



超宽带无线通信系统 MB-OFDM-UWB 与 WiMAX 共存干扰仿真研究*

李英丹¹, 郑拓², 周贤伟², 钱心平¹

(1.工业和信息化部电信研究院 北京 100191; 2.北京科技大学计算机与通信工程学院 北京 100083)

摘要

本文研究多载波正交频分复用超宽带 (multiband-OFDM-ultra wideband, MB-OFDM-UWB) 系统与 WiMAX (world interoperability for microwave access) 系统之间的共存干扰问题。使用 ADS 仿真平台建立仿真模型, 对两个系统之间的频率干扰特性进行仿真, 同时针对 UWB 系统有无采用检测避让 (detect and avoid, DAA) 技术的情况, 对各个系统的误帧率进行仿真。仿真结果表明, MB-OFDM-UWB 系统与 WiMAX 系统间存在同频干扰, 使用 DAA 技术可以有效地抑制或降低系统间的同频干扰影响, 实现系统共存。

关键词 MB-OFDM-UWB; WiMAX; 检测避让; 相互干扰

1 引言

近年来, 各种宽带短距离无线通信技术的研究和应用为我国高速无线局域网接入技术的发展提供了有力的支持和推动。WiMAX 技术是基于 IEEE 802.16e 的宽带无线接入城域网标准, 采用了 OFDM/OFDMA、AAS、MIMO 等先进技术, 具有 QoS 保障性好、传输速率高、业务丰富多样等优点, 近年来已成为宽带无线互联接入技术发展的热门之一^[1]。UWB 无线通信系统是一种以极低发射功率、占用极宽频带的方式进行高速无线传输的新型通信系统。MB-OFDM-UWB 采用多载波正交频分复用技术^[2], 具有传输速率高、小信号、低功耗、工作带宽极宽、抗干扰性强等技术优势, 因作为未来超宽带短距离无线互联技术而受到极大关注^[3,4]。然而, 由于 UWB 系统所具有的超宽带的传输特性, 当与其他宽带无线通信系统共存时, 虽然可以通过抑制发射功率、频率避让等抗干扰技术规避与其他无线

通信系统间的相互干扰, 但在近距离且频谱资源共享的情况下, UWB 系统与其他无线通信系统间的互干扰影响仍然不可忽视^[5,6]。

2 系统仿真模型

2.1 MB-OFDM-UWB 发送系统仿真模型

MB-OFDM-UWB 发送系统仿真模型如图 1 所示, 该模型以参考文献[7]为基础构建, 采用时频交织-正交频分复用方式, 把超宽带带宽分成 14 个子频段 (如图 2 所示), 每个频段带宽为 528 MHz。PLCP 和 PSDU (物理层服务数据单元) 数据通过卷积编码、比特交织、QPSK (四相相移键控) 映射、关闭子载波 (若采用 DAA 技术)、串并转换后, 由 IFFT 产生基带调制信号。基带调制信号经过串并转换与补 0 后缀后, 生成 OFDM 符号, 数模转换 (D/A) 后形成基带模拟信号。其中, 卷积编码器提供信道编码, 比特交织器用于打散编码后的信息, 星座映射、快速傅立叶变换和跳频等组成时频交织-正交频分复用部分。在不同 OFDM 载波上, 选定频段组以后, 使 OFDM 符号在组内各个子频

* 国家科技重大专项基金资助项目 (No.2009ZX03006-009)

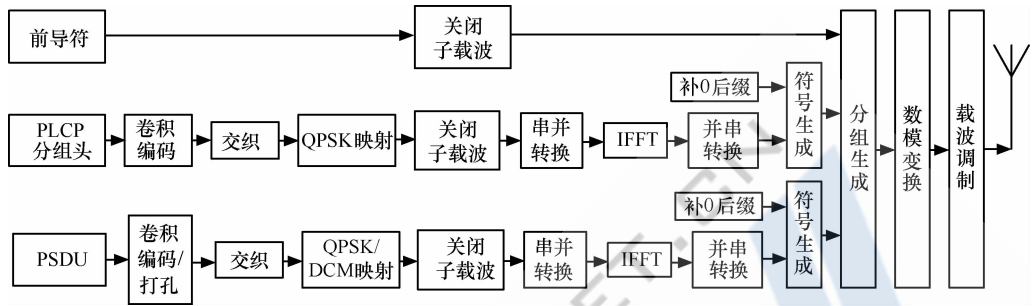


图1 MB-OFDM-UWB 发送系统仿真模型

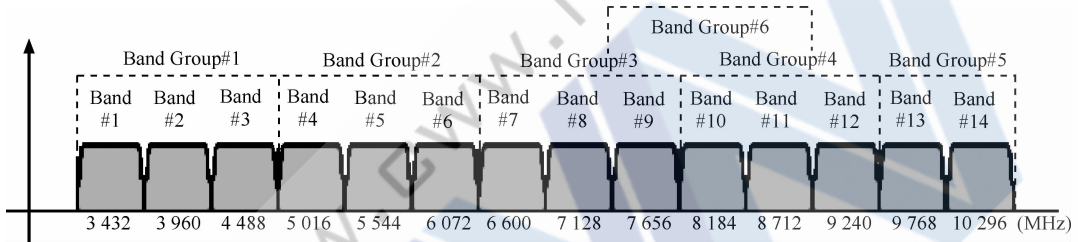


图2 MB-OFDM-UWB 频带划分

段之间进行跳变。

在一个 OFDM 符号周期内, 含有 N 个符号的基带信号可表示为:

$$S_{RF} = \text{Re} \left\{ \sum_{n=0}^{N_{\text{packet}}-1} S_n(t - nT_{\text{SYM}}) \exp(j2\pi f_c(q(n))t) \right\} \quad (1)$$

其中, $\text{Re}\{\}$ 代表信号的实部, N_{packet} 代表分组中符号的个数, $f_c(m)$ 代表第 m 个频带中的中心频率, T_{SYM} 是信号的长度, $q(n)$ 是将第 n 个信号映射到相应频带的函数, $S_n(t)$ 是第 n 个符号的基带信号的复数表示, 它必须满足如下条件:

$$S_n(t) = 0, \quad t \notin [0, T_{\text{SYM}}] \quad (2)$$

第 n 个信号的确切结构取决于它在分组内的位置:

$$S_n(t) = \begin{cases} S_{\text{sync},n}(t), & 0 \leq n < N_{\text{sync}} \\ S_{\text{hdr},n-N_{\text{sync}}}(t), & N_{\text{sync}} \leq n < N_{\text{sync}} + N_{\text{hdr}} \\ S_{\text{frame},n-N_{\text{sync}}-N_{\text{hdr}}}(t), & N_{\text{sync}} + N_{\text{hdr}} \leq n < N_{\text{packet}} \end{cases} \quad (3)$$

其中, $S_{\text{sync},n}(t)$ 为第 n 个符号的前导符, $S_{\text{hdr},n}(t)$ 为第 n 个符号的头部, $S_{\text{frame},n}(t)$ 为第 n 个符号的 PSDU, N_{sync} 是前导符中符号的个数, N_{hdr} 是帧头中包含的符号个数, $N_{\text{packet}} = N_{\text{frame}} + N_{\text{sync}} + N_{\text{hdr}}$ 是负载中的符号个数。

2.2 MB-OFDM-UWB 接收系统仿真模型

MB-OFDM-UWB 接收系统仿真模型如图 3 所示。射频解调器对所接收到的调制信号进行下变频解调, 模数变换模块将解调滤波后的基带信号经 A/D 变换成数据基带 OFDM 符号。使用分组同步、载波同步、定时提取模块提取

分组同步、载波同步和定时信息进行解复用, 分解出前导符中的信道估计序列, 经过傅里叶变换 (FFT) 和信道估计后, 得到传输信道的估计脉冲响应函数; PLCP 头部和 PSDU 经过傅里叶变换和去除无效子载波过滤后, 结合估计信道的脉冲响应函数进行相位跟踪和信道均衡及解交织, 解扩展处理后送至 QPSK 或 DCM 解调器解调, 最后经 Vitebi 译码输出相应的数据^[7]。

2.3 WiMAX 系统仿真模型

WiMAX 系统仿真模型如图 4 所示^[8], 其参照 IEEE 802.16 中的上行链路系统, 主要包括发射模块和接收模块, 由数据随机化、前向纠错编码/解码、交织/解交织、调制、组帧、串并转换、同步、信道估计和均衡等部分组成。符号和帧的结构和各模块的算法、具体传输特性及参数设置见参考文献[8]。

3 UWB 与 WiMAX 系统间干扰仿真

使用 Agilent ADS 仿真平台建立 MB-OFDM-UWB 和 WiMAX 的仿真模型并进行仿真。仿真参数见表 1。UWB 系统选用频段组 1 (Band Group #1), 中心频率 3.96 GHz, 噪声功率谱密度为 -173.975 dBm/Hz; 带通滤波器的中心频率 3.96 GHz, 带宽 3×528 MHz, 采用矩形窗结构; WiMAX 信号的中心频率为 3.4 GHz, 带宽 10 MHz, 发射功率 -78.8 dBm。UWB 系统的 DAA 技术采用参考文献[7]中提出的实现方式, 抑制频段的中心频率为 3.4 GHz, 带宽为 53.625 MHz。

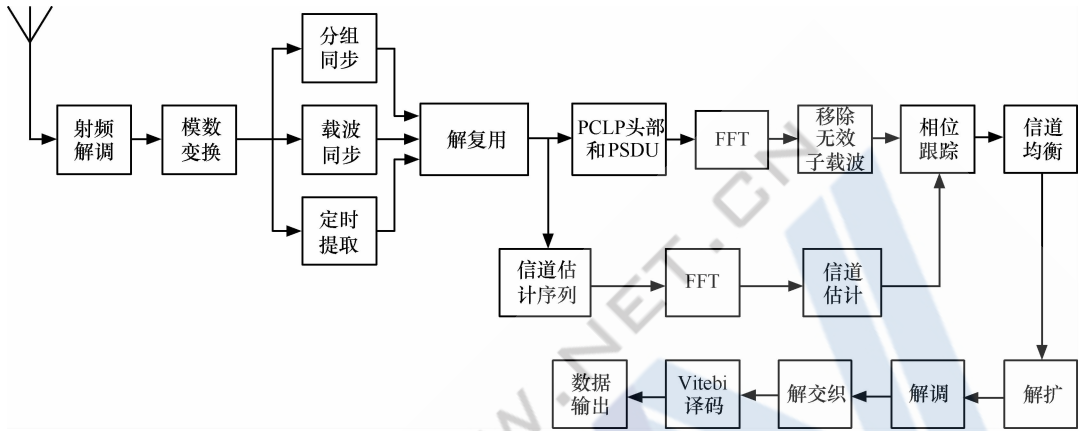


图3 MB-OFDM-UWB接收系统仿真模型

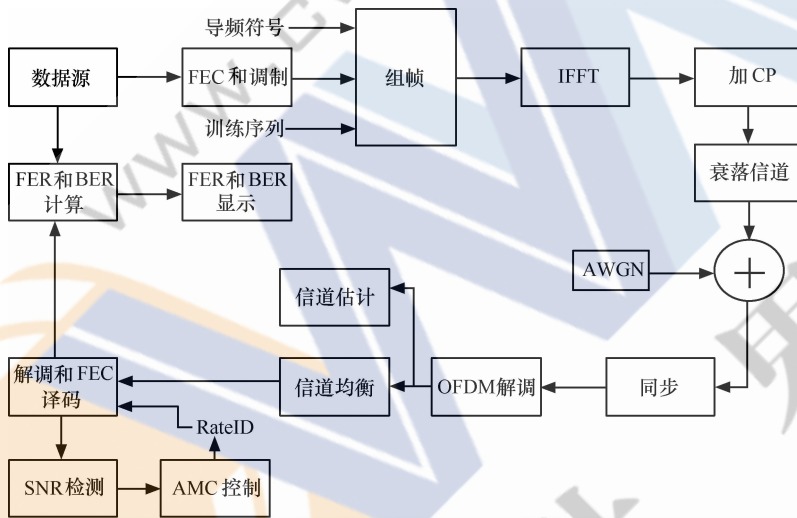


图4 WiMAX系统仿真模型

表1 系统仿真参数值

参数	UWB 数值	WiMAX 数值
中心频率(GHz)	3.96	3.4
带宽(MHz)	3x528	10
数据速率(Mbit/s)	200	5.8
编码率	5/8	1/2
调制方式	QPSK	QPSK
信号功率(dBm)	-90~-65	-78.8
	-71.8	-110~-70

3.1 WiMAX对MB-OFDM-UWB系统的干扰

图5(a)给出了MB-OFDM-UWB接收信道受干扰后的仿真结果,图中的上升尖脉冲为WiMAX同频干扰发射信号产生的叠加效果。结果显示,工作在同一频率区间的WiMAX发射信号对UWB发射信号存在同频叠加干扰,干扰强度与干扰源的发射功率相关。

图5(b)给出了存在同频干扰与不存在同频干扰时的

仿真结果。结果显示,WiMAX信号对UWB系统存在同频干扰。MB-OFDM-UWB系统的误帧率与干扰源的发射信号功率相关,当UWB系统的发射功率与WiMAX信号功率接近至-78.8 dBm时,接收系统的误帧率趋近于1,误帧率最大;在无同频信号干扰情况下,系统的误帧率随UWB系统发射功率的增大而减小,调整UWB传输功率有助于提高UWB的传输能力和抗干扰能力。由图5(b)还可以看到,使用DAA技术的UWB系统与没有使用时相比,误帧率随发送功率的变化趋势相同,表明二者的抗干扰能力基本相同。

3.2 MB-OFDM-UWB对WiMAX系统的干扰

将MB-OFDM-UWB信号作为干扰信号源,仿真参数同表1。仿真结果如图6所示。结果显示,UWB信号对WiMAX系统同样存在同频干扰。使用DAA技术,抑制UWB信号中心频率(3.4 GHz)区间的部分子载波数场合,

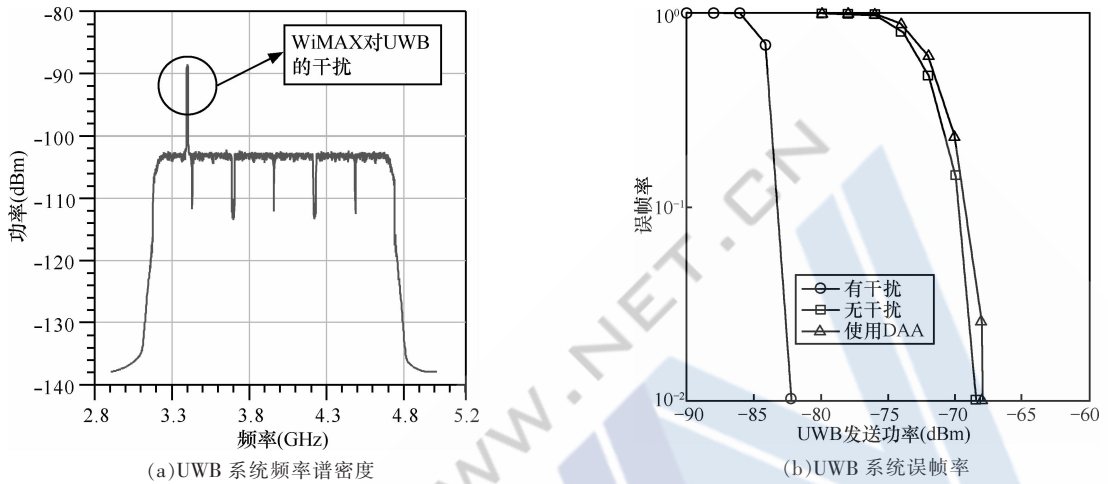


图5 WiMAX对MB-OFDM-UWB系统干扰仿真

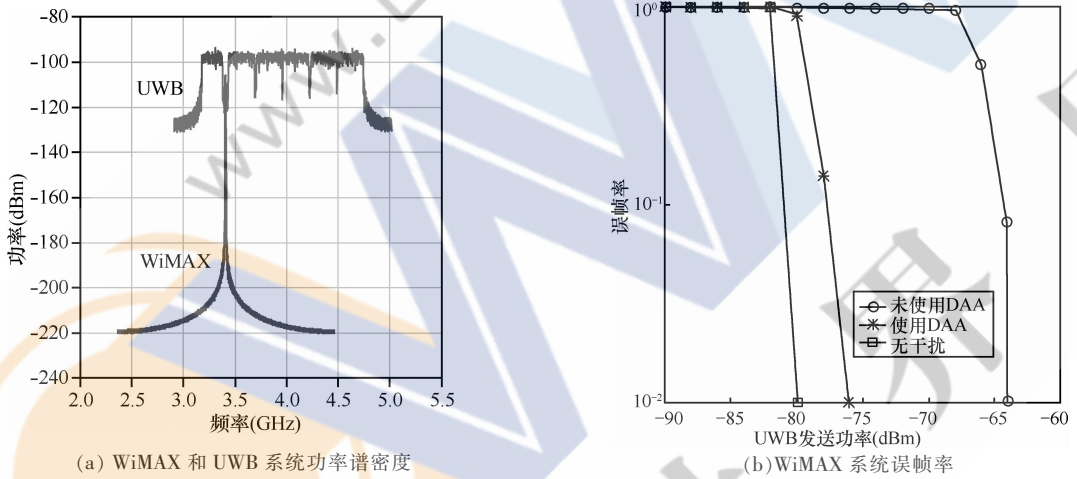


图6 MB-OFDM-UWB对WiMAX系统干扰仿真

如图6(a)所示,频率交叠附近对WiMAX的干扰明显下降。同样,与没有采用DAA方法的UWB系统相比,如图6(b)所示,使用DAA技术可以改善UWB信号对WiMAX系统的误帧率干扰,减少误帧率。观察图6(b)中3条曲线的变化规律,当WiMAX发射功率从-110 dBm逐渐增大时,3条曲线对应的误帧率依次从1变化至0;同时3条曲线与横轴的交点,即误帧率变化至0对应的发射功率分别为-100 dBm、-96 dBm和-84 dBm,与未使用DAA的UWB系统相比,约降低12 dBm发送功率损耗。

图7给出了AWGN信道中,UWB系统在3种速率(80 Mbit/s、200 Mbit/s和480 Mbit/s)下的误帧率随传输距离的变化。结果显示,数据传输速率与传输距离成反比,相同传输速率下,使用DAA技术的系统数据传输距离小于未使用DAA技术的系统,调整系统的传输速率可以提升系统传输性能。

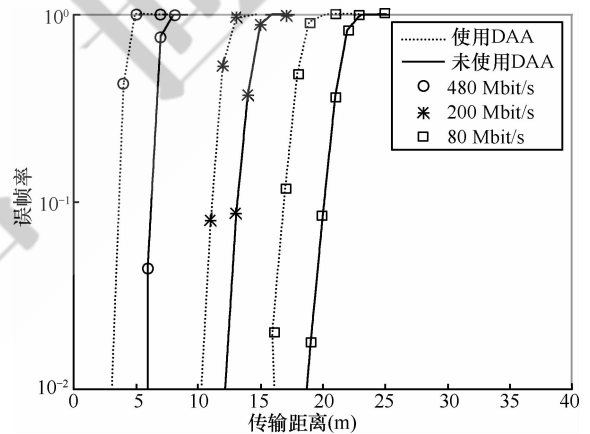


图7 DAA技术对UWB系统性能的影响

综上所述,采用DAA技术使UWB系统对WiMAX系统的频率干扰得到有效抑制,减小了误帧率。然而DAA技术对干扰的抑制是以抑制特定频带内子载波的功率为代价的,过多地抑制子载波数将会使系统的频带利用率降



低,从而对系统性能造成影响。

4 结束语

仿真结果和理论分析表明,MB-OFDM-UWB 与 WiMAX 系统因频谱共享而产生相互干扰。调整 UWB 传输功率可以减轻 WiMAX 对 UWB 系统的干扰;使用 DAA 技术,抑制 UWB 信道子载波的数量可有效降低 UWB 对 WiMAX 系统的干扰,降低误帧率,改善系统传输性能。宽带无线通信系统间的互干扰影响与抗干扰技术研究对于充分地利用频谱资源,实现通信系统共存有着重要意义。本文通过仿真重点研究 UWB 系统与 WiMAX 系统间的互干扰问题,与其他无线通信系统间的相互干扰问题今后将继续研究。

参考文献

- 1 董晓鲁.WiMAX 技术、标准与应用.北京:人民邮电出版社,2007
- 2 王树彬,邹卫霞,李斌等.多频带 OFDM-UWB 与窄带 CDMA 的电磁兼容研究.内蒙古大学学报,2008,39(2)
- 3 张士兵,张力军.超宽带无线通信及其关键技术.电讯技术,

2004,44(1):1~6

- 4 张海英,郑国莘.超宽带(UWB)技术及其抗干扰性能分析.电视技术,2004(11)
- 5 Zhao L, Haimovich A M. Performance of ultra-wideband communications in the presence of interference. IEEE International Conference on Communications, 2001
- 6 Mishra S M, Mahadevappa R, Brodersen R W. Cognitive technology for ultra-wideband/WiMAX coexistence. New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks, 2007(4)
- 7 Standard ECMA-368. High rate ultra wideband PHY and MAC standard, Dec 2008
- 8 IEEE Std 802.16-2005.IEEE standard for local and metropolitan area networks part 16:air interface for fixed broadband wireless access systems, 2005

【作者简介】李英丹,工业和信息化部电信研究院高级工程师、工学博士、硕士研究生导师、中国通信学会会员,主要研究方向为超宽带无线移动通信技术、分布参数与信号完整性分析等;郑拓,北京科技大学硕士研究生,主要研究方向为超宽带无线移动通信技术、信号仿真;周贤伟,教授、北京科技大学博士研究生导师,主要研究方向为移动通信;钱心平,工业和信息化部电信研究院工程师,主要研究方向为无线通信技术与信号处理。

Simulation Research of Coexistence and Interference Between MB-OFDM-UWB and WiMAX System

Li Yingdan¹, Zheng Tuo², Zhou Xianwei², Qian Xinping¹

(1. China Academy of Telecommunication Research of MIIT, Beijing 100191, China;

2. School of Computer and Communication Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract In this paper, we study the interference and coexistence problems between the MB-OFDM-UWB system and the WiMAX system. The models of simulation are built in the ADS to simulate the characteristics of the frequency interference between the two systems. At the same time, in both with or without using DAA technology in the UWB system cases, we simulate the frame error rate of each system, and simulation results show that the co-channel interference exists between MB-OFDM-UWB system and WiMAX system, the usage of DAA technology can effectively restrain or reduce the impact of co-channel interference between systems, and achieve coexistence of systems.

Key words MB-OFDM-UWB, WiMAX, DAA, interference

(收稿日期:2011-12-20)