



CDMA 下行信号对 EGSM 上行信号的同频干扰研究

雷方元¹, 雷刚²

(1. 广东技术师范学院电子与信息学院 广州 510665;

2. 中兴通讯第一营销事业部巴基斯坦代表处 深圳 518057)

摘要: 边境地区的 CDMA 网络的同频外部干扰是影响 EGSM 网络性能的主要因素之一。为此,以某国运营商的 EGSM 网络受到邻国 CDMA 网络的大范围强外部干扰为例,提出了一种排除 EGSM 网络外部干扰的解决方案。首先,从 KPI 指标统计和实际测试两个方面对 CDMA 干扰源进行了定位,确定出外部干扰源影响的强度及其影响范围。然后,采用 Hata 农村传播模型从理论上分析了 CDMA 干扰的影响程度和范围,并结合 CDMA 的呼吸效应分析了 EGSM 网络白天和晚上的外部干扰的差异,在此基础上,提出了通过使用背离边境的小区来承载话务,使用干净频点进行规划或使用 1 800 MHz 频段减弱外部干扰的方法,该方案在工程实测中取得了良好的效果。

关键词: CDMA; 外部干扰; 呼吸效应; Hata 传播模型

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015002

Research on the Same Frequency Interference on EGSM Uplink Signal from CDMA Downlink Signal

Lei Fangyuan¹, Lei Gang²

(1.School of Electronic and Information Engineering, Guangdong Polytechnic Normal University, Guangzhou 510665, China;

2. Pakistan Representative Office Div.1, ZTE, Shenzhen 518057, China)

Abstract: The major factor affecting the EGSM network performance is the same frequency external interference from CDMA of other country in the border areas. A case which EGSM operator subject to a wide range of strong external interference by same frequency of neighbor country CDMA operators was analyzed, then a solution to reduce this external interference was proposed. Firstly, with KPI statistical and DT test analyze, the external interference source was located, and the intensity and scope of the effects also was confirmed. Then, using the rural Hata propagation model theoretically, the impact and scope of CDMA interference was analyzed; combined with the respiratory effects of CDMA network, the differences between day and night EGSM external interference were analyzed. Final, the solution was proposed, which use deviate cell of border to carry traffic, use the clean frequency band to plan or use the 1 800 MHz frequency to carry the traffic. Those solution weakened external interference, the KPI and user effecting of EGSM network has achieved good results.

Key words: CDMA, external interference, respiratory effect, Hata propagate module

1 引言

随着用户对无线通信的依赖加强,运营商的网络规模

正变得越来越大,同时,用户对网络服务质量的要求也越来越高。网络的外部干扰是影响无线网络服务质量的重要因素。特别是在国家之间的边境地区,不同类型的运营商



采用各自的无线频段提供服务,不同国家的运营商有可能采用相同的频段来提供不同类型的网络服务。因此,外部干扰问题尤为突出,存在网络内部、网络之间以及同频段之间、异频段之间相互混杂等情况。

在B国的Z运营商的EGSM网络受到Y国CDMA运营商的同频干扰,严重影响网络用户感受和网络的KPI指标。本文将从后台KPI指标统计分析和实际测试方面来分析定位干扰源,并将从传播理论上对干扰源的影响范围进行分析。最后,在理论和实际相结合的基础上提出相关具体的解决方案。

2 EGSM 网络外部干扰源定位

2.1 问题来源

在B国的Z运营商的EGSM网络中,用户通话的感知较差,在通话过程中出现杂音,严重时根本听不清楚对方的语音。在和Y国接壤的边境地区,这种现象尤为明显。在CQT测试分析和后台KPI数据统计分析中,均发现存在严重的外部干扰,且晚上的干扰强度明显比白天的干扰

强度大。在CQT测试中,在同一基站下通话,接通率和掉话率都是正常的,但是晚上的通话质量感知明显要比白天差许多。因此,对于干扰源的准确定位将有助于提出解决方案以有效地解决运营商Z的网络外部干扰。

与Y国的CDMA频段资源信息相比较,发现Y国的运营商R和运营商T的CDMA下行频段与Z运营商的EGSM上行频段大部分重叠。具体的频段信息资源如图1所示。Z运营商的下行频段为882.5~890.10 MHz,其中频段882.5~884.20 MHz与Y国的R运营商的CDMA频段的上行频率重叠;884.60~888.40 MHz的下行频率与Y国的T运营商的上行CDMA频率重叠。因此,怀疑Z运营商的强干扰来源于CDMA。Z运营商要求明确定位干扰源的影响范围、影响程度,并给出解决方案。

2.2 外部干扰统计

2.2.1 后台话务数据统计

从后台话务统计SHW区域9月12日~14日连续3天的72 h的干扰数据和相关的网络KPI。干扰与KPI指标关系如图2所示。

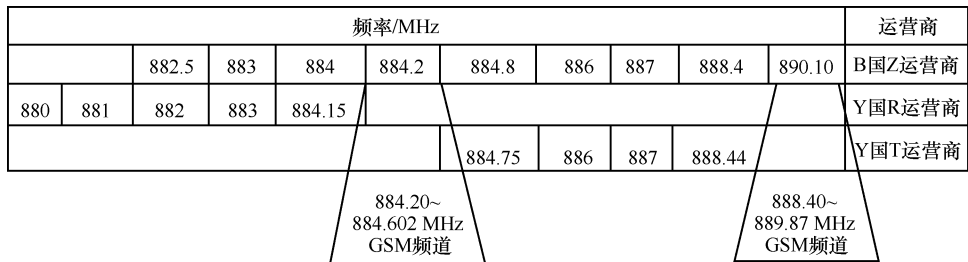


图1 运营商Z的上行频段与R和T下行频段信息

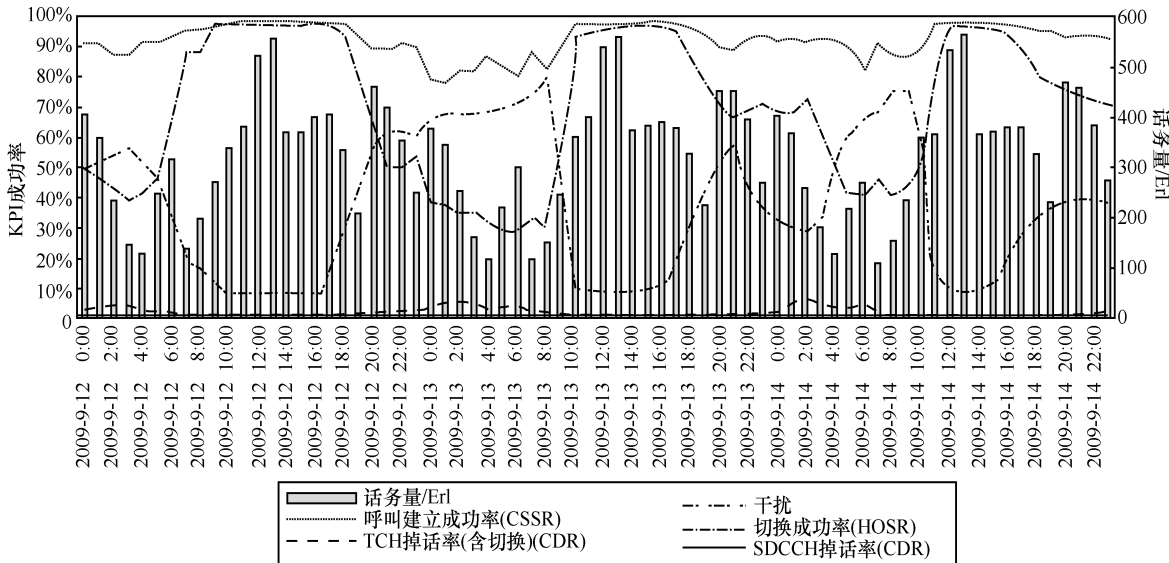


图2 外部干扰与KPI关系

从图 2 可以得出如下结论。

- 干扰发生的时间段: 强干扰主要发生在晚上 18:00 以后到第二天上午 10:00 以前的时段, 特别是凌晨 0:00 以后。强大的干扰对 TCH 掉话率影响较大, 在干扰越强时, TCH 掉话率就越高, TCH&SDCCH 拥塞率以及 SDCCH 掉话率相对比较平稳。
- 干扰强度与话务量关系走势分析: 根据图表数据所示, 干扰强度与话务量高低没有关系, 即该干扰属于外部强干扰。
- 干扰强度切换成功率关系走势分析: 切换成功率与受到干扰的强度成反比关系, 即当干扰强度越大时, 切换成功率就越低, 反之, 则切换成功率越高。
- 干扰强度与呼叫建立成功率走势关系分析: 呼叫建立成功率虽然在个别时段略有波动, 但是起伏不大, 受到的影响不是很明显。

综上所述: 该强干扰与话务量高低没有关系, 属于外部强干扰, 并且该干扰对 TCH 掉话率、切换成功率、呼叫建立成功率等影响较大。

2.2.2 外部干扰带统计

提取了 2009 年 8 月 22 日午忙时 (13:00~14:00) 和 8 月 27 日晚忙时 (00:00~01:00) 全网所有小区的干扰带数据, 并按照小区收到干扰的强弱在地图上进行了分布渲染, 得到如图 3 和图 4 所示干扰分布渲染。图中渲染是根据 4~5 级干扰带受到外部干扰比例进行着色的, 其中颜色最深处表示干扰的比例超过 66.1%。

从图 3 和图 4 对比可以得出, 晚上干扰带 4~5 级的比

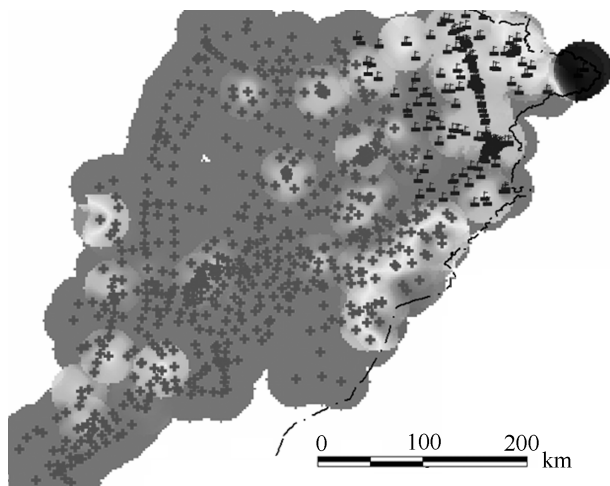


图 3 午忙时干扰分布渲染

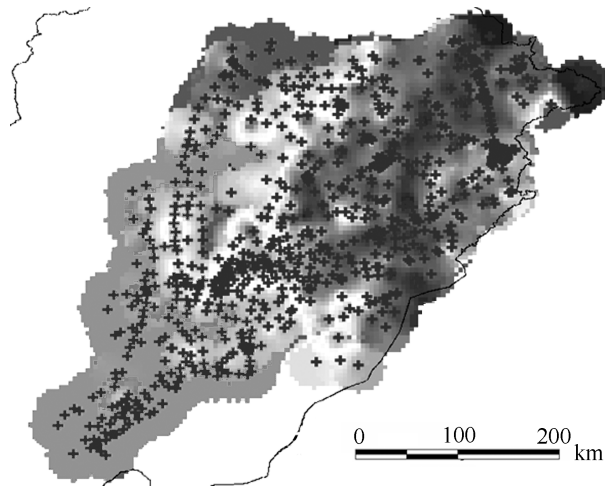


图 4 晚忙时干扰分布渲染

例超过 30% 的区域远大于白天忙时的区域, 从而也进一步证明了话统数据分析得出的结论。

通过网络外部干扰统计可以看出干扰的总体特点如下:

- 干扰主要为外部干扰, 晚上干扰要明显大于白天;
- 靠近东部边境地区干扰严重, 在远离边境的西部地区干扰较少 (东部区干扰明显强于西部区);
- CDMA 干扰的范围白天在边境内 50~100 km, 夜晚可以达到 200 km 以上。

如此大面积、大强度的外部干扰远远超出通常的传播模型的适用范围。因此, 需要进一步地从实际测试中来对干扰源进行定位。

2.3 外部干扰测试

2.3.1 外部干扰的频谱测试

为了验证 Y 国的 CDMA 干扰 (CDMA 一个频点带宽为 1.25 MHz, 3 个频点的干扰信号可以达到 3.8 MHz 宽频干扰) 影响到底能传播到多远, 采用扫频仪直接连接到天馈的方法。站点选取从东部边境以 50 km 为粒度, 每个间隔点选取了 1~3 个有代表性站点进行了测试, 一直测试到了 300 km 处。对测试站点, 天线方向每隔 45° 进行测试取样, 同一站点 24 h 不间断测试。

通过对比发现同一位置区域的站点白天和夜间的干扰信号, 发现夜间的干扰信号强度远远高于白天, 波动普遍超过 15 dB, 甚至达到 30 dB。典型的测试结果如图 5 和图 6 所示。

从大量的测试数据可以得出 CDMA 外部干扰的一些特性。

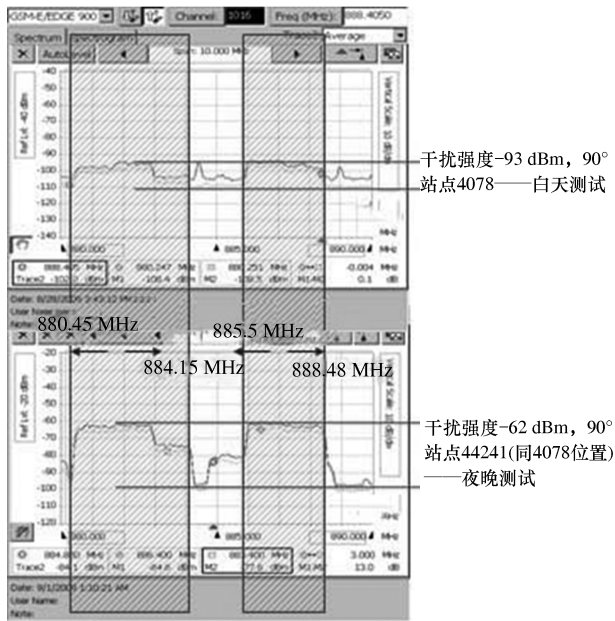


图5 离边境 50 km 站点白天和夜间的测试对比

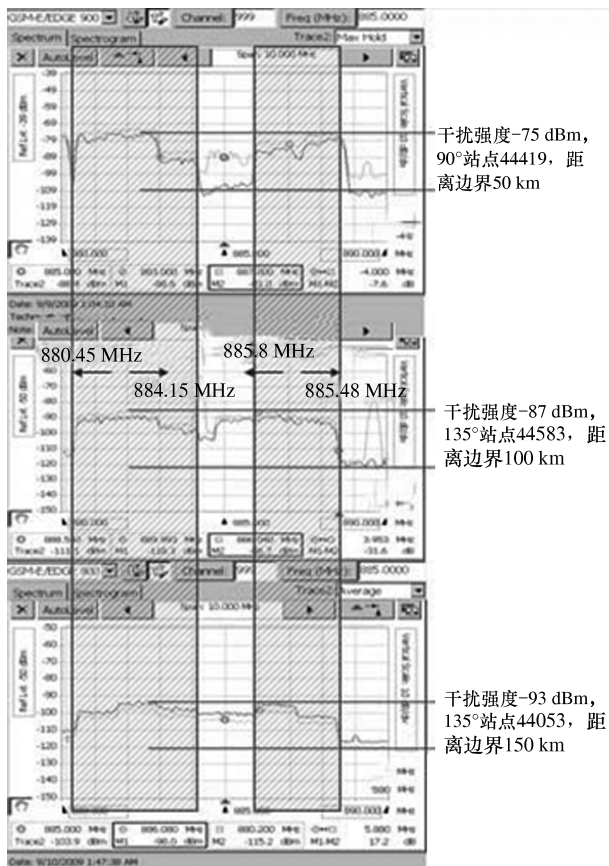


图6 距离边界 50~150 km 站点夜间扫频测试对比

- 具有时段性,晚上干扰要明显强于白天,特别是在 150 km 以外,大部分基站白天观察到的干扰相对很小或者没有。

- 具有方向性,一般在 45° ~ 135° 方向具有较为明显的干扰波形。
- 强度方面具有地域性,在 200 km 外,最强方向的最强值下降到 -100 dBm 左右。
- CDMA 干扰信号在夜晚是可以干扰到距离边界 200 km 范围的区域。

2.3.2 CDMA 手机测试

为了进一步确定外包 CDMA 干扰来源,从 Y 国带过来 R 和 T 运营商的 UIM。选择的测试点边境均无明显的建筑或者树木的遮挡的地方,使用 CDMA 手机测试的结果如下。

- 晚上在距离边境 25 km 的城市的 4 楼楼顶(距地面约为 15 m),可以收到运营商 R 和 T 的 CDMA 信号,手机的信号强度可以达到 4 至 5 格。
- 晚上接收到的 CDMA 信号强度明显较白天强。

2.4 外部干扰源确定

通过大量的测试和后台 KPI 统计分析表明,Z 运营商的外部干扰源为 Y 国的 CDMA 网络的上行信号,该信号同频干扰 Z 的 EGSM 频率的下行信号。

- 主要干扰为 Y 国 CDMA 信号(R 和 T 运营商)干扰。原因是 Y 国的 CDMA 下行频段与 Z 运营商的 EGSM 上行频段重合,造成干扰强度较大,干扰范围较大;
- CDMA 干扰在白天可以影响到境内 100 km 范围的站点,夜间则可以影响到境内 200 km 内站点。实测表明 CDMA 信号夜间比白天增强可多达 20 dB 以上。

3 CDMA 干扰理论

由于 CDMA 信号在夜间干扰的范围过大,超过传统传播理论计算经验值。传播模型的选择需要参考网络覆盖的具体地理环境,传播模型的基础是自由传播模型。常用的传播模型,如 Okumura-Hata 经验模型,是经过不同阶段的修正和完善而获得的,包括 Okumura-Hata 城市模型、Okumura-Hata 郊区模型、Okumura-Hata 农村模型等。COST-231 Hata 模型是 Okumura-Hata 模型的扩展模型,适用于在城市中基站密集的地域和城市密集区域的微小区。COST 231-Walfish-Ikegami 模型是在 Walfish 和 Ikegami 模型的基础上的修正,用于建筑物高度近似一致的郊区和城区环境。

CDMA 下行信号对 EGSM 上行信号造成的同频干扰,是 CDMA 下行的无用信号的载频与 EGSM 上行的有用信

号的载频相同,并对接收同频有用信号的接收机造成的干扰。为了保证手机用户的通话质量,在理论上,要求 C/I 同频干扰保护比 $C/I \geq 9$ dB,实际工程中要求 $C/I > 12$ dB;如果 C/I 不能满足上述要求否则将直接影响到手机的通话质量,会产生掉话或使手机用户无法建立正常的呼叫。

本节主要通过不同的传播模型理论计算,评估 CDMA 信号是否可能干扰到 250 km 以外的 EGSM 站点。同时,针对 CDMA 白天和夜间干扰范围差别较大这一问题进行分析,讨论 CDMA 呼吸效应引起的前向功率的起伏是否会导致干扰范围出现如此大的变化。

3.1 理论计算的背景

3.1.1 无线环境

B 国和 Y 国接壤的区域地形属于冲击平原,而 CDMA 下行天线和 EGSM 上行天线挂高都比较高,多在 30~60 m。中间几乎没有任何阻挡,形成空对空的传播途径。具体模型如下。

(1)发射方:CDMA 下行信号

下行使用频段为 882~888 MHz,下行灵敏度最大为 -43 dBm。

天线挂高 30~50 m,天线增益 17 dBi,下倾角 $0^\circ \sim 2^\circ$ 。

(2)接收方:EGSM 上行信号

上行使用频段为 882~890 MHz,上行灵敏度为 -112 dBm。

天线挂高 30~50 m,天线增益 16 dBi,下倾角 $0^\circ \sim 2^\circ$ 。

3.1.2 CDMA 的呼吸效应

CDMA 呼吸效应的含义为:在一个小区内,其他手机对于某一个手机来说,它们发射的信号都是干扰。如果用户数越多,干扰越大,此时这个手机就会增大发送功率(功率控制实现)以达到反向的解调门限,而对于前向而言,基站为了防止更多的用户接入系统,造成当前的手机无法解调,也会减小发送功率(也是功率控制实现),此时小区的覆盖面积就会减小。所以,CDMA 的系统就会出现业务量增大时,小区面积减小的情况。

CDMA 的前向功率控制:通过基站周期性地降低发射到移动台的发射功率、移动台测量误帧率,当误帧率超过预定义值时,移动台要求基站对它的发射功率增加 1%,每 15~20 ms 进行一次调整。下行链路低速控制调整的动态范围是 ± 6 dB。

通常 CDMA 载波功率的最大值为 20 W,即 43 dBm,而下行链路功率控制的范围为 ± 6 dB,故考虑出现呼吸效应时前向的功率最小可能为: $43 - 12 = 31$ dBm。

3.2 不同传播模型覆盖距离计算

由于实际应用中没有 200 km 左右适用的传播模型,根据现场的实际环境,采用以下两个模型进行计算。

3.2.1 空间自由传播模型

模型公式为:

$$PL = 32.44 + 20 \lg f + 20 \lg d - G_t - G_r + L$$

其中, PL 为自由空间的路损(path loss),单位是 dB,与载波的频率和接收点与发射点的距离有关; f 为载波的频率,单位是 MHz; d 为发射源与接收点的距离,单位是 km; G_t (dBi)、 G_r (dBi) 表示接收端和发射端的天线增益; L (dB) 为系统损耗因子。

3.2.2 Hata 农村传播模型

Hata 农村传播模型公式为:

$$PL = 69.55 + 26.16 \times \lg f - 13.82 \times \lg h_b + (44.9 - 6.55 \times \lg h_m) \times \lg d - 3.2 \times (\lg(11.75 \times h_m))^2 - 4.97 - (\lg(f/28))^2 - 2.39 \times (\lg f)^2 + 9.17 \times \lg f - 23.17$$

其中, f 为载波的频率,单位是 MHz; d 为发射源与接收点的距离,单位是 km; h_b 、 h_m 是指发射天线和接收 MS 的高度,单位为 m(注:由于 Hata 模型的使用范围上限在 35 km 左右,而现场远远超出标称距离,未能反映地球曲面、绕射损耗影响)。

根据空间自由传播模型和 Hata 农村模型计算的结果见表 2。从表 2 可以分析得出,如果用自由空间损耗模型(损耗因子 L 为 0),距离 250 km,计算得到的接收端接收功率偏大,达 -80~-90 dBm(尚未考虑接收侧天线增益),肯定会造成严重干扰。

如果采用 Hata 农村模型计算,CDMA 信号满功率发射情况下,250 km 处 EGSM 天线接收到的干扰强度在 -93 dBm 左右,仍有比较明显的干扰。出现呼吸效应时,前向功率下降后,250 km 处 EGSM 天线接收到的干扰强度下降到 -105 dBm 左右,此时的干扰已经相对较弱。

使用空间自由传播模型计算出 250 km 外 EGSM 接收到的干扰明显大于实际测试值。而使用 Hata 农村模型计算出 250 km 外的干扰则与实际测试结果相对接近。实际现场 225~250 km 测试夜间最大干扰为 -110~-100 dBm,与理论计算的最大干扰(-93 dBm)相差 10~15 dBm。

考虑到这个 Hata 农村模型没有考虑绕射损耗等因素,计算出来的路损应该是偏小的。实际情况下,干扰程度应该是比理论计算要小。所以使用 Hata 农村模型计算的结果相对是比较贴近实际情况,具有较高的参考意义。



表 2 不同传播模型计算的干扰强度

		最大功率	最小功率	最大功率	最小功率
模型类型	<i>TxPower</i> /dBm	43	31	43	31
	天馈损耗/dB	3.4	3.4	3.4	3.4
	CDMA 天线增益/dB	17	17	17	17
	距离/km	100	100	250	250
	频率/MHz	885	885	885	885
自由空间模型	路损/dB	131.39	131.39	139.35	139.35
	下行电平/dBm	-74.79	-86.79	-82.75	-94.75
	EGSM 天线口接收强度	-58.79	-70.79	-66.75	-78.75
Hata 农村传播模型	路损/dB	151.79	151.79	165.81	165.81
	下行电平/dBm	-95.19	-107.19	-109.21	-121.21
	EGSM 天线口接收强度	-79.19	-91.19	-93.21	-105.21

3.3 早晚干扰差异

CDMA 干扰理论计算关注的另外一个现象是中区白天和夜间收到 CDMA 干扰的强度和范围差别很大。通过现场测试白天 CDMA 波形干扰最多只能达到边境内 100 km 的站点,而夜间境内 225~250 km 的站点则都可能收到干扰。

通过 CDMA 相关的资料得知,CDMA 前向功率控制的范围通常是 ± 6 dB(不同厂商可能有所不同)。因此 CDMA 前向功率变化最大的范围为 12 dB。根据 Hata 农村模型的计算,100 km 处,CDMA 使用最小功率发射时,EGSM 天线接收到的上行强度为-91 dBm 左右,与 250 km 处,CDMA 使用最大功率发射时 EGSM 接收到的电平相似(-93 dBm)。

由于该模型并未考虑绕射损耗,假设绕射损耗 L 为 10~15 dB (CDMA 地面对天空模型中的绕射损耗为 9 dB,地表绕射损耗应该会更大),则在 100 km 处,CDMA 最小功率发射的情况下,外部干扰可能已经下降到比较低的水平(-100~-110 dBm),与现场测试的实际数据基本相符合。

另外,Y 国的 CDMA 基站前向功率控制范围前文仅按照通常的规范推算的。通过对比在两国边境 30~50 km 基站白天和夜晚测试到的干扰强度的对比,发现实际白天和夜晚干扰信号的强度变化远远超过 12 dB,达到 20~25 dB(两者信号的波形对比基本一致,可以认定是同一个干扰源)。

由此推算可能 Y 国的 CDMA 基站前向功率的波动范围较大,可能达到 20 dB,从侧面也可以说明白天和夜间干扰范围差别很大的原因。

3.4 CDMA 干扰理论分析结论

通过使用不同传播模型对 CDMA 干扰覆盖范围进行了计算,通过与实际测试数据进行对比,发现使用 Hata 农村模型计算得到的 CDMA 干扰强度与实际测试的比较相

符。通过 Hata 模型计算并结合实际测试结果可以得出 CDMA 干扰有如下特点。

- CDMA 基站满功率发射时,最远可以干扰到 250 km 外的 EGSM 基站。
- CDMA 基站前向功控范围为 12 dB 时,CDMA 最小功率发射,最远可以干扰到 100 km 外 EGSM 基站。
- 通过测试对比边境 EGSM 站点白天和夜晚接收到的 CDMA 干扰信号强度,发现 CDMA 信号强度变化远远超过 12 dB,甚至超过 20 dB。

4 外部干扰解决方案及实施效果

根据前文的分析,给出解决 Z 运营商的 EGSM 网络的外部 CDMA 干扰的方案如下。

(1)调整 Y 国的 R 和 T 运营商的 CDMA 基站的工程参数,如站点的天线挂高、下倾角、方向角和前向功率参数。这样可以彻底将 CDMA 干扰控制在较小的范围内。

(2)使用较干净的频点 1 017~1 023 MHz 就行频率规划。CDMA 干扰主要影响到 1 小区,对 2、3 小区影响相对较小。

(3)降低天线高度可以减小 CDMA 干扰的强度。对受到 CDMA 干扰严重的站点降低天线挂高,修改天线方位角,以减轻其受到的干扰。

(4)若前述方法都无法良好解决网络 CDMA 外部干扰问题,则应该尽量使用 1 800 MHz 频段进行覆盖,减少 EGSM 频段使用的范围。

针对上述的解决方案(1),在和 Y 国的运营商 R 和 T 协调后,对方基本上没有任何行动最后无疾而终。在 2009 年之后,由于网络负荷不高,运营商 Z 采用了方案(4)

的办法,在靠近边境区域的重干扰城市中全部关停 EGSM 基站,使用 1 800 MHz 频段进行覆盖。关停 EGSM 基站之后,网络的质量和用户的感受显著提升。

从 2011 年下半年开始,运营商 Z 的网络负荷激增,扩容之后的 1 800 MHz 网络已经不能满足要求。因此,在方案(2)和(3)的基础上,使用 EGSM 频段,降低天线高度和使用背离边境方向的小区来解决大城市的热点区域的容量问题,该方案实施后取得了良好的效果。图 7 是 2013 年 3 月 29 日~4 月 3 日晚忙时外部干扰渲染效果,图中的严重外部干扰区域已经大幅减少。因此,进一步验证了方案的有效性。

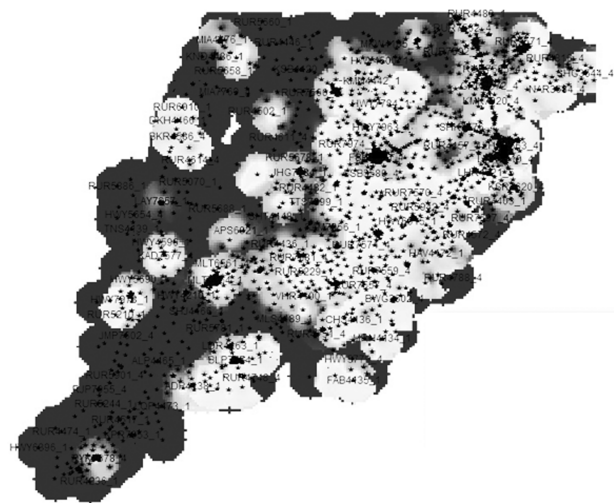


图 7 2013 年 3 月 29 日~4 月 3 日晚忙时的干扰渲染

5 结束语

本文针对于 B 国 Z 运营商和 Y 国 CDMA 运营商之间的同频段网络外部干扰,给出了详细的外部干扰源分析与定位的过程。这种外部干扰源的影响范围超过了常用的传播模型的适用范围,也不同于一般意义上的网络异频段间的外部干扰。本文在理论上采用了自由传播模型和 Hata 农村模型来与实际的结果进行对比分析,并分析了理论模型和实际结果之间差异的原因来源于 CDMA 的呼吸效应,这一应用案例扩展了 Hata 农场模型的适用范围。在实际测试分析和理论分析的基础上,给出了解决外部干扰的方案,并在 Z 运营商的网络中推广使用过程中进一步证明了方案的有效可靠。

参考文献

- 1 李方伟. 移动通信原理与系统. 重庆: 西南师范大学出版社, 2000
- 2 Li F W. Mobile Communication Principle and System. Chongqing: Southwest Normal University Press, 2000
- 3 Theodore S R. 无线通信原理与应用. 蔡涛, 李旭, 杜振民译. 北京: 电子工业出版社, 2000
- 4 Theodore S R. Wireless Communication Theory and Application. Beijing: Electronic Industry Press, 2000
- 5 窦中兆, 雷湘. CDMA 无线通信原理. 北京: 清华大学出版社, 2004
- 6 Dou Z Z, Lei X. CDMA Wireless Communication Theory. Beijing: Tsinghua University Press, 2004
- 7 中兴通讯网优系统部. GSM 无线网络规划概述, 2007
- 8 ZTE Network Optimization Department. GSM Wireless Network Planning Overview, 2007
- 9 林定发. CDMA 系统的呼吸效应与远近效应. 北京: 人民邮电出版社, 2009
- 10 Lin D F. Respiratory Effects and Proximity Effects of CDMA System. Beijing: People's Posts and Telecommunications Press, 2009
- 11 钟兴建, 周辉, 贺帆. CDMA 网络与 GSM 网络间的干扰与协调. 无线电工程, 2003(3)
- 12 Zhong X J, Zhou H, He F. CDMA network and GSM network interference and coordination. Radio Engineering of China, 2003(3)
- 13 韩斌杰. GSM 原理及其网络优化. 北京: 机械工业出版社, 2002
- 14 Han B J. GSM Network Optimization Principle. Beijing: Mechanical Industry Press, 2002
- 15 中兴通讯学院. CDMA2000 1x 系统功率控制, 2007
- 16 ZTE University. CDMA2000 1x System Power Control, 2007

【作者简介】



雷方元,男,博士,广东技术师范学院讲师,主要研究方向为无线网络优化、未来网络技术。



雷刚,男,中兴通讯第一营销事业部巴基斯坦代表处 CTO、主任工程师,主要研究方向为无线网络优化、项目管理等。