-110	-106.5	-102.4	-102
$N_{\text{ref}}-6 \text{ dB}$	-116	-112.5	-108.5	-108
认知系统的参数	发射功率(dBm)	46		
	带宽 B_{TD} (MHz)	10		
	天线增益(dBi)	15		
	认知系统与雷达之间的总损耗 L_{total} (dB)	210.5	207	209.5
	$10\lg(B_{\text{ref}}/B_{\text{TD}})$	-8.2	-4.6	0
	雷达接收到认知信号的链路预算(dB)	202.3	202.4	209.5
	认知系统接收到雷达信号的强度(dBm)	-76	-76.1	-71.5
	必要的检测门限(dBm)	-77		

4.2 认知工作电平的计算

根据 ITU-R M.2039 报告更新工作文档,10 MHz 载波带宽时,基站的噪声为 -102 dBm,则基站允许的干扰最大功率 $I_{\text{TD-LTE}}$ 为 -108 dBm。

考虑到雷达系统对 TD-LTE 干扰时,雷达干扰的脉冲特性(一个雷达脉冲只干扰 TD-LTE 时隙的一部分)和 TD-LTE 接收机的处理特性(交织和编码处理、TD-LTE 终端接收机只接收部分子载波上的信号),经过等效计算,TD-LTE 允许干扰最大功率为 -92.4 dBm,即认知工作电平为 -92.4 dBm。

5 结束语

为了更好地保证 TD-LTE 认知系统中主用户正常工作和从用户的高效工作,本文引入了认知检测电平和认知工

作电平的概念,并基于典型工作雷达,通过链路预算分析了其工作电平的大小,为此频段的频谱探测提供了依据。

参考文献

- 1 Haykin S. Cognitive radio: brain-empowered wireless communications. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2005,23(2):201~220
- 2 ITU-R M.1464. Characteristics of and protection criteria for radio navigation and meteorological radars operating in the frequency band 2 700~2 900 MHz
- 3 ITU-R M.1461.Procedures for determining the potential for interference between radars operating in radio determination service and systems in other service
- 4 User equipment radio transmission and reception. 3GPP.TS 36.101.V8.2.0,2008-05

- 5 同频段内雷达站与 IMT-2000 WCDMA 的干扰分析. CCSA
CWTS_WG1_3G_SPEC_054.
- 6 2 300~2 400 MHz 雷达与 TD-SCDMA 干扰共存研究. CCSA
TC5_WG8_2008_041B.

[作者简介] 黄标, 硕士, 任职于国家无线电监测中心, 现

主要从事无线电频谱工程研究和无线电管理工作; 谭海峰, 硕士, 国家无线电监测中心主任工程师, 现主要从事无线电频谱工程研究和无线电管理工作; 方箭, 硕士, 国家无线电监测中心工程师, 现主要从事无线电系统间电磁兼容分析工作。

Analysis of Detection Intensity of Radar Signal in the Band of 2 300~2 400 MHz

Huang Biao, Tan Haifeng, Fang Jian

(State Radio Monitoring Centre, Beijing 100037, China)

Abstract In this article, the author introduces the concept of cognitive detecting level and cognitive working level started with cognitive radio. Based on the coexistence of radar and TD-LTE system in the band of 2 300~2 400MHz, the calculation method is given. And based on the typical radar parameters and the characteristics of TD-LTE system, through the link budget analysis, the cognitive level and cognitive work level is given to provide a basis for the spectrum sensing in this band.

Key words cognitive detecting level, cognitive working level, radar, TD-LTE

UWB 信号传输在行业环境中的分簇研究*

刘素维¹, 刘晓勇², 刘云³, 李英丹³, 李周³

(1. 北京科技大学 北京 100083; 2. 国家无线电监测中心检测中心 北京 100037;

3. 工业和信息化部电信研究院 北京 100191)

摘要

超宽带(UWB)无线信道中的一个重要特性是多径信号成簇到达,因此,高效、准确的分簇对于超宽带无线信道建模至关重要。本文使用折线分簇法,对信道冲激响应进行自动分簇。通过分析分簇后数据的统计概率特性,评估折线分簇法。

关键词 UWB;簇;折线分簇法

1 引言

近年来,超宽带通信技术由于具有超宽带宽、对信道衰落不敏感、发射信号功率谱密度低、安全性高、系统复杂度低、定位精度高等优点而引起军事、科技和商业领域的普遍兴趣。超宽带信道是超宽带通信系统的重要组成部分,研究其信道特性,建立信道模型对设计超宽带系统有着重大的意义^[1]。

2003年9月,IEEE 802.15.4a 信道模型工作子组在新加坡会议开始其相关研究工作,在2004年12月柏林会议达成一致并提交最终报告。IEEE 802.15.4a 标准信道模型是对多种环境建立的广泛应用模型:覆盖2~10 GHz的视距和非视距环境的室内住宅、室内办公、工厂、室外、旷野以及人体衣着环境的UWB信道模型;100~1 000 MHz的视距和非视距室内办公环境UWB信道模型;载波频率为窄带模型^[2]。4a信道模型是一个考虑了信道成簇现象且基于宽带Saleh-Valenzuela模型的修正模型。由于UWB信号

传播中的成簇现象,簇识别对于建立信道模型非常重要。目前,国内外已经对簇识别的方式做了一些研究。本文针对商场场景环境的测量数据使用Matlab程序实现折线分簇法,并提取分簇后信道参数,依据对信道参数的分析探讨折线分簇法的优缺点,进而评估将其用于建立UWB信道模型的优势和劣势。

2 簇以及分簇算法研究

2.1 IEEE 802.15.4a 信道模型

不同于传统的无线信道模型,UWB信道模型有它的特性:在每个可分辨的试验时间内(分辨路径3 cm),只有极少的多径成分的重叠,因此中心极限定理不再适用,模型衰落不再表现为Rayleigh衰落的特征。IEEE 802.15.4a信道模型为修正的S-V模型,描述如下。

信道冲击响应函数为:

$$h(t) = \sum_l^L \sum_k^K \alpha_{k,l} e^{j\varphi_{k,l}} \delta(t - T_l - \tau_{k,l}) \quad (1)$$

其中, $\{\alpha_{k,l}\}$ 为第 l 簇中第 k 条多径分量的标准化增益系数, T_l 是第 l 个簇的时延。 $\tau_{k,l}$ 是第 l 簇中第 k 个多径分量相对于簇到达时间 T_l 的时延,由定义可知,相位 $\varphi_{k,l}$ 均匀分布,比如在一个带通系统中,相位服从 $[0, 2\pi]$ 的均匀

* 国家科技重大专项“新一代宽带移动无线通信网”项目“短距离无线互联与无线传感器网络研发和产业化”基金资助课题“超宽带设备的技术规范和性能评测”(No.2009ZX03006-010)子课题——信道评测模型

分布。

簇的数目 L 是一个信道模型的重要参数, IEEE 802.15.4a 信道模型中 L 服从泊松分布, 如式(2)所示。以均值 L 描述其分布特性:

$$pdf_L(L) = \frac{(L^L \exp(-L))}{L!} \quad (2)$$

簇到达时间分布服从泊松分布:

$$p(T_l | T_{l-1}) = \Lambda_l \exp[-\Lambda_l(T_l - T_{l-1})], l > 0 \quad (3)$$

此处 Λ_l 是簇到达率(与 l 不相关)。经典的 S-V 模型也使用泊松过程来分析径到达率:

$$p(\tau_{k,l} | \tau_{(k-1),l}) = \lambda \exp[-\lambda(\tau_{k,l} - \tau_{(k-1),l})], k > 0 \quad (4)$$

但是 IEEE 802.15.4a 工作组根据室内住宅、室内室外办公室环境的实际测量数据, 提出了簇内多径到达时间服从混合泊松分布:

$$p(\tau_{k,l} | \tau_{(k-1),l}) = \beta \lambda_1 \exp[-\lambda_1(\tau_{k,l} - \tau_{(k-1),l})] + (\beta - 1) \lambda_2 \exp[-\lambda_2(\tau_{k,l} - \tau_{(k-1),l})], k > 0 \quad (5)$$

其中 β 是混合概率, λ_1, λ_2 为径到达率。这里假设这些参数均与时延无关。

有些环境中, 尤其是工业环境, 径到达很密集, 即每个可分辨时间片中包含了相当大的能量。在这种情况下, 径到达率失去了本来的意义, 因而对于信道冲击响应, 4a 工作组采用有固定抽头系数的抽头时延线模型实现。

簇的功率时延剖面(PDP)是随时延呈指数衰减的:

$$E\{|a_{k,l}|^2\} = \Omega_l \frac{1}{\gamma_l[(1-\beta)\lambda_1 + \beta\lambda_2 + 1]} \exp\left(-\frac{\tau_{k,l}}{\gamma_l}\right) \quad (6)$$

其中 Ω_l 是第 l 簇功率, 由式(7)确定:

$$10 \log(\Omega_l) = \log(\exp(-T_l / \Gamma)) + M_{\text{cluster}} \quad (7)$$

其中, M_{cluster} 是方差为 σ_{cluster} 的正态分布的随机变量。 γ_l 是簇衰减率, 它与簇到达时间呈线性关系:

$$\gamma_l \propto k_\gamma T_l + \gamma_0 \quad (8)$$

其中 k_γ 表示了簇内衰减常数与时间时延之间的关系。

对于一些环境(办公和工业)中的非视距情形, 4a 模型认为其功率时延分布先增加后减少, 由式(9)确定:

$$E\{|\beta_{k,l}|^2\} = \left(1 - \chi \left(\frac{-\tau_{k,l}}{\gamma_{\text{rise}}}\right)\right) \frac{\Omega_l(\gamma_l + \gamma_{\text{rise}})}{\gamma_l[\gamma_l + \gamma_{\text{rise}}(1 - \chi)]} \exp\left(-\frac{\tau_{k,l}}{\gamma_l}\right) \quad (9)$$

其中 χ 为第一径的衰减, γ_{rise} 用于描述功率时延分布

增加到本地最大的快慢程度, γ_l 用于确定后面的衰减。

小尺度幅度衰减分布采用的 Nakagami 分布:

$$pdf(x) = \frac{2}{\Gamma(m)} \left(\frac{m}{n}\right)^m x^{2m-1} \exp\left(-\frac{m}{n} x^2\right) \quad (10)$$

其中 $\Gamma(m)$ 是伽马函数; m 是 Nakagami 分布的参数, 满足 $m \geq 1/2$, 其均值为 μ_m , 标准差为 σ_m , 均与时间有关:

$$\mu_m(\tau) = m_0 - k_m \tau \quad (11)$$

$$\sigma_m = \hat{m}_0 - \hat{k}_m \tau \quad (12)$$

每一簇的第一径 Nakagami 的 m 因子都建模为固定的、与时间无关的量:

$$m = \tilde{m}_0 \quad (13)$$

4a 信道模型用以下参数描述多径时延。

- $\bar{L}$: 簇数量均值;
 - Λ : 簇到达率;
 - $\lambda_1, \lambda_2, \beta$: 径到达率(混合泊松分布时的参数);
 - λ : 径到达率(泊松分布时的参数);
 - Γ : 衰减系数;
 - k_γ, γ_0 : 簇的衰减时间参数;
 - σ_{cluster} : 影响簇的能量的随机变量的标准差;
 - $\gamma_{\text{rise}}, \gamma_l, \chi$: 定义另一个模型下的簇的轮廓的参数。
- 小尺度衰落中包含以下参数。
- m_0, k_m : 定义分布的 m 因子的均值的参数;
 - $\hat{m}_0, \hat{k}_m$: 定义 Nakagami 分布的 m 因子标准差的参数;
 - $\tilde{m}_0$: 定义 Nakagami 分布的 m 因子强度的参数^[3]。

2.2 簇的定义

成簇现象可以被定义为在一定的环境中独立的个体之间存在的某种相互联系的集群行为。一般所说的 UWB 信道的成簇现象, 是指在功率时延谱上有明显的尖峰^[4]。

在 S-V 模型里, 多径以簇的形式到达, 簇内多径的相位是均匀独立的, 幅度大小 $\bar{\rho}^2(t)$ 服从对数正态分布并且以指数形式衰减。簇以及簇内的多径的到达时间 T_k 均服从泊松随机过程, 如图 1(a) 所示。

如图 1(b) 所示, 时刻 $T_k (k=0, 1, \dots)$ 是第 $k+1$ 个簇的起始时刻。 T_1 对应的路径不是第二簇的最大径, T_k 对应的多径也不是第 $k+1$ 簇的最大径, 但是, T_1 和 T_k 处都有能量的突变。因此, 我们将能量的突变处定义为簇的起始时刻^[5]。

2.3 分簇方法研究

对于 UWB 系统中的分簇方法, 国外已经有大量研究。