

ZTE中兴



5G室内覆盖白皮书

02

概述

03

5G 室内覆盖的需求及现有方案局限性

03 5G 室内覆盖需求

03 业务类型多样化

03 部署场景多样化

04 指标需求差异化

04 现有室内覆盖的特点及面向 5G 演进的挑战

04 室外基站覆盖室内

05 传统无源 DAS

06 新型数字室分

07

面向 5G 演进的室内覆盖解决方案

07 5G 室内覆盖建设目标

08 5G 室内覆盖部署原则建议

08 宏微结合提升室外覆盖室内的能力

09 创新型立体覆盖提升宏站高层楼宇覆盖能力

10 5G 微基站渗透式专项覆盖

10 多通道联合收发提升无源 DAS 容量

10 多通道联合收发方案介绍

11 多通道联合收发方案应用场景和容量提升效果

12 精细化新型数字室分方案建设高效网络

13 面向 5G 业务的高性能提升

13 按需配置，共建共享，降低建网成本

14 管理可视化，节能智能化，提高运维效率

15 MEC 提升新型数字室分业务运营能力

16 室内外协同优化，提升室内覆盖的质量

17

未来展望

18

总结

19

缩略语

图目录

04 图 2-1 5G 室内典型业务差异化指标需求

07 图 3-1 5G 室内覆盖建设目标

09 图 3-2 全场景立体覆盖方案示意图

11 图 3-3 DAS 多通道联合收发方案示意图及 3 种典型场景

14 图 3-4 精准可视化运维

15 图 3-5 AI 节能策略

表目录

03 表 2-1 5G 室内典型业务分类

04 表 2-2 不同频段建筑物材质穿透损耗测试数据

12 表 3-1 不同场景通过联合收发技术带来的性能提升

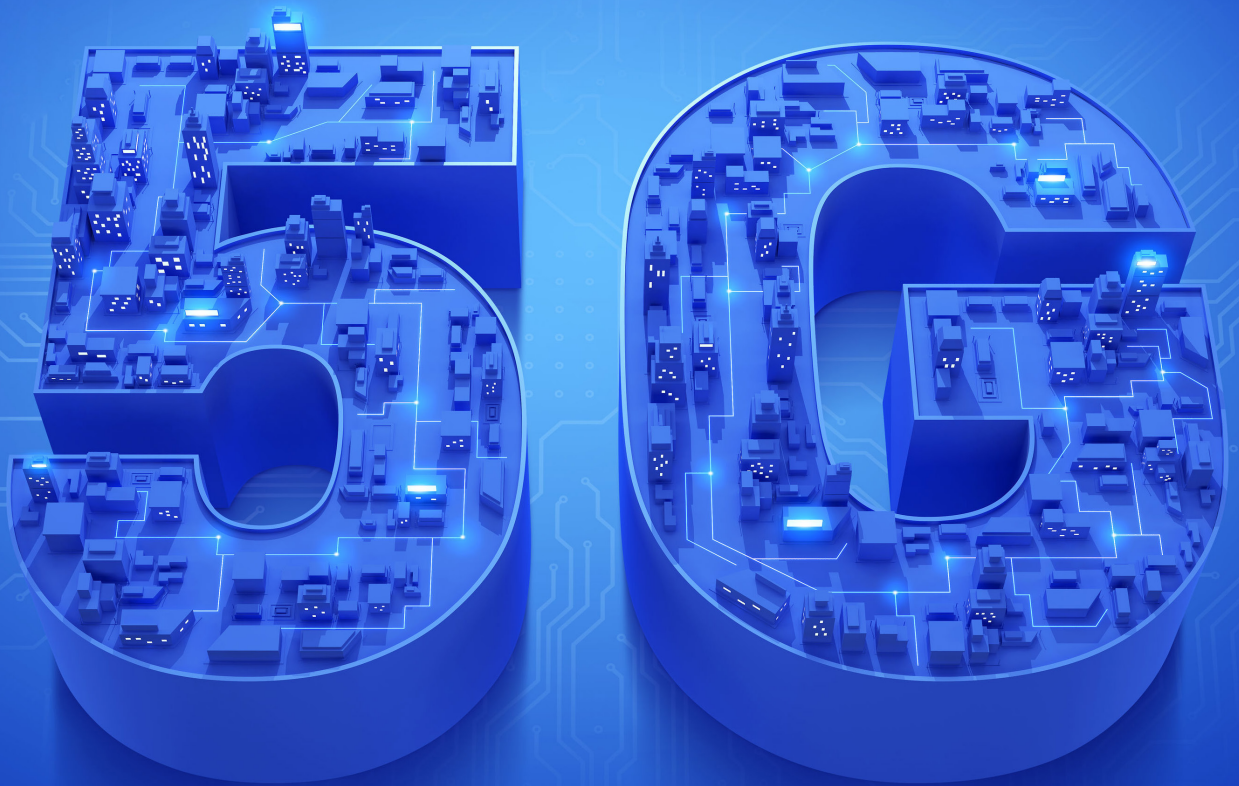
12 表 3-2 不同隔离度下的跨楼层 - 双流实现四流的性能提升效果

概述

相比于 4G 等传统移动通信技术，5G 具有更高的带宽、更广的连接、更低的时延和更可靠的性能，能够实现万物互联，万物智联，为垂直行业和社会带来翻天覆地的变化，推动整个社会进入数字时代。

5G 使能数字化社会，网络覆盖是前提。据业界预测，5G 时代约 85% 的应用将发生在室内场景，室内覆盖作为 5G 业务的主战场，不仅是运营商核心竞争力之一，而且还是运营商管道增值的极佳切入点。

5G 室内覆盖需求具有业务类型多样化，部署场景多样化，网络指标需求差异化的特征，对室内覆盖网络提出更高要求。现有室内覆盖建设方案在面向 5G 演进存在种种局限性，面临新的挑战。本白皮书就 5G 室内覆盖建设目标，部署原则建议，如何优化现有室内覆盖方案面向 5G 演进，以及如何协同室内室外覆盖提升用户体验给出相应方法和策略，最后对未来 5G 室内覆盖技术发展趋势做了展望。



5G 室内覆盖的需求及现有方案局限性

5G 室内覆盖需求

业务类型多样化

按照应用场景不同，ITU-R 定义的 5G 应用三大业务类型，包括增强移动宽带 eMBB，海量机器类通信 mMTC 和超高可靠低时延通信 uRLLC，从人与人的连接拓展到万物互联，并渗透到超低时延和超可靠等关键任务的应用领域。其中每一大类都包含大量可能在室内发生的具体业务。

按照服务对象不同，5G 室内业务可分为移动互联网业务和移动物联网业务两大类，并且针对不同业务特点和性能指标要求，这两大类业务又可以进一步细分。

移动互联网	消息类	5G 消息
	交互类	增强现实 AR、云桌面、在线游戏
	会话类	高清视频会议、虚拟现实 VR、全景直播
	传输类	云存储
	流媒体类	4K、8K、8K (3D)
移动物联网	控制类	智能制造、远程医疗、智慧仓储等
	采集类	视频监控、智能家居、远程抄表等

表 2-1 5G 室内典型业务分类

部署场景多样化

5G 将逐步渗透到人们生活与工作的所有领域，因此室内部署场景具有多样化的特征。既有像交通枢纽，体育场馆，大型商场等空间开阔的高热场景，又有高端酒店，写字楼，学校宿舍等多隔断的场景。既有居

民楼等普通场景，又有地铁隧道等特殊场景。此外在万物智联的 5G 时代，运营商一方面依旧需要确保 C 端的基础收入，另一方面还需依托 5G 技术创新带来的新业务、新能力，助力 B 端客户引领行业突破，激发

行业创新，推进行业增值。5G 的 B 端市场存在大量应用场景和需求，如智能工厂，远程教育、远程医疗，仓储物流等，都需要高质量的室内覆盖来保障。

指标需求差异化

多样化的 5G 室内业务具有差异化指标需求，并对网络能力提出更高的要求。超高清视频、AR、VR 等 eMBB 类业务对速率要求高；智能制造、远程医疗等 uRLLC 类业务对网络可靠性和时延要求高；远程抄表、室内监控、智能家居等 mMTC 类业务，对网络容量及室内深度覆盖要求高。

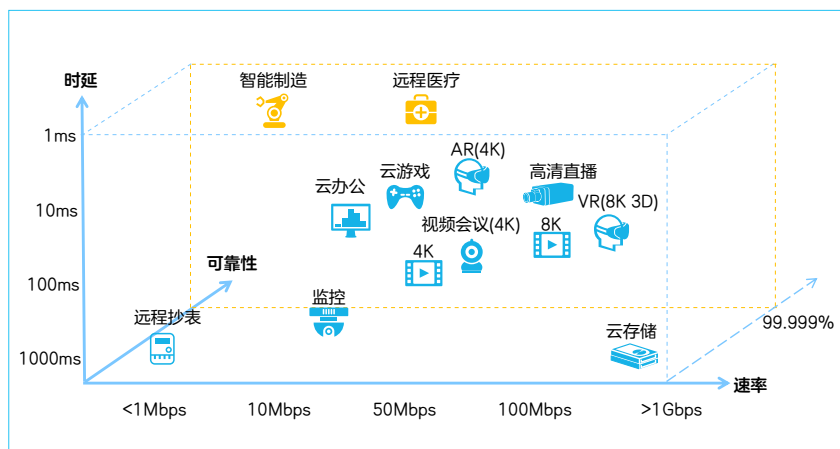


图 2-1 5G 室内典型业务差异化指标需求

现有室内覆盖的特点及面向 5G 演进的挑战

5G 时代室内作为各个应用场景发生的主要场所，如何实现室内 5G 网络的高效、经济、高质量的覆盖成为运营商最关注的问题之一。现有室内覆盖方案主要包括室外覆盖室内、传统无源 DAS、新型数字室分三种建设方式。不同的方案向 5G 演进面临各自不同的挑战。

室外基站覆盖室内

室外基站兼顾室内覆盖具有网络建设快，投资成本低等优点，成为网络建设初期较为普遍的室内覆盖的形式。室外覆盖室内主要适用于单层面积小，建筑材质容易被无线信号穿透的单体建筑。且覆盖质量的受限因素较多，包括建筑材质，建筑结构，频率高低，容量大小需求等，难以满足大型楼宇深度覆盖要求。

室外覆盖室内在面向 5G 演进面临新的挑战：

① 5G 频段的室内深度覆盖困难

5G 采用更高的频谱以获取更宽的频带资源，然而无线信号的传播特性是其频率越高在空间传播的空间损耗以及穿透建筑物材质的穿透损耗越高，将影响其对室内深度覆盖能力。根据传播模型测算，相同距离下：2.6GHz 比 1.8GHz 路径损耗高 4.5dB 左右；3.5GHz 比 2.6GHz 路径损耗高 2.5dB 左右。不同频段对建筑物材质的穿透损耗测试数据如下表所示。

类别	1800/2100MHz	2600MHz	3500MHz
砖墙穿透损耗 (dB)	10-15	11-18	12-20
混凝土墙穿透损耗 (dB)	20-30	22-32	25-35
石膏板墙穿透损耗 (dB)	8-12	9-14	10-15
普通玻璃墙穿透损耗 (dB)	2-5	4-6	5-8
薄木门穿透损耗 (dB)	3-5	5-7	5-8

表 2-2 不同频段建筑物材质穿透损耗测试数据

2 5G 宏站难以兼顾密集城区高楼覆盖

5G 宏站的 SSB 波束配置基本上决定了 5G NR 的基础覆盖。水平 7/8 波束是目前普遍采用的 SSB 多波束配置方案。其优势是水平能量聚焦的窄波束、多波束在水平方向上的扫描发送可以保障水平方向上的覆盖性能达到最优，基本上和波束赋形的窄波束 PDSCH 业务信道的覆盖相当，彻底解决了 4G LTE Massive MIMO 单个宽波束广播信道覆盖差于业务信道的问题。但该方案存在局限性：用尽了协议规定的全部波束数量，一次性消耗了后续优化空间；高层空间的 3D 立体覆盖能力较弱，限制了对高层楼宇室内覆盖的性能。



传统无源 DAS

传统的无源 DAS 是通过耦合器、功率分配器、合路器等无源器件对 RRU 的射频信号进行分路传输，经馈线将信号尽可能平均分配至分散安装在建筑物各个区域的每一副天线上，从而实现室内信号的均匀分布。

无源 DAS 室分系统具有庞大的存量市场，技术成熟度高，通过合路方式易于引入多频多制式及多运营商共享等优势。5G 时代如何利用旧有 DAS 以保护投资，用于中低容量覆盖场景，仍是运营商重点关注的问题。

传统无源 DAS 在面向 5G 演进面临新的挑战：

1 DAS 难以通过多路改造来满足 5G 更大容量需求

为了满足 5G 更大容量的需求，传统 DAS 系统改造方案需要在现有 DAS 系统上增加更多通道来实现网络容量的进一步扩展。然而实际建设过程中，首先由于 DAS 系统节点种类、器件数量较多，每新增一路通道都会带来成本及工程建设量的大幅增加；其次传统 DAS 方案中，为了确保 MIMO 性能，要求各通道尽量平衡，更进一步加大了 DAS 系统 5G 改造的难度；最后改造时需要协调大量的站点资源及布线通道，物业沟通非常困难。因为以上种种原因，要实现满足 5G 容量要求的多通道 DAS 系统部署，难度非常大。

2 5G 频段难以利旧现有 DAS 系统

- 已建现网的 DAS 无源器件如功分器、耦合器、合路器、天线等工作频段为 800M-2.7GHz，仅能支持 sub3G 频段，无法支持更高 sub6G 频段部署。
- 5G 高频信号的室内传播，除了要克服更高的空间损耗和室内隔断穿透损耗，还需要叠加更高的馈线传输损耗，如每百米 1/2" 馈线在 3.5G 频段的损耗达到 15dB 以上，相比于 1.8Ghz 高出 6dB，很难通过 4G 与 5G 高频直接合路达到同覆盖效果。

新型数字室分

新型数字室分采用基带单元 - 汇聚单元 - 射频单元三级架构：基带单元实现各种无线制式的协议栈，涵盖多种无线制式；汇聚单元通过 CPRI 接口与基带单元连接，将 IQ 数据分发至远端射频单元，同时对射频单元进行 PoE 供电；射频单元用一个 Pico RRU 支持多频多模，发射功率是毫瓦级别，可以靠近用户安装。

新型数字室分的具有以下众多优点，成为大容量，优体验的高价值区域首选方案：



网线替代馈线
部署容易



Pico RRU 集成多频多模，
支持高阶 MIMO 技术，
容量大



通过软件配置
灵活调整小区容量



全链路可监控
故障响应及时

室分方案的数字化是面向 5G 演进的趋势，但同时也面临较大的挑战：

1 网络性能高

5G 数字室分不仅仅是满足 2C 业务的需求，更是拓展到行业应用领域。部分行业应用如机器视觉对单用户上行速率以及单位面积的上下行容量有较高的要求，同时还有 99.999% 的高可靠性要求，带来新的网络能力的挑战。

2 投资成本高

5G 技术使用更大带宽，更多收发通道，为了提供更高速率体验，4T4R 已经成为 5G 的室内覆盖标准配置。此外为了充分利用宝贵的频谱资源，运营商希望支持更多频点和更多无线制式，如 NR+LTE+UMTS/GSM，这些需求都给新型数字室分的设备成本带来更大的挑战。

3 运维复杂度高

天线有源化是数字室分的特征之一，5G 数字室分的 Pico RRU 具有更高集成度和更高发射功率，大量有源设备的部署，对设备能耗管理带来更高的挑战。

虽然有源设备可管可控，然而 Pico RRU 数量多，部署分散的特点提升了运维复杂度。如何高效实现海量远端的管理，如何更精细进行网络性能监控和资源优化，如何快速定位到故障设备的具体位置，对运维提出更高挑战。

4 运营能力高

数字室分结合 5G 技术打造一张高性能的室内无线网络，但在面对多样化的 5G 业务需求，如何挖掘网络潜力，开放网络能力，扩展新业务，是 5G 室内网络运营必须面临的挑战。

面向 5G 演进的室内覆盖解决方案

5G 室内覆盖建设目标

业务应用多样化，部署场景多样化，指标需求差异化是 5G 室内覆盖的核心需求。5G 室内覆盖建设目标应该围绕网络，运维和业务三个方面去设计。



图 3-1 5G 室内覆盖建设目标

5G 室内覆盖部署原则建议

5G 室内覆盖的部署应结合业务需求及目标、场景特点、基站覆盖能力、工程实施难度、建设成本等因素综合考虑,合理选择室内覆盖建设方式,并考虑如下网络部署原则。

1 多频率分层组网原则:

5G 频点资源丰富,涵盖 6GHz 以下频段及毫米波频段,不同频段传播特性不同,带宽容量不一,对网络建设成本影响较大。建议 3GHz 以下频点用于物联网和基础容量覆盖,C-band 和毫米波用于 5G 大容量覆盖。

2 室内外协同建网原则:

在 5G 网络部署中,应充分发挥室外宏站的最大能力,实现对部分楼宇的 5G 室内浅层覆盖。对于有深度覆盖需求的楼宇采用专项室分建设方式。

3 分场景建设原则:

对于室分新建场景:大容量、高价值场景应该以配备 4T4R 能力的新型数字室分建设为主;普通容量场景应该更多考虑高性价比的方案。

对于室分改造场景:已部署 4G 新型数字室分区域优先升级改造支持 5G;已部署 DAS 区域,对于普通容量场景可以通过少量改造利旧支持 2.6GHz NR,但不建议进行多路改造。

4 分阶段部署原则:

从 5G 网络建设初期采用多种室内覆盖建设方式加快网络部署,逐步过渡到向室分数字化演进的远期目标。

5 多样化原则:

采取多样化室内覆盖解决方案满足不同场景的需求。一方面可以对现有室内覆盖方案进行优化,提升其 5G 演进能力;另一方面联合产业链积极探索新的室内覆盖方案。

宏微结合提升室外覆盖室内的能力

在 5G 网络建设初期,宏站规划需要兼顾附近建筑室内浅层覆盖的需求,让更多用户更快体验 5G 高速网络。对于新建 5G 的宏站推荐采用 64T64R 的宏 AAU 用于密集城区的建设。64T64R 宏 AAU 相对 32T32R 具有如下优势:波束赋形能力更强,深度覆盖能力更优;可以支持更多流数,容量更大;并且能够提供更多的垂直自由度,高层覆盖更好。

此外对于已建宏站无法通过优化来兼顾室内覆盖的建筑,可以新建基站进行专项覆盖,室外小基站通常是较为常用的专项覆盖的方式。

创新型立体覆盖提升宏站高层楼宇覆盖能力

在面对 CBD 这类高楼林立的密集城区场景，SSB 的覆盖不仅需要水平维度，还需要兼顾垂直维度，实现向全场景立体覆盖方案演进。

全场景立体覆盖方案，以 1 个功率增强的宽波束形成基础覆盖，并在时域上实现邻小区之间错开发送，达到与多波束基本相当的水平维度覆盖性能，同时按需配置 N 个垂直窄波束或宽波束，提升垂直覆盖率，大幅优化高层楼宇的覆盖性能。

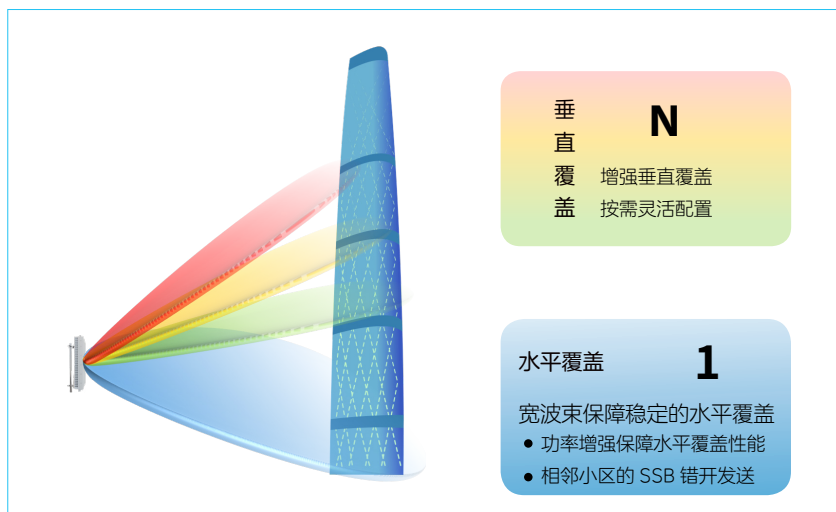


图 3-2 全场景立体覆盖方案示意图

全场景立体覆盖方案具备以下三个方面的优势：

1 在保证水平维度覆盖性能的基础上，增强垂直维度覆盖能力

1 个宽波束保证稳定的水平基础覆盖，同时结合场景自适应的功率增强，达到与水平多波束相当的覆盖性能。同时根据配置垂直维度上的 N 个可宽可窄的波束灵活匹配立体覆盖需求。

2 更精简的 SSB 波束配置，节省资源，降低功耗

相对于水平多波束，全场景立体覆盖方案的 SSB 波束配置数量有所减少，在不影响覆盖性能的基础上，降低了接入资源的开销占比，增加了可用业务信道资源；同时，SSB 波束的时隙占比降低，在轻载时段开启符号关断等节能功能时，可进一步降低设备能耗。

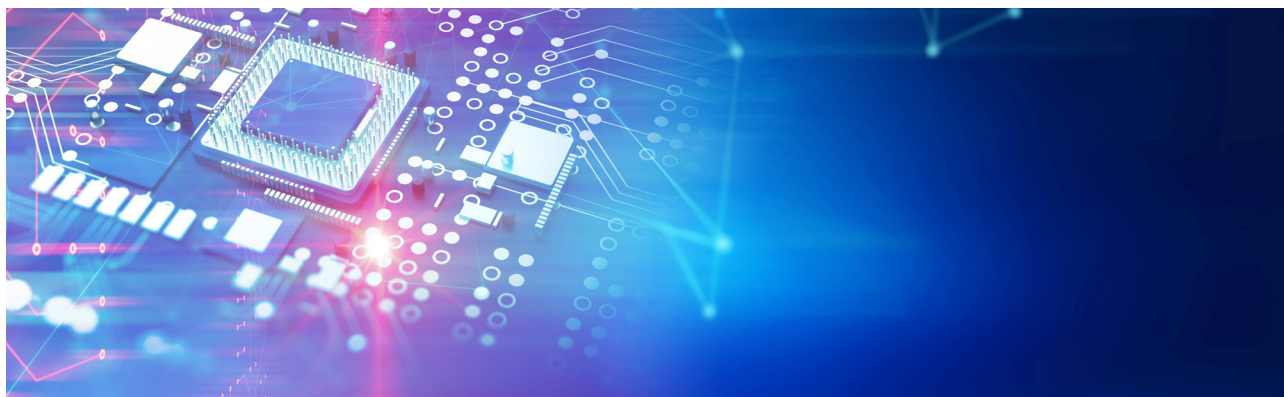
3 有效规避干扰

在时域上错开发送功率增强的单个宽波束 SSB，可有效解决服务小区与相邻干扰小区之间的 SSB 相互的干扰问题。

在国内某外场选取包括高层楼宇、室外路面以及连片组网等在内的多个场景，对全场景立体覆盖方案进行验证。验证结果表明，功率增强的水平宽波束“1”可达到与 8 波束基本相当的水平覆盖性能，灵活的“N”垂直波束配置将高楼覆盖率提升 30% 以上。相对水平 8 波束方案，该方案在高负荷网络条件下，接入容量提升 30%、业务容量提升 5%，在低负荷网络条件下可将设备能耗降低 10%。

5G 微基站渗透式专项覆盖

室外小基站具有站址易获取，外形易美化，部署便捷等优点，方便渗透到宏站覆盖难以兼顾的区域进行专项室内覆盖，如居民区及沿街商铺等。在 4G 时代室外小基站就发挥非常重要补充覆盖作用。5G 室外小基站从技术上可分为分布式的微 RRU，以及一体化的微基站；从外形看可以是适合街道安装的柱状，也可以是容易美化安装的板状。安装方式上需要灵活支持横装方式，通过将水平波瓣转为垂直使用来增强高楼层的覆盖效果。集成 4G 频段的双频 5G 室外小站在 NSA 网络中具有自带锚点快速部署的优点，在 SA 网络中具有 4/5G 共部署加强覆盖的优点，因此会得到更加普及应用。



多通道联合收发提升无源 DAS 容量

为了保护运营商投资，对于现网中的 DAS 资源，经过评估可以支持 2.6GHz 频段的应该尽可能进行利旧合路 2.6GHz NR 信源，或者通过 4G 重耕 5G 的方式实现 5G 快速覆盖，并通过多通道联合收发方案提升无源 DAS 容量。

多通道联合收发方案介绍

多通道联合收发方案解决了现网 DAS 难以增加多路馈线通道来提升系统容量的难题。多通道联合收发方案需要实现下面的关键技术。

1

利用一个或多个 RRU 的不同通道，把 DAS 分布式系统的多个收发节点联合起来构建一个更多维度的多天线收发系统。通过分布式多天线联合收发技术，突破传统 DAS 只能实现 1 流或者 2 流传输的限制，实现上 / 下行更多流 MIMO 传输，提升系统容量。

2

采用 5G 创新算法，减少 DAS 多通道间功率不平衡带来的负面影响，不再受限于 MIMO 技术对传统 DAS 系统严苛的物理链路均衡要求，实现多流效果。

DAS 多通道联合收发方案具有以下优点：不用改变传统 DAS 系统网络架构，规避了 5G DAS 系统改造工作量大、成本高、站点资源协调困难等问题；通过软件版本的部署即可快速实现单路 DAS 双流、双路 DAS 四流效果，极大提升了传统 DAS 网络的性能；同时该方案可以兼容现有 5G 2T4R 终端，对于终端没有任何限制。

多通道联合收发方案应用场景和容量提升效果

根据现有 DAS 的部署情况，多通道收发技术可以应用于以下三类典型场景：

1 跨楼层 - 双流实现四流：

现有 DAS 已部署双路，具备支持 2*2 MIMO 能力。此场景可以实现在上下楼层重叠覆盖区域组成支持 4*4 MIMO 网络。

2 跨楼层 - 单流实现双流：

现有 DAS 仅部署单路。此场景可以实现在上下楼层重叠覆盖区域组成支持 2*2 MIMO 网络。

3 同楼层 - 双流实现四流：

现有 DAS 有多个运营商分别部署双路，且可被用于共享。此场景可以实现在同楼层重叠覆盖区域组成支持 4*4 MIMO 网络。



图 3-3 DAS 多通道联合收发方案示意图及 3 种典型场景



现网实测结果显示，在对现网架构没有任何改动的前提下，多通道联合收发技术在各个场景下都取得了可观的增益：

应用场景	下楼层 / 同楼层性能提升			上楼层性能提升
	下行拉网速率	下行定点速率	SSB-RSRP	下行定点速率
跨楼层 - 双流实现四流	整体 15.67%	近点 38.86%	整体 1.5~3dB	近点 22%
跨楼层 - 单流实现双流	整体 72.03%	近点 84.33%	整体 2dB	近点 59.87%
同楼层 - 双流实现四流	整体 35%	近点 65%	整体 2dB	同楼层不适用

表 3-1 不同场景通过联合收发技术带来的性能提升

测试条件：频点 2.6Ghz，带宽 100Mhz

多通道收发技术的容量增益与楼层间隔度密切相关，实测结果显示，对于跨楼层 - 双流实现四流的场景，随着隔离度的增加，如表 3-2 所示，速率、RANK 增益逐渐下降。因此在 DAS 多通道联合技术的实际应用中，建议应用于楼层隔离度小于 30dB 的部署环境。

隔离度 (dB)	对应场景	性能提升		
		下行路测速率	下行定点速率	RANK
0	同楼层	40%	56%	97%
10	楼层隔断低穿损	23%	36%	59%
20	楼层隔断中穿损	15%	22%	52%
30	楼层隔断高穿损	无明显增益		

表 3-2 不同隔离度下的跨楼层 - 双流实现四流的性能提升效果

精细化新型数字室分方案建设高效网络

新型数字室分方案具有易部署，大容量，可管控等众多优点，可以更好满足未来业务的发展要求，成为 5G 室内覆盖方案必然选择。但在面对 5G 演进的性能、投资成本、运维、业务运营等诸多挑战，还需要通过精细化的方案来建设高效 5G 室内覆盖网络。

面向 5G 业务的高性能提升

新型数字室分可以考虑从下面几个方面去挖掘更多技术潜力，以较经济的代价去增强网络性能。

速率增强：

在标准配置的 4T4R 的组网下，不同 Pico RRU 的覆盖重叠区可以组成虚拟 8TR，支持 8 通道的下行数据发送，从而提升下行速率。

大连接，大容量：

充分利用数字室分多频段、多制式、弹性容量的特性，根据实际业务需求配置容量载波或者 IoT 载波。此外还可以进一步通过软件配置分裂成多个小区来提升空口容量和连接数。但要注意的是，分裂后多个小区之间的同频干扰也会增加，降低了小区分裂的增益，需要过基带算法来减少干扰。

低时延：

5G 技术设计关键指标之一就是低时延，并且可以通过无线算法从多维度进行优化。从网络架构设计上可以通过 MEC 或 UPF 下沉方式减少数据的实际传输距离，进而降低时延。

高可靠：

首先从网络规划设计上对关键区域可以实施冗余设计。利用数字室分分布式特性，对覆盖同个区域的 Pico RRU 通过不同光纤 / 网线的拓扑连接实现传输链路冗余；或者是在该区域部署多个 Pico RRU 实现同覆盖的冗余。其次数字室分可以实现端到端的管控，及时检测设备状态，减少故障发生率。最后数字室分还可以具有自愈的功能，当出现故障 Pico RRU 时，周围的设备可以通过降低小区带宽，提高发射功率的方法增加的覆盖半径，保障连续覆盖。

按需配置，共建共享，降低建网成本

① 细分场景，按需配置产品方案

Pico RRU 是新型数字室分主要的成本构成，数量越多，成本越高。影响 Pico RRU 成本的因素包括收发通道数和频段数，频段和通道数越多，成本越高。不同室内覆盖场景的容量需求差异大，导致对 Pico RRU 的频段和通道需求差异大，需要通过细分场景，按需配置相应产品和方案才能实现最精准的投资。

5G 室内场景根据容量需求可以划分为容量场景、体验场景和覆盖场景。

容量场景如交通枢纽、体育场馆等，此类场景对于网络速率 / 容量需求高，是优先保障和投资的场景，5G 室分网络应以三频 +4T4R 豪华型产品为主，以最大带宽和通道数提供最优体验。

体验场景如小型商场、医院等，对于网络速率 / 容量需求适中，可接受投资成本适中，5G 室分网络部署单频或者两频 +2T2R 的经济型产品为主，平衡体验和投资的经济性。

覆盖场景如办公楼、写字楼等，对容量需求低，内部隔断多，对部署成本敏感。此类场景建议采用有源 + 无源的混合方式，即将 Pico RRU 单元的多个通道通过馈线连接多个吸顶天线，并分布不到不同区域，克服隔断衰减，增大覆盖距离，减少 Pico RRU 的数量，实现性价比最优。

2 网络共享

5G 网络建设初期建网成本较高，共建共享方式具有更多好处：

通过共建共享，多运营商分担网络建设成本，加快 5G 网络部署。

室分建设物业协调难度大，同一个布点多套设备部署影响美观度，导致进场困难，因此通过共建共享仅部署一套室分较易被物业接受。

多运营商通过共享频谱资源可以增加频谱带宽，提升用户体验。

新型数字室分需要具备以下几个方面能力来应对共建共享的挑战：

超宽带宽：

Pico RRU 支持 200MHz 甚至 300MHz 带宽，对应支持 2 个 100MHz NR 小区或 3 个 100MHz NR 小区，便于运营商采用独立载波方式的共享；

高发射功率：

5G 的频率高传播损耗大，同时带宽更宽，需要更高发射功率才能保证覆盖质量。同时多运营商独立载波共享方式，要求每个载波都需要分配功率，因此也需要总发射功率更大。

高集成度：

单个 Pico RRU 集成 3/4/5G 多频多模，减少部署数量，容易被物业接受。但是集成 3/4G 频点共享也需要增加相应带宽和发射功率，对设备集成度带来挑战。

管理可视化，节能智能化，提高运维效率

1 精准可视化运维

数字室分的 Pico RRU 在室内密集部署，对网络运维提出了更精细化的要求：

故障定位精细化：

新型数字室分设备的可视化管理一般是通过网管显示各有源设备运行状态并进行管理和控制。但是对于大量分布在建筑物内并可能隐藏于天花板内的 Pico RRU，难以准确快速定位故障设备的位置信息，影响故障排除速度。因此可视化管理应该能够基于设计院 CAD 施工图直接生成 2/3D 建筑物模型，并按楼层直观展示 Pico RRU 的部署位置信息。

网络指标精细化：

新型数字室分通常会将多个 Pico RRU 的覆盖合并成一个小区，在满足网络规划容量同时减少小区数量，避免小区间干扰和切换。然而网络设备运维基于的性能指标统计数据粒度通常是小区级别，难以反映不同 Pico RRU 覆盖下的指标差异，因此可视化运维应该以 Pico RRU 单元为粒度生成性能数据，以此为依据给出针对性的网络优化建议。

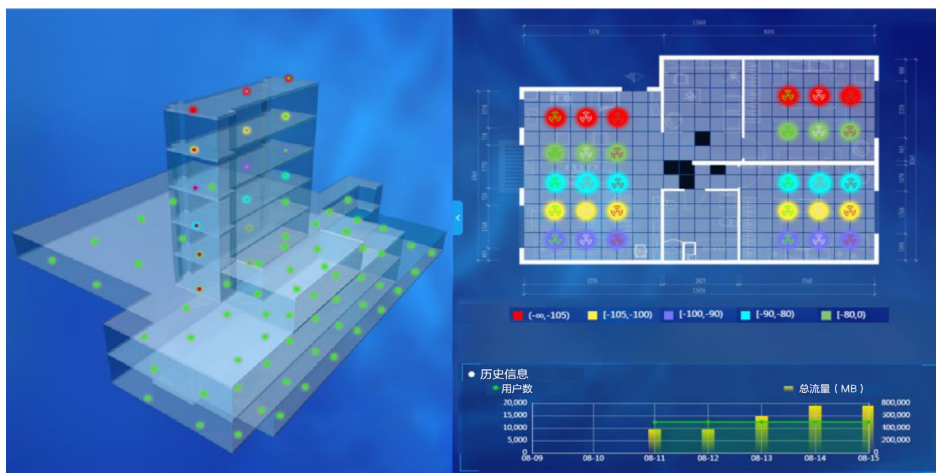


图 3-4 精准可视化运维

2 高效率 AI 节能

传统节能方式通常是根据话务需求进行分层分级关断相应设备资源：

<p>符号级关断：</p> <p>在没有数据发送的符号时隙关闭射频单元的功放；</p>	<p>通道级关断：</p> <p>小区低话务时，关闭射频单元的部分通道，比如 4TR 射频单元关闭 2 通道，只用 2 通道收发数据；</p>	<p>小区级关断：</p> <p>定义网络覆盖层和容量层，低话务期间关闭容量层小区；</p>	<p>设备级关断：</p> <p>在无话务的时间段，将射频单元下电或进行深度休眠。</p>
--	--	---	--

传统的节能方式因为无法精准定制差异化配置极大影响节能效果。AI 节能方案借助 AI 和大数据技术，可以在保证网络 KPI 的基础上，使节能效果最大化，实现能耗与性能的最佳平衡。

<p>场景特征自学习：</p> <p>根据网络拓扑和历史性能数据归纳小区场景特征，基于特征预测未来各时段的话务量；</p>	<p>节能参数自配置：</p> <p>基于场景特征与话务预测自动编排各种节能策略，同时自动配置各种策略的节能参数；</p>	<p>节能效果自优化：</p> <p>节能策略实施后，根据 MR, KPI, 用户感知等数据综合评价节能实施后的效果，自动对节能参数进行优化调整。平衡网络性能和节能效果最大化。</p>
--	--	---

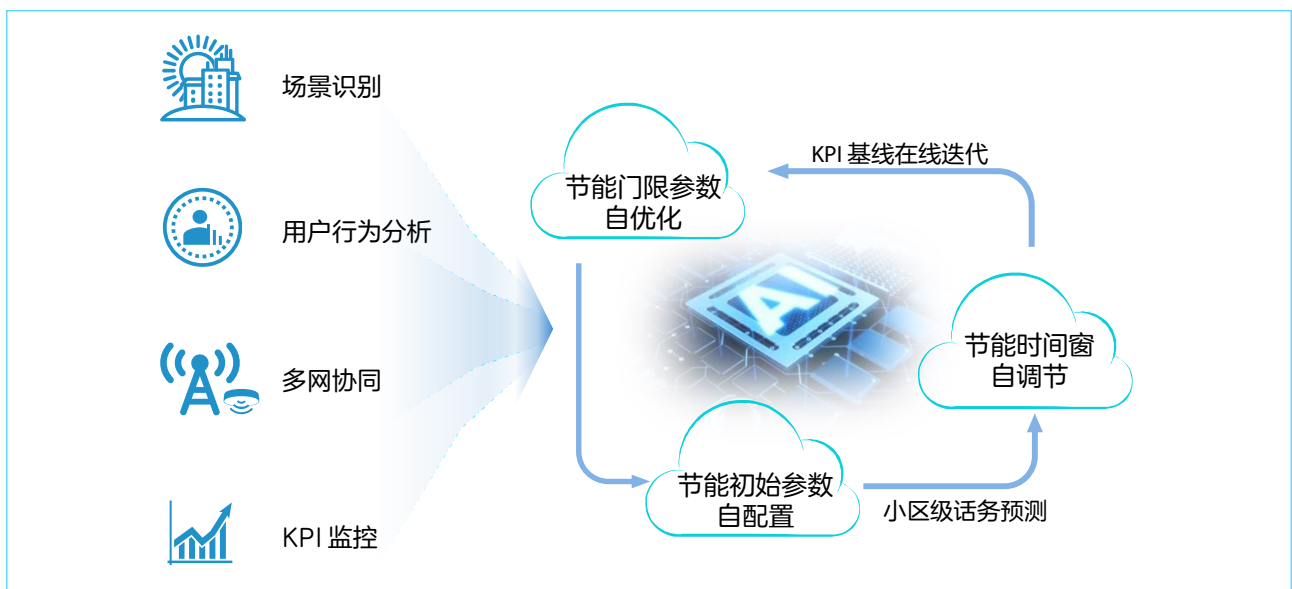


图 3-5 AI 节能策略

MEC 提升新型数字室分业务运营能力

新型数字室分结合 MEC 移动边缘计算能力，可以进一步优化业务体验，使能增值业务，开放网络能力，提供定制化的服务。

MEC 能够提供强大的交换、计算和存储能力，通过靠近新型数字室分部署，将内容和应用下沉到网络边缘，运算和交互直接发生在本地，既减少了对回传网络带宽压力，又降低了网络传输和多级业务转发的时延，优化了业务体验。同时 MEC 还可以帮助运营商开放无线网络能力，和应用服务商一起加入本地化应用的开发、集成和部署，提供更多定制化的服务。

借助于 MEC 的算力和开放的平台接口，新型数字室分可以提供较高精度的室内定位信息，并开放给第三方，从而可以发展出基于室内位置信息的室内导航，客流热力图，广告精准推送，精准营销等更多增值业务。

5G 2B 的一个典型应用场景—园区应用场景以室内场景为主，包括商业综合体、体育场馆、传统制造园区、工业自动化园区等。这类场景的主要特点包括位置分散，需要快速部署，对部署成本敏感，网络性能要求高，企业客户希望数据不出园区等。对于此类场景推荐嵌入式的 MEC 方案，即新型数字室分的 BBU 集成 MEC 功能，形成以基站为单位的，快速、便利的包含本地分流以及其他 MEC 基础业务，如 Edge QoS、定位服务以及本地通等的方案，满足诸如 AR、VR 体验、工业自动化、AGV 运输等园区 2B、2C 不同业务的需求。

室内外协同优化，提升室内覆盖的质量

在 5G 网络建设初期，由于运营商获取的 5G 频点资源有限，通常采用室内外同频组网方案，不可避免引入同频干扰，包括室内外公共控制信道上的干扰，以及业务信道的干扰，都会综合作用导致网络覆盖性能和用户业务体验的下降，因此还需要通过室内外协同组网方案来提高室内覆盖质量。

室内外协同组网方案应该从规划阶段开始进行精细化网络规划，在设备开通后进行相应的参数优化，从而避免新增投资和额外的工程投入。室内外协同组网方案可以从网络规划设计评估、干扰被动规避、干扰主动互相协同等多个角度去设计。

- 首先，研究隔离度作为网络规划设计的参考，即研究室内外小区不同信号隔离度下对业务性能的影响作为同频组网的指导。范围包括室内边缘 RSRP 信号高于室外：-3dB、0dB、3dB、5dB、10dB、15dB 不同门限场景下的室分 UE 定点性能对比，可为室内覆盖信号设计和室内覆盖优化要求提供参考，同时有助于输出典型场景下外场参数配置指导建议。
- 其次，从干扰被动规避角度，受扰侧采用波束管理配置来规避公共控制信道对业务信道上的干扰，包括广播信道 SSB、测量信道 CSI-RS 管理配置。以 SSB 配置为例，Massive MIMO 宏站小区普遍使用 7/8 水平多波束扫描广播方案，但是现有的室内分布系统无论是新型数字室分还是传统 DAS 室分系统，都是单波束发送的方案，室内外基站 SSB 波束的不对齐势必会带来干扰。因此，可以将室分系统的广播波束配置（包括 SSB 波束个数及偏移等）与宏站完全对齐，降低宏小区 SSB 多波束对室分小区业务的干扰。
- 最后，从干扰协同角度出发，邻区间业务信道 PRB 随机化被证明是业务信道抗干扰的有效手段。PRB 随机化基本原理是根据不同的小区划分不同的 RB 分配起始位置，每个小区根据当前时刻的小区类型，选择一种固定的 RB 分配起始顺序。当小区 RB 占用率不高时候，不同类型的小区间频域资源能够错开，从而达到降低干扰、提升吞吐量的目的。另外，室内外进行多波束动态协同，即根据 Xn 接口交互的波束测量信息，来采取相应策略，也是一种主动缓解干扰的有效手段。

未来展望

在现有的 5G 室内覆盖方案基础上，预期未来 5G 室内组网技术将持续发展，主要的方向包括：精确适配多样性的 5G 终端、满足不同场景个性化业务需求、设备多频化和高频化、异构网络融合等。

精确适配多样性的 5G 终端

5G 智能手机和泛终端将广泛发展，可以预见大部分的 5G 新型终端的新业务将在室内发生，室内覆盖是 5G 深度覆盖和容量吸收的重要手段。XR 终端、可穿戴设备、人工智能装备、物联网哑终端等大量接入 5G 室内网络，他们对网络容量、带宽、实时性、可靠性、待机功耗等都有着差异化的需求，这都依赖于更灵活的 5G 室内网络功能来支撑和满足。

满足不同场景个性化业务需求

5G 室内网络不仅要满足覆盖、容量的需求，还要满足不同室内环境下网络对复杂场景下的个性化业务需求。如在校园场景需要更高的频率效率提高网络容量；在购物中心需要网络提供大数据分析能力，洞察用户访问和消费行为；在文体场馆网络需要满足业务潮汐效应实现资源的灵活分配和节能；而在智慧工厂满足视觉应用上行大带宽的同时，还要提供低功耗、高密度的传感器接入以及室内资产定位等功能。

多频化和高频化

Sub6G

目前运营商普遍选择 Sub6G 作为 5G 覆盖的主力频段以满足更高效的覆盖，未来随着 2/3/4G 的退网，更多频点将直接重耕到 5G，为运营商提供更多的容量的保障。

毫米波

随着 5G 终端渗透率的提高，毫米波产业的成熟，在大型体育场馆、会展中心、演唱会等热点场景可以通过增加部署毫米波网络，满足大容量、大带宽的需求。另外毫米波也适用于 FWA(Fixed Wireless Access)、IAB(Integrated Access Backhaul) 等 5G 组网场景。

特殊频段

在行业专网高上行带宽的特殊场景下，采用异频和特殊的帧结构，提供上行大带宽的需求。比如可以在工厂、地下隧道等特定区域使用如 4.9G 频谱 1D3U 的帧结构。满足高清视频类回传需求，同时避免对公网的干扰。

非授权和专用

频率美国联邦通信委员会 (FCC) 近日通过了新规定，宣布将 6GHz 频段 (5.925-7.125 GHz) 上的 1200MHz 频谱作为非授权频谱使用。欧洲 5G 工业园专为工业应用而预留的 5G 频段 (3.7GHz-3.8GHz)。未来越来越多的家庭和企业私有无线网络将利用 WiFi6 或者 NR-U 技术部署于这些专用的非授权频率。

异构网络融合

未来的室内网络将是 4G、5G、WiFi 多频异构共存的融合架构，甚至会与 UWB 或者 BT、RFID、Zigbee 等非 3GPP 无线技术融合组网，满足室内定位、工业物联等业务场景需求。

总结

5G 网络将赋能各行各业，推动全社会数字化转型，室内覆盖将是 5G 时代的关键战场。面对 5G 室内覆盖多样化业务，多样化部署场景，差异化网络指标，更高网络能力的需求，现有的室内覆盖解决方案需要进行面向 5G 的演进和优化。

5G 室内覆盖建设目标应该围绕网络，运维和业务三个方面去设计。5G 室内覆盖的建设应该综合目标、需求、成本等多方面因素，通过多频率分层组网，室内室外协同组网，分场景分阶段，采用多种解决方案来建设高效、经济、高质量的室内覆盖网络。针对现有不同室内覆盖解决方案的特点，可以采用不同方法来优化。对于室外覆盖室内的建网方式，可以通过宏微结合来提升室内覆盖能力：采用创新型立体覆盖方案提升宏站高层覆盖能力；采用多样化的小基站实现专项覆盖。对于传统 DAS 的利旧，可以通过多通道联合收发技术来提升容量。对于新型数字室分，通过精细化新型数字室分方案来提升网络性能，降低建设成本，提高运维效率，开放业务能力，从而实现高效 5G 室内网络建设。最后还需要通过室内室外网络协同来提升网络覆盖质量。未来 5G 室内网络技术的发展需要精确适配多样性的 5G 终端，满足不同场景个性化业务需求，支持多频化和高频化，实现异构网络融合组网。

缩略语

缩略语	英文全称	中文全称
AAU	Active Antenna Unit	有源天线单元
AI	Artificial Intelligence	人工智能
AGV	Automated Guided Vehicle	自动导引运输车
AR	Augmented Reality	增强现实
BT	Bluetooth	蓝牙
CPRI	Common Public Radio Interface	通用公共无线电接口
CSI-RS	Channel State Information Reference Signal	信道状态信息参考信号
eMBB	Enhanced Mobile Broad Band	增强移动宽带
MEC	Mobile Edge Computing	移动边缘计算
mMTC	Massive Machine Type Communication	海量机器类通信
MR	Measurement Report	测量报告
URLLC	Ultra-Reliable and Low latency Communication	超高可靠低时延通信
PDSCH	Physical Downlink Shared Channel	物理下行链路共享信道
PoE	Power over Ethernet	以太网供电
PRB	Physical Resource Block	物理资源块
RB	Resource Block	资源块
RFID	Radio Frequency Identification	射频识别
RSRP	Reference Signal Received Power	参考信号接收功率
SSB	Synchronization Signal and PBCH block	同步信号和 PBCH 块
VR	Virtual Reality	虚拟现实
UPF	User Plane Function	用户平面功能
UWB	Ultra Wideband	使用超宽频段的短距离超高速无线通讯技术