

2.1 GHz 频段 5G NR FDD 与 MSS

Study on Co-existence of 5G NR FDD and
MSS in 2.1 GHz Band

系统共存研究

刘吉凤,周 瑶,张忠皓(中国联通研究院,北京 100048)

Liu Jifeng,Zhou Yao,Zhang Zhonghao(China Unicom Research Institute,Beijing 100048,China)

摘 要:

为推动 5G 在中频段的重耕,研究了 2.1 GHz 频段 NR FDD 系统与 MSS 系统邻频共存时系统间干扰造成的性能损失,给出并分析了不同功率参数、手持/车载 2 种 MES 终端形态、AAS/NON-AAS 2 种 NR 天线模型下,4 个干扰场景的仿真结果。最后给出 NR FDD 系统与 MSS 系统共存建议以及共存措施。

关键词:

5G;2.1GHz;NR FDD;MSS;邻频;共存;AAS
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.02.003
文章编号:1007-3043(2022)02-0014-07
中图分类号:TN929.5
文献标识码:A
开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

In order to promote the refarming of 5G in medium frequency band,it studies the performance loss of NR FDD system and the MSS system caused by inter-sytem interference of co-existence in the adjacent channel in 2.1 GHz band.The simulation results of four interference scenarios are given and analyzed under different power parameters,two MES terminal configurations of handheld/vehicle and two NR antenna models of AAS/non-aas.Finally,the co-existence suggestions and measures of NR FDD system and MSS system are given.

Keywords:

5G;2.1GHz;NR FDD;MSS;Adjacent channel;Co-existence;AAS

引用格式:刘吉凤,周瑶,张忠皓. 2.1 GHz 频段 5G NR FDD 与 MSS 系统共存研究[J]. 邮电设计技术,2022(2):14-20.

1 概述

随着 5G 网络的不断壮大以及国内通信业的不断发展,迫切需求在中频段重耕部署 NR(New Radio) FDD 系统, NR FDD 和 MSS(Mobile Satellite Service)将在 2.1 GHz 频段长期邻频共存。本文研究了 2.1 GHz 频段 NR FDD 系统与 MSS 系统邻频共存时系统间干扰造成的性能损失,并给出相关建议,具有重要的理论价值和现实意义。

2 NR FDD 系统与 MSS 系统共存场景

根据目前我国频率划分和使用情况,在 2.1 GHz

频段部署 NR FDD 系统,则 NR FDD 与 MSS 系统在该频段邻频共存,如图 1 所示。2 个系统的干扰链路共有 4 个场景,包括 NR FDD 基站干扰 MSS 终端、NR FDD 终端干扰 MSS 基站、MSS 基站干扰 NR FDD 终端、MSS 终端干扰 NR FDD 基站。



图 1 NR FDD 与 MSS 邻频共存

3 系统建模和仿真方法

3.1 拓扑结构

3.1.1 NR FDD 单系统宏蜂窝拓扑结构

使用宏蜂窝进行部署,采用 3 扇区拓扑结构。拓扑结构如图 2 所示。

收稿日期:2021-12-01

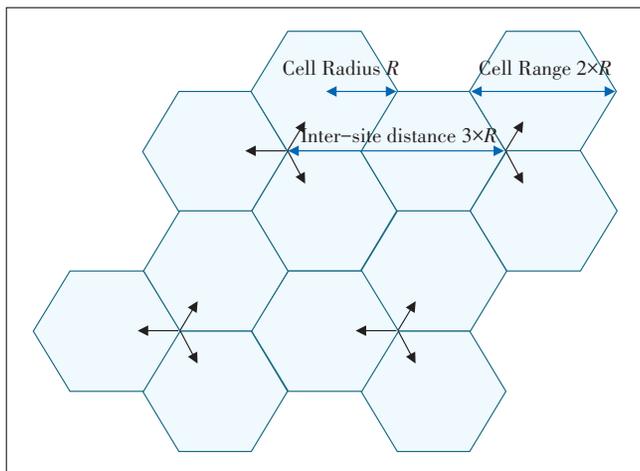


图2 NR FDD宏蜂窝拓扑

3.1.2 MSS/NR 宏蜂窝共存拓扑结构

MSS与NR FDD宏蜂窝共存时,采用7色频率复用。GEO卫星波束采用宏蜂窝结构。NR FDD基站在一个波束的覆盖区域中的分布情况,视不同研究角度有所差异。

3.1.2.1 NR FDD终端干扰MSS卫星

地空等大面积共存研究场景下,考虑江河湖泊、森林、沙漠等的覆盖,NR基站和终端的部署密度存在差异。WP5D给出了大面积场景下的部署密度 D_1 计算公式。

$$N = D_1 \times A$$

$$D_1 = D_s \times R_a \times R_b$$

式中:

- N ——MSS波束内基站部署数量
- D_1 ——部署密度
- A ——波束覆盖面积
- D_s ——基站密度
- R_a ——热点覆盖面积占建成区比例(%)
- R_b ——建成区占整个区域比例(%)

结合国家统计局关于建成区占比统计数据 and 建成区热点覆盖面积占比, R_a 取20%, R_b 取28%。

MSS卫星在地球上的入射角的中心指向区域正中心,向外共生成NR基站,NR基站拓扑结构见图2。NR FDD终端干扰MSS卫星拓扑结构如图3所示。

3.1.2.2 MSS卫星干扰NR FDD终端

以MSS卫星波束中心指向为中心,生成NR基站,MES(Mobile Earth Station)用户和NR用户按照各自系统定义方式进行撒点,统计卫星波束下满MES用户对NR终端的干扰。MSS卫星干扰NR FDD终端拓扑结

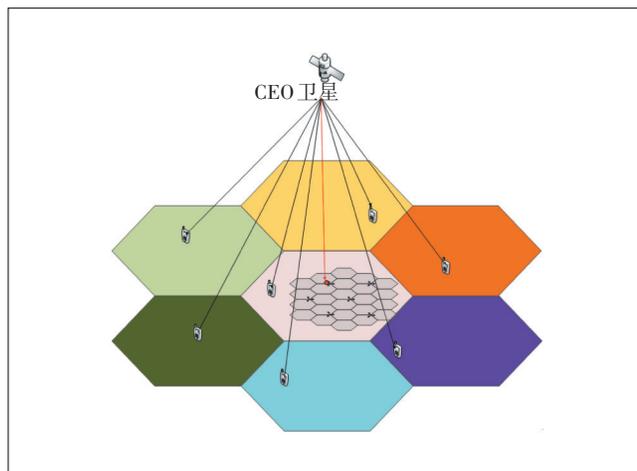


图3 NR FDD宏蜂窝对MSS卫星集总干扰

构如图4所示。

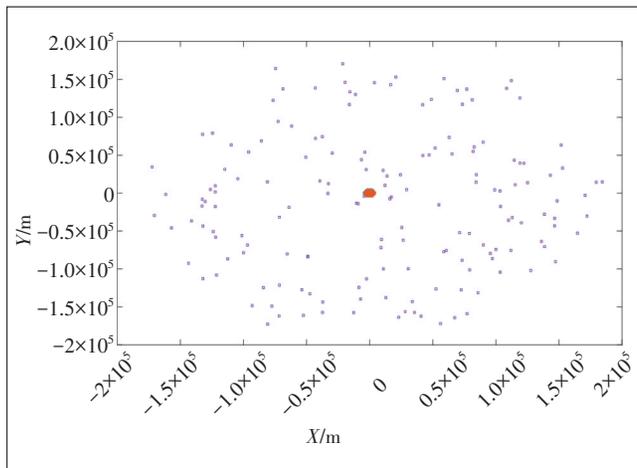


图4 MSS卫星干扰NR FDD宏蜂窝下行场景示意图

3.1.2.3 MSS终端干扰NR FDD基站

MSS卫星干扰NR FDD终端的拓扑结构与MSS卫星干扰NR FDD终端相同,具体见图4。

3.1.2.4 NR FDD基站干扰MSS终端

以每个MES位置为中心同时结合随机偏移量,生成NR基站,MES用户和NR用户按照各自系统定义方式进行撒点,统计生成基站内NR用户对MES终端的影响。NR FDD基站干扰MSS终端拓扑结构如图5所示。

3.2 传播模型

3.2.1 地面链路

基站与用户的传播模型可用如下公式计算:

$$L_{BS-UE} = 40 \times (1 - 4 \times 10^{-3} \times h_b) \times \lg d - 18 \times \lg h_b + 21 \times \lg f + 80 \quad (1)$$

式中:

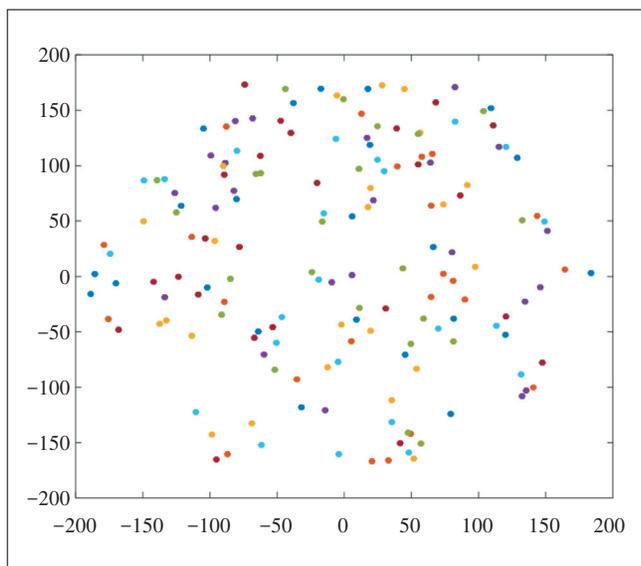


图5 NR FDD宏蜂窝干扰MSS卫星下行场景示意图

f ——载波频率(MHz)

d ——基站与用户间距离(km)

h_b ——基站与平均建筑物的高度差,通常取 15 m

同时,考虑 10 dB 标准差的阴影衰落系数 $\lg F$,那么最终的传输损耗模型定义如下:

$$\text{Path_Loss} = \max \{ L, \text{Free_Space_Loss} \} + \text{shadowfading}$$

另外,传输损耗都不应小于自由空间传播模型,即:

$$\text{Free_Space_Loss} = 98.46 + 20 \times \lg d$$

3.2.2 卫星链路

由于手持终端(MES)与卫星之间的链路受地形或特定障碍等因素的影响小,信号主要在大气中传播,所以卫星链路路损模型考虑自由空间损耗、去极化衰减,以及地物损耗。地物损耗模型参考 ITU-R P.2108 的 Height gain terminal correction model。

3.3 NR 功率控制

下行链路无需使用功率控制,基站满功率发射,给每个 RB 分配相同的功率。

上行传输功率控制模型,采取计算出控制功率并补偿到发射功率上的方法。终端的发射功率如下:

$$P_t = P_{\max} \times \min \left\{ 1, \max \left[R_{\min}, \left(\frac{CL}{CL_{x-ile}} \right)^\gamma \right] \right\} \quad (2)$$

式中:

P_{\max} ——移动台最大发射功率

R_{\min} ——与用户最小发射功率有关的参数

CL——路径耦合损耗,定义为

$\max \{ \text{pathloss} - G_{\text{Tx}} - G_{\text{Rx}}, \text{MCL} \}$ 。其中 pathloss 是传播损耗加上阴影衰落, G_{Tx} 为接收机方向上的发射机天线增益, G_{Rx} 为发射机方向上的接收机天线增益。功率控制参数如表 1 所示。

表 1 功率控制算法参数

参数集	Gamma	CL_{x-ile}	
		20 MHz	10 MHz
Set 1	1.0	112	112
Set 2	0.8	129	129

3.4 仿真参数

3.4.1 基本参数

宏蜂窝基本参数如表 2 所示。

表 2 宏蜂窝基本参数

参数类别	设置
蜂窝布局	六边形(19站,三扇区),共站/非共站
载波频率/GHz	2.1
站间距/m	750
MCL/dB	BS-UE: 70
最小 BS-UE 距离/m	35
阴影衰落/dB	10
调度算法	Round Robin
用户天线	Omni
基站天线高度/m	30
用户天线高度/m	1.5
业务模型	Full buffer
极化损耗/dB	3

3.4.2 NR FDD 宏蜂窝系统参数

NON AAS(Non Active Antenna System) NR FDD 宏蜂窝系统参数见表 3, AAS(Active Antenna System) NR FDD 宏蜂窝系统参数见表 4。

表 3 NR FDD NON AAS 宏蜂窝系统参数

参数类别	基站	终端
系统频段/MHz	2100	
系统带宽/MHz	20	
小区覆盖半径/m	250	
最大发射功率/dBm	46	23
最小发射功率/dBm	-	-40
天线增益(包括线损)/dBi	15	0
天线类型	3GPP TS 36.942	Omni
噪声系统/dB	5	9
业务类型	数据业务	

表4 NR FDD-AAS宏蜂窝系统参数

参数	基站	终端
系统频段/MHz	2100	
系统带宽/MHz	20	
小区覆盖半径/m	250	
最大发射功率/dBm	46	23
最小发射功率/dBm	-	-40
天线增益(包括线损)/dBi	7.5(阵列增益23.5)	0
天线类型	3GPP TS 37.842	Omni
天线阵列配置(行×列)	10×4	-
波束赋形方式	采用指向用户的波束赋形	-
下倾角/°	9	-
噪声系统/dB	5	9
业务类型	数据业务	

3.4.3 MSS系统参数

MSS系统卫星参数见表5, MSS系统卫星终端参数见表6。

4 系统间干扰衡量

系统间邻频干扰是由发射机和接收机的非线性

表5 MSS系统卫星参数

参数	取值	参数	取值
仿真对象	GSO卫星	子载波数目	162
系统频段/MHz	2 100	天线增益/dBi	41.6
天线高度/km	35 786	天线方向图	ITU-R S.672
波束覆盖半径/km	200	卫星接收机噪声系数/dB	8
系统带宽/MHz	30	最大/最小发射功率/dBm	53.9/36.4 (21.6 kHz)
频率复用因子	7	等效噪声/K	800
波束带宽/MHz	3.5	业务类型	数据业务/语音业务
子载波带宽/kHz	21.6		

表6 表MSS系统MES参数

仿真对象	手持终端	车载终端
系统频段/MHz	2100	
子载波数	语音业务:1	语音业务:1 数据业务:1、2、4
天线高度/m	1.5	2.0
天线增益/dBi	2.0	10
0 dB离周角/°	±35	±15
天线方向图	ITU-R RR M.1091: ANNEX 1	ITU-R RR M.1091: ANNEX 1
噪声系数/dB	9	5
最大/最小发射功率/dBm	33/26(21.6 kHz)	40/18(21.6 kHz)
等效噪声/K	500	340

引起,可以用ACIR(Adjacent Channel Interference Ratio)衡量: $\frac{1}{ACIR} = \frac{1}{ACLR} + \frac{1}{ACS}$ 。被干扰用户的系统间干扰大小可以用干扰用户的发射功率、干扰用户到被干扰系统路损、收发天线增益以及ACIR计算获得。

$$I_{\text{external}} = \sum_{j=1}^{N_{\text{cell}}} \sum_{k=1}^K P_{j,k} \times CL_{j,k} / ACIR \quad (3)$$

式中:

j ——干扰小区索引, $j=1$ to N_{cell}

k ——干扰小区内的用户索引, $k=1$ to K

$P_{j,k}$ ——干扰小区 j 干扰用户 k 的发射功率

$CL_{j,k}$ ——干扰小区 j 干扰用户 k 到被干扰系统的路径耦合损耗

其中,上行链路的ACIR由终端的ACLR(Adjacent Channel Leakage power Ratio)决定。下行链路的ACIR由终端的ACS(Adjacent Channel Selectivity)决定。对于MSS卫星干扰NR FDD终端场景,本文同时考虑了NR FDD终端ACS和MSS卫星的ACLR。

5 系统仿真结果和分析

5.1 NR FDD基站干扰MSS终端

图6为NR FDD NON AAS基站、NR FDD AAS基站干扰手持及车载MES场景下的仿真结果,当额外ACIR为0 dB时, NR FDD与MSS共存时MES的I/N统计数据见表7。

以I/N-12.2 dB作为MSS业务系统共存的评估标准,可以看出:NR FDD基站干扰MSS终端场景在定义的理论ACIR值下共存,需要额外的隔离度。NR Non-AAS基站干扰手持MES终端时,需44 dB额外隔离度;

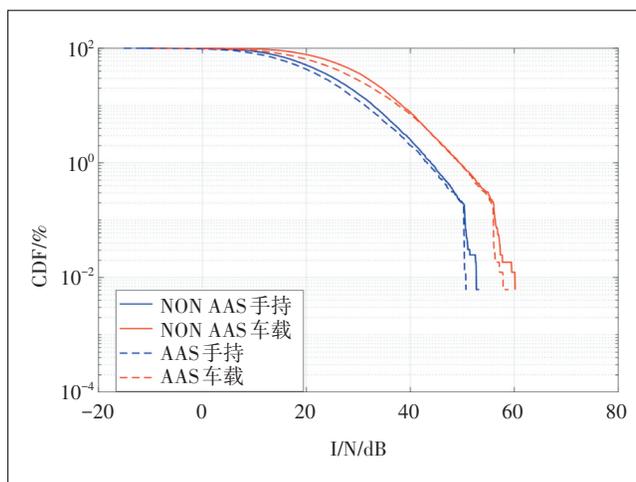


图6 NR FDD NON AAS基站干扰手持及车载MES

表7 手持及车载 MES 终端 I/N 统计值

ACIR-offset(0 dB)	I/N 均值/dB
NR Non-AAS 手持	31.41
NR Non-AAS 车载	37.17
NR AAS 手持	30.50
NR AAS 车载	36.63

NR Non-AAS 基站干扰车载 MES 终端时,需额外 50 dB 额外隔离度;NR AAS 基站干扰手持 MES 终端时,需 42 dB 额外隔离度;NR AAS 基站干扰车载 MES 终端时,需 48 dB 额外隔离度。

同时可以看出:NR FDD 基站干扰 MSS 终端场景下,车载 MES 受到的干扰要大于手持终端,主要由于车载终端的天线增益和天线方向图与手持终端不同所致,还可以看出,AAS 基站相比 Non-AAS 基站产生的干扰要低(由于 AAS 采用波束赋形带来的好处),且随着天线维度的增加干扰减小。

5.2 NR FDD 终端干扰 MSS 卫星

图 7 为 NON AAS、AAS 下 NR FDD 终端干扰 MSS 卫星场景下的仿真结果,当额外 ACIR 为 0 dB 时,NR FDD 与 MSS 共存时 MSS 卫星的 I/N 统计数据见表 8。

以 I/N-12.2 dB 作为 MSS 业务系统共存的评估标准,可以看出:NR FDD 终端干扰 MSS 卫星场景在定义

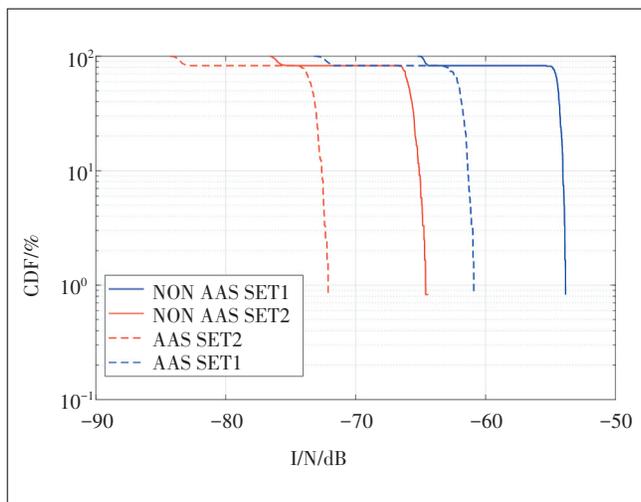


图7 NR FDD NON AAS 终端干扰 MSS 卫星

表8 MSS 手持及车载终端 I/N 统计值

ACIR-offset(0 dB)	I/N 均值/dB
NR Non-AAS set1	-55.09
NR Non-AAS set2	-66.40
NR AAS set1	-62.62
NR AAS set2	-73.92

的理论 ACIR 值下可以实现共存,不需要额外的隔离度。

同时可以看出:在同一种 NR FDD 功控参数下,AAS 基站下相比 Non-AAS 基站下终端产生的干扰低,是由于 AAS 系统的接收天线增益较大而大大降低 NR FDD 终端发射功率。还可以看出,相同天线系统下,NR FDD 功控参数取 set2 时卫星系统平均干扰小于取 set1 时的平均干扰,原因在于根据 NR FDD 上行功控公式,NR FDD 终端在功控参数 set1 下的发射功率比 set2 下的大,对卫星系统造成的干扰也较大。

5.3 MSS 卫星干扰 NR FDD 终端

图 8 为 MSS 卫星干扰 NR FDD 终端场景下的仿真结果,当额外 ACIR 为 0 dB 时,NR FDD 与 MSS 共存时 NR FDD 终端吞吐量损失为 $4 \times 10^{-6} \%$ 左右。以 5% 吞吐量损失作为 NR 业务系统共存的评估标准,可以看出:MSS 卫星干扰 NR 终端场景在定义的理论 ACIR 值下可以实现共存,不需要额外的隔离度。同时可以看出,MSS 卫星干扰 NR FDD 终端场景下,AAS 基站下与 Non-AAS 基站下终端的吞吐量损失差异并不大,这是由 AAS 和 Non-AAS 下系统间干扰一致所致。

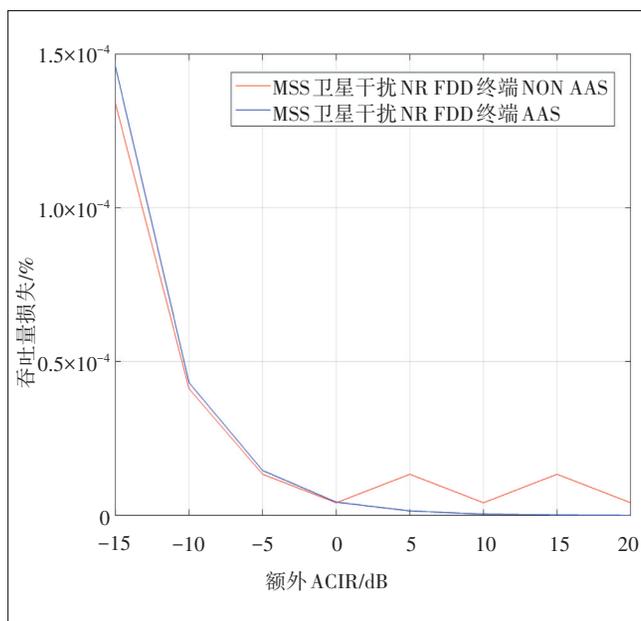


图8 MSS 卫星干扰 NR FDD 终端

5.4 MSS 终端干扰 NR FDD 基站

图 9、图 10 分别为 MES 手持、车载终端干扰 NR FDD 基站场景下的仿真结果,当额外 ACIR 为 0 dB 时,NR FDD 与 MSS 共存时 NR FDD 基站吞吐量损失在 0.5% 以下。以 5% 吞吐量损失作为 NR 业务系统共存

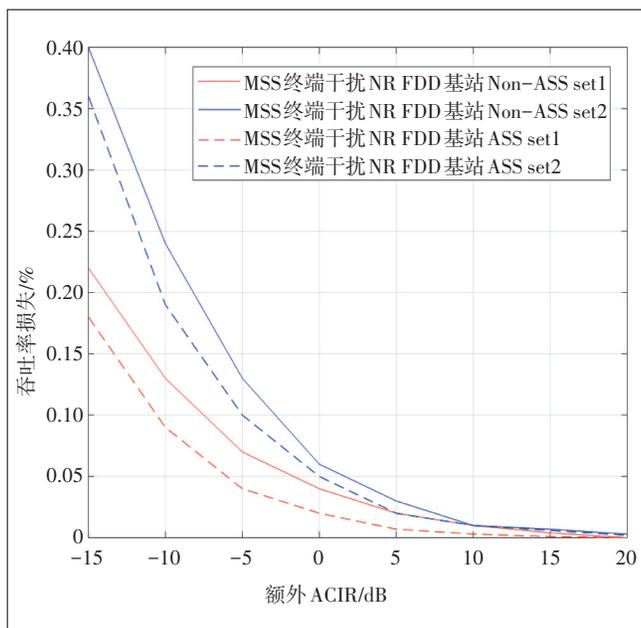


图9 MSS手持终端干扰NR FDD基站

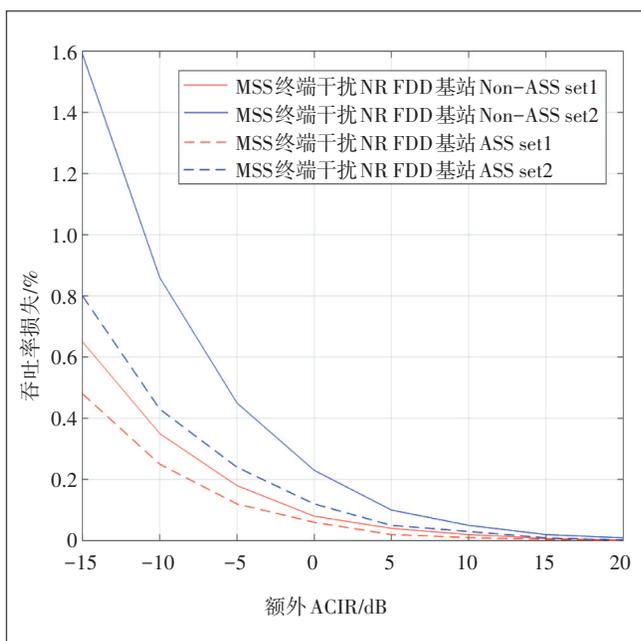


图10 MSS车载终端干扰NR FDD基站

的评估标准,可以看出:MSS终端干扰NR FDD基站场景在定义的理论ACIR值下可以实现共存,不需要额外的隔离度。

同时可以看出:在同一种NR FDD功控参数和同一款MES终端下,AAS基站相比Non-AAS基站的吞吐量损失低,是由AAS系统大规模天线的干扰抑制作用引起。另外,相同天线系统和同一款MES终端下,NR FDD功控参数取set1时基站的吞吐量损失小于取set2

时的吞吐量损失,原因在于NR FDD终端在功控参数set1下的发射功率比set2下的大,抗干扰能力也强。还可以看出,在同一种NR FDD功控参数和相同天线系统下,手持MES终端相比车载MES终端引起的吞吐量损失小,主要由于车载MES终端的发射功率和天线增益均较高,产生的干扰较大。

6 干扰隔离措施及分析建议

4个干扰场景的仿真研究表明,NR FDD基站干扰MES终端场景的干扰较大,其他场景均满足共存要求,不需要额外保护措施。

6.1 常见干扰隔离措施

在网络规划和建设的过程中,从工程的角度采用一些优化办法改善无线干扰问题。这些方法主要有:增加频率保护带、提高滤波器精度、设备参数限制、优化天线安装等。

6.1.1 增加频率保护带

增加频率保护带解决方案就是通过频率规划,使得干扰系统的发射频段和被干扰系统的接收频段在频域上得到一定的隔离。随着隔离的增大,干扰系统发射机信号落入被干扰接收机接收带宽内的分量减小,同时接收机接收滤波器对干扰系统发射信号的衰落加大,因此系统间干扰减小。适当的频率保护带可以有效缓解邻频干扰问题。但另一方面,由于频率资源的稀缺以及发射、接收滤波器频率响应特性的不同,使用保护带时也应综合考虑其他干扰解决方案,尽量减少保护带宽。

6.1.2 提高滤波器精度

提高滤波器精度解决方案即在原有设备的无线收发系统的基础上,通过使用高精度滤波器来进一步提高发射机或接收机的滤波特性,达到系统间共存所需的隔离度。提高MES终端接收滤波器特性可以降低来自5G系统的阻塞干扰,是有效解决干扰的途径之一。

6.1.3 设备参数限制

设备参数限制是规定足够的设备指标来保证收发频率相邻的共存问题,主要有严格限制5G NR基站设备的带外辐射指标、MES终端的抗阻塞干扰指标等。这是国家无线电监管机构在具体频段规划后进行的设备限制。

6.1.4 优化天线安装

优化天线安装方案包括天线倾角、天线背板屏蔽

等,通过采取一些优化措施,提高天线间的耦合损失,降低干扰。

a) 天线下倾:通过调整基站的天线倾角可以缩减 5G NR 基站的覆盖范围,减小 5G NR 基站对 MES 终端干扰概率。

b) 天线背板屏蔽:5G NR 天线背板屏蔽是一种降低 5G NR 系统对 MES 终端的干扰的工程措施。考虑到所需的辐射覆盖范围和天线部署位置,可以通过在 5G NR 天线增加背板来降低对 MES 的干扰。

6.2 5G NR 与 MSS 共存干扰规避措施建议

综上,将 2.1 GHz 频段规划用于 5G NR 系统,可以通过规范 5G NR 系统射频技术指标、提高 MES 接收机滤波特性实现 5G NR 系统与 MSS 业务的兼容共存。另外,设计 IMT (International Mobile Telecommunication) 与 MSS 双模终端根据干扰自适应切换模式以保障用户使用,当 MSS 模式受到地面干扰无法使用时切换到 IMT 模式正常使用,当 IMT 模型无法正常通信时切换到 MSS 模型正常使用。

7 结论

本文研究了 2.1 GHz 频段 5G NR FDD 与 MSS 的系统共存,基于仿真数据,通过一定的干扰规避措施可以实现 5G NR FDD 与 MSS 的系统共存。2.1 GHz 频段是 IMT 理想频段,部署 NR FDD 系统将进一步促进我国 5G 通信业发展。

参考文献:

[1] 3GPP. NR; User Equipment (UE) radio transmission and reception; 3GPP TR 38.101[S/OL]. [2021-08-21]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

[2] 3GPP. NR; Base Station (BS) radio transmission and reception; 3GPP TR 38.104[S/OL]. [2021-08-21]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

[3] 3GPP. Study on new radio access technology; Radio Frequency (RF) and co-existence aspects; 3GPP TR 38.803[S/OL]. [2021-08-21]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

[4] 3GPP. Technical specification group radio access network; Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz; 3GPP TR 38.901[S/OL]. [2021-08-21]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

[5] 3GPP. Discussion on UE min Tx power for NR power control; 3GPP R4-168144[S/OL]. [2021-08-21]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

[6] 3GPP. Study of Radio Frequency (RF) and Electromagnetic compatibility (EMC) requirements for active antenna array system (AAS) base station; 3GPP TR 37.840[S/OL]. [2021-08-21]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

[7] 3GPP. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and

Universal Terrestrial Radio Access (UTRA); Radio Frequency (RF) requirement background for active antenna system (AAS) base station (BS); 3GPP TR 37.842[S/OL]. [2021-08-21]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

[8] 3GPP. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Frequency (RF) system scenarios; 3GPP TR 36.942[S/OL]. [2021-08-21]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

[9] ITU. Modelling and simulation of IMT networks and systems for use in sharing and compatibility studies [EB/OL]. [2021-08-21]. <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2101/en>.

[10] ITU. Prediction of clutter loss[EB/OL]. [2021-08-21]. <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.2108/en>.

[11] ITU. Reference radiation patterns of omnidirectional, sectoral and other antennas for the fixed and mobile services for use in sharing studies in the frequency range from 400 MHz to about 70 GHz [EB/OL]. [2021-08-21]. https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/f/R-REC-F.1336-5-201901-I!!PDF-E.pdf.

[12] ITU. Permissible levels of interference in a digital channel of a geostationary network in mobile-satellite service in 1-3 GHz caused by other networks of this service and fixed-satellite service [EB/OL]. [2021-08-21]. https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1183-0-199510-I!!PDF-E.pdf.

[13] ITU. Reference off-axis radiation patterns for mobile earth station antennas operating in the land mobile satellite service in the frequency range 1 to 3 GHz[EB/OL]. [2021-08-21]. <https://www.docin.com/p-940093359.html>.

[14] ITU. Coexistence and compatibility study between the terrestrial component and the satellite component of IMT in the frequency bands 1980-2010 MHz and 2170-2200 MHz in different countries [EB/OL]. [2021-08-21]. <https://www.itu.int>.

[15] ITU. Satellite antenna radiation pattern for use as a design objective in the fixed-satellite service employing geostationary satellites [EB/OL]. [2021-08-21]. <https://www.itu.int>.

[16] ECC. Adjacent band compatibility studies between IMT operating in the frequency band 1492-1518 MHz and the MSS operating in the frequency band 1518-1525 MHz [EB/OL]. [2021-08-21]. <https://docdb.cept.org/download/1294>.

[17] 刘逸安. GEO 卫星区域覆盖多波束天线设计与性能分析[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2012.

[18] 周瑶,聂昌. 3400~3600 MHz 频段 5G 系统与卫星固定业务(空对地)共存分析及干扰规避措施建议[J]. 邮电设计技术,2019(5): 37-42.

作者简介:

刘吉凤,高级工程师,硕士,主要从事移动通信频率规划与重耕研究以及共存仿真平台搭建工作;周瑶,高级工程师,硕士,主要从事移动通信频率研究工作;张忠皓,教授级高级工程师,博士,主要从事 5G/B5G/6G 无线技术研究工作。