



专题:4G&5G

LTE 网络 4 扇区部署性能分析和优化建议

马 晨

(中国联合网络通信有限公司广东省分公司 广州 510627)

摘 要:在移动通信站址资源日益稀缺的背景下,LTE 网络 4 扇区部署是一种提高站址利用率、单站覆盖范围的方案。在介绍了 LTE 网络 4 扇区部署的基本概念和主要干扰问题的基础上,分别通过理论分析和验证测试论述了 4 扇区部署对网络质量的影响;并对解决 4 扇区干扰问题的两种优化技术手段——SFN 合并优化技术和 RF 优化技术分别进行了简要介绍;而后借助现网站点的仿真结果对比了两者的优化增益;最后提出了 4 扇区建设和优化建议。

关键词: LTE;4 扇区;SINR;SFN;RF 优化

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015124

Evaluation of the Performance and Optimization Advices on 4-Sector Deployment in LTE Networks

Ma Chen

(Guangdong Branch of China United Network Communications Co., Ltd., Guangzhou 510627, China)

Abstract: As one feasible way to improve cell site occupation ratio and network coverage with the increasingly scarcity of communication cell site resources, 4-sector deployment in LTE networks was introduced. The concept of 4-sector deployment and the related interference problem were studied. Both theoretical and field test evaluation performances were shown to indicate the impact of the deployment to networks. To solve the interference problem of 4-sector deployment, two solutions, single-frequency network (SFN) and radio frequency (RF) optimization techniques were proposed and analyzed. The performance gain of these two solutions were compared in existing network scenarios. With all the studies and evaluation, the final advices on 4-sector deployment and optimization were proposed.

Key words: LTE, 4-sector, SINR, single-frequency network, radio frequency optimization

1 引言

随着半导体、集成电路和计算机等电子技术的发展,移动通信在技术上获得了足够的发展基础。互联网应用和新媒体业务的层出不穷,为移动通信提供了市场发展动力。

移动通信网络从 2G 技术、3G 技术,到目前已迅速演进到了 4G 技术^[1],通信运营商利用起步时间、建设和运维程度不同的 3 种制式网络各自的优势,同时运营 3 张网络为用户提供服务。尽管在网络建设过程中尽量令不同制式的网络设备共站建设,但由于 3 张网络频点不同、技术差

收稿日期:2015-04-28;修回日期:2015-05-14

论文引用格式:马晨. LTE 网络 4 扇区部署性能分析和优化建议. 电信科学, 2015124

Ma C. Evaluation of the performance and optimization advices on 4-sector deployment in LTE networks. Telecommunications Science, 2015124

异较大,不同制式设备在同一站址上多采用叠加方式而非共用方式,而站址的天面资源通常是非常有限的,这就产生了由于天面资源紧张而需要新建站址的问题。同时,随着较低的频率被逐渐分配殆尽,可以用于 4G 网络建设的频率通常都在 2 GHz 左右或以上,只有通过更密的基站建设才能弥补高频点带来的低覆盖能力损失。然而,站址获取却愈加困难,站址资源也已经成为运营商的战略资源。如何提高站址资源利用率成为了网络建设的一个重要课题。

单站 4 扇区建设方案正是提高站址资源利用率的一种方法。通常,单一基站被配置为 3 个扇区^[2],每个扇区覆盖 120°范围。而 4 扇区建设方案令单一基站配置为 4 个扇区,每个扇区覆盖 90°范围,从而提高了单站覆盖能力。

在 3G 网络建设中,已经存在部分 4 扇区建设的站点,并获得了优于 3 扇区的覆盖效果。但在 LTE 网络建设中,由于网络使用物理小区标识^[3,4](physical cell ID, PCI)在物理层上标识一个小区,而在双天线情况下,PCI mod 3 值决定了该 PCI 表示的小区的 RS (reference signal,参考信号) RE(resource element,资源粒子)资源在频域中的位置,一个 3 扇区基站 120°的扇区覆盖打出的交叠区占整个公共区域的 1/3,3 个 PCI mod 3 值可以保证公共区域没有 PCI mod 3 值重复,所以没有干扰;一个 4 扇区基站 90°的扇区覆盖打出的交叠区占整个公共区域的 1/4,却只有 3 个 PCI mod 3 值可用,不可避免地和其他站点的 PCI mod 3 值冲突,导致了 PCI mod 3 干扰。4 扇区的 PCI mod 3 干扰问题会导致网络指标下降,主要表现为 SINR (signal to interference plus noise ratio, 信号与干扰加噪声比)指标变差。

根据实际测试结果,对 LTE 网络 4 扇区部署性能进行了分析,并对 4 扇区干扰问题提出了优化建议。

2 LTE 网络 4 扇区部署性能

理论上,如果两个小区的 PCI mod 3 值相同,则其 RS RE 的频域位置相同,当这两个小区信号有重叠覆盖区域

时,它们之间的 RS RE 将会互相干扰,导致网络 SINR 下降,进而导致网络整体下行吞吐率下降。

为进一步分析 LTE 网络单个站点部署为 4 扇区时,网络质量的变化情况,进行验证测试。测试方案如下。

(1)测试环境

选取一对相邻的站点,一个站点配置为 4 扇区,一个站点配置为 3 扇区。令 4 扇区配置站点的小区 A 与 3 扇区配置站点的小区 B 有重叠覆盖区域,并令小区 A 和小区 B 分别为服务小区和干扰小区。调整两个站点的天线倾角,令重叠覆盖区域内服务小区和干扰小区的参考信号接收功率(reference signal receiving power, RSRP)相当,均为 -80 dBm 左右。

(2)测试场景

分别令服务小区与干扰小区配置为 PCI mod 3 值相同和 PCI mod 3 值不同的场景,并分别在两小区空载和 50%加载时进行测试。

(3)测试内容

令测试终端置于测试车辆上,在服务小区与干扰小区覆盖重叠区域进行遍历测试,实施 FTP 下载业务。

首先,当服务小区和干扰小区空载时,对测试终端的速率和覆盖重叠区域的网络质量进行对比,对比结果见表 1。由表 1 可知,PCI mod 3 值相同时,即 4 扇区部署存在 PCI mod 3 干扰时,服务小区 RSRP 有 1 dBm 的微小增益, SINR 则有接近 4 dB 的下降,平均速率大幅下降了 11.38%。

其次,当服务小区和干扰小区 50%加载时,对测试终端的速率和覆盖重叠区域的网络质量进行对比,对比结果见表 2。由表 2 可知,PCI mod 3 值相同时,即 4 扇区部署存在 PCI mod 3 干扰时,服务小区 RSRP 有不到 1 dBm 的微小增益, SINR 有不足 1 dB 的下降,平均速率仅下降了 3.71%。

验证测试结果与理论分析基本一致,当使用 4 扇区进行网络部署时,PCI mod 3 干扰区域的 RSRP 有略微增益, SINR 有所下降,随之小区下行吞吐率也有所降低。SINR

表 1 空载时 4 扇区部署性能

场景	服务小区 RSRP/dBm	服务小区 SINR/dB	下行平均速率/(Mbit·s ⁻¹)
PCI mod 3 值相同	-80.9	13.37	57.812
PCI mod 3 值不同	-82.09	17.10	64.389

表 2 50%加载时 4 扇区部署性能

场景	服务小区 RSRP/dBm	服务小区 SINR/dB	下行平均速率/(Mbit·s ⁻¹)
PCI mod 3 值相同	-81.64	9.64	44.112
PCI mod 3 值不同	-82.42	10.58	45.75



与下行吞吐率的损失程度与小区负载程度有关,空载时影响较为明显,随着网络负荷的增加,PCI mod 3 干扰带来的影响也随之降低。

3 LTE 网络 4 扇区部署优化方法和建议

LTE 网络 4 扇区部署优化方法主要有 SFN 合并优化技术和 RF 优化技术两种。

其中,SFN 合并优化技术是指将两个独立的扇区合并为一个逻辑小区;RF 优化技术是指进行填写方位角、下倾角等的工作参数优化。

3.1 SFN 合并优化技术

SFN 合并技术是令两个独立扇区中相同的时频资源同时为同一个用户提供服务,从而形成一个事实上的逻辑小区,并且逻辑小区的覆盖范围是两个独立扇区覆盖范围的合集。SFN 合并类似于级联的 RRU(radio remote unit,射频拉远单元)之间的小区合并,区别在于:RRU 之间的小区合并要求合并前的小区在物理上位于同一个基站上,而 SFN 合并可以将要求放松,合并前的小区在物理上可以位于两个基站上。

对 SFN 合并技术在 LTE 网络 4 扇区部署中的性能进行仿真分析,分别选取现网中不同 4 扇区密度的区域进行验证。

对于 4 扇区网络低密度区域,总覆盖面积为 9 km²,覆

盖区域内共 54 个站点,平均站间距为 434 m,共 165 个扇区,其中 8 个为 4 扇区站点。4 扇区站点比例约为 15%,4 扇区扇区比例约为 19%。对比网络空载和 50%加载时,进行 SFN 合并前后的网络性能,RSRP 和 SINR 指标的 CDF 曲线分别如图 1 和图 2 所示。其中,SFN 合并方式将为每个 4 扇区站点中合并效果最佳的两个扇区进行合并。

由图 1 和图 2 可知,由于 4 扇区站点比例较小,合并的扇区共 14 个,只占仿真区域内所有扇区的 8%,合并后 SINR 增益很小,合并前后曲线基本重合。

对于 4 扇区网络低密度区域,总覆盖面积为 4 km²,覆盖区域内共 24 个站点,平均站间距为 252 m,共 79 个扇区,其中 10 个为 4 扇区站点。4 扇区站点比例约为 42%,4 扇区扇区比例约为 51%。对比网络空载和 50%加载时,进行 SFN 合并前后的网络性能,RSRP 和 SINR 指标的 CDF 曲线分别如图 3 和图 4 所示。其中,SFN 合并方式将为每个 4 扇区站点中合并效果最佳的两个扇区进行合并。

在 4 扇区密集区域,单独把 SFN 合并的扇区覆盖区域挑出来,比较合并前后覆盖差异,RSRP 和 SINR 指标的 CDF 曲线分别如图 5 和图 6 所示。

由图 5 和图 6 可知,两扇区 SFN 合并后,RSRP 有不超过 1 dB 的增益,SINR 增益在 1~3 dB,且在高 SINR 区间增益明显。

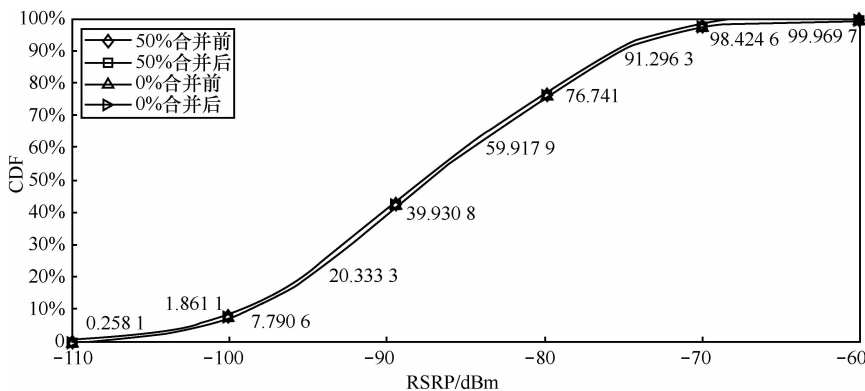


图 1 4 扇区低密度区域 SFN 合并前后整体 RSRP 变化情况

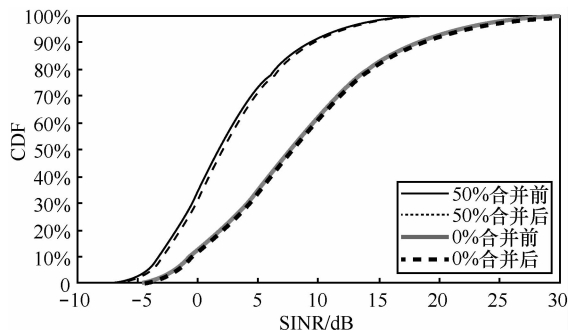


图 2 4 扇区低密度区域 SFN 合并前后整体 SINR 变化情况

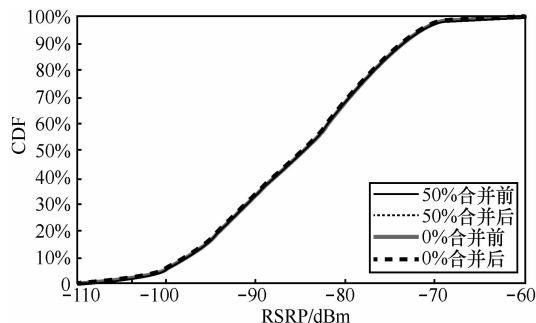


图 3 4 扇区高密度区域 SFN 合并前后整体 RSRP 变化情况

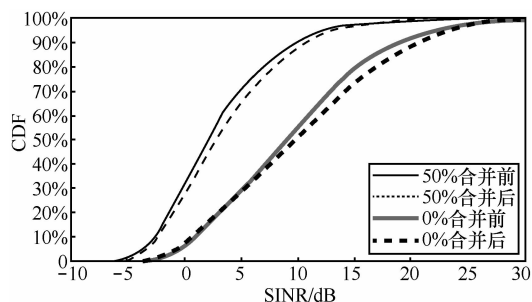


图4 4扇区高密度区域 SFN 合并

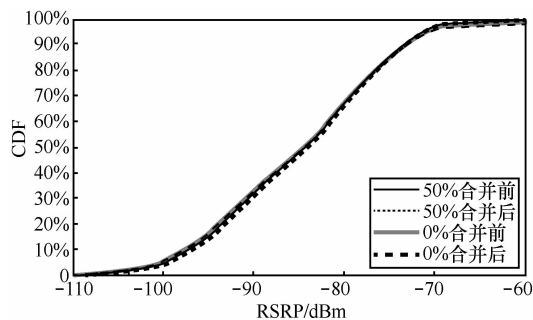


图5 4扇区高密度区域 SFN 合并扇区合并

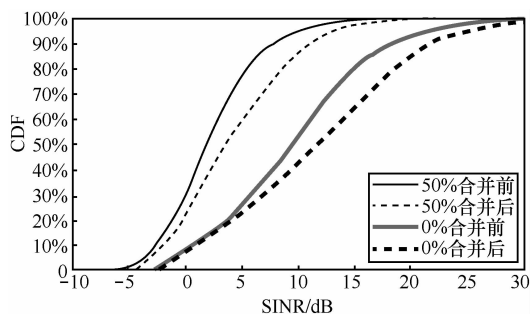


图6 4扇区高密度区域 SFN 合并扇区合并

3.2 RF 优化技术

RF 优化和 SFN 合并是 4 扇区网络优化同等重要的技术手段。对比不使用任何优化技术、单独使用 RF 优化技术和单独使用 SFN 合并优化技术时系统整体下行吞吐量的变化,在 4 扇区低密度区域和 4 扇区高密度区域的仿真结果如图 7 所示。

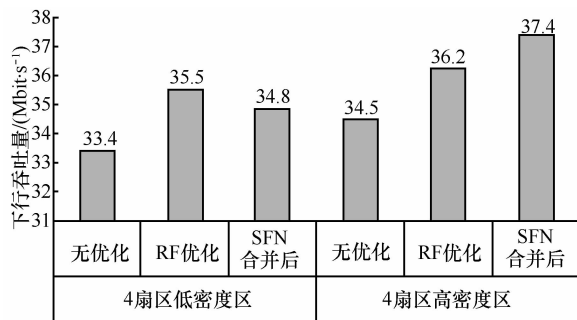


图7 不同4扇区密度区域优化前后网络下行吞吐量对比

由图 7 可知,在 4 扇区站点较稀疏的区域,干扰源主要来自不同站点的扇区之间,4 扇区站间扇区 SFN 对整网增益不大,RF 优化增益更为明显;而在 4 扇区站点较密集的区域,4 扇区站扇区间干扰增大,SFN 合并增益较大。

3.3 LTE 网络 4 扇区建设和优化建议

4 扇区部署后,尤其是网络负载较低时,网络质量明显恶化。因此在 LTE 网络建设初期,为降低小区间干扰,应减少不必要的 LTE 网络 4 扇区部署。

对于部署了 4 扇区的 LTE 网络区域,可优先使用 RF 优化减少小区间干扰。RF 优化既能对整体网络性能的提升有较为明显的积极作用,又对网络的负载能力影响最小。

对于负载较低且 PCI mod 3 干扰明显的小区,可使用 SFN 合并技术提高覆盖性能。SFN 合并对 4 扇区部署产生的干扰有针对性的削弱作用,但以牺牲网络负载能力为代价。并且,当网络负载较高时,4 扇区部署引入的干扰作用减弱,SFN 合并优化带来的增益也较小。

4 结束语

从分析当前移动通信站址资源紧张、需提高站址资源利用率角度入手,从理论分析和验证测试两方面说明了 LTE 网络 4 扇区部署对网络质量的影响;并对 SFN 合并优化技术和 RF 优化技术进行了简要介绍;利用现网站点的仿真结果对比了两种技术在 LTE 网络 4 扇区部署中的增益;最后提出了 4 扇区建设和优化建议。

参考文献

- 黄韬,刘韵洁,张智江等. LTE/SAE 移动通信网络技术. 北京:人民邮电出版社, 2008
Huang T, Liu Y J, Zhang Z J, *et al.* The Technology of LTE/SAE Mobile Communication Network. Beijing: Posts and Telecom Press, 2008
- 沈嘉,索士强,全海洋等. 3GPP 长期演进(LTE)技术原理与系统设计. 北京:人民邮电出版社, 2008
Shen J, Suo S Q, Quan H Y, *et al.* 3GPP Long Term Evolution: Principle and System Design. Beijing: Posts and Telecom Press, 2008
- Sesia S, Toufik L, Baker M. LTE-UMTS 长期演进理论与实践. 马霓, 邬钢, 张晓博等译. 北京:人民邮电出版社, 2009
Sesia S, Toufik L, Baker M. LTE-UMTS Long Term Evolution from Theory to Practice. Translated by Ma N, Wu G, Zhang X B, *et al.* Beijing: Posts and Telecom Press, 2009



- 4 程鸿雁, 朱晨鸣, 王太峰等. LTE FDD 网络规划与设计. 北京: 人民邮电出版社, 2013
Cheng H Y, Zhu C M, Wang T F, *et al.* LTE FDD Network Planning and Design. Beijing: Posts and Telecom Press, 2013
- 5 Park S O, Nguyen V A, Aziz R S. Multi-band, dual polarization, dual antennas for beam reconfigurable antenna system for small cell base station. Proceedings of 2014 International Workshop on Antenna Technology: "Small Antennas, Novel EM Structures and Materials, and Application"(iWAT), Daejeon, South Korea, 2014: 159~160
- 6 Kildal P S, Chen X M. Fundamental limitations on small multi-beam antennas for MIMO systems. Proceedings of 8th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), Gothenburg, Sweden, 2014: 329~331
- 7 Boldi M, Petersson S, Fodrini M, *et al.* Multi antenna techniques to improve energy efficiency in LTE radio access network. Proceedings of Future Network & Mobile Summit, Turin, Italy, 2011: 1~8
- 8 Blaunstein N, Ben S Y. Main problems in LTE concept and the way of advanced LTE/MIMO networks performance. Proceedings of IEEE 27th Convention of Electrical & Electronics Engineers in Israel (IEEEI), Haifa, Israel, 2012: 1~5
- 9 吴承承, 白炜, 桑林. LTE 小区间干扰抑制技术介绍及比较. 邮电设计技术, 2008(6): 41~44
Wu C C, Bai W, Sang L. Introduce and comparison of inter-cell interference mitigation for LTE. Designing Techniques of Posts and Telecommunications, 2008(6): 41~44
- 10 杜滢. LTE/LTE-Advanced 异构网干扰消除技术研究. 电信网络技术, 2010(5): 49~53
Du Y. Inter-cell interference cancellation technology of heterogeneous networks for LTE/LTE-Advanced. Telecommunications Network Technology, 2010(5): 49~53

[作者简介]



马晨,男,中国联合网络通信有限公司广东省分公司网络建设部建设室经理、工程师,主要从事移动通信规划、建设与优化工作。

2015124-5

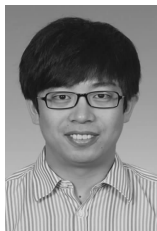
(上接 2015114-5)



陈卓,男,博士,现就职于中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所,3GPP RAN2 代表,主要研究方向为无线通信网络相关技术、5G 网络架构、3GPP RAN2 标准化等。



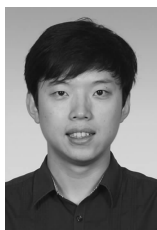
谢芳,女,中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所 5G 大项目经理,主要研究方向为无线通信网络接入网相关技术、以用户为中心的 5G 网络等。



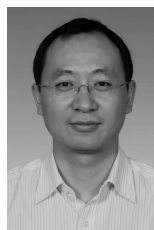
胡南,男,博士,中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所 LTE-Advanced 大项目经理,主要研究方向为无线通信接入网相关技术、3GPP RAN2 标准化等。



金巴,男,博士,现就职于中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所,3GPP RAN3 代表,主要研究方向为无线通信接入网技术、3GPP RAN3 标准化等。



李男,男,中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所室经理,主要研究方向为无线通信频谱策略、无线通信射频相关技术、3GPP RAN4 标准化等。



刘光毅,男,博士,中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所主任研究员,主要研究方向为无线通信网络技术、5G 网络框架设计及相关技术与策略等。

2015114-6