



基于道路测试大数据的 TD-LTE 影子邻区优化方法

张哲超¹, 陈科科¹, 罗茂坚²

(1. 中国移动通信集团浙江有限公司杭州分公司, 浙江 杭州 310015;

2. 浙江明讯网络技术有限公司, 浙江 杭州 310007)

摘要: CSFB 作为 LTE 语音解决方案之一, 已被众多终端厂商采纳。受其回落机制的影响, 网络中存在一类超远覆盖且电平很强的 2G 影子邻区, 虽现网未配置邻区但能让终端成功回落, 并在回落引起语音业务的质差甚至掉话。指出了影子邻区的存在, 提出了一种基于道路测试大数据的 TD-LTE 影子邻区优化方法, 挖掘出杭州移动现网中存在的影子邻区, 并通过天馈调整和频点调整进行优化。实验结果表明, 本文提出的方法切实有效, 并值得推广。

关键词: CSFB; 影子邻区; 过覆盖; 同频

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2016133

Optimization of TD-LTE shadow neighbor cells based on big data of road test

ZHANG Zhechao¹, CHEN Keke¹, LUO Maojian²

1. Hangzhou Branch of China Mobile Group Zhejiang Co., Ltd., Hangzhou 310015, China

2. Zhejiang MingXun Network Technology Co., Ltd., Hangzhou 310007, China

Abstract: CSFB has been adopted by many terminal manufacturers as one of the LTE voice solution. Restricted by CSFB mechanism, there exists one kind of GSM neighbor cell which is referred as shadow neighbor cell. Even without neighbor relations configured, shadow neighbor could lead UE (user equipment) to fall back successfully due to its ultra-long coverage and strong Rx level, and that would probably causes problems like dropped calls. Based on large data of road test and network of China Mobile Hangzhou Branch, the existence of shadow neighbor cell was pointed out, an optimization method of TD-LTE shadow neighbor cell was proposed, the hidden shadow neighbor cells were dug out, and they were eliminated by adjustments of antenna and frequency. Experimental results show that the method proposed is practical, effective and also worthy promotion.

Key words: CSFB, shadow neighbor cell, ultra-long coverage, same frequency

1 引言

LTE (long term evolution) 是由 3GPP (The 3rd Generation Partnership Project) 组织制定的 UMTS (universal mobile

telecommunications system) 技术标准的长期演进, 是目前国际主流的 4G 无线移动通信技术标准。CSFB (circuit switched fallback, 电路域回落) 技术作为 LTE 语音解决方案之一, 已被苹果、三星、华为等国际主流手机终端厂商采纳,

为用户在 LTE 网络接入下提供电路域语音主被叫等服务。

CSFB 回落的关键技术之一是 4G 异系统邻区的配置和优化(中国移动仅回落到 2G)。CSFB 终端从 4G 回落 2G 时仅根据已配置的 2G 邻区 BCCH 频点及测得的电平选择最佳回落的小区,而无需现网存在邻区关系^[1]。该机制会导致在部分区域终端会回落至超远覆盖、电平很强且和已配置 2G 邻区 BCCH 频点相同的 2G 小区,并随后因该 2G 小区和周边 2G 小区无邻区关系而容易产生质差或掉话。这类 2G 小区在传统邻区优化方法中无法被有效发现,本文称这类 2G 小区为 4G 的“影子邻区”。本文提出了一种基于扫频仪和自动路测仪测试大数据的“影子邻区”探查方法,并结合其特性开展优化,中国移动通信集团浙江有限公司杭州分公司(以下简称杭州移动)现网试验已取得良好效果。

2 现有 CSFB 2G 邻区配置方法及缺陷

CSFB,即用户存在语音需求时终端回落到 2G/3G 网络进行通话,挂机后终端返回 LTE 网络进行驻留,同一时间终端只驻留在一张网上。由于 CSFB 回落机制中回落 2G 小区的选择仅根据 4G 侧已配置的 2G 邻区 BCCH 频点测量的结果,故合理地规划 2G 邻区及其 BCCH 频点对 CSFB 的回落至关重要。现有的方法是借助 3G 小区现网已优化的 2G 邻区配置,同时利用基站拓扑图及自动规划工具进行配置,并综合考虑 CSFB 回落时长、回落成功率、GSM 900 MHz/DCS 1 800 MHz 的负荷,对邻区个数、GSM 900 MHz/DCS 1 800 MHz 邻区配比、优先回落频段等参数进一步优化^[2,3]。另外,网络优化工程师也会利用 2G/4G 扫频数据对 CSFB 2G 邻区的漏配情况进行核查^[4],并制定根据工参、路测、扫频及 MR(measurement report)信息协同优化进行邻区合理配置的工作流程^[5]。

现有方法可以对 4G 小区的绝大多数 2G 必要邻区进行有效优化,但由于 GSM 系统频率空间复用的机制,无法发现本文提出的“影子邻区”。以杭州移动现网案例为例,如图 1 所示。2G_A 小区(BCCH:576)距离图 1 中回落点约 1 200 m,为回落区内 GSM 信号最强小区。回落区内的 4G 主服务小区为 B 小区,其 2G 邻区中已配置 2G_C 小区(BCCH:576),未配置 2G_A 小区(BCCH:576)。因 2G_C 小区和 2G_A 小区 BCCH 频点相同,当 UE 在回落区内发起 CSFB 业务时,UE 将大概率回落至 2G_A 小区。由于回落点距离 2G_A 小区(影子邻区)较远,该小区与回落点周边 2G 小区未互配邻区,当 UE 在由南向北行进时,非常容易产生

掉话。影子邻区的存在已引起杭州移动 VIP 用户的投诉。

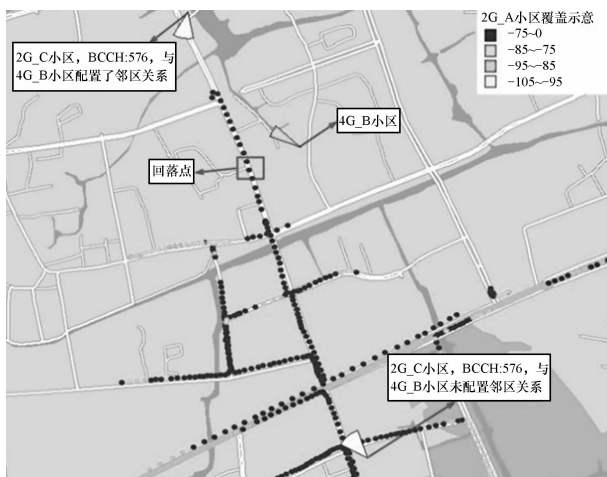


图1 杭州移动现网“影子邻区”案例示意

3 本文提出的方法

基于现有方法仅考虑拓扑关系的局限性以及未考虑 GSM 系统频率空间复用特点的缺陷,本文提出了一种基于扫频仪和自动路测仪 ATU(automatic test unit)两类测试大数据的“影子邻区”优化方法,根据信号实际覆盖情况判断 4G 误回落的高风险点、查找出“影子邻区”,并可有针对性地开展优化。方法流程如图 2 所示。

3.1 GSM 小区覆盖距离异常标准确立

“影子邻区”导致 4G 误回落的两大条件分别是:覆盖过远以及 BCCH 频点和 4G 小区的某 2G 邻区相同,故需确定 GSM 小区覆盖过远的标准。但由于各基站站址、站型、天面条件、无线环境、参数设置和覆盖目标都各有不同且差异较大,很难从技术上定义小区的合理覆盖距离。

六西格玛(6σ)质量管理方案是一种基于数据的决策方法,强调用数据和统计方法进行决策,而非凭直觉和经验行事^[6]。对于一般正态分布,其均值 μ 、标准差 σ 和概率分布的对应关系如图 3 和表 1 所示。以 $\pm 3\sigma$ 为例,均值 $\pm 3\sigma$ 范围内的置信概率为 99.73%,剩下的置信概率为 0.27%的样本即可视为异常样本。通过不断分析异常样本产生的原因并优化,达到逐步缩小方差并最终将 $\pm 6\sigma$ 控制在一定范围内的目的,即可达到理想化的高质量水平。

整理出浙江杭州核心区城区道路测试的所有采样点及其主服务小区,筛选出这些主服务小区最远的覆盖距离,并对覆盖距离进行正态分布拟合计算。以 2015 年 9 月测试数据为例,杭州核心区 GSM 小区平均覆盖距离为 374.6 m,覆

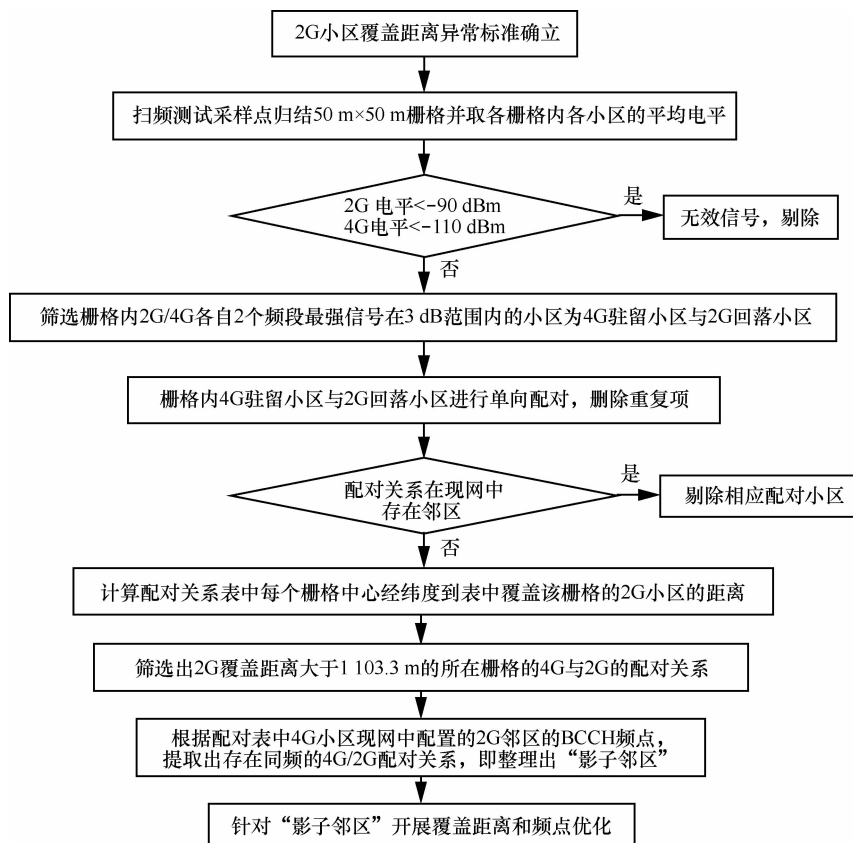


图2 “影子邻区”优化方法流程

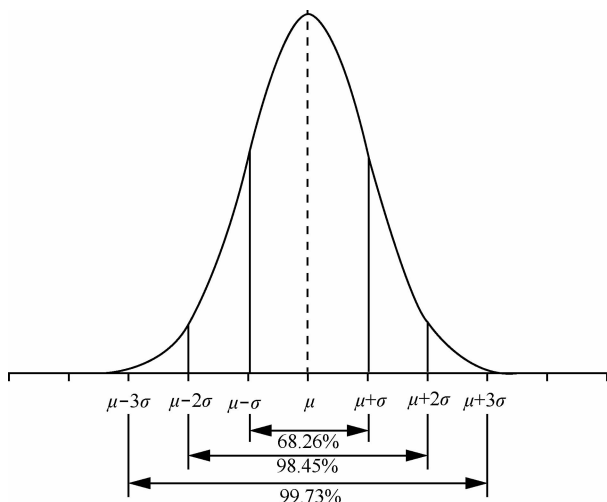


图3 正态分布的置信概率

盖距离的标准差为 242.9, 最远覆盖距离为 2 985 m。

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{3\,015} x_i}{3\,015} = 374.6 \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2} = \sqrt{\frac{1}{3\,015} \sum_{i=1}^{3\,015} (x_i - 374.6)^2} = 242.9 \quad (2)$$

表1 正态分布的置信概率

均值左右标准 差范围	对称区域内 置信概率	对称区域外置信 概率/ppm
$\pm 1\sigma$	68.27%	317 300
$\pm 2\sigma$	95.45%	45 500
$\pm 3\sigma$	99.73%	2 700
$\pm 4\sigma$	99.993 7%	53
$\pm 5\sigma$	99.999 943%	0.57
$\pm 6\sigma$	99.999 999 8%	0.002

综合考虑 99% 以上的置信概率和工作量, 认为最远覆盖距离处于 $\pm 3\sigma$ 范围外的小区为异常样本, 即 GSM 小区覆盖距离异常标准为 1 103.3 m。

$$D = \mu + 3\sigma = 1\,103.3 \quad (3)$$

3.2 CSFB 回落 GSM 目标小区筛选

CSFB 终端在回落 2G 网络时, 会对 RRC connection release 消息中携带的 2G 目标小区的 BCCH 频点进行测量, 并选择电平最强的小区回落。因此, 道路采样点上信号最强的 4G 小区和 2G 小区即 CSFB 终端最有可能驻留及回落的小区, 利用扫频数据可将每一对大概率 4G 驻留小区与 2G 回落小区挖掘出来。

(1)采样点栅格平均

将杭州按经纬度坐标划分成 50 m×50 m 的正方形栅格,再将扫频仪测试的所有采样点根据经纬度归结到杭州核心城区栅格中,并在栅格中对同一小区不同采样点上的信号强度进行平均以降低信号的波动。

(2)设定信号波动门限

设定[0, 3 dB]为信号波动范围,将每个栅格内每个制式每个频段最强信号 3 dB 范围内的信号所在小区均列为可能驻留的小区。

(3)剔除无效信号

根据经验,当 2G 扫频电平小于-90 dBm、4G 扫频电平小于-110 dBm 时,终端将无法正常工作,因此剔除每个栅格内满足上述条件的小区。

(4) 整理 4G/2G 回落对应关系

根据前述 3 步整理出每个栅格 4G 驻留小区与 2G 回落小区,将每个 4G 小区与每个 2G 小区单向配对,删除重复项。配对关系表中的每一对 4G 小区和 2G 小区均为不考虑网络参数设置时 CSFB 终端最有可能驻留及回落的小区。

3.3 “影子邻区”提取方法

对第 3.2 节得到的 4G/2G 配对关系表做筛选,提取出“影子邻区”。

(1)筛选 4G 到过覆盖 2G 配对关系

计算配对关系表中每个栅格中心经纬度到表中覆盖该栅格的 2G 小区的距离,筛选出所有距离大于 1 103.3 m 的 2G 小区及对应栅格内所有与其相关的 4G/2G 配对关系。

(2)剔除现网已配置的邻区关系

认为现网已配置的 4G 到 2G 邻区关系均已优化且均为必要的,筛选出步骤(1)得到的 4G/2G 配对关系表中现网不存在邻区关系的配对关系。

(3)根据频点配置筛选“影子邻区”

进一步核查每一对配对关系中 2G 小区的 BCCH 频点是否与 4G 小区的某 2G 邻区 BCCH 频点相同,提取出存在同频的 4G/2G 配对关系,配对关系中的 2G 小区即为“影子邻区”。

3.4 “影子邻区”优化方法

由于“影子邻区”的危害需依靠距离和频点两个条件共同作用,优化方法如下。

(1)当“影子邻区”确为 4G 小区的必要邻区时,添加该漏配邻区,同时检查该“影子邻区”与回落栅格附近 2G 小区的邻区是否完善,确保 CSFB 回落不会因 2G 邻区缺失导致质差或掉话。

(2)当“影子邻区”为应当避免的回落风险小区时,分如下两种情况进行优化:

- “影子邻区”在回落风险栅格内属于 2G 最强小区,则进行天馈调整,限制覆盖范围并修改 BCCH 频点;
- “影子邻区”在回落风险栅格内不属于 2G 最强小区,则进行天馈调整控制覆盖。

4 实验结果

采用 2 轮杭州主城区的扫频和 ATU 测试数据对本文提出的算法进行 2 次验证,共涉及扫频测试的 10 329 010 条有效记录和 ATU 测试的 4 422 382 个采样点,同时采用郊区(萧山城区,网络结构与杭州主城区类似)问题样本同时期的网管指标进行对照。2 次试验共发现试验组杭州主城区 153 个“影子邻区”和对照组郊区 84 个“影子邻区”,并对试验组 130 个小区进行天馈调整和 54 个小区进行 BCCH 频点修改。分别取优化方案实施前后各 7 天及实施期间的主要网管性能指标进行对比,结果见表 2。本次涉及调整的 2G 和 4G 小区的相关指标均有所提升,对照组

表 2 天馈和频点调整实施前后性能指标对比

试验	优化前后	GSM 上行语音质量 0~5 级占比	GSM 下行语音质量 0~5 级占比	GSM 掉话率	GSM TA 0~2 的 测量报告占比	CSFB 回落成功率
试验 1	优化前	99.40%	99.40%	0.16%	94.78%	98.44%
	优化后	99.57%	99.45%	0.14%	95.54%	98.65%
	幅度	0.17%	0.05%	-0.02%	0.76%	0.21%
	效果	提升	提升	提升	提升	提升
试验 2	优化前	99.33%	99.39%	0.14%	91.99%	97.83%
	优化后	99.42%	99.43%	0.11%	93.29%	98.20%
	幅度	0.09%	0.04%	-0.03%	1.3%	0.37%
	效果	提升	提升	提升	提升	提升



指标则相对稳定。

由于影子邻区优化主要针对 GSM 小区, 故主要选取 GSM 小区相关的性能统计指标做效果对比。

参数调整的效果能立即显现, 而天馈调整则逐步影响指标。从下述各指标的详细变化趋势可以看出, 参数调整后各项指标逐步改善, 并在天馈调整完成后趋于稳定。

4.1 GSM 语音质量 0~5 级占比

试验 1 优化后, 上、下行语音质量 0~5 级占比分别提升了 0.17 pp 和 0.05 pp。试验 2 优化后, 上、下行语音质量 0~5 级占比分别提升 0.09 pp 和 0.04 pp, 如图 4、图 5 所示。两轮试验语音质量均有明显改善, 而对照组样本指标则基本稳定。

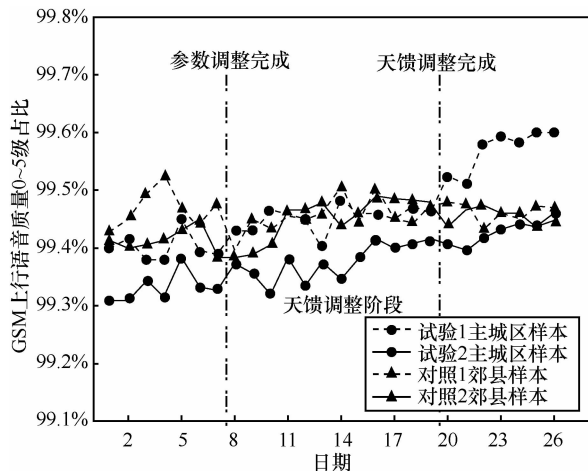


图 4 GSM 上行语音质量 0~5 级占比变化趋势

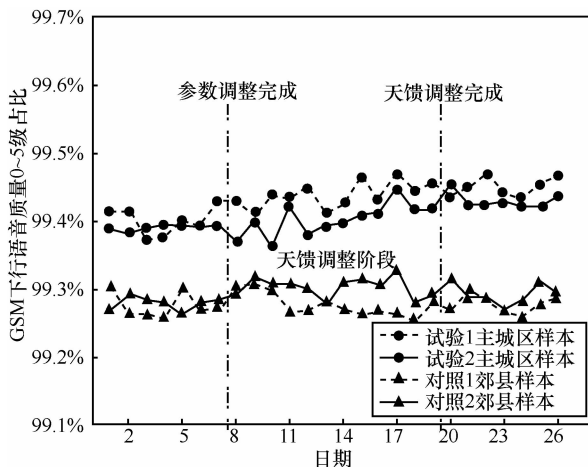


图 5 GSM 下行语音质量 0~5 级占比变化趋势

4.2 GSM 掉话率

试验 1 优化后 GSM 掉话率改善了 0.02 pp, 试验 2 优化后 GSM 掉话率改善了 0.03 pp, 提升明显, 如图 6 所示。而对照组样本指标则基本稳定。

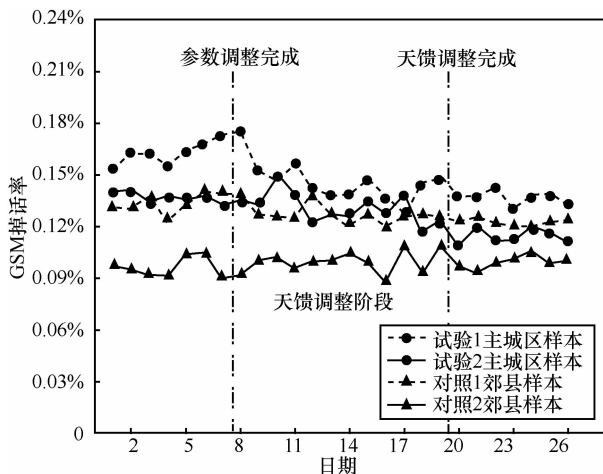


图 6 GSM 掉话率变化趋势

4.3 GSM 过覆盖

据前述杭州主城区 GSM 小区覆盖距离超过 1 103.3 m 即过远覆盖, 故评估优化效果时对 TA 按 0~2 和 3~15 进行区间划分。试验 1 优化后, GSM 小区 TA0~2 区间的测量报告占比提升了 0.76 pp, 试验 2 优化后则提升了 1.3 pp, 如图 7 所示。两轮试验影子邻区过覆盖改善明显, 而对照组样本指标则基本稳定。

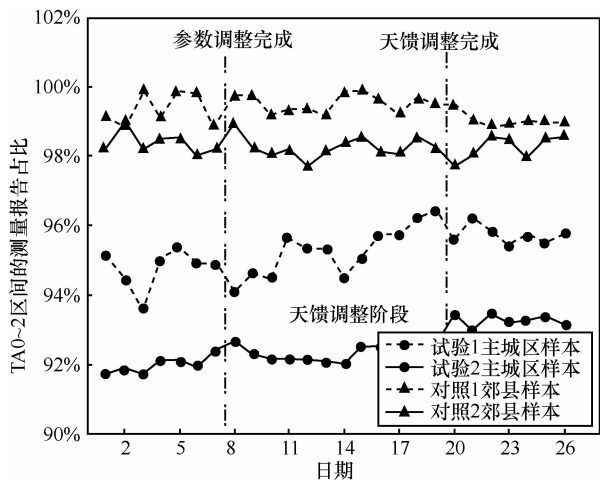


图 7 TA 测量报告占比变化趋势

4.4 LTE CSFB 性能评估

试验 1 优化后对应 4G 小区的 CSFB 回落成功率提升了 0.21 pp, 试验 2 优化之后则提升了 0.37 pp。两轮优化后由于误回落的情况减少, 试验组 4G 小区的 CSFB 回落成功率有明显改善, 如图 8 所示, 而对照组样本指标则基本稳定。

5 结束语

在 VoLTE 技术及终端成熟之前, CSFB 用户的每一次

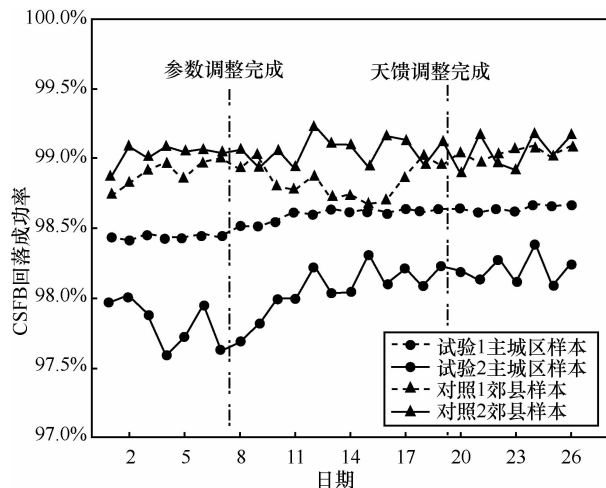


图8 CSFB回落成功率变化趋势

语音通话都是一次对回落参数设置是否可靠的考验,网络优化工程师需重点优化LTE侧到GSM侧的邻区和频点。本文受到杭州移动VIP用户投诉分析的启发,提出了基于栅格化扫频和ATU测试大数据的TD-LTE影子邻区优化方法,规避了从基站拓扑关系去规划邻区的弊端,真正从信号实际覆盖的角度解决了网络优化工程师无法发现和解决的网络隐患问题。从杭州移动现网的实验效果可以看出,优化后GSM和LTE试验小区的相关指标都得到一定程度的改善。

参考文献:

- [1] 3GPP. Circuit switched(CS) fallback in evolved packet system(EPS): 3GPP TS 23.272 v10.2.1[S]. [S.l.:s.n.], 2011.
- [2] 范勇. TD-LTE网络CSFB精准回落研究[J]. 移动通信, 2015, 39(2): 58-62.
FAN Y. Research on precise fallback of CSFB for TD-LTE network[J]. Mobile Communications, 2015, 39(2): 58-62.
- [3] 李铁峰,陈孟奇,倪岳峰,等. LTE系统CSFB邻区及频点规划算法[J]. 中国新通信, 2015(13): 37-38.
LI T F, CHEN M Q, NI Y F, et al. Neighbor cells and frequency planning algorithm of CSFB for TD-LTE system[J]. China New Telecommunications, 2015(13): 37-38.

- [4] 张士聪,王科钻,吴剑平,等. 基于扫频的CSFB邻区配置优化: LTE网络创新研讨会论文集[C]. 广州: 移动通信杂志社, 2015.
ZHANG S C, WANG K Z, WU J P, et al. The optimization of CSFB neighbor cells configuration based on frequency sweeping: Proceedings of LTE network innovation seminar[C]. Guangzhou: Mobile Communication Magazine, 2015.
- [5] 张少鸿,陈涛. 基于四网协同的邻区优化核查系统研究[J]. 中国新通信, 2015(4): 114-115.
ZHANG S H, CHEN T. Research on neighbor cells optimization based on four networks collaboration [J]. China New Telecommunications, 2015(4): 114-115.
- [6] 马逢时,周晖,刘传冰. 六西格玛管理统计指南[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2013.
MA F S, ZHOU W, LIU C B. Six sigma management [M]. Beijing: China Renmin University Press, 2013.

[作者简介]



张哲超(1984-),男,中国移动通信集团浙江有限公司杭州分公司无线网络优化中心工程师,主要研究方向为无线网络路测优化、网络结构优化、频率优化及大数据分析。



陈科科(1987-),男,中国移动通信集团浙江有限公司杭州分公司无线网络优化中心助理工程师,主要研究方向为无线网络测试及优化和高铁专网优化。



罗茂坚(1985-),男,浙江明讯网络技术有限公司网络优化工程师,主要研究方向为路测优化、网络结构优化、频率优化及大数据分析。