



IMT 系统对 1 518~1 525 MHz 频段 卫星移动系统的干扰

韩锐¹, 张晓燕¹, 刘畅¹, 王冠²

(1. 国家无线电监测中心, 北京 100037;

2. 环境保护部核与辐射安全中心, 北京 100082)

摘要: 为分析在 1 518~1 525 MHz 频段附近部署 IMT 系统的可行性, 在梳理了国际电信联盟建议书和《无线电规则》的基础上, 通过理论分析和仿真计算等手段, 就 1 492~1 518 MHz 频段 IMT 系统对 1 518~1 525 MHz 频段卫星移动系统的干扰问题进行了深入分析。针对 IMT 系统基站对卫星移动系统终端在不同场景下的干扰链路, 采用蒙特卡洛仿真方法对阻塞干扰与邻频干扰进行计算仿真。仿真结果给出了不同场景下的阻塞干扰概率以及两个系统邻频共存的条件。研究结果可为我国无线电管理部门对该频段邻频的未来规划提供理论支撑。

关键词: 卫星移动系统; IMT 系统; 干扰分析; 频谱管理

中图分类号: TN927

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2016046

Interference from IMT system to mobile satellite system in 1 518~1 525 MHz band

HAN Rui¹, ZHANG Xiaoyan¹, LIU Chang¹, WANG Guan²

1. State Radio Monitoring Center, Beijing 100037, China

2. Nuclear and Radiation Safety Center, MEP, Beijing 100082, China

Abstract: In order to analyze the feasibility of deploying mobile satellite system below 1 518~1 525 MHz band, the interference from the IMT system in 1 492~1 518 MHz band to the mobile satellite system in 1 518~1 525 MHz band was studied in detail via theoretical analysis and simulations based on the combing of the ITU recommendations and radio regulation. Aiming at the interference link from IMT base station to the terminal of mobile satellite system in different scenarios, the Monte Carlo simulation method was used to calculate the blocking and the adjacent channel interference. The interference blocking probability and the coexisting conditions between the two systems in adjacent band were given in the simulation results. The conclusion can be used to support the planning of adjacent band by national radio management department.

Key words: mobile satellite system, IMT system, interference analysis, spectrum management



1 引言

2003 年的世界无线电大会延续了上届大会的 1.9 议题以及第 226、227 号决议,最终确定 1 518~1 525 MHz 频段作为卫星移动业务(mobile satellite service, MSS)的主要业务划分^[1]。而根据《中华人民共和国无线电频率划分规定》(2014 年),上述频段在我国作为次要业务划分给卫星移动业务^[2]。

考虑到在目前的《无线电规则》(2012 年)中,移动业务在 1 492~1 518 MHz 频段是主要业务,并且该频段传播特性良好,有利于 IMT(international mobile telecommunications)系统的部署,因此已成为 IMT 的热门候选频段,是 ITU-R (ITU Radiocommunication Sector)和 ITU-R 4~7 联合工作组以及其他各区域组织的研究热点。3GPP 规范已将该频段列入 LTE-FDD 的候选频段,规划为 2 段,标识为 Band11 和 Band21, Band11 的频率为 1 427.9~1 447.9 MHz/1 475.9~1 495.9 MHz,共 2×20 MHz; Band21 的频率为 1 447.9~1 462.9 MHz/1 495.9~1 510.9 MHz,共 2×15 MHz。

在国际卫星频率及空间轨位资源竞争日趋激烈的今天,适合我国建立全球卫星移动系统的优质频率资源已少之又少,并且我国还未有自主研发的卫星移动系统。当前在野外勘探、海上应用、灾难应急等领域,只能依赖国外卫星移动通信系统^[3]。因此研究 1 518~1 525 MHz 频段卫星移动系统与邻频的 IMT 系统之间的兼容共存十分重要。参考文献[4]研究了在 1.4 GHz 频段附近部署 TD-LTE 室内覆盖系统时,与卫星广播业务(broadcasting satellite service, BSS)兼容共存的情况,通过仿真评估了两系统在不同地球站仰角下需要的最小保护距离。参考文献[5]讨论了在 1 427~1 518 MHz 频段内 IMT 系统与同频的航空遥测以及邻频的卫星移动的兼容性问题,但并未考虑 IMT 系统中的卫星移动系统终端在同一地理区域共存时的干扰情况。针对卫星移动系统的上行频段,参考文献[6]分析了在 1 668~1 675 MHz 频段卫星移动系统与无线电探空系统共存的可行性。

上述参考文献围绕 1.5 GHz 附近相关频段卫星移动业务或广播业务与其他业务之间的共存问题进行了研究,但在 1 492~1 518 MHz 频段,IMT 系统对 1 518~1 525 MHz 频段卫星移动业务系统间的干扰问题还需进一步研究。因此,本文针对上述频段卫星移动业务系统与其邻频的 IMT 系统间的阻塞干扰和邻频干扰问题展开了研究,以

期为我国无线电管理部门对相关频段的业务规划提供理论支撑。

2 频率划分概述

依据《无线电规则》,1 492~1 525 MHz 频段在国际电信联盟的划分情况见表 1。在 1 492~1 518 MHz 频段中,固定业务、移动业务为主要业务,其中一区的移动业务不包括航空移动业务。在 1 518~1 525 MHz 频段中,固定业务、移动业务和卫星移动业务为主要业务,其中一区的移动业务不包括航空移动业务。

表 1 国际 1 492~1 525 MHz 频率划分情况

一区	二区	三区
1 492~1 518 MHz	1 492~1 518 MHz	1 492~1 518 MHz
固定	固定	固定
移动,航空移动除外	移动	移动
1 518~1 525 MHz	1 518~1 525 MHz	1 518~1 525 MHz
固定	固定	固定
移动,航空移动除外	移动	移动
卫星移动(空对地)	卫星移动(空对地)	卫星移动(空对地)

在国内,依据《中华人民共和国无线电频率划分规定》,1 492~1 525 MHz 频段的划分情况见表 2。在 1 492~1 518 MHz 频段中,中国大陆的主要业务包括固定业务和移动业务,次要业务包括无线电定位;香港地区未做出划分;澳门地区主要业务包括固定业务和移动业务。在 1 518~1 525 MHz 频段中,中国大陆的主要业务包括固定业务和移动业务,次要业务包括无线电定位和卫星移动业务;香港地区主要业务包括固定业务和卫星移动业务;澳门地区主要业务包括固定业务、移动业务和卫星移动业务。

表 2 我国 1 492~1 525 MHz 频率划分情况

中国大陆	香港	澳门
1 492~1 518 MHz	1 492~1 518 MHz	1 492~1 518 MHz
固定		固定
移动		移动
[无线电定位]		
1 518~1 525 MHz	1 518~1 525 MHz	1 518~1 525 MHz
固定	固定	固定
移动	卫星移动(空对地)	移动
[无线电定位]		[卫星移动(空对地)]
卫星移动(空对地)		

总体来看,要在 1 492~1 518 MHz 频段内部署 IMT 系统,需要考虑其与邻频的卫星移动系统的兼容共存问题,

尤其是具有较大发射功率的 IMT 基站对具有全向接收特性的卫星移动系统终端的干扰。下文将对两系统间潜在的干扰进行分析,并最终通过仿真得到 IMT 基站对卫星移动业务终端造成的阻塞干扰概率以及 IMT 系统与卫星移动业务共存所需的隔离度。

3 潜在干扰分析

卫星移动系统在 1 518~1 525 MHz 被分配为地对空频段,即卫星的下行链路。IMT 系统在与相邻的 1 492~1 518 MHz 频段上可以进行双向通信,即 IMT 系统的基站与终端都有收发信息的可能。因此,两系统间的干扰链路主要可分为 IMT 系统终端发射对卫星移动系统手持终端接收的干扰和 IMT 系统基站发射对卫星移动系统手持终端接收的干扰,干扰链路如图 1 所示。由于 IMT 基站的发射功率要远远高于 IMT 终端,并且为了满足覆盖与服务要求,需要一直保持在工作状态,并且 IMT 终端同时发送数据的概率较低,因此本文主要分析 IMT 基站发射对卫星移动手持终端接收的干扰链路。

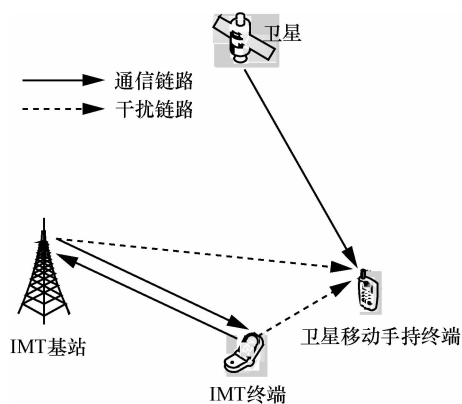


图 1 干扰链路示意

在后续的干扰仿真计算中,主要分析邻频的 IMT 基站对卫星移动手持终端产生的阻塞干扰与邻频干扰。IMT 系统的参数主要使用 ITU-R WP5D 16 次会议中输出的联合工作组主席报告^[7]以及 3GPP 关于 IMT 基站的技术报告^[8]。因 1 518~1 525 MHz 频段目前并未开展卫星移动业务,因此卫星移动手持终端参数的选取参考紧邻该频段的 1 525~1 559 MHz 频段中卫星移动手持终端参数。考虑到 1 518~1 525 MHz 频段的传播特性以及 IMT 基站在市区、郊区和农村 3 种典型部署场景,选取国际电信联盟推荐的 ITU-R P.1546-5^[9]作为仿真分析使用的传播模型。

4 算法及仿真分析

4.1 IMT 系统对卫星移动系统的阻塞干扰

阻塞干扰是指干扰信号在接收机的相邻频段产生强度较大的干扰信号,使得受干扰接收机的非线性器件产生失真甚至饱和,从而造成受干扰接收机灵敏度降低,无法正常接收有用信号。本文首先考虑在 IMT 基站与卫星移动手持终端最小路径损耗的条件下,基于最小耦合损耗(minimum coupling loss, MCL)计算 IMT 基站对卫星移动手持终端的阻塞干扰功率,之后通过卫星移动手持终端在 IMT 不同部署场景下的位置分布,仿真计算卫星移动手持终端在该阻塞干扰功率下的阻塞干扰概率。

4.1.1 仿真场景及计算

(1) 基于 MCL 方法的阻塞干扰计算:

$$I_{\text{blocking}} = TxPower - MCL \quad (1)$$

其中, I_{blocking} 是卫星移动系统终端接收到的阻塞干扰功率, $TxPower$ 是 IMT 基站发射机的最大发射功率, MCL 是 IMT 基站与卫星移动手持终端之间的最小耦合损耗,包含最小路损、插入损耗、天线增益。本文选取 3GPP 技术报告建议的典型值^[10]。

(2) 基于位置分布的阻塞干扰计算,可分析系统可用度。

$$I_{\text{blocking}} = TxPower + G_{\text{TX}} + G_{\text{RX}} - L_{\text{TX}} - PL \quad (2)$$

其中, G_{TX} 是 IMT 基站的发射天线增益, G_{RX} 是卫星移动手持终端的接收天线增益, L_{TX} 是 IMT 基站的馈线损耗, PL 是 IMT 基站到 MES 之间的路径损耗。

在仿真拓扑结构中,采用 3GPP 技术报告中的仿真场景^[8],IMT 系统的拓扑结构采用 19 小区 57 扇区的拓扑结构,如图 2 所示。仿真场景考虑 IMT 基站部署在市区、郊区和农村 3 种场景中。

系统仿真参数见表 3。

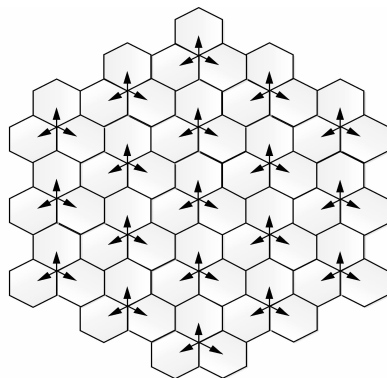


图 2 IMT 基站位置拓扑



表 3 仿真参数设置

IMT 系统		卫星移动系统	
仿真参数	设置值	仿真参数	设置值
工作带宽/MHz	20	卫星移动系统工作频率/MHz	1 518~1 525
宏基站数量	19 小区, 每小区 3 扇区	卫星移动系统带宽/MHz	7
仿真场景	城市/郊区/农村	卫星移动手持终端天线高度/m	1.5
宏基站站间距/m	500/1 000/5 000	卫星移动手持终端天线增益/dB	0
宏基站最大发射功率/dBm	43/46/46	卫星移动手持终端与宏基站之间最小距离/m	35
宏基站天线增益/dBi	16/16/18		
宏基站天线高度/m	25/30/30		
最小耦合损耗/dB	70		

4.1.2 仿真结果与分析

(1) 基于 MCL 方法的计算

基于 MCL 方法的计算结果见表 4。

表 4 基于 MCL 的阻塞干扰计算

特性	典型值	备注
IMT 基站发射功率	-27	46 dBm/20 MHz 换算结果
MCL/dB	70	3GPP TR 36.942 中的典型值
阻塞电平	-97	根据式(1)计算结果

由此可见,在最小耦合损耗的条件下,IMT 基站对卫星移动手持终端的干扰功率谱密度不应当超过-97 dBm/Hz,否则会使卫星移动手持终端的放大器进入饱和区,无法正常工作。

(2) 基于位置分布的仿真结果

卫星移动手持终端随机分布于 IMT 系统的中心小区,通过多次仿真快照的方式来统计卫星移动手持终端受到 IMT 基站的阻塞干扰概率。3 种不同场景下的阻塞电平门限值为-97 dBm/Hz,考虑卫星移动手持终端位置分布的随机性对仿真的影响,每种场景仿真 1 000 次。

从图 3 可以看出,在农村场景下,由于 IMT 基站之间距离很远,因此卫星移动手持终端出现在基站下方的概率非常低,系统的阻塞干扰概率为 0;在郊区场景下,系统的阻塞干扰概率上升至 2.6%;在城区场景下,由于基站间的站间距较为紧凑,卫星移动手持终端受到的阻塞干扰概率大幅增加至 13.1%。仿真结果说明,当基站分布密度变大时,卫星移动手持终端会以较大概率分布在基站附近,导致手持终端受到基站阻塞干扰的概率增加,降低了卫星移动系统的可用性。

4.2 IMT 系统对卫星移动系统的邻频干扰

IMT 系统对卫星移动系统的邻频干扰由 IMT 基站的邻道泄露比(adjacent channel leakage ration, ACLR)和卫星移动手持终端接收机的邻道选择性(adjacent channel selection, ACS)共同决定。发射端的 ACLR 和接收端的 ACS

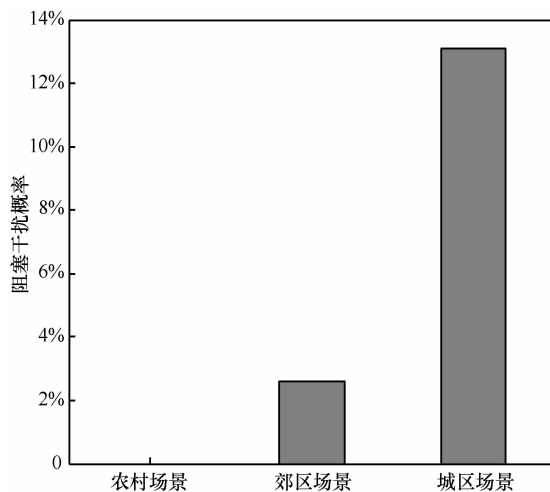


图 3 不同场景下卫星移动终端受到的阻塞干扰概率

共同作用的结果可以用邻道干扰比(adjacent channel interference ratio, ACIR)表示,定义为干扰系统发送的总功率与被干扰系统接收的总干扰功率的比例。因此 ACIR 可以认为是两个系统间设备本身带来的系统隔离度,ACIR 越大,则两个系统共存的可能性越高。

4.2.1 仿真场景及计算

在 IMT 系统中,第 i 个基站对卫星移动手持终端产生的邻频干扰表示为:

$$I_i = TxPower + G_{TX} + G_{RX} - L_{TX} - PL - ACIR \quad (3)$$

其中, $TxPower$ 是 IMT 基站发射机的最大发射功率; G_{TX} 与 G_{RX} 分别是 IMT 基站的发射天线增益和卫星移动手持终端的接收天线增益; L_{TX} 是 IMT 基站的馈线损耗,表示 IMT 基站到卫星移动手持终端的路径损耗; $ACIR$ 是邻道干扰比,表示系统间设备本身带来的系统隔离度。在 19 小区的仿真场景中,IMT 基站对卫星移动终端产生的集总干扰为:

$$I_{Total} = \sum I_i \quad (4)$$

因此,系统所需的额外隔离度表示为:

$$Isolation=I_{Total}-I_{th} \tag{5}$$

其中, $Isolation$ 是系统共存所需要的额外隔离度, I_{th} 是卫星移动手持终端接收机的干扰门限值。

卫星移动手持终端的干扰保护准则借鉴 ITU-R 建议的长期干扰标准^[11], 同时参考我国目前终端设备的制造水平, 采用 $\frac{I}{N}=-6$ dB 的干扰保护准则。用 I 作为手持终端接收机的接收干扰门限值; N 为卫星移动手持终端接收机噪声电平; 通过厂商调研, 选取手持终端的噪声温度 $T=26$ dBK。

针对 ACIR 已知的情况, 通过式(3)~式(5)可以计算卫星移动手持终端在每次仿真中所需的额外隔离度。当仿真完成时, 取所需额外隔离度 CDF 曲线上 95% 处的值作为系统共存所需要的额外隔离度。在计算过程中, 假设卫星移动手持终端具有理想的邻道选择性, 因此 ACIR 的取值可由 ACLR 计算得到。IMT 系统与卫星移动系统在保护带宽条件下的 ACLR 取值可由 3GPP 相关技术标准^[12]中的发射机频谱发射模板计算获得。

针对 ACIR 可以提高的情况, 在仿真计算中将 ACIR 的取值范围设置为 30~90 dB, 间隔 10 dB 取值。通过式(5)可以得到卫星移动手持终端在每次仿真中所需的额外隔离度。当仿真完成时, 同样取所需额外隔离度 CDF 曲线上 95% 处的值作为系统共存所需的额外隔离度。

IMT 系统的拓扑结构如图 2 所示, 采用每小区 3 扇区共 19 小区的结构。卫星移动手持终端在 IMT 系统服务区内随机撒点, 通过多次快照的方式分析 IMT 基站对卫星移动手持终端的集总干扰。

4.2.2 仿真结果与分析

表 5 给出了通过参考文献[10]中的 IMT 基站频谱发射模板计算出的不同保护带宽间隔条件下, 卫星移动手持终端与 IMT 基站之间的 ACLR 取值, 从而通过第 4.2.1 节的假设得到两系统间的 ACIR 值。

表 5 不同保护带宽间隔条件下卫星移动手持终端与 IMT 基站之间的 ACIR 取值				
频率间隔/MHz	0	5	10	15
ACIR/dB	38.8	42.8	50.5	50.5

图 4 给出的是通过 1 000 次独立仿真, 根据目前技术条件下的 ACIR 取值, 在不同场景的基站部署情况下两系统共存所需的额外隔离度与保护带宽之间的关系。从图 4 可以看出, 在 3 种不同的场景下, 两系统在不需要保护带宽时, 共存所需的额外隔离度分别为 0、20 dB 和 30 dB, 因此仅在农村

场景中不需要保护带宽即可保证 IMT 系统不对卫星移动系统产生邻频干扰。在郊区和城区场景下, 由于基站分布相对较密, 卫星移动手持终端受到的邻频干扰变大, 即使划分 10 MHz 的保护带宽, 依然分别需要 10 dB 与 17 dB 的系统额外隔离度才能保证卫星移动系统不受邻频 IMT 系统的干扰。

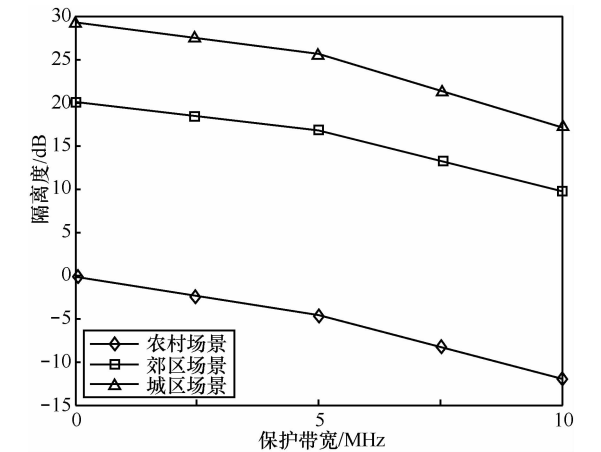


图 4 不同场景下系统共存所需额外隔离度与保护带宽之间的关系

假设 ACIR 可以通过技术进步而提高, 不同场景下卫星移动系统不受 IMT 系统邻频干扰所需的额外隔离度与 ACIR 之间的关系如图 5 所示。从图 5 中可以看出, 当 ACIR 取值 37.7 dB 时, 卫星手持移动终端仅在农村场景下不受 IMT 基站的邻频干扰。根据仿真可知, 如果在 3 种场景下都不需要额外的系统隔离度, 那么 ACIR 值需要提升至 70 dB 才能保证两系统共存。提升系统本省的隔离度, 一方面需要基站发射端具有更小的邻道泄露特性, 以提高邻道泄露比; 另一方面也需要终端接收机具有更好的邻道选择特性, 提高对邻道干扰功率的衰减能力。

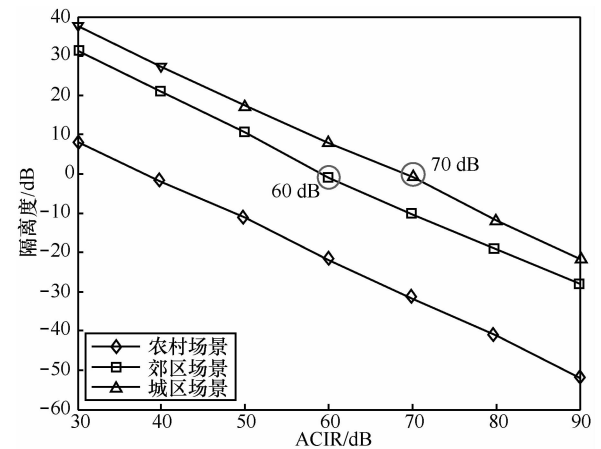


图 5 不同场景下系统共存所需额外隔离度与 ACIR 之间的关系



5 结束语

本文针对我国 1 518~1 525 MHz 频段附近 IMT 系统与卫星移动系统间的干扰进行了研究,通过理论分析和仿真计算等方法,研究了 IMT 系统基站对卫星移动系统终端在不同场景下的阻塞干扰与邻频干扰。仿真结果表明,在基于最小耦合损耗计算得到的阻塞电平值下,卫星移动手持终端在城区、郊区和农村场景下受到 IMT 基站阻塞干扰的概率分别为 13.1%、2.6%、0。在农村场景条件下,当前 ACIR 指标可以保证卫星移动手持终端不需要保护带宽即可不受 IMT 基站的邻频干扰,而在另外两种场景下,即使在两系统间分配 10 MHz 的保护带宽也无法避免 IMT 基站的邻频干扰;另一方面,如果通过技术手段将 ACIR 提高至 70 dB,即使在基站分布密度最大的城市场景,也可保证两系统的共存。本文的研究结果具有一定的参考性与实用性,可为我国无线电管理部门对该频段相关业务的划分提供理论支撑。

参考文献:

- [1] International Telecommunication Union. Radio regulations (vol. I)[M]. Geneva : ITU, 2012: 99.
- [2] 工业和信息化部无线电管理局. 中华人民共和国无线电频率划分规定(2014 版)[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2013: 76.
Radio Regulation Bureau of Ministry of Industry and Information Technology. Regulations on the radio frequency allocation of People's Republic of China (2014 Edition) [M]. Beijing: Posts and Telecommunications Press, 2013: 76.
- [3] 程建军. 卫星频率与轨位资源的国际争夺 [J]. 卫星与网络, 2006(10): 29-34.
CHENG J J. International competition of satellite frequency and orbital resources[J]. Satellite&Networks, 2006(10): 29-34.
- [4] 王明敏, 纪晓东, 彭木根, 等. TD-LTE 与卫星广播系统干扰共存仿真研究[J]. 移动通信, 2014(2): 42-47.
WANG M M, JI X D, PENG M G, et al. Interference simulation of TD-LTE coexist with satellite broadcasting system [J]. Mobile Communications, 2014(2): 42-47.
- [5] 周瑶, 聂昌, 毕猛, 等. 1.4 GHz 频段 IMT 系统与其他业务共存分析及干扰规避措施建议 [J]. 邮电技术设计, 2014(11): 35-40.
ZHOU Y, NIE C, BI M, et al. The co-existence analysis and interference cancellation suggestions between IMT and other system in 1.4 GHz band [J]. Designing Techniques of Posts and Telecommunications, 2014(11): 35-40.
- [6] 杨森, 潘冀, 曾显祺, 等. 1668 ~1675 MHz 卫星移动系统与无线电探空系统间的共存研究 [J]. 电讯技术, 2015, 55(3): 340-346.
YANG M, PAN J, ZENG Y Q, et al. Study on coexistence between mobile satellite system and radiosonde system in 1668~1675 MHz [J]. Telecommunication Engineering, 2015, 55 (3): 340-346.
- [7] Annex 2 to joint task group 4-5-6-7 chairman's report : ITU-R R12-JTG4567-C-0584: 2014 [S/OL]. [2014-08-26]. <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/jtg4-5-6-7/Pages/default.aspx>.
- [8] Further advancements for EUTRA physical layer aspects (Release 9): 3GPP TR 36.814 (V9.0.0): 2010 [S/OL]. [2014-05-13]. <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/36-series.htm>.
- [9] Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz: ITU-R P. 1546-4: 2014 [S/OL]. [2014-09-19]. <http://www.itu.int/rec/R-REC-P/en>.
- [10] Radio frequency (RF) system scenarios(Release 12): 3GPP TR 36.942 (V12.0.0): 2014[S/OL]. [2014-09-30]. <http://www.3gpp.org/DynaReport/36-series.htm>.
- [11] Technical characteristics of mobile satellite system in the frequency bands below 3 GHz for use in developing criteria for sharing between the mobile-satellite service (MSS) and other services ITU-R M.1184-2: 2003 [S/OL]. [2009-11-05]. <http://www.itu.int/rec/R-REC-M/en>.
- [12] Base station (BS) radio transmission and reception(Release 12): 3GPP TS 36.104 (V12.5.0): 2014[S/OL]. [2014-10-02]. <http://www.3gpp.org/DynaReport/36-series.htm>.

[作者简介]



韩锐(1984-),男,博士,国家无线电监测中心工程师,主要研究方向为无线通信和电磁兼容。

张晓燕(1982-),女,博士,国家无线电监测中心工程师,主要研究方向为电波传播、无线通信和电磁兼容。

刘畅(1987-),女,国家无线电监测中心工程师,主要研究方向为无线电频谱与卫星轨道资源管理、卫星频率国际协调、兼容共存。

王冠(1985-),女,环境保护部核与辐射安全中心工程师,主要研究方向为电磁兼容与环境影响评价。