



5G 基站与邻频系统之间的干扰问题研究

姚建明

(西安博亚盛亿通讯技术有限公司, 陕西 西安 710077)

摘要: 针对 5G 基站与卫星地球站等邻频系统在频率共用、地理共存情况下出现的干扰问题, 对 5G 基站被干扰情形进行了理论计算, 对其他台站被干扰情形以及合法台站之间的共存进行了分析研究, 提出了在出现同频干扰时能提升干扰定位效率的方法, 包括使用实时频谱功能分析同频信号, 运用 5G NR 解调功能对信号进行识别, 以及结合车载同频多辐射源定位方法来确定干扰源的大致位置。

关键词: 5G; 同频干扰; 实时频谱分析

中图分类号: TN927

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2021242

Study on interference problems between 5G base stations and adjacent frequency systems

YAO Jianming

Xi'an Boya Shengyi Communication Technology Co., Ltd., Xi'an 710077, China

Abstract: For the interference problems in frequency sharing and geographical coexistence between 5G base stations and the adjacent frequency systems such as satellite earth stations, the different situations consisting of the interferences to 5G base stations and the interferences to other stations were analyzed, and the solutions to improve interference positioning efficiency including analyzing the same frequency signal using real-time spectrum function, identifying the signal using 5G NR demodulation function, and locating the interference source combined with same-frequency multiple radio source positioning method were presented.

Key words: 5G, same frequency interference, real-time spectrum analysis

1 引言

5G 是最新一代蜂窝移动通信技术, 也是 2G、3G 和 4G 系统之后的延伸。全球各国政府、组织均把 5G 作为战略重点, 我国高度重视 5G, 为 5G 发展提供纲领性指导及全方位保障, 自 2019 年 6 月, 工业和信息化部(简称工信部)向中国电信、

中国移动、中国联通、中国广电发放 5G 商用牌照以来, 国内 5G 建设便进入快车道^[1-3]。

与此同时, 青海、新疆^[4]、河北等地也发生了多起 5G 工作频段内的干扰申诉事件。这些 5G 干扰事件中, 既有 5G 基站被干扰情况, 如青海玉树、新疆奎屯移动 5G 频段被干扰; 也有 5G 基站干扰其他台站情况, 如青海西宁、河北张家口出

现的卫星通信被干扰。干扰定位查找是无线电管理一项重要且较为耗时、耗力的工作。而 5G 干扰的出现以及进一步处理为无线电管理提出了新的挑战：既要有序保障 5G 持续健康发展，又要快速解决干扰以维护空中电波秩序；既要做好“预防”工作，推动相关台站进行适应性建设或改造等协调工作，又要做好“急救”工作，出现干扰后，花最少的时间、用最小的代价找出干扰源并解决。

文献[4]针对一起具体的 5G 基站被干扰案件进行了研究，分析了基于传统技术手段的无线电干扰排查过程；文献[5]和文献[6]基于《3 000~5 000 MHz 频段第五代移动通信基站与卫星地球站等无线电台（站）干扰协调管理办法》，结合实际 C 波段卫星站被干扰案例，对 5G 基站与其他台站共存进行了分析。

针对 5G 基站与邻频台站之间出现的干扰问题，已有研究成果偏重于实际干扰案例的过程分析。本文从实际出现的干扰案例入手，对不同干扰情形进行了理论计算和分析，并针对耗时、耗力的同频干扰问题，结合新技术手段来提升干扰排查效率，给出了实时频谱分析、5G NR 信号解调识别以及同频多辐射源定位等解决思路。

2 问题分析

2.1 频率共用

国内 5G 的工作频段，包括中国电信和中国联通

的 3 400~3 600 MHz、中国移动的 2 515~2 615 MHz 频段等，与现有或原有台站工作频率重叠或邻近，如原有多信道多点分发服务（multichannel multi-point distribution service, MMDS）设备以及标称工作频率为 3 400~4 200 MHz 中星 6B 卫星等，这样的台站共存局面会导致同频干扰、邻频干扰和减敏干扰等情况。

2.2 干扰分析

2.2.1 5G 基站被干扰分析

青海、新疆等地出现的 MMDS 设备干扰 5G 基站情形较为典型，以此为背景进行分析。

MMDS 系统，采用微波传输、多路分配的无线通信技术，由于具有投资少、周期短、见效快等优点，广电部门将其用于郊区、乡村等地区的电视信号传送覆盖方面。MMDS 系统的技术特点见表 1，标称工作频率为 2 500~2 570 MHz，与工信部分配给中国移动的 2 515~2 615 MHz 5G 频率重叠，具有发生同频干扰的理论基础。另外，MMDS 设备发射功率大，达百瓦级；信号占用带宽大，为了多传送电视节目会采用宽带发射模式；信号覆盖范围大，达几十千米。所以，从理论上分析，MMDS 很容易对 5G 基站造成有害干扰。

设定乡村平原场景，分析 MMDS 信号经过传播后对 5G 基站造成的影响。

参照文献[5]中给出的 MMDS 系统应用参

表 1 MMDS 系统技术特点^[7-10]

参数	技术特点	
	功能性说明	补充说明
工作频率	2 500~2 700 MHz	在工作频率范围内以频分模式同时传送多套电视节目
发射功率	根据服务面积来定，最大可达 200 W	系列化设计，可发射的功率为 1~200 W
制式	模拟、数字	数字制式逐步取代模拟制式
发射模式	单频点发射	最大覆盖距离超过 50 km，可靠性较高，如用于乡村传输 12 路电视信号
	宽带发射	覆盖距离一般在 30 km 以内
天线类型	定向天线	干线传输
	全向天线	信号覆盖



数,假设 MMDS 发射天线与 5G 基站天线架设高度均为 30 m,MMDS 设备干扰 5G 基站示意图如图 1 所示,两者之间的距离为 D 且为无障碍物的通视环境。

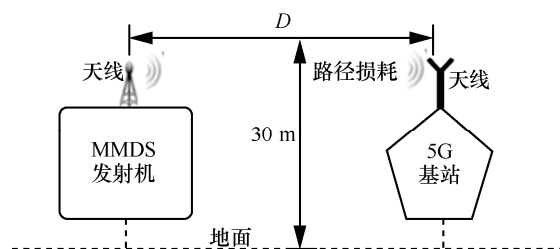


图 1 MMDS 设备干扰 5G 基站示意图

MMDS 系统应用参数如下^[7]:

发射机发射功率 $P_t = 1\text{ W}$;

发射天线增益 $G_t = 13\text{ dBi}$;

发射机与天线之间损耗 $L_t = 3\text{ dB}$;

发射机发射频率 $f_t = 2\,886\text{ MHz}$;

接收天线增益 $G_r = 21\text{ dBi}$;

接收机信号带宽内等效输入噪声功率大致为 $P_n = -108\text{ dBm}$;

接收机噪声系数 $NF = 3.5\text{ dB}$ 。

当 MMDS 接收端的信噪比范围大致为 20 dB 时,可以认为信号质量是稳定可靠的^[10]。

路径损耗方面,大气层和地面电磁特性是影响因素,包括大气层对无线电波的折射、吸收、散射、地面反射等因素造成的损耗^[11-13]。

由于设定发射天线与接收天线之间为无障碍物的通视环境,同时也暂不考虑大气等因素对传输的影响,所以路径损耗 L_d 可以通过式 (1) (自由空间传播损耗计算公式) 近似获得:

$$L_d = 32.45 + 20 \lg f_t + 20 \lg D \quad (1)$$

其中, f_t 单位为 MHz, D 单位为 km。

MMDS 信号功率经过空间传播后到达接收天线处的功率 P_r 可以通过式 (2) 近似获得:

$$P_r = P_t - L_t + G_t - L_d \quad (2)$$

MMDS 接收机输出信噪比 $\frac{S}{N_{out}}$ 可通过式 (3)

计算获得:

$$\frac{S}{N_{out}} = P_r - P_n - NF \quad (3)$$

在文献[7]中给出的 MMDS 系统参数基础上,将其噪声门限电平等效为接收机输入噪声功率,使用式 (1)、式 (2)、式 (3) 近似计算得到在 9.5 km 处的接收信号信噪比为 23.3 dB,见表 2。

表 2 结果与文献[7]给出的 MMDS 系统覆盖效果趋势相近,基于同样条件下,进一步分析图 1 中 5G 基站接收天线处的干扰电平。

设定 MMDS 发射机发射频率 $f_t = 2\,530\text{ MHz}$,其他参数不变,通过近似计算发现,MMDS 发射 1 W 功率信号经空间无障碍视距传播几千米后,到达 5G 基站天线处的电平达到 -80 dBm 左右的量级,如图 2 所示。

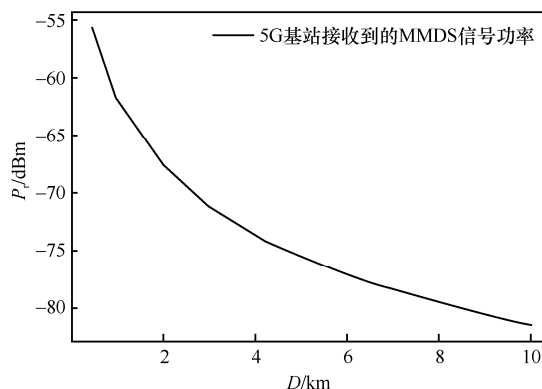


图 2 MMDS 设备干扰 5G 基站的功率范围

5G 宏基站的接收灵敏度一般会小于 -95 dBm ^[3], -80 dBm 等级的同频信号会对 5G 基站造成有害

表 2 近似计算 MMDS 覆盖范围

发射机功率/W	距离 D/km	路径损耗/dB	接收天线处电平/dBm	接收机输出信噪比 $\frac{S}{N_{out}}$ /dB
1	9.5	121.2	-81.2	23.3

干扰。

MMDS 系统的工作频率与中国移动的 5G 工作频率重叠, 外加宽带大功率发射以及广域覆盖的特点, 导致 MMDS 无法与 5G 基站同时、同区工作。

事实上, 在 2013 年 12 月工信部宣布将 2 555~2 655 MHz 频段分配给运营商进行 4G 部署时, 广电部门已开始了应对与探索^[10]。

基于 MMDS 应用的现实状况, 无论是从频率上解决, 避开 2 515~2 615 MHz, 还是从台站上解决, 避免与 5G 覆盖区域重叠, 都需要考虑既不影响 5G 部署应用又充分利用已有投入。

2.2.2 其他台站被干扰分析

卫星地球站等台站被 5G 干扰事件已发生多起, 以 C 波段台站最为典型, 除了青海西宁、河北张家口, 上海、广州等地也出现过。

国内 3 400~4 200 MHz 和 4 500~5 000 MHz 频段卫星地球站等无线电台(站)、广播电视地球站、双向通信地球站、单收地球站 5 万~10 万个, 用户涉及广播电视台站、气象、报社、银行、高校、科研机构、证券及电信运营企业等重要行业企事业单位^[5]。

已有在线运行的 C 波段台站与运营商现行 5G 工作频率重叠或相近, 三大运营商 5G 工作频率见表 3、中国电信和中国联通 5G 频率与 C 波段频率如图 3 所示, 进一步导致了同频干扰、邻频干扰等干扰现象发生^[5-6]。

表 3 三大运营商 5G 工作频率

中国电信	中国联通	中国移动
3 400~3 500 MHz	3 500~3 600 MHz	2 515~2 675 MHz 4 800~4 900 MHz

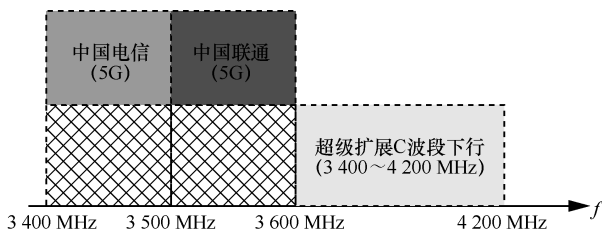


图 3 中国电信和中国联通 5G 频率与 C 波段频率

针对 C 波段台站与 5G 基站共存情形, 可采取以下方案措施^[12-13]:

(1) 为地球站等台站加装抗干扰滤波器、更换高品质窄带抗 5G 干扰卫星高频头等措施, 适用于邻频干扰等现象;

(2) 调整 5G 基站发射功率、天线最大辐射方向等, 提升基站带外抑制水平;

(3) 为台站增加屏蔽、隔离配置, 适用于同频干扰情形。

2.3 共存分析

针对频率共用或相近的不同台站共存情形, 2018 年 12 月, 工信部下发了《3 000~5 000 MHz 频段第五代移动通信基站与卫星地球站等无线电台(站)干扰协调管理办法》, 为相关主体的进一步工作提供了思路。

(1) 5G 工作频率范围内, 不再有增量地面固定业务台(站)、空间无线电台和卫星地球站等台站进场, 包括 3 400~4 200 MHz 和 4 800~5 000 MHz 频段的台站不再受理申请;

(2) 5G 工作频率范围内, 已建、新建 5G 基站与已有存量台站之间, 以干扰协调管理为思路, 采取适应性建设与适配性改造等措施。

通过《3 000~5 000 MHz 频段第五代移动通信基站与卫星地球站等无线电台(站)干扰协调管理办法》并结合实际情况, 分析认为 5G 干扰情况会在较长时间内存在, 从目前的阶段来看, 完全消除 5G 干扰是不存在理论基础的, 避免和解决“有害干扰”是重点, 即把出现的严重干扰通过一系列措施控制在可接受的等级范围内是有效的。

3 解决思路和方法

在实际的无线电管理工作当中, 5G 干扰的情形多种多样, 而以 5G 工作频段内出现的同频率干扰信号情形最为复杂。出现 5G 同频干扰后, 建议从以下几个方面入手以便提升干扰查找定



位的效率。

3.1 解决思路

3.1.1 完整地确定信号特征

随着 5G 商用程度进一步加深,通过关闭基站来确定干扰源的方法会变得越来越困难,在这种情况下,掌握有力的手段来完整地确定信号特征就显得很有必要,包括待找信号的确定频点、信号波形等特征。

(1) 实时频谱分析

以 5G 基站被干扰为例,在基站 100 MHz 左右的带宽内出现的任意干扰信号,都会对基站性能造成影响乃至业务受阻。此时,通过实时频谱分析功能,利用显示颜色的不同来区分多种类型的辐射信号,可以清楚明确地获取同频干扰信号的“位置”(具体频点)、信号幅度大小、持续时间、信号宽度等关键参数,如图 4 所示,可以缩小分析排查的范围,进一步减少不必要的弯路。

需要说明的是,针对同频信号,普通的扫频式频谱仪或接收机无法分辨,也无法获取一些准确的特征参数。

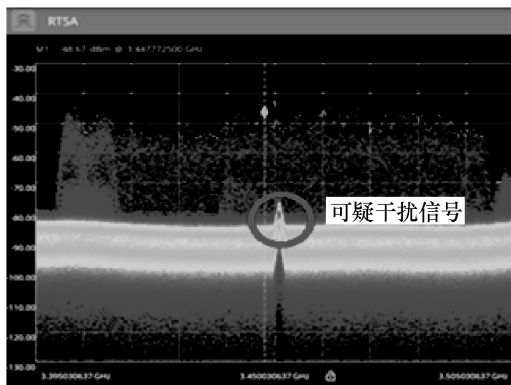


图 4 实时频谱分析功能说明示意图

(2) 5G 信号的解调识别

在 5G 同频干扰出现时,对 5G 信号进行解调识别也是非常必要的,因为不同于 3G/4G,5G 基站的布设密度大大增加,对应 5G 个体基站的覆盖范围也小很多,在实际的干扰排查现场,方圆几

百米范围内往往会有多个频率相同的 5G 基站。

以 5G 基站干扰卫星地球站情形为例,在地球站接收天线口面处,可以通过便携式设备确定出与地球站同频的干扰信号幅度超出预期,也可以通过波形判断出干扰信号是宽带信号。此时,如果便携式设备具备 5G 信号解调识别功能,如图 5 所示,就可以明确“5G 基站类设备”就是干扰源,进一步利用手持定向天线结合 5G 解调识别出的基站小区号,基于来波功率最大对应干扰贡献最大的原则,初步确定出主要干扰源的方向。

以新疆奎屯移动的 2 515~2 635 MHz 5G 基站被干扰为例^[4],事实上在有效的频率划分文件中,2 515~2 635 MHz 频率是明确分配给移动使用的,这说明实际环境中的台站分布要更加复杂。假如有一个频率为 3 400~3 600 MHz 的台站被干扰了,也只能说明 5G 基站是干扰源的概率更大,或许实际环境中还有其他同频率的台站存在。通过实际的案例比拟说明,指出在实际的 5G 同频干扰查找定位过程中,进行必要的 5G 解调识别是有意义的。

MULTI PCI TABLE					
PCI	BEAM INDEX	SS-EVM (%)	SS-RSRP (dBm)	SS-SINR (dB)	SS-RSRQ (dB)
122	6	18.53	-62.21	14.64	0.55
341	0	75.19	-70.15	2.48	-2.77
340	2	85.05	-70.61	1.41	-2.89
340	3	108.88	-69.92	-0.74	-2.84
122	7	126.49	-72.68	-2.04	-4.60
122	1	128.33	-75.41	-2.17	-5.58
122	4	147.32	-76.84	-3.37	-6.86
643	4	168.74	-77.67	-4.54	-7.64
268	5	172.74	-78.31	-4.75	-7.87
238	7	179.07	-74.76	-5.06	-6.76
122	3	186.43	-73.01	-5.41	-5.92
122	5	226.61	-80.25	-7.11	-9.76
643	3	244.60	-74.97	-7.77	-7.88
340	4	283.40	-81.37	-9.05	-11.35
238	0	310.84	-78.48	-9.85	-11.12

图 5 实际环境中的 5G NR 信号解调识别结果列表

3.1.2 结合有效的车载定位手段

实际工作当中,无线电干扰查找定位的主战场往往在密集城区,在这样的环境下,多径效应、反射散射很容易造成方位误判,高楼大树会对逼近查找形成困扰,嘈杂的电磁环境也会对干扰定位造成影响。

在密集城区进行 5G 同频干扰定位查找,依托

有效的车载定位手段来进一步缩小目标区域是有意义的,在有多个 5G 同频辐射源同时存在的环境中,驱车在方圆几千米范围的初始目标区域中采集数据,利用有效的定位算法粗略确定出同频辐射源在大目标区域中的位置,并在地图中标示出来,可以进一步缩小排查范围。

3.2 方法步骤

5G 同频干扰的查找定位可以参照以下步骤进行。

步骤 1 通过实时频谱分析设备监测被干扰频段,区分出干扰信号与被干扰信号,并获取干扰信号频率等频域特征参数。

步骤 2 进行 5G NR 信号解调,获取 5G NR 基站 PCI 等解调域特征参数。在卫星台站被干扰过程中,在卫星天线处通过定向天线可以获得干扰贡献最大的基站方向和 PCI 参数。

步骤 3 通过步行式逼近或车载式逼近策略确定干扰源。在车载式定位干扰过程中,如果是 5G 基站被干扰情形,使用功率到达法定定位系统的多辐射模式,确定出同频辐射源的大致位置,进一步缩小查找区域;如果是卫星台站被干扰情形,可以使用 5G 基站路测设备,通过在卫星天线处获取的最大贡献基站的 PCI,确定出最终的干扰源。

3.3 分析结果

通过使用实时频谱分析、5G 信号解调识别以及同频多辐射源定位等新技术手段,在 5G 工作频段内出现同频干扰事件时,可以让干扰定位并解决干扰问题事半功倍。另外,在实际的干扰查找定位过程中,手持定向天线的波瓣宽度也是需要考虑的因素,尤其是周围都是 5G 信号时,较好的方向特性可以在逼近目标基站过程中少走弯路。

4 结束语

保障 5G 持续健康的发展具有重要的意义,频谱本身又是稀缺的资源,所以,5G 基站与其他在用合法台站频率共用的现象在相当长时间内会

持续存在,由此带来的同频干扰、邻频干扰等现象也会长期存在,基于这样的现状因素,结合《3 000~5 000 MHz 频段第五代移动通信基站与卫星地球站等无线电台(站)干扰协调管理办法》,规避和解决“有害干扰”对实现 5G 基站与其他同频存量台站和谐共存具有现实意义。

在规避 5G 工作频段内出现的“有害干扰”方面,除了对其他在线合法台站进行适应性改造,包括加装滤波器、屏蔽措施等,还需要 5G 进行适配性建设,包括保证已建新建 5G 基站设备发射与接收特性满足规范要求等。

而解决“有害干扰”同样是非常重要的事情,5G 工作频率内出现了同频率干扰信号,无论是 5G 基站被干扰,还是 5G 基站干扰其他合法台站,如何在不关站、少关站情况下以最快的时间找出干扰源并解决“有害干扰”是一项挑战。

在面临 5G 基站密集部署、5G 信号深度覆盖以及日益复杂的电磁环境形势下,基于常规扫描式接收设备的传统无线电干扰排查手段,会使得干扰定位的效率比较低,而且需要工作人员有丰富的排查经验、跨部门之间的信息要共享充分、及时等。

本文的思路是利用新技术应对新形势下的新问题,提出了结合使用实时频谱分析、5G 信号解调识别以及同频多辐射源定位等手段进行干扰排查,在 5G 基站与其他台站出现干扰问题后,尤其是同频有害干扰时,可以有效提升干扰定位的效率。

参考文献:

- [1] 席枫. 推进 5G 新基建,“换道超车”赢先机[N]. 光明日报, 2020.
XI F. Promoting new 5G infrastructure, "change lane to overtake" to win the first opportunity [N]. Guangming Daily, 2020.
- [2] 工业和信息化部. 3000—5000MHz 频段第五代移动通信基站与卫星地球站等无线电台(站)干扰协调管理办法[Z]. 2018. Ministry of Industry and Information Technology. Coordinated management of interference between fifth-generation mobile communication base stations and satellite earth stations and other radio stations (stations) in the 3000-5000 MHz frequency



- band [Z]. 2018.
- [3] 3GPP. Base Station (BS) radio transmission and reception: TS38.104[S]. 2020.
- [4] 谷万民, 张志勇, 张文昌. 对一起 5G 基站干扰的排查分析[J]. 中国无线电, 2021(2): 61-63.
GU W M, ZHANG Z Y, ZHANG W C. Investigation and analysis of 5G base station interference[J]. China Radio, 2021(2): 61-63.
- [5] 韩国骅, 蒋晨晖. 让 5G 与 C 波段卫星地球站和平共处[J]. 上海信息化, 2019(12): 63-66.
HAN G H, JIANG C H. Making 5G coexist peacefully with C-band satellite earth stations[J]. Shanghai Informatization, 2019(12): 63-66.
- [6] 梁刚毅, 王国威, 朱勤伟. 5G 通信基站对 C 波段卫星电视的干扰分析[J]. 广播与电视技术, 2019, 46(11): 32-35.
LIANG G Y, WANG G W, ZHU Q W. Analysis of interference by 5G communication base station on C-band satellite TV signal[J]. Radio & TV Broadcast Engineering, 2019, 46(11): 32-35.
- [7] 严波. MMDS 系统参数的计算[C]//中国数学力学物理学高新技术交叉研究会第 7 届学术研讨会论文集, 出版地: 出版者不详, 1998(7): 317-319.
YAN B. Calculation of MMDS system parameters [C]// Proceedings of the 7th Symposium of the Chinese Society of Mathematical Mechanics Physics High-Tech Intersection Research, [S.l.:S.n.], 1998(7): 317-319..
- [8] 王越东. 数字 MMDS 的前景及前端解决方案[J]. 中国有线电视, 2008(1): 30-32.
WANG Y D. Digital MMDS: the prospects and front-end solutions[J]. China Digital Cable TV, 2008(1): 30-32.
- [9] 吴孝华. 数字 MMDS 传输系统在我镇“村村通”中的设计与应用[J]. 科教文汇(下旬刊), 2013(3): 111-112.
WU X H. Design and application of MMDS digital TV in our town "Cuncun Tong" project[J]. The Science Education Article Collects, 2013(3): 111-112.
- [10] 张毅, 邹引凡, 张兴华. 数字 MMDS 调制方式的技术探索[J]. 广播与电视技术, 2014, 41(9): 83-85.
ZHANG Y, ZOU Y F, ZHANG X H. Technical solution of modulation in digital MMDS[J]. Radio & TV Broadcast Engineering, 2014, 41(9): 83-85.
- [11] 王红光, 韩杰, 王波, 等. 基于数值模拟大气环境预测海上微波传播损耗[J]. 系统工程与电子技术, 2012, 34(3): 457-461.
WANG H G, HAN J, WANG B, et al. Numerical modeling of atmospheric environment for microwave propagation loss prediction over the sea surface[J]. Systems Engineering and Electronics, 2012, 34(3): 457-461.
- [12] 王好同, 李伟明, 方伟, 等. 超短波传播损耗预测研究与应用[C]//第 13 届中国系统仿真技术及其学术年会论文集, 出版地: 出版者不详, 2011: 231-236.
WANG H T, LI W M, FANG W, et al. Research and application of ultrashort wave propagation loss prediction[C]//Proceedings of the 13th Annual Chinese Academic Conference on System Simulation Technology and its Applications, [S.l.:s.n.], 2011: 231-236.
- [13] 杨超然, 常广平, 常江涛. 海上卫星移动通信传播损耗仿真研究[J]. 科技传播, 2019, 11(1): 6-10.
YANG C R, CHANG G P, CHANG J T. Simulation study on propagation loss of maritime satellite mobile communication[J]. Public Communication of Science & Technology, 2019, 11(1): 6-10.

[作者简介]



姚建明 (1980—), 男, 西安博亚盛亿通讯技术有限公司技术总工程师, 主要研究方向为无线电、移动通信、信号分析等。

收录声明

本刊已被中国核心期刊遴选数据库(万方)、中国学术期刊数据库(知网)全文收录,被本刊录用的文稿,将一律由编辑部统一纳入中国核心期刊遴选数据库(万方)、中国学术期刊数据库(知网)。若作者不同意被收录,将在来稿时向本刊说明,本刊将做适当处理。若无特别声明,视同将录用文稿的电子网络版、汇编或合订本的使用权授予本期刊社,本刊支付的稿费中已包含上述费用。

The articles of *Telecommunications Science* have been embodied by WANFANG DATA and CNKI. The accepted articles will be unified into WANFANG DATA and CNKI. If the author does not agree to his or her article to be included, the author must illustrate when the article is submitted. The editorial department will properly handle. If the authors do not give a special announcement, the editorial department believes that the authors have granted the right of their articles to *Telecommunications Science*. The expenses have been included in the fee paid by editorial department.

道德声明

本刊发表的文稿是作者独立取得的原创性研究成果,无一稿多投;文稿内容不涉及国家机密;未曾以任何形式用任何文种在国内外公开发表过;文稿内容不侵犯他人著作权和其他权利。若发生一稿多投、侵权、泄密等问题,文稿作者将承担全部责任。

The authors of *Telecommunications Science* guarantee that their submitted articles are original and contain nothing confidential. The said article is only submitted to *Telecommunications Science*. The said article has not been published before and has not been submitted elsewhere for print or electronic publication consideration. The said article is in no way whatever a violation or an infringement of any existing copyright or license from the third party. Otherwise, the authors of the said article shall take the blame for the violation or infringement of the related copyright and the leakage of secrets.

电信科学

Telecommunications Science



邮发代号: 2-397 国外代号: M841 定价: 68.00元

ISSN 1000-0801



9 771000 080217

11