



TD-LTE 与 TD-SCDMA 协同网络优化策略

李 昶¹, 张建斌¹, 安 静²

(1. 中国移动通信集团河北有限公司 石家庄 050035; 2. 石家庄职业技术学院 石家庄 050081)

摘要: 相比传统网络, 网络结构对 TD-LTE 网络质量的影响更大, 如果仅在原有 TD-SCDMA 站点基础上进行简单升级, 必将继承其原有的结构和质量问题。针对直接升级时遇到的共天馈协同优化问题, 提出了一种协同网络优化方法, 利用工参信息、MR(测量报告)、扫频和路测等数据, 从网络结构、覆盖和干扰等维度解决了 TD-SCDMA 和 TD-LTE 的网络问题; 然后, 针对这些问题, 运用规划与优化工具输出了协同优化方案, 并在现网进行了验证; 最后, 通过对实施效果进行评估, 总结了 TD-SCDMA 与 TD-LTE 协同优化调整策略。

关键词: TD-LTE; TD-SCDMA; 共天馈; 网络优化; 协同优化

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015210

TD-LTE and TD-SCDMA Collaborative Network Optimizing Strategy

Li Chang¹, Zhang Jianbin¹, An Jing²

(1. China Mobile Group Shijiazhuang Co., Ltd., Shijiazhuang 050035, China;

2. ShiJiaZhuang Vocational Technology Institute, Shijiazhuang 050081, China)

Abstract: Compared to traditional network, the network structure has a greater impact on the quality of TD-LTE network. If only upgrade directly in the original site based on TD-SCDMA, the original structure and quality issues would be inherited. On the basis of the problems encountered in the shared antenna collaborative optimization, a collaborative network optimization method was presented. Network problems of TD-SCDMA and TD-LTE were solved from the dimensions of network structure, coverage and interference by using project parameters, measurement report, frequency sweep test, driving test and other data. After that, by using network planning and optimization tools, collaborative optimization scheme was outputted and verified in the existing network to solve these problems. Finally, TD-SCDMA and TD-LTE collaborative optimization adjustment strategy was summed up by evaluating implementation effects.

Key words: TD-LTE, TD-SCDMA, shared antenna, network optimization, collaborative optimization

1 引言

随着移动互联网应用的蓬勃发展, 基于移动终端的数

据业务近几年呈爆发式增长。中国移动通信集团(以下简称中国移动)运营的 TD-SCDMA 网络经过多年的建设和优化, 逐渐承担起数据业务分流的重任。而 TD-LTE 作为新兴

收稿日期: 2015-03-25; 修回日期: 2015-08-05

论文引用格式: 李昶, 张建斌, 安静. TD-LTE 与 TD-SCDMA 协同网络优化策略. 电信科学, 2015210

Li C, Zhang J B, An J. TD-LTE and TD-SCDMA collaborative network optimizing strategy. Telecommunications Science, 2015210



的 4G 技术,可以由 TD-SCDMA 直接升级,能够为用户提供更高的速率和更小的时延,满足用户对高速数据业务的要求。但是,在 TD-LTE 的规划和建设过程中,面临着网络结构越来越复杂、无线资源也日趋紧张的问题。随着人们环保意识的增强,用户对基站辐射日益敏感,市区选址越来越困难,站址和天面资源亦趋紧张,在资源受限的场景下应用共天馈技术在一定程度上可以缓解这种矛盾。但是,不同于 GSM 系统的异频组网和 TD-SCDMA 系统的主频点异频组网,TD-LTE 系统是全网频组网,同频干扰问题较为严重。因此,在基于 TD-SCDMA 站址基础上升级建设 TD-LTE 时,如何在共站址、共 RRU(remote radio unit,远端射频模块)和共天馈的情况下进行协同优化,是中国移动 TD-LTE 网络优化需面对的重要问题^[1,2]。

2 协同网络优化方法

2.1 协同网络优化概述

基于 TD-SCDMA 网络 MR(measurement report,测量报告)数据多维度全方位自动化的 TD-LTE 优化方法,利用现有 TD-SCDMA 和 TD-LTE 网络(以下简称 TD-S/L)MR、OMC-R(operation and maintenance center-radio,无线操作维护中心)配置扫频和路测等数据信息,从网络结构、覆盖、干扰等多维度评估出 TD-LTE 网络问题。然后,针对这些问题运用规划与优化工具,综合考虑点、线、面全方位的网络性能,输出 TD-LTE 优化方案。协同网络优化具有以下特点。

- 多维度:指评估及优化网络性能维度,考虑网络结构、覆盖、干扰以及规划效果。
- 全方位:指优化对象,包括点、线和面,即热点、道路和居民区联合优化。
- 自动化:指运用工具,即基于 TD-SCDMA 网络 MR 数据的 TD-LTE 网络结构评估与优化工具、网络仿真评估与优化工具、自动 RF 优化工具等规划与优化工具。

TD-LTE 网络优化方法流程如图 1 所示。该流程主要分成两个阶段:第一个阶段为网络问题定位阶段,即多维度综合精确定位找出网络问题;第二个阶段为网络问题解决阶段,包含输出网络优化方案、方案实施以及方案实施效果评估等工作。

2.2 TD-S/L 协同优化模型

基于 TD-SCDMA、网络 MR 数据的 TD-LTE 网络结构评估主要输出弱覆盖指数、过覆盖指数和重的覆盖指数。在基于 TD-SCDMA 网络 MR 数据做 TD-LTE 网络结构评估分析时,需要先对 TD-SCDMA 与 TD-LTE 网络频段差异、方位角差异、下倾角差异、天线挂高差异等因素进行等效,接着基于 TD-SCDMA 网络结构指数定义输出 TD-LTE 网络结构指数^[3-5]。

RF 参数预优化采用实测数据(路测)和预测数据(基于传播模型)相结合的方式,平衡 RSRP(reference signal receiving power,参考信号接收功率)、RS CINR(carrier to interference plus noise ratio,载波干扰噪声比)等指标,以权限设置优先级自动生成全局最优的射频优化方案。对于共

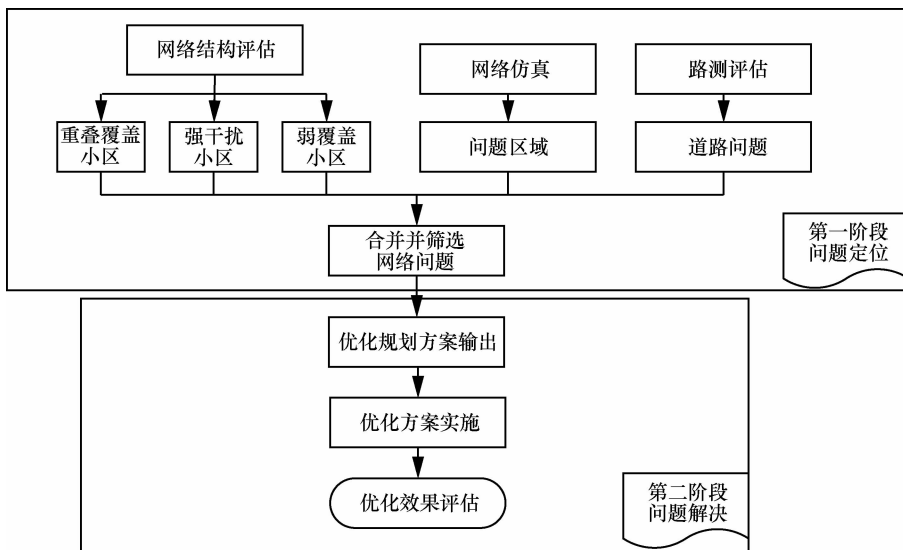


图 1 TD-LTE 网络优化方法流程

站共天馈参数的小区,在提升 TD-LTE 网络指标的同时,需确保 TD-SCDMA 网络性能稳定。通过对天馈方位角和下倾角进行调整,迭代运算输出达到网络需求指标的调整方案。利用 TD-S/LTE 协同优化软件,导入路测数据、扫频数据、工程参数、MR 数据等对 TD-LTE 网络进行评估与方案的输出,协同优化流程如图 2 所示。

2.3 基于遗传算法的 TD-S/L 协同优化

利用遗传算法进行关键优化函数的设计,并通过仿真对遗传算法的适应度参数进行调整。通过对无线资源进行优化,解决了用户的覆盖和容量问题。搭建了遗传算法模块,研究了传播环境中不同制式频段的路损模型,进而完成了 SINR 和吞吐量的计算,在遗传算法模块中进行了遗传算法的编码、交叉、选择和变异 4 个主要过程函数的设计,并进行了参数设定,通过遗传算法对 LTE 网络中的问题进行了优化。

对天线阵列不同方向的放大幅度进行编码,选用二进制编码进行分布式计算。考虑到同一块区域可能由不同的小区进行覆盖,不同制式的小区的传播环境和路径损耗不同,对目标优化小区进行编码可得:

$$H=[H1,H2,H3,\cdots Hi] \tag{1}$$

其中, Hi 代表第 i 个小区的传播损耗矩阵。

通过交叉、截断、选择和变异,可得出协同优化关键算法矩阵。

2.4 规划优化工具

执行 TD-LTE 与 TD-SCDMA 协同网络优化,需要使用网

络结构评估、网络规划仿真以及自动选址与 RF 参数预优化工具。需要采集的数据信息包括:工参信息、OMC 配置、MR 数据、扫频和路测数据、天线信息、5 m 精度的三维地图等。

3 协同网络优化实施方案

本次优化区域为某城市高新区 TD-LTE 网络,分布宏基站 48 个、宏基站小区 143 个。优化区域内分布 TD-SCDMA 宏基站 64 个、宏基站小区 192 个。TD-LTE 与 TD-SCDMA 全部共天馈,共天馈率为 100%,优化区域 TD-LTE 和 TD-SCDMA 站点分布情况见表 1。优化区域内 LTE 一期共规划站点 64 个、规划面积为 12.9 km²、平均站间距为 482.26 m。目前已开通 LTE 站点 48 个,部分站点未能形成连续覆盖。

3.1 网络结构评估

相比 TD-SCDMA 网络,网络结构对 LTE 网络质量的影响更大,如果 TD-LTE 仅在问题 TD-SCDMA 站点基础上进行简单升级,必将继承其原有的结构和质量问题。由于优化区域内网络结构问题小区较多,TD-LTE 小区全部为 F 频段直接升级站点,现网共天馈小区比例较高,导致双网协同优化难度较大,网络形势比较严峻。如何在保障 TD-SCDMA 网络质量的前提下,改善 TD-LTE 网络结构,提升 TD-LTE 网络覆盖和质量是协同网络优化的目的。优化区域现网已开通 TD-LTE 站点的网络结构评估见表 2。

由表 2 可知,优化区域内 TD-LTE 一期站点网络结构问题小区为 36 个,占总小区数 25.17%。网络结构问题小区中超远站点占比最高,为 12.59%,主要由于 TD-LTE 一

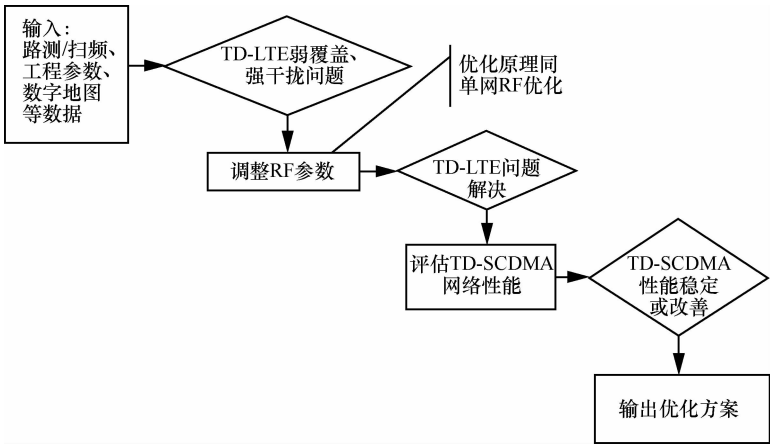


图 2 协同优化流程

表 1 优化区域 TD-LTE 和 TD-SCDMA 站点分布情况

优化区域	组网方式	TD-LTE 站/个	TD-SCDMA 站/个	共天馈/个	共天馈率
高新区	F	48	64	48	100%



表 2 TD-LTE 站点网络结构评估

问题类型	小区数/个	占比
TD-LTE 宏基站站间距<100 m	0	0
TD-LTE 宏基站站间距>700 m	18	12.59%
TD-LTE 宏基站站高>50 m	6	4.20%
TD-LTE 宏基站站高<15 m	0	0
超过理想站高 1.5 倍	12	8.39%
小于理想下倾角 3°	7	4.90%
网络结构问题小区总数(去重后)	36	25.17%

期站点规模相对较小且开通率低,需要在二期 TD-LTE 网络建设中进行补点,以形成连续覆盖;超过理想站高 1.5 倍和小于理想下倾角 3°问题小区的占比分别为 8.39%和 4.90%;超高站点小区为 6 个,占比 4.20%。网络结构问题会导致覆盖不合理,从而导致 SINR 低(造成网内干扰)、小区吞吐量低、用户感知差等问题。

3.2 邻区核查与优化

在 TD-LTE、TD-SCDMA 和 GSM 三网共存的场景下,考虑到 3 张网络的功能与定位,网络之间互操作性能的关键在于系统间邻区的配置。在 TD-LTE 网络中存在两种系统间邻区:服务于 C/S 业务的 2G 邻区和服务于连续覆盖和 PS 业务的 TD-SCDMA 邻区。由于基于 PS 重定向的 CSFB 和系统间切换均采用盲切的方式,致使 TD-LTE 网络对所配置的系统间邻区要求更高。因此,在 2G/3G/4G 共存的时代,更需要对系统间邻区做更精确的配置,包括邻区数量、邻区列表和邻区的优先级。

通过对邻区的核查,可以对邻区数目以及距离进行统计,从而找出超远邻区数,进而对小区进行进一步的核查。从数据中可以看到,TD-LTE 的邻区中以下两个小区超远邻区数比较多,超远邻区数统计见表 3。

表 3 超远邻区数统计(TD-LTE)

TD-LTE 小区名	基站标识号	小区标识号	邻区数/个	超远邻区数/个
CZREQ0131 广电小区 -PLHF_1	209903	0	10	4
CZREQ0116 庆丰小区 -PLHF_3	209903	2	10	4

表 4 超远邻区数统计(TD-SCDMA)

TD-SCDMA 小区名	基站控制器标识号	小区标识号	邻区数/个	超远邻区数/个
CZTHC053_北站西路_0	3642	27144	18	10
CZTHC053_世纪商贸城_2	3642	27146	16	7
CZTHC039_高新区税务局_2	3642	28836	18	6
CZTHC039_绿荫小区_0	3642	28834	15	6
CZTHC053_美食街西_1	3642	27145	15	6
CZTHC040_公园北_2	3642	31513	21	6

TD-SCDMA 的邻区中以下 6 个小区超远邻区较多,超远邻区数统计见表 4。

将三网工参数据、GSM 网络配置、TD-SCDMA 网络配置、扫频数据和 GSM 相关 KPI 数据导入三网邻区优化软件中,根据相关算法输出邻区优化报告,删除和修改相应邻区。

3.3 PCI 调整

在 TD-LTE 系统中,PCI 的规划尤为重要,PCI 的规划好坏决定了网络的干扰和质量水平。在优化过程中要及时发现、修正 PCI 规划不合理的扇区,以降低 PCI 冲突带来的干扰。PCI 干扰类型主要有以下几种。

- PCI mod 3:LTE 网络中 $PCI = 3 \times \text{group ID (S-SS)} + \text{sector ID (P-SS)}$,如果 PCI mod 3 值相同的话,会造成 P-SS 干扰。
- PCI mod 6:在时域位置固定的情况下,下行参考信号在频域有 6 个 freq shift。在单天线模式下,如果 PCI mod 6 值相同,会造成下行 RS 的相互干扰。
- PCI mod 30: 在 PUSCH (physical uplink shared channel, 物理上行共享信道)中携带了 DM-RS 和 SRS 信息,这两个参考信号对信道估计和解调非常重要,它们由 30 组基本的 ZC 序列构成,即有 30 组不同的序列组合,所以如果 PCI mod 30 值相同,会造成上行 DM RS 和 SRS 的相互干扰。

试点区域内 TD-LTE 小区 PCI mod 3 分布如图 3 所示。试点区域内 PCI 规划存在多处不合理,如部分区域(圆圈区域)存在 PCI 干扰,需要结合路测扫频数据对存在 PCI 网内干扰的区域进行重新规划调整。常见的处理方法有以下几种。

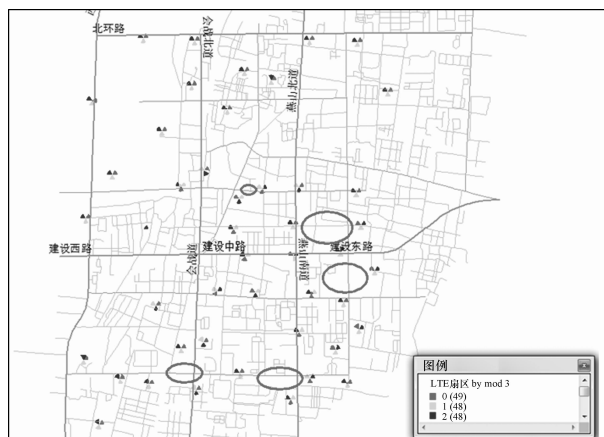


图 3 试点区域内 TD-LTE 小区 PCI mod 3 分布

- 调整小区 PCI:这是最根本的方法,可彻底地解决某一区域的 mod 3 干扰,但由于 mod 3 仅有 3 种可能供选择,因此变更 PCI 往往解决了一个地方的 mod 3 干扰,但会使另一个地方出现 mod 3 干扰,因此这种方法虽好,却只有在极少数情况下能用上。
- 调整天馈:一方面可以调整方向角使干扰小区的覆盖范围发生变化,另一方面可以调整下倾角以缩小两个小区的重叠覆盖区域,但由于目前 TD-SCDMA/TD-LTE(下面简称 TD-S/L)共天馈,因此调整天馈需考虑对 TD-SCDMA 的影响。
- 降低干扰小区发射功率:这相当于降低了干扰信号电平,使 SINR 得到提升,进而优化了用户速率,这种方法在现网优化中最为常用,但会影响小区的覆盖能力。

3.4 RS 功率核查

在 TD-LTE 弱覆盖优化中,对于一些无法通过天馈调整优化的弱覆盖路段,可尝试使用 RS power boosting(功率增强)功能来增强小区的覆盖范围。为避免大规模同频组网时的网内干扰,下行 RS 初始状态下不建议大范围开启 RS 功率增强功能,使得所有 RE 的功率都相同,RS 功率增

强示例如图 4 所示。在实际网络优化中,RS 功率增强功能建议仅用于个别无法通过天馈调整优化的弱覆盖场景。经统计,优化区域内 RS 功率为 6 dBm 的小区有 5 个,其余小区功率均为 9 dBm,大部分 RS 功率设置合理。

3.5 共天馈优化方案

根据以上协同优化原则,制定共天馈协同优化方案,并进行仿真分析。仿真传播模型以 SPM 为基础,使用扫频测试数据进行校正。将 TD-S/L 路测数据导入 ACP 软件中,通过工程参数、MR 数据以及共天馈算法等信息,运用 LTE 网络规划工具和自动扇区优化工具 ACP,输出网络优化方案和网络规划建议。

从优化区域 RSRP 预测统计汇总结果来看,优化后的网络性能相对优化前有提升,RSRP ≥ -110 dBm 的比例由优化前的 87.23% 提升至优化后的 97.52%,提升了 10.29%。优化前后仿真结果 RSRP 覆盖对比如图 5 所示。

从优化区域 SINR 预测统计汇总结果来看,优化后网络性能相对优化前有较为明显的提升,SINR ≥ -3 dB 的比例由优化前的 92.46% 提升至优化后的 95.42%,提升了 2.96%。优化前后仿真结果 SINR 覆盖对比如图 6 所示。

3.6 共天馈优化结果

在 3G 和 4G 同厂商的区域,TD-LTE 可以从 TD-SCDMA 直接升级为双模网络,这种双模网络给无线网络优化带来了全新的挑战,如何在优化中兼顾两张网络的最佳性能、协同考虑优化方法和手段是双模网络优化的重要内容。根据优化方案和现场实际情况对其中部分站点以及小区进行天馈调整,优化前后工参调整情况见表 5。

优化区域调整前后路测对比见表 6。从天馈调整前后路测统计指标对比结果来看,LTE 覆盖率由优化前的 86.28% 提升至优化后的 93.86%,提升了 7.58%;从 SINR 指标对比结果来看,SINR ≥ -3 dB 的比例由优化前的 91.21% 提升至优化后的 96.83%,提升了 5.62%。

优化前后测试速率对比如图 7 所示。从下载速率来看,

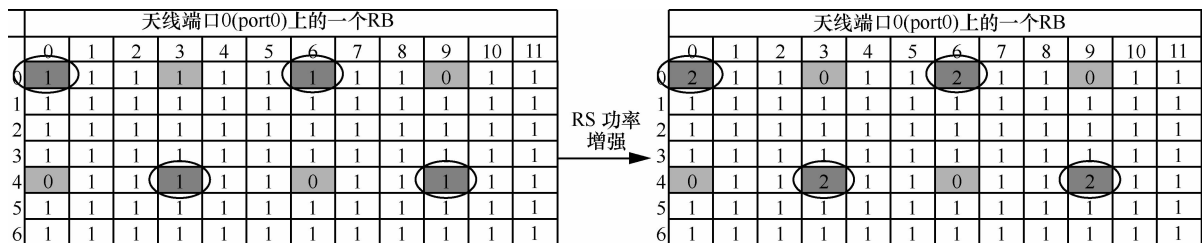


图 4 RS 功率增强示例

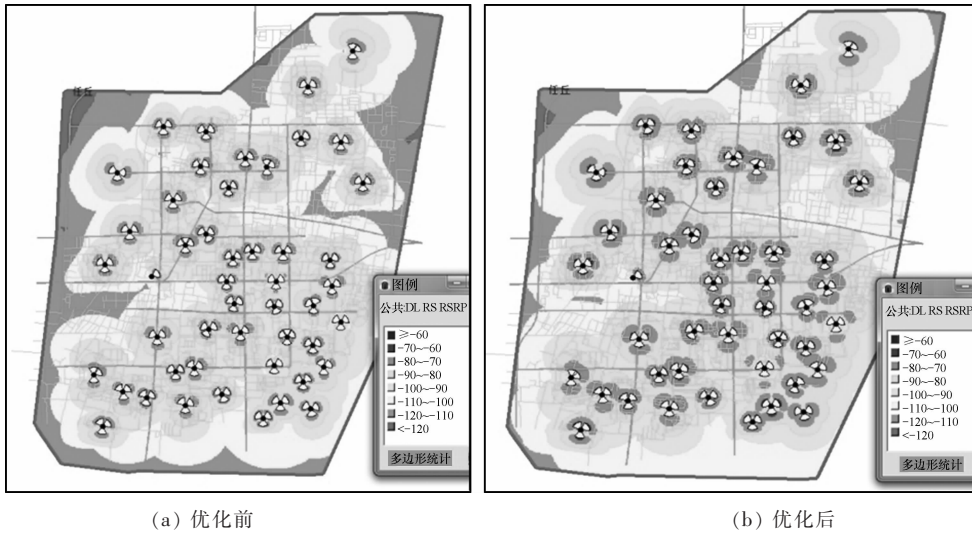


图5 优化前后仿真结果 RSRP 覆盖对比

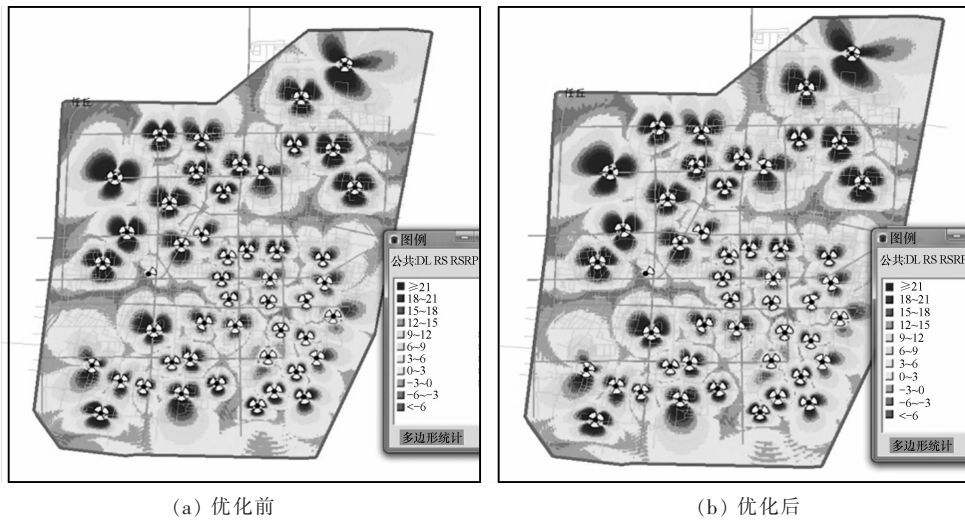


图6 优化前后仿真结果 SINR 覆盖对比

表5 优化前后工参调整情况

小区名称	机械下倾角		电子下倾角		方位角	
	优化前	优化后	优化前	优化后	优化前	优化后
CZREQ0018 邮政局 -PLHF_2	4°	4°	6°	6°	180°	170°
CZREQ0027 北方通信 -PLHF_2	3°	3°	6°	6°	180°	170°
CZREQ0027 北方通信 -PLHF_3	3°	3°	6°	6°	300°	285°
CZREQ0122 德唯鲜 -PLHF_1	2°	5°	6°	6°	50°	50°
CZREQ0072 世纪商贸城 -PLHF_1	5°	7°	6°	6°	60°	80°
CZREQ0072 世纪商贸城 -PLHF_3	5°	9°	6°	6°	300°	300°
CZREQ0143 北环徐庄 -PLHF_1	5°	5°	6°	6°	60°	30°
CZREQ0156 绿荫小区 -PLHF_2	6°	2°	3°	3°	180°	210°
CZREQ0156 绿荫小区 -PLHF_3	5°	2°	3°	3°	330°	310°

表 6 优化前后各项路测指标对比

指标	平均 RSRP/dBm	平均 SINR/dB	LTE 覆盖率 ($RSRP > -110$ dBm 且 $SINR \geq -3$ dB)	应用层平均下载速率/(Mbit·s ⁻¹)
天馈调整前	-97.63	11.29	86.28%	23.73
天馈调整后	-92.25	13.85	93.86%	29.25

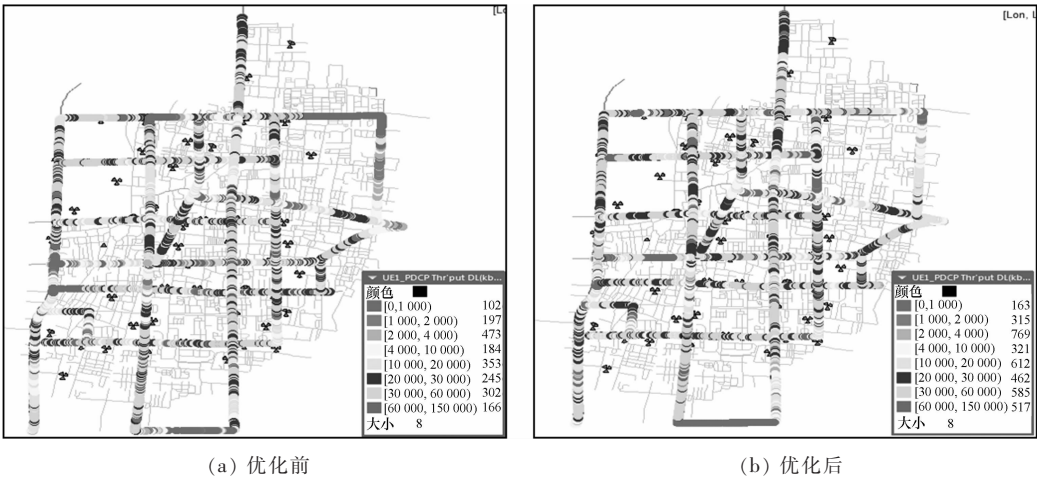


图 7 优化前后测试速率对比

应用层下载速率大于 10 Mbit/s 占比由 69.72% 提升至 77.12%,提升了 7.40%;应用层平均下载速率由 23.73 Mbit/s 提升至 29.25 Mbit/s,优化后网络性能相对优化前有大幅度的提升,且 TD-SCDMA 网络性能在正常范围内波动,达到了优化的预期目标,验证了共天馈优化理论。但部分路段和区域仍存在不同程度的弱覆盖情况,需后期通过增加基站的方式来解决。

4 TD-S/L 协同优化调整策略

通过对 TD-S/L 协同优化理论进行分析和现网试点,提出以下调整策略。

(1)覆盖为主、兼顾容量

TD-S/L 协同网络规划应以覆盖为主、兼顾容量需求为主要目标,通过统一规划、分阶段建设实施的原则,打造精品网络。规划初期,利用 TD-SCDMA 升级迅速形成一张具备中浅度覆盖能力 F 频段的 TD-LTE 双模网络,并加快基站开通率,提升覆盖能力;规划中期,利用 D 频段对网络覆盖空洞进行补盲,以减少 F 频段站点过密带来的小区干扰;规划远期,在热点区域采用双层网或载波聚合,提高用户下载速率。

(2)根据测试和 MR 数据查找问题点

问题点主要分为以下几种类型:RSRP 覆盖差,SINR 差,通常由建筑物遮挡导致或者距离最近基站较远、信号覆盖不到所致;RSRP 覆盖差,SINR 好,距离基站较远且该

区域覆盖小区比较少;RSRP 覆盖好,SINR 差,站间距较密区域覆盖信号比较好,但是基站之间干扰较大,或者两小区之间存在对打情况。

(3)确定造成问题点的小区及其内在联系

分析问题路段,确定该路段主要由哪些小区信号覆盖。通过主控小区连线,将问题路段分成不同的小段,每个小区都有唯一的主控小区。通过点分析功能,确定哪些小区在该问题路段作为干扰存在,哪些小区作为主覆盖存在。

(4)调整问题路段,同时用预测进行评估

若路段存在弱覆盖现象,优先调整离该弱覆盖区域近且无遮挡的小区,其次调整在该路段主控栅格块较多的小区,再调整主控栅格块较少的小区;若路段覆盖比较好 SINR 比较差,优先调整主控栅格块比较少的小区(该小区在问题路段上主要作为干扰存在),其次调整对打且信号都比较强的小区。

(5)天馈调整应注意点

机械下倾角调整范围尽量在 $-5^{\circ}\sim+5^{\circ}$ (相对值),上抬倾角的时候尽量不要调整到 0° ,否则可能会导致抱杆调整受限,且容易造成弱覆盖,下压过程中注意是否会对测试路段造成建筑物遮挡情况。基站覆盖如图 8 所示,倾角 1 的时候在道路上不会造成遮挡,但是调整为倾角 2 的时候会造成建筑物遮挡。

方位角调整范围一般在 $-30^{\circ}\sim+30^{\circ}$,若调整范围小于

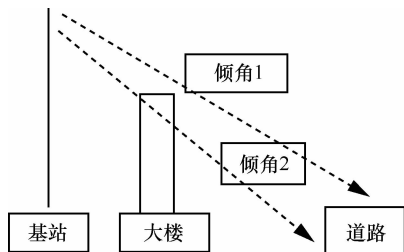


图8 基站覆盖示意

5°则尽量不要调,否则效果不会太好,且实施不一定准确;TD-LTE 基准功率应设定为 9.2 dBm,若对现网提升不是很明显则尽量不对功率进行调整,以避免资源浪费。

共天馈调整步骤为:先调整 TD 小区,看 TD 小区下倾角和方位角的提升范围,并用路测、扫频或者 MR 数据进行评估;再将 TD 优化的结果放到 LTE 小区中尝试,如 TD 小区方位角允许变动的范围为(90°,100°,110°),且这 3 个角度对 TD 的覆盖都有提升,那么共天馈的 LTE 小区尝试这 3 个角度,看是否有提升。

对于共天馈系统优化天馈调整效果不理想的一些优化思路:对于一些特殊区域,调整共模天线有时会对 TD-SCDMA 产生非常大的影响,主要体现在路测与后台 KPI 指标和用户感知方面。所以,在实施优化软件输出方案后,可以根据实测结果对问题路段实行参数优化,例如在车辆拐弯处的掉话问题,就可以通过调整类似的 CIO 来缓解问题,对于 SINR 较差的区域,在不能通过调整天线避免问题的情况下,可以尝试采用 PCI 优化的方法。

5 结束语

本文针对在 TD-SCDMA 站址基础升级建设 TD-LTE 时遇到的共天馈协同优化问题,提出了一种协同网络优化方法,利用工参信息、MR 数据、扫频和路测等数据,从网络结构、覆盖、干扰等多维度评估了 TD-S/L 的网络问题,优先通过增加基站和优化调整的手段形成连续覆盖;然后,针对优化问题,运用遗传算法综合考虑了点、线、面全方位的网路性能,输出了协同优化方案,并在现网进行了验证;最后,通过对实施效果进行评估,总结了 TD-S/L 协同优化调整策略,该策略对全省集中网络优化具有重要指导意义。

参考文献

- 1 马宁,权笑,孟夏等. 共天馈下多制式网络的优化分析. 电信工程技术与标准化, 2013(3): 21~24
Ma N, Quan X, Meng X, *et al.* Network optimization

analysis of multi-system in the same antenna and feeder. Telecom Engineering Technics and Standardization, 2013(3): 21~24

- 2 张炎炎,孟繁丽,张新程等. TD-LTE 网络结构评估方法研究及预规划分析. 电信工程技术与标准化, 2014(1): 10~15
Zhang Y Y, Meng F L, Zhang X C, *et al.* Research on network structure analysis and pre-planning of TD-LTE system. Telecom Engineering Technics and Standardization, 2013(3): 21~24
- 3 董飞,仇勇,郑英等. TD-SCDMA/TD-LTE 协同优化方法研究. 电信工程技术与标准化, 2014(2): 1~6
Dong F, Chou Y, Zheng Y, *et al.* Research of collaborative optimization methods on TD-LTE & TD-SCDMA. Telecom Engineering Technics and Standardization, 2014(2): 1~6
- 4 王工,刘宁. TD-LTE 与 TD-SCDMA 共天线协同优化的方案. 山东通信技术, 2014, 34(1): 5~9
Wang G, Liu N. Collaborative optimization methods on TD-LTE and TD-SCDMA in the same antenna. Shangdong Communication Technology, 2014, 34(1): 5~9
- 5 刘玮,董江波,李楠等. 共天馈条件下 TD-LTE 与 TD-SCDMA 协同优化方法研究. 移动通信, 2013(19): 25~30
Liu W, Dong J B, Li N, *et al.* Research of collaborative optimization methods on TD-LTE & TD-SCDMA in the same antenna and feeder. Mobile Communications, 2013(19): 25~30

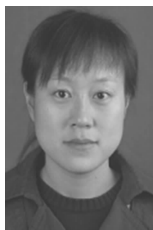
作者简介



李昶,男,博士,中国移动通信集团河北有限公司项目经理,主要研究方向为移动通信、无线网络优化。



张建斌,男,中国移动通信集团河北有限公司项目经理,主要研究方向为移动通信、无线网络优化、智能天线。



安静,女,石家庄职业技术学院讲师,主要研究方向为移动互联应用技术、无线通信。