

# Massive MIMO 天线权值自优化在 5G 网络中的应用

## Application of Massive MIMO Antenna Weight Self Optimization Function in 5G Network

胡煜华, 李 贝, 刘宏嘉, 王鑫炎 (中国联通浙江分公司, 浙江 杭州 310051)  
Hu Yuhua, Li Bei, Liu Hongjia, Wang Xinyan (China Unicom Zhejiang Branch, Hangzhou 310051, China)

### 摘 要:

主要分析了 5G 网络 Massive MIMO 天线权值自优化的应用, 分别从技术现状、优化瓶颈等入手, 详细阐述了 Massive MIMO 权值自优化原理、应用实施。实践证明其应用效果良好, 为最大化提升用户覆盖水平、减少人工经验干预网络的误差、提升网络规划和优化效率提供了解决方案。

### 关键词:

5G; Massive MIMO; 天线权值; 自优化  
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2020.08.009  
文章编号: 1007-3043(2020)08-0044-03  
中图分类号: TN929.5  
文献标识码: A  
开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

### Abstract:

It mainly analyzes the application of the weight self optimization of 5G network's Massive MIMO antenna. Starting from the technical status and the bottleneck of the optimization, the principle and application of the weight self optimization of the Massive MIMO are described in detail. It has been proved that the application effect is good, which provides a solution to maximize the user coverage level, reduce the error of human experience intervention in the network, and improve the efficiency of network planning and optimization.

### Keywords:

5G; Massive MIMO; Antenna weight; Self optimization

**引用格式:** 胡煜华, 李贝, 刘宏嘉, 等. Massive MIMO 天线权值自优化在 5G 网络中的应用[J]. 邮电设计技术, 2020(8): 44-46.

## 1 概述

网络覆盖是网络感知的基础, 良好的覆盖是保障网络性能的前提, 5G 技术较于 2G/3G/4G 技术引入了空域的维度; 相比传统天线, 5G 天线水平波瓣宽度等权值配置更为灵活、覆盖场景更为多样, 5G 覆盖场景多样带来优化调整难度增加。本文阐述的 Massive MIMO 天线权值自优化技术, 可自适应灵活调整天线权值配置, 达到快速智能网规网优效果, 大大提升工作效能、缩减人力成本投入, 可达到多种场景下最优

覆盖效果。

## 2 技术现状及优化瓶颈

Massive MIMO 技术将天线阵列从一维扩展到二维, 能够同时控制天线方向图在水平方向和垂直方向的形状, 称为 3D 波束赋形(3D Beamforming), 3D 波束赋形使基站针对用户在空间的不同分布, 将信号精准地指向目标用户。Massive MIMO 天线具有灵活的水平覆盖能力和垂直覆盖能力, 大规模天线阵列提供更高的信道增益, 更大范围内的波束赋形对目标用户提供更好的增益效果, 对于整个小区的信号覆盖更加彻底, 提供更大范围的广播信道覆盖能力。更宽的垂直波束覆

收稿日期: 2020-07-15

盖范围不仅能够增强高楼覆盖,同时也能够增强水平宏覆盖场景的业务能力。

5G 网络由主同步序列、辅同步序列、物理广播信道和解调参考信号组合在一起构成的 SSB(SS/PBCH Block)。SSB 采用波束方式发射,并且引入了“波束扫描”的概念,SSB 波束由具有不同方向的多子波束组成,波束使得能量定向投放到用户位置,提升信号覆盖,降低小区间干扰,对于 5G 新空口(NR)来说,共 8 个 SSB,每个 SSB 都是可调的。而用户(UE)位置动态变化,用户分布和小区间干扰动态数据处理难度大,权值仅靠人工设置难以适应 UE 分布的变化动态调整现状,且不同场景最优权值不同,需针对性精细调整,上述需求需要投入大量人工成本且精准优化技术难度大。

### 3 天线权值自优化原理

Massive MIMO 天线参数权值自适应指网络侧基于用户位置信息,进行权值优化调整,包括 SSB 与信道状态信息(CSI——Channel State Information)的拟合优化。实现天线权值自优化功能需要部署单独的服务器。

#### 3.1 SSB 权值自优化

网络侧基于 UE 的分布情况,根据覆盖用户最多的原则,搜索和预测最优的水平/垂直波瓣宽度,方位角及下倾角。基站对小区 UE 的分布、邻小区干扰进行统计和估算,综合考虑网络的覆盖性能完成自适应调整,基站智能估算最优的广播权值,实现最优覆盖。最优权值估算以小区和区域综合等优化原则进行;参数测量主要包括 UE 的位置信息分布、测量报告(MR)等;权值自适应可以改善小区间的重叠覆盖度,减少和控制干扰,提升小区整体性能和用户感知。

#### 3.2 SSB 与 CSI 权值拟合优化

与业务性能强相关的参数为 CSI,当前只针对 SSB 完成权值自优化,CSI 并未联动调整,需要人工调整 CSI 的权值来拟合 SSB 的广播权,基于优化后的 SSB 波束信息,手动拟合 CSI 的 4 个波束规则如下。

- a) CSI 4 个波束均为垂直排布,水平宽度均为 50°,垂直宽度均为 6°。
- b) CSI 4 个波束的水平角度取该小区 SSB 波束的水平角度。
- c) CSI 4 个波束的垂直角度参考该小区 SSB 波束垂直角度。

## 4 应用实施

### 4.1 方案应用

如图 1 所示,Massive MIMO 天线权值自优化关键技术包含如下 4 项关键点。

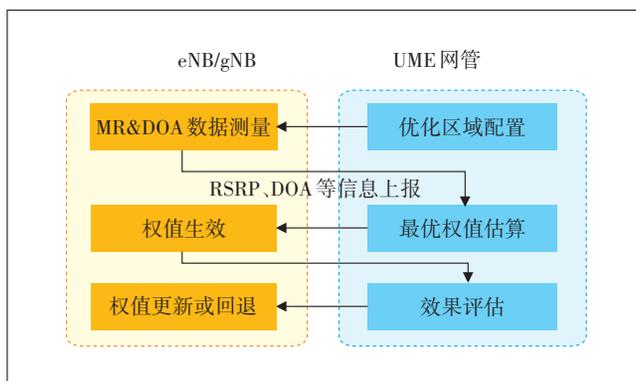


图 1 权值自优化方案流程

a) 优化区域配置:进入网管操作界面手动配置或者根据邻区关系和重叠覆盖度自动配置需优化的区域。

b) 数据测量:该步骤完成广播权值初始化及数据采集,即基站侧通过下发测量获取 UE 的信号强度、位置及路损信息,主要获取的 MR 包括本小区和邻区的参考信号接收功率/波束成形与到达方向(RSRP/DOA)等,路测场景会采集同一个 UE 的多个样本。

c) 最优权值估算:该步骤完成广播权值自优化,通过商用数据/路测样本来进行样本估算,实现优化准则多样化、提高智能搜索的高效和精准。

d) 效果评估:该步骤完成广播权值自评估,即网管 UME 获得测量数据后,通过蚁群搜索算法选择局部最优的权值组合,并下发给基站生成新的权值。

在方案实施过程中,最优权值估算时需注意权值可设置范围,垂直维度层与层之间的夹角固定为 7°;波束夹角 Azimuth 可设置范围与水平合成的波束宽度设置相关,例如当水平合成的波束宽度=90°时, Azimuth 不可调整,当水平合成的波束宽度=15°时, Azimuth 的取值范围为[-40, 40]。权值可设置范围如表 1 所示。

### 4.2 仿真评估

通过 Atoll 软件进行仿真实验,仿真模型使用传播 & 信道模型 UMA,仿真场景选择 3 站 9 小区, ISD=500 m,站高 25 m, UE 高度 1.5 m,每小区随机撒 200 个 UE,共 1 800 个 UE。

表 1 权值可设置范围

波束个数/波束信息	Azimuth/°	垂直波束层最下层的倾角 Digital Beam tilt/°	水平合成的波束宽度 beam-widthH/°	垂直单波束宽度 beam-widthV/°
1	[-40, 40]	[-3, 12]	[15, 90]	{7, 15, 30}
2	[-40, 40]	[-3, 12]	[15, 90]	{7}
4	[-40, 40]	[-3, 12]	[15, 90]	{7}
7	[-40, 40]	[-3, 12]	[15, 90]	{7}
8	[-40, 40]	[-3, 12]	[15, 90]	{7}

初始权值组合是 [14; 14; 14; 14; 14; 14; 14; 14; 14], 初始 RSRP 中值是 -79.4 dBm, 经过天线权值自优化, 最优权值组合是 [97; 103; 85; 103; 102; 109; 121; 38; 84], 优化后 RSRP 中值是 -77.4 dBm, 结果见图 2。

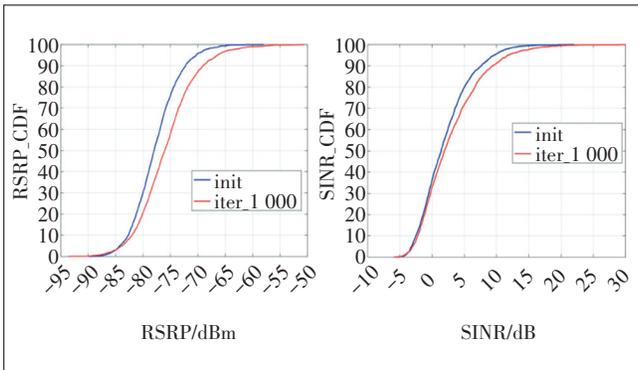


图 2 仿真结果

## 5 应用效果

选取 6 个站点共涉及 18 个小区作为本次权值自优化区域, 对优化前后的覆盖效果进行对比验证。基于单波束场景权值优化后, 平均 SSB-RSRP 由 -98.73 dBm 提升至 -93.22 dBm; SSB-SINR 由 5.23 dB 提升至 8.12 dB; 基于多波束场景权值优化后, 平均 SSB-RSRP 由 -80.01 dBm 提升至 -74 dBm, SSB-SINR 由 11.7 dB 提升至 13.55 dB, 整体覆盖提升明显, 具体见表 2。

表 2 权值优化前后覆盖效果对比

类型	平均 SSB RSRP/dBm	平均 SSB SINR/dB	SSB RSRP>95 dBm 且 SINR>-3 dB 占比	
多波束	优化前	-80.01	11.7	0.835 0
	优化后	-74.01	13.55	0.941 0
单波束	优化前	-98.73	5.23	0.120 0
	优化后	-93.22	8.12	0.357 5

SSB 权值优化后, 手动进行 CSI 权值调整, 对 CSI 拟合前后的数据进行统计评估, CSI 基于 SSB 权值拟合后, 整体小区速率提升率约为 10%, 具体见图 3。

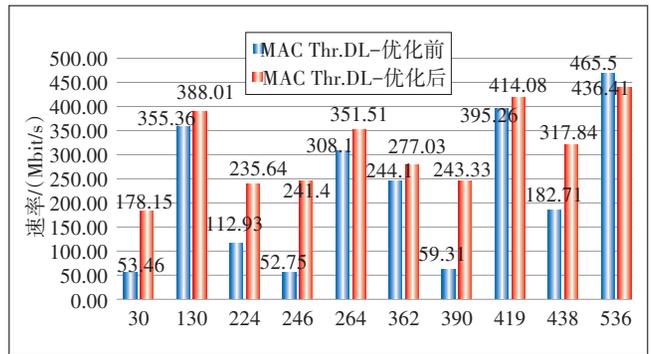


图 3 CSI 拟合调整前后速率对比

## 6 结束语

天线权值自优化增益明显, 权值优化后, 深度覆盖、高层信号和路面信号均得到不同程度的改善, 总体效果明显。基于 5G 权值智能灵活调整, 通过网络侧自动的用户数据收集、评估分析给出合理的权值配置方案, 最大化提升用户覆盖水平, 减少人工经验干预网络的误差, 及时提升用户感知度的同时提升网络规划和优化效率, 大幅缩减人力成本。

## 参考文献:

- [1] 曹诚. 5G 网络架构和关键技术[J]. 无线互联科技, 2015(9): 16-17.
- [2] 苏昕, 曾捷, 粟欣, 等. 5G 大规模天线技术[J]. 北京: 人民邮电出版社, 2017.
- [3] 吴强. 5G 移动通信发展趋势与若干关键技术分析[J]. 教育教学论坛, 2016, 11(22): 82-83.
- [4] 李可才. 关于 5G 移动通信发展趋势与若干关键技术的探讨[J]. 电子技术与软件工程, 2016(16): 39.
- [5] 陈云生. 5G 移动通信技术下的物联网时代[J]. 信息通信, 2018(4): 260-261.
- [6] 赵彦. 5G 移动通信核心网关键技术[J]. 通信电源技术, 2018(3): 201-205.
- [7] 吴大鹏, 闫俊杰, 杨鹏. 面向 5G 移动通信系统的智慧城市汇聚及接入网络[J]. 电信科学, 2016(6): 52-57.
- [8] 郭贺铨. 大数据驱动 5G 网络与服务优化[J]. 大数据, 2018(5).
- [9] 赵新亚, 张诗淋. 5G 移动通信发展趋势与若干关键技术研究[J]. 中国新通信, 2016(1): 56.
- [10] Study on new radio access technology: 3GPP TS 38. 801 [S/OL]. [2020-03-25]. ftp. 3gpp. org/Specs/.

## 作者简介:

胡煜华, 高级工程师, 硕士, 主要从事无线网络规划建设工作; 李贝, 高级工程师, 硕士, 主要从事网络规划优化工作; 刘宏嘉, 工程师, 硕士, 主要从事网络规划优化工作; 王鑫炎, 工程师, 本科, 主要从事网络规划优化工作。