

面向 4G 与 5G 网络的高层覆盖解决方案研究

李 兵, 蒋 燕

(广东邮电职业技术学院, 广东广州 510630)

【摘要】目前我国城区的高层密集居民区存在楼宇结构复杂、人口密度大、高度差异大等特点,使用单天线的传统大型高层住宅区射灯覆盖方案会导致功分损耗天线口功率低,难于解决整栋楼宇的网络覆盖。此外,包含大量无源器件的网络覆盖解决方案也存在监控难、易老化、维护难、定位难等问题。文章分析了高层覆盖存在的问题、常用措施,探讨了高层密集居民区场景与高层单体建筑场景的网络覆盖解决方案,最后进行实例验证。

【关键词】5G;网络覆盖;DAS 系统;3D MIMO;网络优化

【doi:10.3969/j.issn.2095-7661.2021.02.002】

【中图分类号】TN929.5

【文献标识码】A

【文章编号】2095-7661(2021)02-0004-04

Research on High-rise Building Coverage Solutions for 4G/5G Networks

LI Bing, JIANG Yan

(Guangdong Vocational College of Post and Telecom, Guangzhou, Guangdong, China 510630)

Abstract: At present, the high-rise residential areas in China have the characteristics of complex building structure, large population density and large height difference. The traditional single antenna spotlight coverage scheme in large-scale high-rise residential areas will lead to power sharing loss and low antenna port power, which is difficult to solve the network coverage of the whole building. In addition, network coverage solutions containing a large number of passive components also have problems such as difficult monitoring, aging, maintenance and positioning. This paper analyzes the existing problems and common measures of high-rise coverage, discusses the network coverage solutions of high-rise dense residential area scene and high-rise single building scene, and finally carries on the example verification.

Keywords: 5G; network coverage; DAS system; 3D MIMO; network optimization

1 研究背景

随着城市高层密集建筑物的日趋增多,带来了基站选址困难、网络覆盖不全、信号干扰大等难题。目前高层密集居民区的移动网络在网络覆盖方面存在以下难题:

1)楼宇结构复杂,覆盖难度大:平均楼层高,楼体厚度大,单侧难以覆盖;楼间距小,楼宇多,单层组网难以覆盖。

2)人口密度大,容量需求高:建筑物容积率大,常住人口多,容量需求高。

3)高度差异大,干扰控制难:建筑海拔高度不一,

立体覆盖信号控制难度大。

4)在 4G 与 5G 网络协同方面^[1],原有设备为 E 频段 MDAS,不支持 5G,无法进行 4G 和 5G 协同共建。

5)物业进场难度大,居民对基站进小区的反对声音较多。

传统大型高层住宅区射灯覆盖方案往往在射频拉远模块 RRU 末端采用大量无源器件。由于功分损耗天线口功率低,单天线难于满足整栋楼宇的网络覆盖需求。此外,大量无源器件(合路器、耦合器、功分器)存在监控难、易老化、维护难、定位难等问题。

针对传统的射灯覆盖方案存在的不足,目前采用

【收稿日期】2021-03-14

【作者简介】李兵(1986-),男,湖南永州人,广东邮电职业技术学院讲师,高级工程师,硕士,研究方向:物联网、移动通信技术。

【基金项目】广东省普通高校重点科研平台和科研项目青年创新人才项目“基于机器学习的智能家居自适应预警系统研究”(项目编号:2018GkQNCX102)。

的解决方案有:在楼顶设置外引天线覆盖小区,地下室、车库采用简单分布系统覆盖,同时电梯引入电梯专用天线覆盖^[6];吸顶天线与板状天线、分布系统覆盖室内内侧区域,射灯天线对打覆盖住宅小区外侧及公共区域,以解决高层住宅小区立体化网络覆盖难题^[7];发展异构网络以满足3G升级到4G网络时LTE网络覆盖及容量需求^[8];从传统室内分布系统覆盖入手,针对用户不同覆盖容量、施工工期及难度等因素综合确定移动信号室内覆盖方式,从而确保城市高层建筑物室内信号覆盖质量,提高移动用户使用业务的满意度^[9]。

以往研究主要集中在3G与4G时代下的高层建筑移动网络覆盖,或中高层建筑覆盖、室内覆盖等单一场景。4G到5G网络升级建设的高层建筑移动网络覆盖解决方案研究相对较少,且缺乏从高中层、低中层、楼层到室内、指定区域等系统的研究。

本文分析了高层覆盖存在的问题、常用措施,系统地探讨了高层密集居民区场景与高层单体建筑场景的网络覆盖解决方案,最后以广东省某小区为案例进行分站点建设与优化以及方案应用。实践证明,方案应用效果好,较改造前在覆盖率、园区流量、容量方面有大幅提升。本文所述系统性方案对于5G背景下移动网络建设与优化具有较高的参考价值。

2 高层覆盖解决方案

2.1 高层网络覆盖常用解决措施

随着4G到5G技术发展,高层覆盖场景需灵活使用专业的简易基站设备。充分利用大型高层居民区的楼体结构、空间距离、小区灯杆、室外宏站等环境,采用宏微综合按场景布局的覆盖方案。高层网络覆盖常用的措施如表1所示。

表1 高层网络覆盖常用措施

序号	解决措施	措施描述
1	楼间/楼顶对打覆盖	将天线安装在建筑物的楼顶、避难间等处,往对面楼层覆盖
2	底层灯杆覆盖	将微小站安装在电力杆、灯杆、监控杆等地面设施上,通过上仰等方式覆盖中低层,或进行补点覆盖
3	宏微结合分层覆盖	宏站覆盖中高层,微站室分覆盖低层
4	站点加向/拉远	利用现有室分或宏站资源,通过增加或RRU拉远方式,增加对高层目标区域的覆盖,或补点覆盖
5	美化/射灯覆盖	将天线伪装美化(如广告灯箱、电力箱、射灯)进入小区内,根据其安装位置覆盖目标高层区域
6	DAS/数字化室分	在有条件的高层大楼,安装DAS分布系统或数字化室分
7	波束劈裂	利用新型设备的特性功能,通过软调方式将波束进行劈裂,增加对高层目标区域的主波瓣覆盖
8	5G场景化Pattern寻优	利用5G的3D MIMO场景化寻优,调整天线场景权值覆盖高层
9	小区合并	对容量需求不高的场景,为减少高层信号的干扰,对相邻楼层的小区进行合并,提高信号质量

2.2 高层密集居民区场景解决方案

2.2.1 高中层覆盖:“楼间/楼顶对打”

通过布放射灯或新型设备进行“楼间/楼顶对打”,实现高中层的覆盖。

1)楼顶安装天线横装设备,增加纵向覆盖面,信号能量集中在楼体范围,控制横行波束宽度,降低干扰。也可考虑通过射灯伪装进行楼间对打覆盖。

2)避难层微小设备靠窗布放,增强中层覆盖效果。在避难层做微小设备靠窗布放时,尽可能将对打设备安装于窗口边缘,避免被飘窗上下墙体遮挡,确保信号能成功打出。对于有百叶窗遮挡的情况,需在对打设备局部位置去掉百叶窗,现网验证覆盖可提升10 dB。

2.2.2 低中层覆盖:宏微结合/利用底层道路杆站“低打高”

对于低中层建筑物,采用宏微结合/利用底层道路杆站“低打高”的方式,在离高层建筑60 m~100 m地面向上仰射覆盖,同时通过“波束劈裂”^[10],增加垂直覆盖高度,如图1所示。

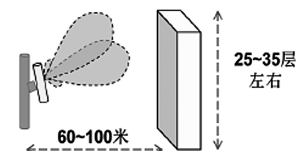


图1 “波束劈裂”低打高示意图

2.2.3 楼层覆盖:3D MIMO场景化寻优

相比于4G的8T8R天线阵列,5G天线采用64T64R多天线阵列^[7]。5GMIMO共17种波束场景,根据场景进行灵活调整,可有效解决4G天线在网络覆盖时存在的近点深度和边缘无法兼顾、边缘覆盖和越区覆盖难以兼顾等问题,如图2所示。

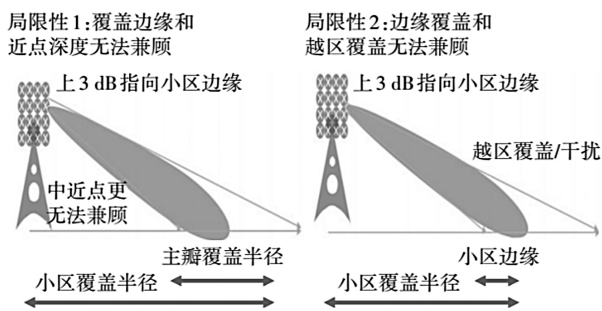


图 2 传统天线覆盖场景受限示意图

现有研究^[6]表明,采用 64T64R 多天线阵列寻优后,网络覆盖和速率提升巨大,高层改善尤为突出,图 3 为某区域从 4G 8T8R 天线阵列优化到 5G 64T64R 多天线阵列后的 SSB RSRP(dBm)值,可见随着楼层由 4 层增加到 17 层以上,64T64R 多天线阵列寻优后增益由 1.58%提升到 9.42%。

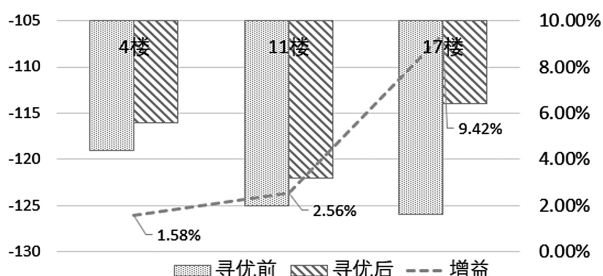


图 3 某小区高层楼宇测试 SSB RSRP(dBm)

2.2.4 楼宇室内覆盖: DAS 系统

对重要场所、电梯、停车场等使用传统 DAS 分布系统^[7]进行覆盖,考虑到 5G 的演进,需使用支持 5G 频段的室分元器件。

2.2.5 指定区域覆盖:加向 /RRU 拉远

利用物业具备的站点(宏站或室分),增加或拉远一个小区,对特定区域进行覆盖,该小区可使用窄波束天线减少对同站小区的干扰。

2.3 高层单体建筑场景解决方案

单体高层建筑无法利用对面楼体布放进行楼间对打,新建室分投资大,物业协调困难。传统覆盖方案难以覆盖高层且难以控制信号泄露。

2.3.1 通过新型设备 / 射灯,由室外打室内进行覆盖

1)利用周边裙楼平台,距离高层 50 m,采用从附近机房进行拉远建设,通过横装机械上仰进行覆盖,如图 4 左侧所示。

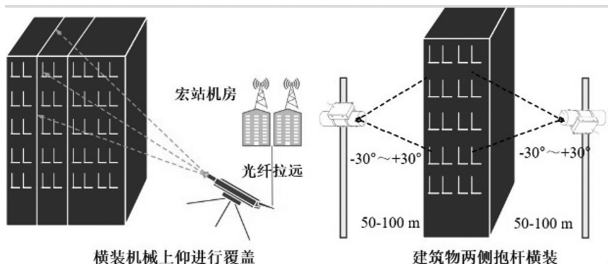


图 4 室外打室内覆盖图

2)在 50 m-100 m 处利用杆站,在建筑物两面分别使用小设备“横装上仰”,设备可调节俯仰角度的范围为: $-30^{\circ} \sim +30^{\circ}$,如图 4 右侧所示。

2.3.2 通过周边宏站资源,3D MIMO 场景化寻优,覆盖高层区域

5G 天线采用 64T64R 多天线阵列,可对信号波束进行寻优,能够采用不同覆盖的波束组合,应用到不同覆盖场景,其中高层覆盖采用垂直波瓣角更大、波束更集中的波束实现高层的有效覆盖。

2.3.3 通过数字化室分,解决高价值高层单体建筑优质覆盖

大型 CBD 写字大楼,玻璃外墙居多,功能区多;传统 DAS 存在实现 MIMO 难、节点多、不可监控等问题。可以采用数字化室分(如 LampSite)方案,大容量、精准覆盖,保证用户体验,提高投资回报率。

3 高层覆盖解决方案应用

根据以上分析的关于高层密集居民区场景与高层单体建筑场景网络覆盖提升解决方案,选取工程实践中的汕头某高密度居民区为例进行解决方案的系统性应用。

3.1 应用场景介绍

汕头市某小区为高档商住楼,总计 3000 户,预计住满后为 9300 人,共 21 栋,小区结构见图 5 所示。现有的传统大型高层住宅区射灯覆盖方案,存在网络覆盖缺漏、容量不足、信号干扰大等问题。

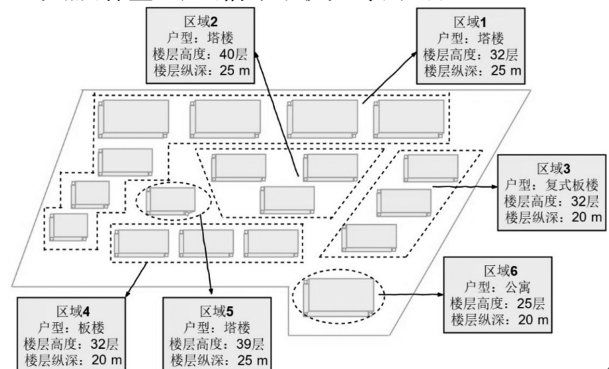


图 5 高层密集居民小区结构图

3.2 解决方案设计

该高层商住小区采用传统单天线的高层网络覆盖方法,会导致网络覆盖、容量、信号干扰等问题,现拟采用本文所述“楼间 / 楼顶对打”、“宏微结合 / 低打高”、3D MIMO 场景化寻优、DAS 分布系统等系统性解决方案进行网络优化。解决方案设计需充分考虑并利用小区周边现网已有的 F 频宏站与 D 频微站,在楼顶进行 F 频 AAU5240 与 F+D 频 AAU5240 横杆安装,楼下安装 D 频 BOOKRRU 微站等,以达到小区高层网络覆盖的目标。

1)资源需求:20 个 AAU5240(横装,宽波束),2

个 BOOK RRU 微站,如表 2 所示:

表 2 解决方案资源需求

设备名称	需支持频段	数量	安装说明
华为 AAU5240 横杆	F 频	8	8 个楼面宽波束横装(频点: F1)
华为 AAU5240 横杆	F 频、D 频	12	楼面宽波束横打(频点: F2+D1)
华为 BOOKRRU 微站	D 频	2	建于楼下

2)小区合并方式:F+D 频 AAU 要按频段分别合成为两个小区,针对图 5 所示对各区域进行合并,可将合区域 1、2、3、6 为一组,区域 4、5 为一组。区域 1~3 为 F2D1 频点,区域 4~5 为 F1 频点,区域 6 为 D2 频点。

3)容量估算:小区共 3000 户,按平均每户 3 个人计算,移动用户渗透率按照 70%、激活率按照 50%计算,需要 16 个载波,周边 6 个 F 小区(按每小区 1.5 载波)+5 个 D 频小区(按每小区 3 载波),共可开启 24 载波,容量完全可以满足。

3.3 方案应用效果

按规划完成部分站点建设并优化后,小区在整性覆盖率、园区流量、平均用户数三个重要性能指标均有明显的提升,如表 3 所示。容量、园区覆盖和外泄、边缘速率等指标也有了很大的提升。

1)覆盖:RSRP、SINR 明显提升,整体覆盖率达到 90%。

2)园区流量:469.58 GB/天,增加 297 GB/天,增加 173%。

3)园区内自忙时平均用户数:增加 419 个,增加 142%。

表 3 方案优化后性能指标提升表

日期	园区日均流量(GB)	园区自忙时平均用户数	园区自忙时最大用户数
开通前	172.31	295	725
开通后	344.59	518	1143
优化调整后	469.58	714	1276

4)容量:目前入住率 45%,最大用户 1276 个,已用 8.5 个载频,暂无容量问题。后续 100%入住后预计用户数达到 2504,需 19 个载波,园区涉及站点共可

扩容到 21 个载频,完全满足容量需求。

5)园区覆盖和外泄:园区内道路信号良好,可替代原有道路覆盖灯杆,由于安装位置较高和楼缝间的外泄,部分区域能收到园区内微小信号,这些区域原本覆盖较差,暂不处理外泄。

6)边缘速率:边缘下载速率可达 8.3 Mbps,上传速率 0.8 Mbps。

4 总结与展望

本文分析了高层覆盖存在的问题及高层网络覆盖常用解决措施,系统探讨了 4G 到 5G 网络升级背景下的高层建筑移动网络覆盖解决方案,高层密集居民区场景解决方案与高层单体建筑场景解决方案,最后以某高层密集居民小区网络覆盖提升项目为例,探索本文解决方案的实践应用。通过项目工程应用可知,采用本文所述的系统性解决方案后,整体覆盖率、园区流量、平均用户数、容量等指标相对于传统方案均有较大提升。

【参考文献】

- [1]张荣涛.浅析 5G 与 4G 网络协同策略研究[J].数字技术与应用,2020(2):23,86.
- [2]罗清.密集高层住宅小区无线网络覆盖探讨[J].信息通信,2019(1):241-243.
- [3]龚德才,张怡,王昕.高层住宅小区立体化覆盖方案研究[J].邮电设计技术,2016(10):47-50.
- [4]陈沛,陈晓.发展异构网以满足 LTE 网络覆盖及容量需求的研究[J].通信电源技术,2019(6):197,199.
- [5]蔡卫红.城市高层建筑移动信号室内覆盖方式研究[J].湖南邮电职业技术学院学报,2019(4):1-3.
- [6]李军.面向 4G 增强的 3D-MIMO 连片组网技术[J].移动通信,2019(3):75-81.
- [7]邹欢清.5G 通信中终端 MIMO 天线关键技术研究[D].上海:上海大学,2020.
- [8]柯江毅,李娟,蔡金洪.Massive MIMO 应用于高层建筑提升 5G 覆盖[J].邮电设计技术,2020(8):15-20.
- [9]陈宜漂,安刚.5G 室分特定场景共建共享解决方案探讨[J].江苏通信,2020(3):14-18.