

5G NR FDD 与 WCDMA

Study on Coexistence of 5G NR FDD and
WCDMA System

系统共存研究


刘吉凤,周 瑶,张忠皓(中国联通网络技术研究院,北京 100048)

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

摘 要:

为推动5G在中频段的重耕,研究了中频段NR FDD系统与WCDMA系统在相同地理区域邻频共存时的系统间干扰造成的性能损失,分析了在不同功率参数、不同拓扑结构、AAS/NON-AAS 2种天线模型下,4个干扰场景的仿真结果。最后给出NR FDD系统与WCDMA系统共存建议以及共存措施。

关键词:

5G;中频段;NR FDD;WCDMA;邻频;共存;AAS
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2021.02.009
文章编号:1007-3043(2021)02-0047-07
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:

To promote the rearming of the medium frequency band of 5G, it studies the performance loss of NR FDD system and the WCDMA system caused by inter-sytem interference of coexistence in the adjacent channel and in the same geographical area. Four interference scenarios are simulated and analyzed from different power control parameters and topologies and antenna models of AAS and NON-AAS. Finally, the co-existence suggestions and countermeasures of NR FDD system and WCDMA system is proposed.

Keywords:

5G; Medium frequency band; NR FDD; WCDMA; Adjacent channel; Co-existence; AAS

引用格式:刘吉凤,周瑶,张忠皓. 5G NR FDD与WCDMA系统共存研究[J]. 邮电设计技术,2021(2):47-53.

1 概述

2002年10月,信息产业部公布了关于我国第3代公众移动通信系统的频率规划,将1 800 MHz和2 100 MHz频段规划用于FDD方式的IMT系统。2019年6月,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。随着5G网络的不断壮大以及国内通信需求的不断发展,中频段重耕部署NR(New Radio) FDD系统成为可能, NR FDD和WCDMA将在该频段长期邻频共存。在这种情况下,本文研究的

NR FDD和WCDMA共存,就具有重要的理论价值和现实意义。

根据目前我国频率划分和使用情况,在中频段部署NR FDD系统,则NR FDD与WCDMA系统在该频段邻频共存(见图1)。2个系统的干扰链路共有4个场景,包括NR FDD基站干扰WCDMA终端, NR FDD终端干扰WCDMA基站, WCDMA基站干扰NR FDD终端, WCDMA终端干扰NR FDD基站。

2 系统建模和仿真方法

2.1 拓扑结构

2.1.1 宏蜂窝共站址拓扑结构

收稿日期:2020-12-28

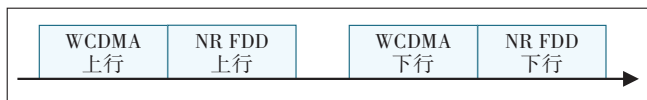


图1 NR FDD与WCDMA邻频共存

使用宏蜂窝进行部署,采用3扇区拓扑结构,WCDMA/NR FDD基站共站部署,拓扑结构图图2所示。

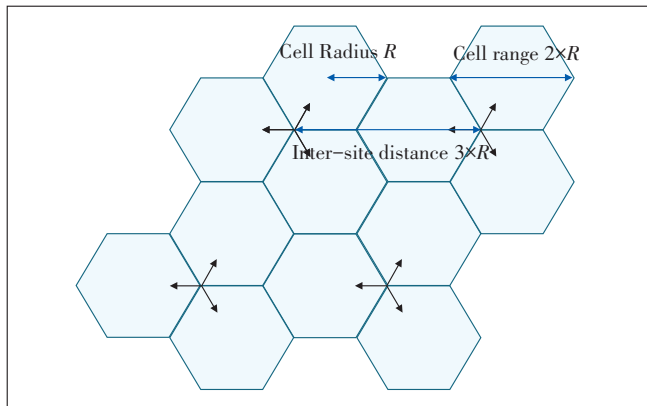


图2 LTE FDD/WCDMA与NR FDD宏蜂窝工作共站址拓扑

2.1.2 宏蜂窝非共站址拓扑结构

相对于共站部署,NR亦可选择在WCDMA小区的边缘部署基站,其拓扑结构图如图3所示,其中红色标识为NR基站,黑色为现有基站。

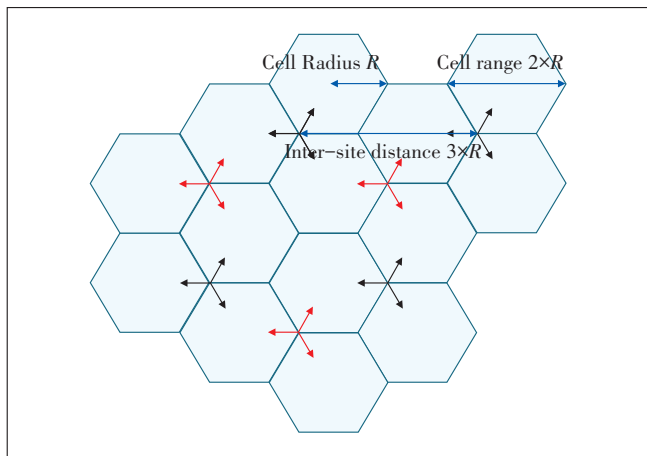


图3 LTE FDD/WCDMA与NR FDD宏蜂窝不共站拓扑结构

2.2 传播模型

基站与用户的传播模型可用如下公式计算:

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

式中:

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15m

在计算完 L 之后,需要加上10dB标准差的阴影衰落系 $\lg f$,那么最终的传输损耗模型定义如下:

$$\text{Path_Loss} = \max \{ L, \text{Free_Space_Loss} \} + \text{shadowfading} \quad (2)$$

另外,传输损耗都不应小于自由空间传播模型,即:

$$\text{Free_Space_Loss} = 98.46 + 20 \times \lg d \quad (3)$$

2.3 功率控制方式

2.3.1 WCDMA 功控

WCDMA系统采用的是基于SINR的闭环功控,即通过功控调节,使上行或下行接收信号在不超过最大发射功率下能满足目标 E_b/N_0 值(上行6.1dB,下行7.9dB)。

对于上行链路:

$$E_b/N_{0,UL} = \frac{G_p \times S}{(1 - \beta) \times I_{OWN} + I_{OTHER} + N_0} \quad (4)$$

式中:

G_p ——处理增益

S ——接收信号功率

I_{OWN} ——与被观察用户连接到相同基站下的其他用户产生的干扰

I_{Other} ——来自其他小区的干扰

N_0 ——热噪声

β ——在UL中使用多用户检测(MUD)而产生的干扰降低因子,在本次仿真中未考虑MUD,即 β 取0

对于下行链路:

$$E_b/N_{0,DL} = \frac{G_p \times S}{\alpha \times I_{OWN} + I_{OTHER} + N_0} \quad (5)$$

式中:

α ——正交因子,宏蜂窝下假设为0.4

2.3.2 NR 功控

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式:

$$P_t = P_{\max} \times \min \left\{ 1, \max \left[R_{\min}, \left(\frac{CL}{CL_{x-ile}} \right)^{\gamma} \right] \right\} \quad (6)$$

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 $\max\{\text{pathloss} - G_{Tx} - G_{Rx}, \text{MCL}\}$ ，其中 pathloss 是传播损耗加上阴影衰落， G_{Tx} 是接收机方向上的发射机天线增益， G_{Rx} 是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	112	112
Set 2	0.8	129	129

2.4 仿真参数

宏蜂窝基本参数见表2;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;WCDMA宏蜂窝系统参数见表5。

3 系统仿真结果和分析

3.1 共站场景仿真结果

3.1.1 NR FDD 基站干扰 WCDMA 终端

图4为NR FDD基站干扰WCDMA终端场景下仿真结果,可以看出当额外ACIR(Adjacent Channel Inter-

表2 宏蜂窝基本参数

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

表3 NR FDD NON AAS宏蜂窝系统参数

参数	基站	终端
系统频段/MHz	2 100	
系统带宽/MHz	20	
小区覆盖半径	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	2 100	
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	

表5 WCDMA宏蜂窝系统参数

参数	基站	终端
系统频段/MHz	2 100	
系统带宽/MHz	5	
小区覆盖半径/m	250	
最大发射功率/dBm	43	21
最小发射功率/dBm	15	-50
天线增益(包括线损)	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	

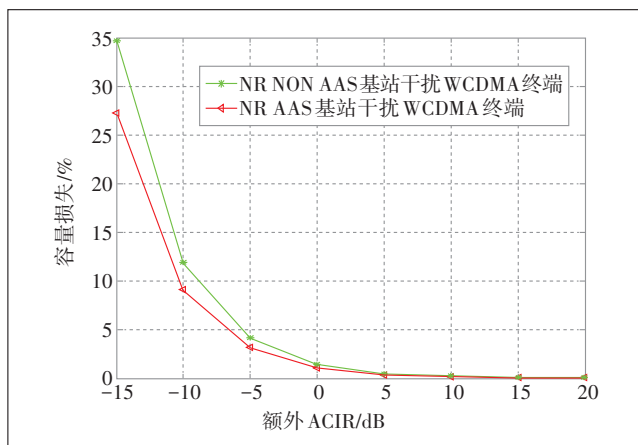


图4 共站:NR FDD基站干扰WCDMA终端

ference Ratio)为0 dB:NR FDD NON AAS与WCDMA共站址共存时,WCDMA下行容量损失为1.36%;NR FDD AAS与WCDMA共站址共存时,WCDMA下行容量损失为1.03%。以5%容量损失作为系统共存的评估标准,因此,在共站情况下,NR基站干扰WCDMA终端场景在3GPP标准ACIR值下可以共存,不需要额外

ACIR。

3.1.2 NR FDD 终端干扰 WCDMA 基站

图 5 为基站采用 NON AAS 时 NR FDD 终端干扰 WCDMA 基站场景下的仿真结果, 可以看出当 NON AAS NR FDD 采用 set1 参数与 WCDMA 共站址: 额外 ACIR 为 0 dB 时, WCDMA 上行容量损失为 8.46%; 额外 ACIR 为 3 dB 时, WCDMA 上行容量损失为 5%。当 NON AAS NR FDD 采用 set2 参数与 WCDMA 共站址, 额外 ACIR 为 0 dB 时, WCDMA 上行容量损失为 0.86%。因此, 以 5% 容量损失作为系统共存的评估标准, 在共站情况下, NON AAS NR FDD 上行采用 set1 参数时会对 WCDMA 上行造成有害干扰, 需要额外 3 dB ACIR 隔离度; NON AAS NR FDD 上行采用 set2 参数时不会对 WCDMA 上行造成有害干扰, 不需要额外 ACIR。

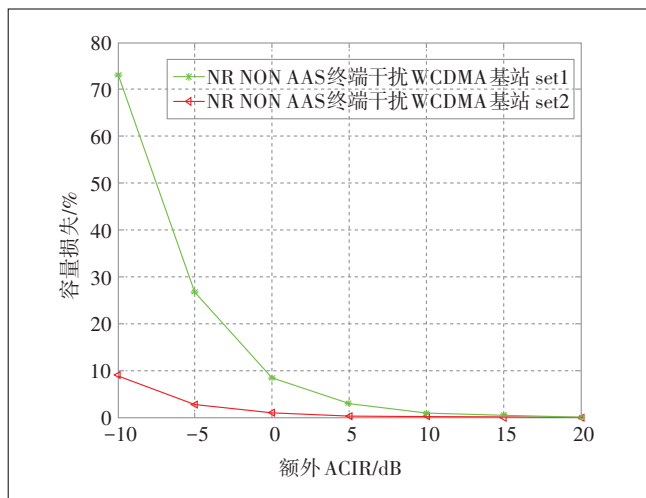


图 5 共站: NON AAS NR FDD 终端干扰 WCDMA 基站

图 6 为基站采用 AAS 时 NR FDD 终端干扰 WCDMA 基站场景下的仿真结果, 可以看出当 AAS NR FDD 采用 set1 参数与 WCDMA 共站址: 额外 ACIR 为 0 dB 时, WCDMA 上行容量损失为 0.89%; 额外 ACIR 为 -6 dB 时, WCDMA 上行容量损失为 5%。当 AAS NR FDD 采用 set2 参数与 WCDMA 共站址, 额外 ACIR 为 0 dB 时, WCDMA 上行容量损失为 0.15%。因此, 以 5% 容量损失作为系统共存的评估标准, 在共站情况下, AAS NR FDD 上行无论采用 set1 参数还是 set2 参数均不会对 WCDMA 上行造成有害干扰, 不需要额外 ACIR。

3.1.3 WCDMA 基站干扰 NR FDD 终端

图 7 为 WCDMA 基站干扰 NR FDD 终端场景下的

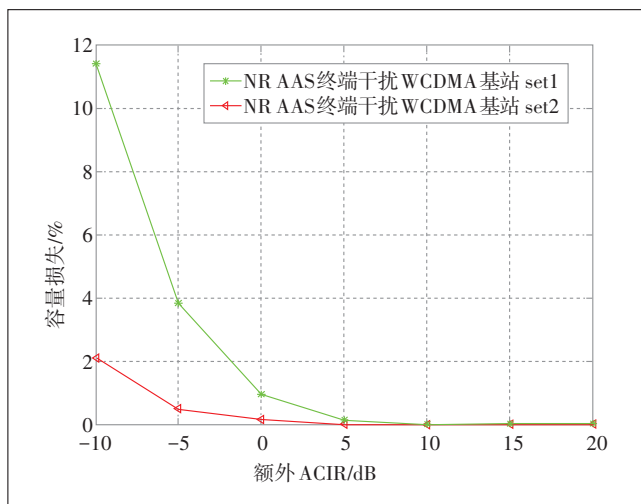


图 6 共站 AAS NR FDD 终端干扰 WCDMA 基站

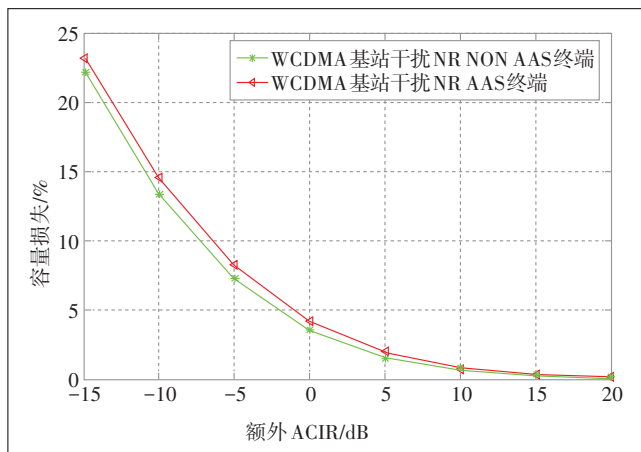


图 7 共站: WCDMA 基站干扰 NR FDD 终端

仿真结果, 可以看出当额外 ACIR 为 0 dB: NR FDD NON AAS 与 WCDMA 共站址时, NR 下行吞吐量损失为 3.55%; NR FDD AAS 与 WCDMA 共站址时, NR 下行吞吐量损失为 4.26%。以 5% 吞吐量损失作为系统共存的评估标准, 因此, 在共站情况下, 无论 NON AAS 还是 AAS, NR FDD 与 WCDMA 可共存; WCDMA 下行不会对 NR 造成有害干扰。

3.1.4 WCDMA 终端干扰 NR FDD 基站

图 8 为 WCDMA 终端干扰 NON ASS NR FDD 基站场景下的仿真结果, 可以看出当额外 ACIR 为 0 dB: NON ASS NR FDD 上行采用 set1 参数与 WCDMA 共站址时, NR 上行吞吐量损失为 0.36%; NR FDD NON AAS 上行采用 set2 参数与 WCDMA 共站址时, NR 上行吞吐量损失为 1.86%。图 9 为 WCDMA 终端干扰 ASS NR FDD 基站场景下的仿真结果, 可以看出: 当 NR FDD

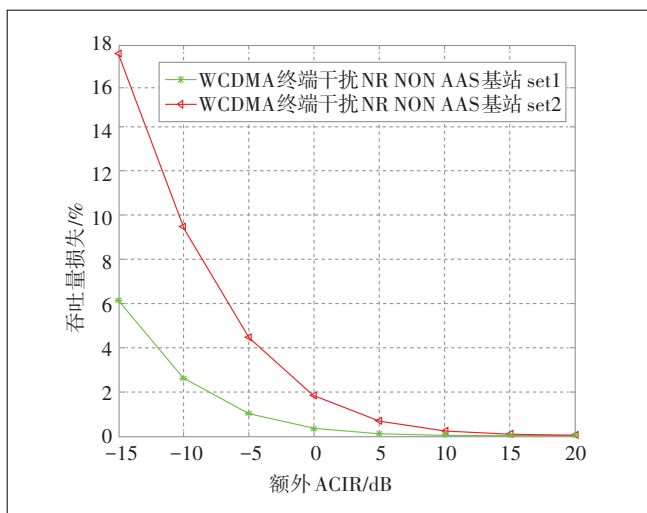


图8 共站:WCDMA终端干扰NR NON AAS FDD基站

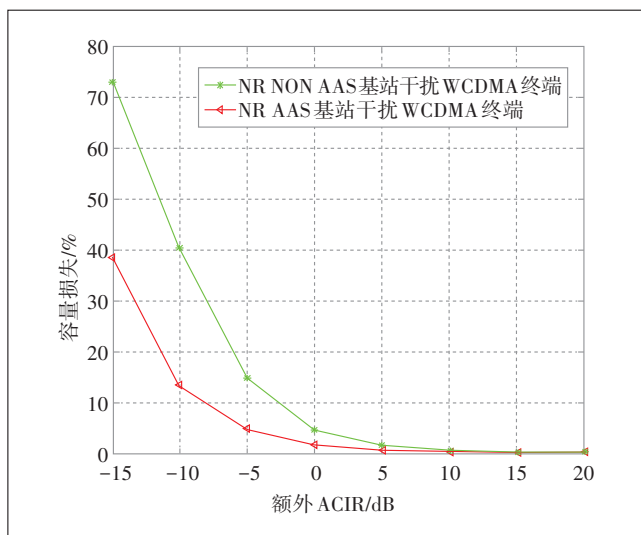


图10 非共站:NR FDD基站干扰WCDMA终端

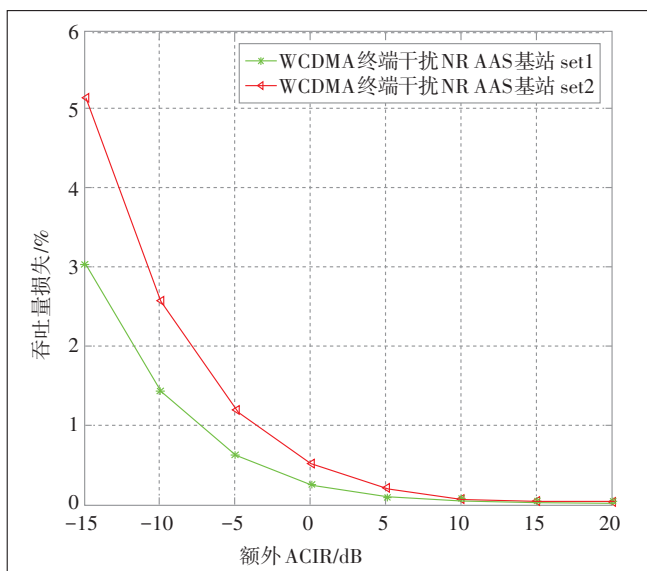


图9 共站:WCDMA终端干扰NR AAS FDD基站

AAS上行采用set1参数与WCDMA共站址时, NR上行吞吐量损失为0.23%;当NR FDD AAS上行采用set2参数与WCDMA共站址时, NR上行吞吐量损失为0.49%。因此,在共站情况下,无论NON AAS还是AAS, NR FDD与WCDMA可共存;WCDMA上行不会对NR FDD上行造成有害干扰,不需要额外ACIR。

3.2 非共站场景仿真结果

3.2.1 NR FDD基站干扰WCDMA终端

图10为NR FDD基站干扰WCDMA终端场景下仿真结果,可以看出:当额外ACIR为0 dB时, NON AAS NR FDD与WCDMA非共站址共存, WCDMA下行容量损失为4.52%; AAS NR FDD与WCDMA非共站址共存, WCDMA下行容量损失为1.61%。以5%容量损失

作为系统共存的评估标准,因此,在非共站情况下, NR基站干扰WCDMA终端场景在3GPP理论ACIR值下可以共存,不需要额外ACIR。

3.2.2 NR FDD终端干扰WCDMA基站

图11为基站采用NON AAS时NR FDD终端干扰WCDMA基站场景下的仿真结果,可以看出当NON AAS NR FDD采用set1参数与WCDMA非共站址:额外ACIR为0 dB时, WCDMA上行容量损失为55.33%;额外ACIR为12 dB时, WCDMA上行容量损失为5%。当NON AAS NR FDD采用set2参数与WCDMA非共站址,额外ACIR为0 dB时, WCDMA上行容量损失为

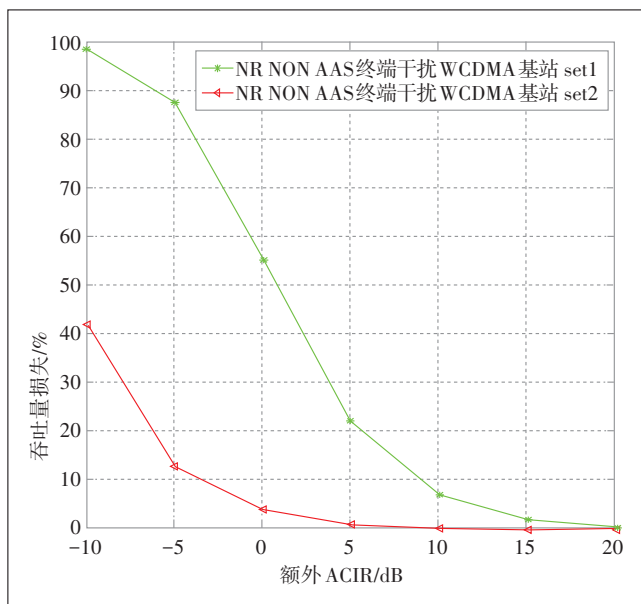


图11 非共站:NON AAS NR FDD终端干扰WCDMA基站

4.18%。因此,以5%容量损失作为系统共存的评估标准,在非共站情况下,NON AAS NR FDD 上行采用 set1 参数时会对 WCDMA 上行造成有害干扰,需要额外 12 dB ACIR,采用 set2 参数时不会对 WCDMA 上行造成有害干扰,不需要额外 ACIR。

图 12 为基站采用 AAS 时 NR FDD 终端干扰 WCDMA 基站场景下的仿真结果,可以看出当 AAS NR FDD 采用 set1 参数与 WCDMA 非共站址:额外 ACIR 为 0 dB 时,WCDMA 上行容量损失为 10.99%;额外 ACIR 为 3 dB,WCDMA 上行容量损失为 5%。当 AAS NR FDD 采用 set2 参数与 WCDMA 非共站址,额外 ACIR 为 0 dB 时,WCDMA 上行容量损失为 0.94%。因此,以 5% 容量损失作为系统共存的评估标准,在非共站情况下, NR FDD AAS 上行采用 set1 参数时会对 WCDMA 上行造成有害干扰,需要额外 3 dB ACIR 隔离度,采用 set2 参数时不会对 WCDMA 上行造成有害干扰,不需要额外 ACIR。

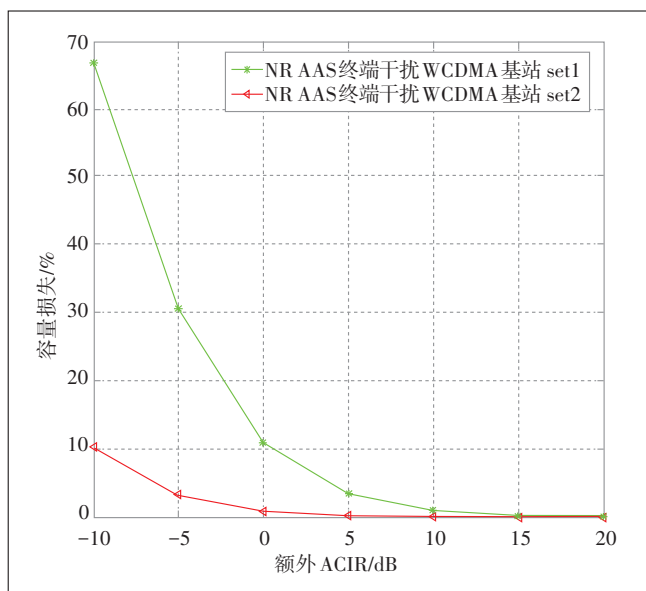


图 12 非共站:AAS NR FDD 终端干扰 WCDMA 基站

3.2.3 WCDMA 基站干扰 NR FDD 终端

图 13 为 WCDMA 基站干扰 NR FDD 终端场景下的仿真结果,可以看出当额外 ACIR 为 0 dB:NON AAS NR FDD 与 WCDMA 非共站址共存时, NR 下行吞吐量损失为 3.82%;AAS NR FDD 与 WCDMA 非共站址时, NR 下行吞吐量损失为 4.76%。以 5% 吞吐量损失作为系统共存的评估标准,因此,在非共站情况下,无论 NON AAS 还是 AAS, NR FDD 与 WCDMA 可共存; WCDMA 下行不会对 NR 造成有害干扰。

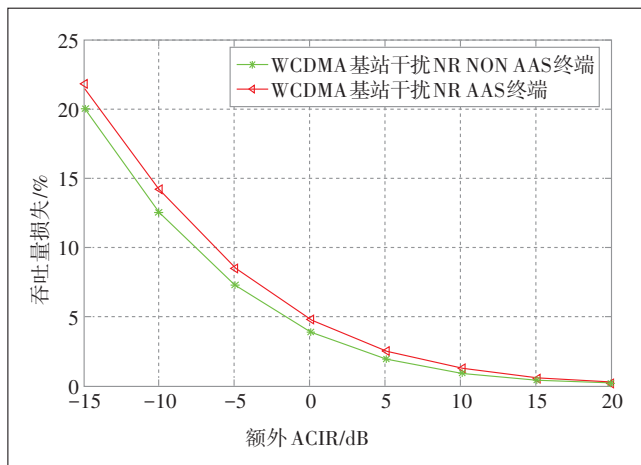


图 13 非共站:WCDMA 基站干扰 NR FDD 终端

3.2.4 WCDMA 终端干扰 NR FDD 基站

图 14 为 WCDMA 终端干扰 NR FDD 基站场景下的仿真结果,可以看出当额外 ACIR 为 0 dB:NR FDD NON AAS 上行采用 set1 参数与 WCDMA 非共站址时, NR 上行吞吐量损失为 1.86%;NR FDD NON AAS 上行采用 set2 参数与 WCDMA 非共站址时, NR 上行吞吐量损失为 4.71%。图 15 为 WCDMA 终端干扰 AAS NR FDD 基站场景下的仿真结果,可以看出:当 AAS NR FDD 上行采用 set1 参数与 WCDMA 非共站址时, NR 上行吞吐量损失为 0.71%;当 AAS NR FDD 上行采用 set2 参数与 WCDMA 非共站址时, NR 上行吞吐量损失为 1.44%。因此,在非共站情况下,无论 NON AAS 还是 AAS, NR FDD 与 WCDMA 可共存; WCDMA

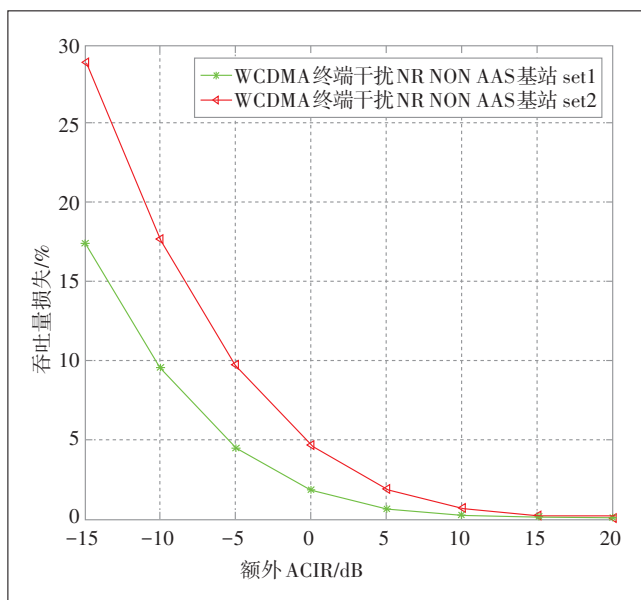


图 14 非共站:WCDMA 终端干扰 NR NON AAS FDD 基站

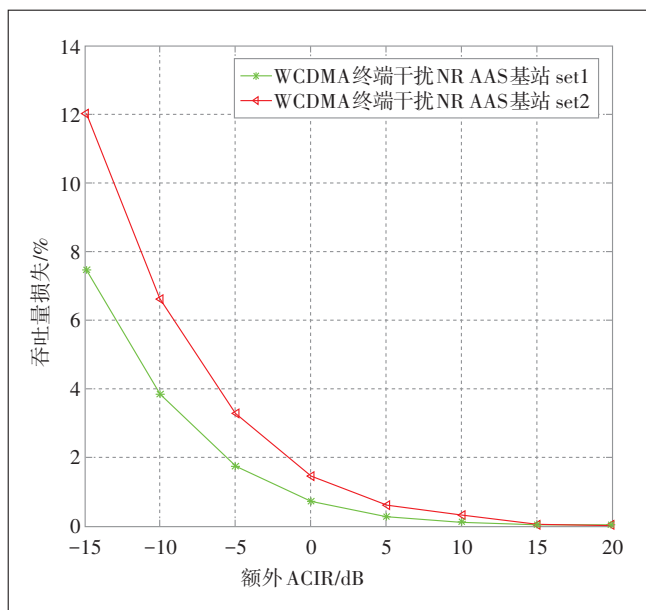


图 15 非共站:WCDMA终端干扰NR AAS FDD基站

上行不会对 NR FDD 上行造成有害干扰,不需要额外 ACIR。

4 结论

本文研究了中频段 5G NR FDD 与 WCDMA 的系统共存,分析了共站和非共站 2 种场景, set1 和 set2 2 种功控参数,以及 AAS 和 NON-AAS 2 种 NR 天线模型对系统间共存的影响。研究表明, NR FDD 终端干扰 WCDMA 基站场景干扰较大,建议采用合适的上行功控参数。其他场景均满足共存要求,不需要额外保护措施。5G NR FDD 与 WCDMA 系统共存研究表明, AAS 相对 NON AAS 效果明显,推荐中频段采用 AAS。

参考文献:

[1] Technical Specification Group Radio Access Network; NR; User Equipment (UE) radio transmission and reception (Release 15): 3GPP TR 38.101[S/OL]. [2020-06-25]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.

[2] Technical Specification Group Radio Access Network; NR; Base Station (BS) radio transmission and reception (Release 15): 3GPP TR 38.104[S/OL]. [2020-06-25]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.

[3] Technical Specification Group Radio Access Network; Study on new radio access technology: Radio Frequency (RF) and co-existence aspects (Release 14): 3GPP TR 38.803[S/OL]. [2020-06-25]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.

[4] Technical Specification Group Radio Access Network; Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz (Release 15): 3GPP TR 38.901[S/OL]. [2020-06-25]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.

[5] R4-168144 Discussion on UE min Tx power for NR power control.

Ljubljana, Slovenia: ZTE, 2016 [EB/OL]. [2020-06-25]. <https://www.3gpp.org/>.

[6] Technical Specification Group Radio Access Network; Study of Radio Frequency (RF) and Electromagnetic Compatibility (EMC) requirements for Active Antenna Array System (AAS) base station (Release 12): 3GPP TR 37.840 [S/OL]. [2020-06-25]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.

[7] Technical Specification Group Radio Access Network; 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) (Release 13): 3GPP TR 37.842[S/OL]. [2020-06-25]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.

[8] Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception (Release 15): 3GPP TR 36.101[S/OL]. [2020-06-25]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.

[9] Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Base Station (BS) radio transmission and reception (Release 15): 3GPP TR 36.104[S/OL]. [2020-06-25]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.

[10] Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Frequency (RF) system scenarios (Release 15): 3GPP TR 36.942[S/OL]. [2020-06-25]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.

[11] Technical Specification Group Radio Access Network; User Equipment (UE) radio transmission and reception (FDD) (Release 16): 3GPP TR 25.101[S/OL]. [2020-06-25]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.

[12] Technical Specification Group Radio Access Network; Base Station (BS) radio transmission and reception (FDD) (Release 16): 3GPP TR 25.104[S/OL]. [2020-06-25]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.

[13] ITU-R-REC-M.2101-0-201702-!MSW-E, Modelling and simulation of IMT networks and systems for use in sharing and compatibility studies[EB/OL]. [2020-06-25]. <https://www.itu.int/>.

[14] ITU-R-REC-P.452-16-201507-!MSW-E, Prediction procedure for the evaluation of interference between stations on the surface of the Earth at frequencies above about 0.1 GHz[EB/OL]. [2020-06-25]. <https://www.itu.int/>.

[15] ITU-R-REC-F.1336-5-201901-!MSW-E, 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]. [2020-06-25]. <https://www.itu.int/>.

作者简介:

刘吉凤,高级工程师,硕士,主要从事移动通信频率研究、频率规划、重耕研究、共存仿真平台搭建等工作;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,主要从事移动通信无线技术研究,以及5G/B5G/6G无线技术研究工作。