

基于等效仿真规划NB-IoT网络 干扰问题研究

Research on NB-IoT Network Interference Based on Equivalent Simulation Planning

张洪伟,吴磊,左坤明,周春山(中国移动通信集团设计院有限公司重庆分公司,重庆 401121)

Zhang HongWei, Wu Lei, Zuo KunMing, Zhou ChunShan (China Mobile Communications Group Design Institute Co., Ltd. Chongqing Branch, Chongqing 401121, China)

摘要:

中国移动NB-IoT网络建设部署启动后,大规模的NB-IoT网络建设和商用即将到来,目前仿真工具暂时不支持NB-IoT的仿真,而空间的传播损耗和制式没有关联,因此可以采用LTE工程进行等效仿真,基于等效仿真规划同时结合中国移动GSM网络频率重耕方案、NB-IoT网络部署方案及NB-IoT网络基本原理,研究NB-IoT网络干扰类问题的分析排查方法,并结合部分现场优化发现的问题,探索后续移动NB-IoT网络大规模部署后从初期规划到后期网络干扰问题的排查优化思路。

Abstract:

After the launch of China Mobile NB-IoT network deployment, large-scale NB-IoT network construction and business is coming. Although current simulation tools do not support NB-IoT, but the spatial propagation loss is not associated with network mode, so LTE engineering can be used for equivalent simulation. Based on equivalent simulation, combined with China Mobile GSM network frequency refarming scheme and NB-IoT network deployment plan and the basic principle of NB-IoT network, NB-IoT network interference problem investigation and analysis method is studied. Combined with the problems found in some field optimization, it explores the optimization idea of the follow-up mobile NB-IoT network from the initial planning to the later network interference problem after the large-scale deployment of the follow-up mobile network.

Keywords:

Mobile NB-IoT; Equivalent simulation; Interference and investigation; Analysis thought

引用格式:张洪伟,吴磊,左坤明,等. 基于等效仿真规划NB-IoT网络干扰问题研究[J]. 邮电设计技术,2019(6):9-14.

0 引言

NB-IoT分为3种部署场景:Stand alone、guard band、in band。Stand alone通常是refarming GSM的频谱或者使用空闲零散的频谱资源部署NB-IoT。refarming指的是在一定的区域内对原有的频段重新进行规划,退出一段原来由GSM使用的频率用来部署UMTS或LTE。中国移动NB-IoT网络部署采用的就是此种方式。根据中国移动集团要求,GSM网络频率重耕应遵循“退频不退质,降配不降容”的整体原则,为

满足物联网建设需求,GSM网络900 MHz频段,需完成物联网GSM 900M(953.2~954 MHz,对应频点91~95)退频及5 MHz(945.8~950.8 MHz,对应频点54~79)频率调整工作。可用频段从20 MHz(P-GSM的19 MHz+E-GSM的1 MHz)降为14.2 MHz(频点范围1~53,80~90)。同时,在保证网络指标和业务承载效率的前提下高配基站(大于S5/5/5)比例降至10%以下。GSM1800暂不开展全网退频,只在热点区域作为业务补充使用。

1 移动NB-IoT网络等效仿真研究

1.1 移动NB-IoT网络规划理论分析

收稿日期:2019-04-02

NB-IoT网络部署以后,在NB-IoT区域内NB-IoT占用了原来GSM网络使用的部分频段,而这些频段在NB-IoT区域外仍然被GSM使用。此时,NB-IoT与GSM系统间的同频干扰,不能通过滤波器消除,只能在NB-IoT核心区域和没有NB-IoT区域之间预留保护带,通过地理上的隔离来克服同频干扰。这个隔离带称为同频保护带。GSM部署场景,从GSM频点进行refarming部署NB-IoT。如图1所示。

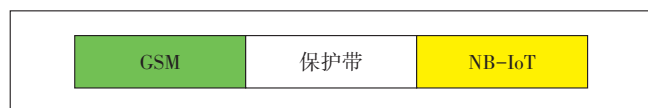


图1 GSM部署场景

选择原则:GM共存时,保护带宽的基本原则如表1所示。

表1 保护带宽的基本原则

场景	保护带 (1:1共站)	保护带 (1:N不共站)	备注
GM 共存	100 kHz	200 kHz (需保证和NB频率间隔200 kHz的GSM邻频小区和NB共站共天馈,否则无法满足要求)	与GSM主B频点之间要求300 kHz保护带(需保证和NB频率间隔300 kHz的GSM邻频小区和NB共站共天馈,否则无法满足要求)

NB-IoT网络的同频干扰,从4个方向上看,干扰受限方向是NB-IoT基站干扰GSM终端下行,底噪抬升3 dB情况下,允许的耦合损耗约为159.5 dB。NB-IoT网络同频缓冲区空间的隔离耦合损耗要求见表2。

1.2 移动NB-IoT网络等效仿真

由于目前仿真工具暂时不支持NB-IoT的仿真,而

表2 NB-IoT网络同频缓冲区空间的隔离耦合损耗要求计算

被干扰方向	GSM终端干扰NB-IoT上行	GSM基站干扰NB-IoT下行	NB-IoT终端干扰GSM上行	NB-IoT基站干扰GSM下行	公式
噪声系数/dB	3	5	3	5	A
带宽/kHz	15	180	180	180	B
底噪/dBm	-129.2	-116.4	-118.4	-116.4	$C=-174+10\lg B+A$
允许底噪抬升/dB	1	3	1	3	D
允许的干扰/dBm	-135.1	-116.5	-124.3	-116.5	$E=10\lg(10^{(C+D)/10}-10^{C/10})$
干扰源发射功率/dBm	33/180 kHz	43/180 kHz	23/15 kHz	43/180 kHz	F
干扰源发射功率(折算到被干扰系统带宽)/dBm	22.2	43.0	33.8	43.0	$G=F-10\lg(\text{干扰系统带宽/被干扰系统带宽})$
空间隔离耦合损耗/dB	157.3	159.5	158.1	159.5	$H=G-E$

空间的传播损耗和制式没有关联,因此可以采用LTE工程进行等效仿真,下面介绍仿真规划同频缓冲区的步骤。

步骤1:根据移动NB-IoT网络理论分析,理论上4种同频干扰方式计算出规避同频干扰需要耦合损耗大约为159.5 dB。

步骤2:把GSM的所有工参都导入仿真工程,把仿真地图也导入,假定按照43 dBm配置发射功率,传播模型根据地物条件选择合适的模型。

步骤3:建立NB-IoT的覆盖预测(可采用其他制式等效仿真,主要为了确定159.5 dB耦合损耗的覆盖范围),例如发射功率设置32 dBm,设置最低的覆盖电平为32-159.5=-127.5 dBm,按照不勾选indoor场景进行仿真,只激活选做NB-IoT的站点。仿真结果如图2所示,以下行电平-127 dBm为门限划出NB-IoT的覆盖区域。

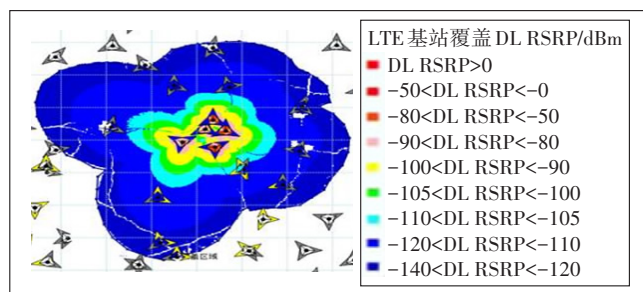


图2 仿真规划效果

步骤4:去激活选为NB-IoT的站点,激活其他所有同频的GSM小区,设置GSM发射功率43 dBm,GSM最低电平-104 dBm,按照相同仿真条件,仿真出GSM同频小区的覆盖范围,并统计所有落入到上个步骤中(NB-IoT覆盖区域内)所有GSM同频小区,这些小区即需要作为Bufferzone的GSM同频小区,需要进行移频操作。至此,Bufferzone区域的GSM同频小区就确定下来。

2 NB-IoT网络干扰分类

2.1 系统外干扰

运营商常用的频率较多,受到干扰的可能性也较大,如微波通信干扰或者其他相邻频段系统的干扰,这类干扰可以通过向客户咨询确认,或者通过频谱仪、扫描仪查找。主要包括:

a) 其他通信设备的干扰,如军方通信、大功率电子设备、非法发射器等。

b) 其他系统的干扰,当前NB可以通过GUL 3个制式清频后部署,所以这些系统和NB之间都有可能产生相关互相干扰。

2.2 杂散干扰

杂散干扰是指在被干扰接收机工作频段产生的干扰,主要包括干扰源的带外功率泄露、放大的底噪、发射互调产物等,使被干扰接收机的信噪比恶化。杂散干扰由发射机产生,包括功放产生和放大的热噪声、多载频工作产生的互调产物、混频器产生的杂散信号等。杂散干扰产生原理如图3所示。

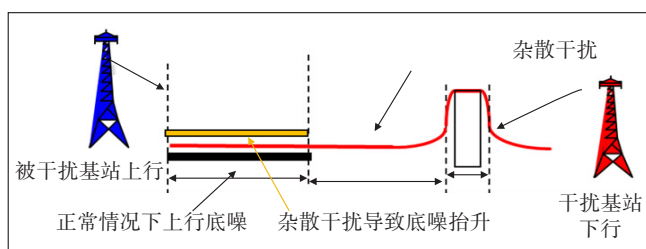


图3 杂散干扰产生原理

2.3 阻塞干扰

接收机通常工作在线性区,当有一个强干扰信号进入接收机时,接收机工作非线性状态下或严重时导致接收机饱和,称这种干扰为阻塞干扰。

一般接收带外的强干扰信号,会引起接收机饱和,导致增益下降;也会与本振信号混频后产生落在中频的干扰;还会由于接收机的带外抑制制度有限而直接造成干扰。

阻塞干扰可以导致接收机增益的下降与噪声的增加。阻塞干扰产生原理如图4所示。

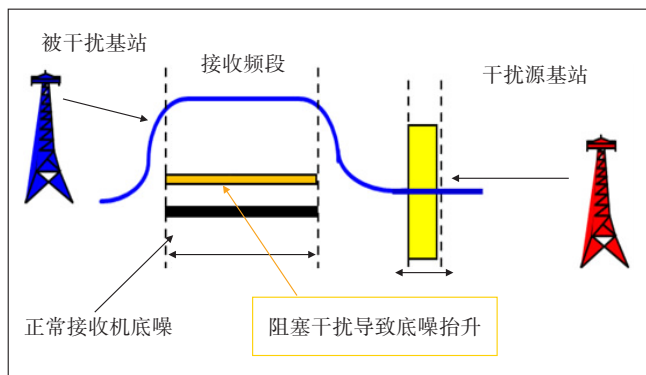


图4 阻塞干扰产生原理

2.4 硬件故障引发干扰

RRU故障:如果RRU因生产原因或在使用过程中性能下降,可能会导致RRU放大电路自激,产生干扰。

自系统杂散和互调干扰:如果基站RRU或功放的带外杂散超标,或者双工器的收发隔离过小,都会形成对接受通道的干扰。天线、馈线等无源设备也会产生互调干扰。

天馈避雷器干扰:由于天馈避雷器老化或质量问题导致基站出现互调信号、无线信号杂乱,影响正常的频率计划,从而使无线环境恶化。

3 NB-IoT网络干扰定位判断

3.1 干扰监测和判断

3.1.1 上行RSSI监控

NB正常工作状态下,RSSI的值需要满足如下要求:RSSI健康底噪(-138.3 dBm) $\leq$ NB小区的底噪RSSI的波动范围 $<$ RSSI最高门限(-115 dBm)。

健康底噪 $= -174 + 10\lg(\text{BW})$,其中BW为带宽,对应NB-IoT上行信道是 3.75 kHz ,健康底噪是 -138.3 dBm ,可以通过NB-IoT上的监测得到。由于NB-IoT系统在有干扰情况下(健康底噪),依然可以解调,但一旦低于解调门限即RSSI最高门限值,就会解调失败。

对于现网NB站点的RSSI监控,需要根据是否存在业务进行区别分析。

3.1.2 无NB业务时获取的RSSI检测分析

获取NB-IoT小区RSSI值,然后按照表3进行干扰的判断。

表3 RSSI干扰判断

RSSI值	干扰结论
RSSI波动不大且接近 -138 dBm	当前NB-IoT小区无干扰
$-138\text{ dBm} \leq \text{RSSI波动值} < -115\text{ dBm}$	NB-IoT小区虽然存在干扰,但依然在可工作范围内
$-115\text{ dBm} \leq 30\%$ 的RSSI值	NB-IoT小区存在干扰,需要进行干扰处理
$-115\text{ dBm} \leq$ 超过30%的RSSI值	干扰已经影响到NB-IoT小区正常业务,必须处理

3.1.3 有NB业务时获取的RSSI检测分析

当可以确定现网没有其他制式或者周边站点使用NB的频点时,获取NB-IoT小区RSSI值后,首先筛选过滤掉部分明显突变的RSSI值,即与前后相邻时间段的记录相差大于 20 dB 的RSSI值。然后再按照无NB业务时获取的RSSI检测分析进行判断。

当无法确定现网是否有其他制式或者周边站点使用NB的频点时,建议关闭NB小区的业务,采用共站的GSM做上行频点扫描进行判断。

当有其他制式占用 NB 使用的频点时, 明显突变的 RSSI 值也有可能是由于其他制式的业务导致。

3.1.4 话统分析

通过话统指标的检测对单个信号按照 RSSI 干扰判断表进行判断。

3.2 上行频点扫描

当 NB 与 GSM 共站时, 可以通过 GSM 小区做上行频点扫描来间接判断 NB 小区的底噪情况。特别说明: 当进行 GSM 上行频点扫描时, 需要现网关闭 NB 业务。

NB 关键 RSSI 值折算到 GSM 如下。

a) RSSI 健康底噪 (-138.3 dBm) $\geq$ GSM 上行频点扫描最高门限 $= \max(\text{主集最大值}, \text{主集平均值}, \text{分集最大值}, \text{分集平均值}) = -121 \text{ dBm}$ 。

b) RSSI 最高门限 (-115 dBm) $\geq$ GSM 上行频点扫描最高门限 $= \max(\text{主集最大值}, \text{主集平均值}, \text{分集最大值}, \text{分集平均值}) = -98 \text{ dBm}$ 。

此时, GSM 的上行频点扫描值与干扰的分析可以按照表 4 来判断。

表 4 GSM 的上行频点扫描与干扰判断

GSM 上行频点扫描值	干扰结论
上行频点扫描值波动不大且接 -121 dBm	当前 NB-IoT 小区无干扰
$-121 \text{ dBm} \leq \text{RSSI 波动值} < -98 \text{ dBm}$	NB-IoT 小区虽然存在干扰, 但仍然在可工作范围内
$-98 \text{ dBm} \leq 30\%$ 的上行频点扫描值	NB-IoT 小区存在干扰, 需要进行干扰处理
$-98 \text{ dBm} \leq$ 超过 30% 的上行频点扫描值	干扰已经影响到 NB-IoT 小区正常业务, 必须处理

若用 GSM 小区做上行频点扫描, 由于扫描带宽是 200 kHz , NB-IoT 上行信道是 3.75 kHz 。也就是说, 200 kHz 和 3.75 kHz 情况下, 底噪相差 $10\lg(200) - 10\lg(3.75) = 17 \text{ dB}$ 。即用 GSM 折算 NB-IoT 的底噪, 需要减去 17 dB 。

3.3 下行干扰分析

当某个基站覆盖范围内业务异常时, 怀疑是干扰造成时, 可以通过在 probe 或者其他工具获取该测试点的 RSRP、RSSI 和 SINR 值进行初步判断(见表 5)。

表 5 RSRP、RSSI 和 SINR 值进行初步判断

RSRP 值	RSSI 值	SINR 值	其他现象	干扰推断结论
下行正常	-	下行明显偏低	下行数传不动、BLER 高	下行链路受到干扰
-	下行异常	-	-	受到异系统干扰
下行正常	上行异常	下行正常	上行数传不动、BLER 高, 甚至 UE 无法入网	上行链路受到干扰

3.4 频谱仪扫描

借助频谱仪、扫频仪可以准确地判断出某个固定位置的干扰情况, 并可以辅助定位干扰源。本文不做介绍, 相关操作请参考相关频谱扫描仪器的使用说明。

3.5 硬件问题判断

如已经检查出存在干扰, 对相关小区进行操作历史记录检查。检查最近是否增加或修改了基站硬件、是否修改过数据。检查干扰的出现是否与这些操作存在时间上的关联性。

如果此阶段没有数据调整, 则干扰来自硬件本身或者网外干扰, 也有可能是相邻的其他厂商基站(针对插花组网或者省市边界区域)进行了调整所致, 建议先重点检查硬件是否存在故障。

检查该小区所在基站是否正常工作。

a) 在远端应检查有无天馈告警, 有无关于 TRX 的告警。

b) 在近端检查有无天线损坏、进水, 馈线(包括跳线)损坏、进水, TRX 故障、基站跳线接错。

3.6 系统内干扰判断

NB 系统内干扰主要为越区覆盖干扰。

主要表现: 被干扰的小区 RSRP 好, 但 SINR 很差, 被干扰小区内 UE 重选到的次数明显较多。

主要原因: 可能是系统设计不佳, 如导频发射功率偏大; 基站位置或天线倾角选取不当; 地理环境复杂, 特别是海面、湖面、山区等地形, 设计时考虑不充分等。

3.7 系统外干扰判断

系统外干扰源主要是其他一些设备(高压电力、雷达)或者异系统频段规划不合理导致。

主要表现: 同一个小区下部分终端可以正常工作, 但部分终端数传时延过大、存在分组丢失、掉线等现象。或同一终端部分时刻可以正常工作, 部分时刻存在时延过大、分组丢失、掉线等现象。

主要原因: 有电视台、大功率电台、微波、雷达、高压电力线、模拟基站、异系统网络、会议保密设备、加油站干扰器等, 系统外干扰的现象和网内问题造成的干扰有很大的相似性, 都是信号受到干扰。针对不同的外部干扰源, 不同设备有不同的特点: 一些外部通信设备的干扰, 可能仅影响某一个频段, 避开这些频段, 就可以避免受到干扰; 某些雷达设备的干扰又有时间间断性。

4 NB-IoT网络干扰处理

4.1 硬件系统问题处理

由于当前典型场景为NB与GSM共站共SDR搭建,可以尝试下面方法判断是否存在硬件系统干扰。

当现网允许闭塞GSM时,可以通过对比GSM闭塞前后的NB小区的RSSI扫描值来确认是否硬件系统导致的干扰。

当现网不允许闭塞GSM时,可以通过对比GSM空闲Burst前后NB小区的RSSI扫描值来确认系统是否硬件干扰。

4.2 外部干扰排查和定界

首先,获取周边5 km内小区的工参信息,排查是否有其他制式的小区占用了NB的部署频点。若没有异常,则按照如下步骤进行外部干扰源的定界排查。

a) 若现网存在多个NB站点,则需要关闭待排查NB站点附近2圈的NB站点。

b) 对NB-IoT周边所有2圈以内的GSM小区(包含和NB-IoT同覆盖的小区)进行上行频点扫描。

c) 统计所有GSM小区的max(主集最大值,主集平均值,分集最大值,分集平均值)。

d) 当有周边GSM小区均满足GSM上行频点扫描中的NB关键RSSI值折算,则认为小区在该扫描时间段内没有外部干扰。忽略后续处理步骤,跳转到内部干扰排查和处理。

e) 当周边GSM小区出现不满足GSM上行频点扫描中的NB关键RSSI值折算,则认为小区存在外部干扰,有时候一次排查并不能清晰地直接判断出干扰源大致位置,或者干扰源不是稳定存在的,即获取GSM上行扫描的时间段内干扰源恰巧没有产生影响,则需要不同的时刻多次进行上述步骤。

f) 当存在多个干扰源时,图像情况较复杂,需要采集多次信息进行分析定界。

4.3 清除外部干扰源

确定是外部干扰源之后,需要进一步进行操作。

4.3.1 干扰时间分析

a) 若干扰源稳定长时间存在,则其他站点占用了NB频点,此时需要获取NB-IoT周边5 km范围内站点以及友商站点的频点和工参信息(重点排查干扰定界的区域),排查是否有其他站点占用了NB-IoT小区的频点。

b) 若外部干扰源非稳定存在,则需要一线人员携

带扫频仪器在干扰出现的高峰期去排查干扰源。

4.3.2 干扰特点分析

通过上行频谱分析工具查看干扰信号的特性,分析干扰信号的频谱特性,首先看能不能从这个频谱特性判断是什么系统产生的干扰。

4.3.3 干扰源查找

根据外部干扰源的排查和定界章节中的位置信息通过地图对应到具体的地址,一线人员使用频谱仪或者定向天线查找干扰源。

4.4 内部干扰排查和处理

4.4.1 越区覆盖干扰(下行)

当干扰集中在某片区域时,获取NB站点的工参信息和该区域终端RSRP、SINR和重选次数等话统数据。若确定是越区覆盖导致的干扰,则调整该站点。例如天线挂高、方位角、下倾角、功率等。

4.4.2 同频终端干扰(上行)

当判断为上行同频终端造成的干扰,则可以按照下面方法查找,逐个闭塞受干扰NB站点的扇区,包括其他制式的扇区。观察NB站点的干扰情况,如果闭塞某个扇区干扰消失,则基本可以确定是此扇区下的终端造成的干扰,可对该扇区下的终端逐一排查。当在网用户不多时,也可以尝试将同频扇区下面的终端逐个强制退网,观察干扰情况。

5 中国电信NB-IoT对中国移动GSM干扰

5.1 中国电信与中国移动900 MHz频谱分布信息

中国电信850 MHz与中国移动900 MHz频谱分布信息如图5所示。

870 MHz	880 MHz	5 MHz 保护带	885 MHz	909 MHz
电信CDMA+NB-IoT下行			移动GSM900上行	

图5 中国电信850 MHz与中国移动900 MHz频谱分布信息

中国电信850 MHz频谱和中国移动900 MHz频谱之间有5 MHz保护间隔。

中国电信850 MHz下行会对中国移动900 MHz上行产生干扰,干扰类型主要分为杂散和阻塞2种。

5.2 干扰分析

杂散干扰分析:中国电信目前在用的设备模块在890~909 MHz的杂散小于-90 dBm/200 kHz,假设中国移动G900的底噪抬升3 dB,可接受的杂散干扰为-119 dBm/200 kHz,中国电信NB天线和中国移动天线之间需要的隔离度为-90 dBm/200 kHz-(-119 dBm/

200 kHz)=29 dB, 隔离度要求较低, 现网基本可满足。

阻塞干扰分析: 阻塞干扰可以导致接收机增益的下降与噪声的增加, 鉴于此, 一般都采用加装滤波器或更换模块解决, 现场测试标准如下。

a) 若射频模块的规格描述, 上行起始频段为880 MHz, 模块滤波器对NB-IoT的879.6 MHz无抑制能力, 必须加装滤波器或更换模块解决。

b) 若射频模块的规格描述, 上行起始频段为885 MHz, 需根据模块能力分别对待, 射频模块要确保灵敏度在-110 dBm以上时, 需要中国电信和中国移动天线有50 dB以上隔离度; 建议通过调整天线高度、方位角、下倾角等方式实现。

5.3 不同场景空间隔离度参考

中国电信天线与中国移动天线共存场景空间隔离度参考如图6所示, 共存场景如下。

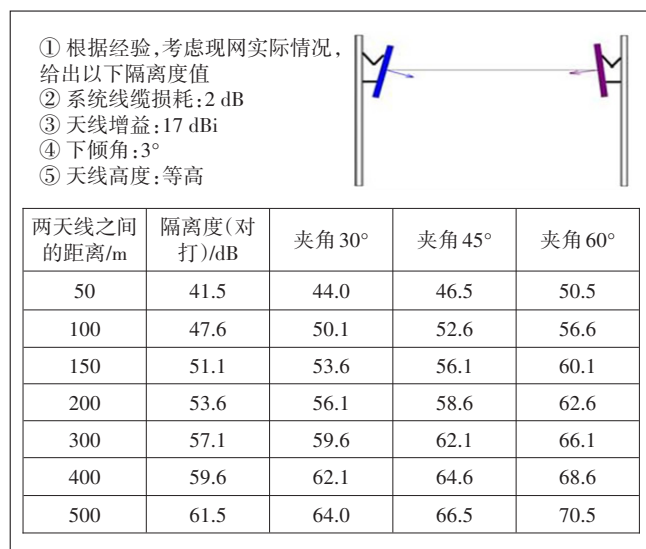


图6 中国电信天线与中国移动天线共存场景空间隔离度参考

a) 2.5~25 m要求不能正对或者斜对。

b) 25~50 m要求夹角80°以上。

c) 50~150 m要求不允许对打。

d) 距离30 m以内不允许中国电信天线在后面打中国移动天线。

共站场景: 同一抱杆垂直方向隔离0.5 m以上, 或不同抱杆要求水平隔离2.5 m以上。中国电信天线与中国移动天线共站场景空间隔离度参考如图7所示。

6 结束语

本文基于等效仿真规划描述了中国移动NB-IoT网络规划及干扰类问题的分析方法和排查思路, 借鉴

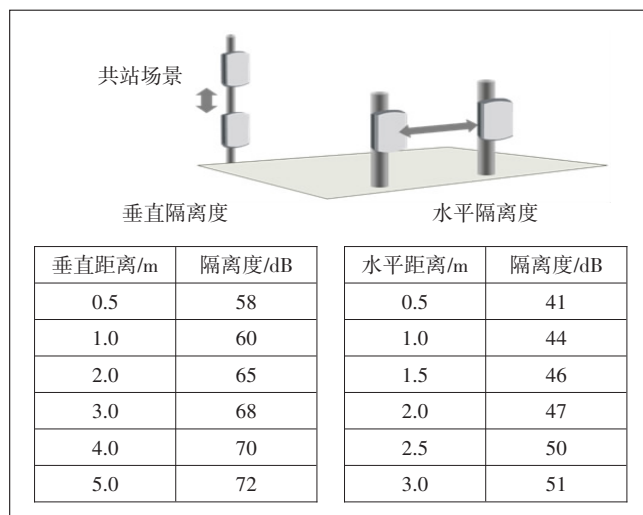


图7 中国电信天线与中国移动天线共站场景空间隔离度参考

中国电信前期NB-IoT问题处理过程中的经验, 大部分数据丢失和时延问题最终定位结果都是由于干扰导致的。探索后续中国移动NB-IoT网络大规模部署后从初期规划到后期网络干扰问题的排查优化思路, 将供中国移动NB-IoT网络部署后规划及干扰排查优化参考借鉴。

参考文献:

- [1] Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Long Term Evolution (LTE) physical layer; General description; 3GPP TS 36.201[S/OL]. [2018-12-22]. [ftp://3gpp.org/](http://3gpp.org/).
- [2] 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Policy and charging control architecture; 3GPP TS 23.203[S/OL]. [2018-12-22]. [ftp://3gpp.org/](http://3gpp.org/).
- [3] Single Radio Voice Call Continuity (SRVCC); 3GPP TS 23.216[S/OL]. [2018-12-22]. [ftp://3gpp.org/Stage 2](http://3gpp.org/Stage 2)
- [4] IP Multimedia Subsystem (IMS) centralized services; 3GPP TS 23.292[S/OL]. [2018-12-22]. [ftp://3gpp.org/](http://3gpp.org/).
- [5] 何小丹, 宋磊. 城区GSM与NB-IoT同频部署对NB-IoT底噪影响研究[J]. 移动通信, 2017, 41(23): 22-26.
- [6] 郭宝, 刘毅, 张阳. NB-IoT网络与业务协同优化[J]. 电信科学, 2018, 34(11): 154-161.
- [7] 付航. NB-IoT网络工程优化方法探讨[J]. 电信技术, 2018, 8(3): 18-20.
- [8] 鲁娜, 朱雪田, 张成良. NB-IoT运营商面临的机遇与挑战[J]. 中兴通讯技术, 2017, 23(1): 29-31.

作者简介:

张洪伟, 网优咨询师, 主要研究方向为无线网络规划与优化; 吴磊, 高级咨询师, 主要研究方向为无线网络规划与优化; 左坤明, 高级工程师, 主要研究方向为传输网络及技术、网络规划及优化; 周春山, 高级工程师, 主要研究方向为无线网络规划及优化。