

面向 5G 的 C-RAN 规划研究

李盛善¹ 吴培玺¹ 周占鹏¹ 董添顺¹

(¹中国移动通信集团青海有限公司, 青海省西宁市
城东区昆仑东路 48 号 邮编: 810000)

摘要: 随着网络用户及 MBB 业务快速增长促进站点加密, 超密组网现状导致干扰日益严重, 频谱资源共享困难, 交互时延大。本文通过研究 C-RAN 规划, 进行 C-RAN 试点部署, 实验表明 C-RAN 可以提升站间协同, 提升网络性能和用户体验。此外, 站址的加密建设, 面临站址获取难, 传输消耗大, 成本高三大难题。部署 C-RAN 可减少机房, 降低 CAPEX (资本性支出) 70%, 同时节约运维成本 15%~35%。

关键字: 5G (NR), C-RAN, 5G 规划

作者简介: 李盛善, 硕士, 中级工程师, 研究方向: 无线网络规划、人工智能、新能源, 联系电话: 13709759682, 邮箱: 13709759682@139.com

1. 简介

面对移动互联网的快速发展和物联网业务的快速增长，传统通信网络却处于进退两难尴尬境地：一方面，为了应对爆发式增长的数据流量，需要加大网络基础设施建设，这不仅耗费大量的投资成本，同时也造成包括无线机房、无线设备、传输设备、后备电源、空调等设备重复投资和能源消耗问题；另一方面，网络的扩容，数据流量增长并没有给运营商带来成比例收入回报，实际收入增长缓慢。同时，以高清视频、网购、VR/AR、网联无人机等为代表的新型互联网业务均需更低的网络时延从而确保更好的用户体验，这类业务单纯提升速率亦不足以在各种场景满足低时延要求，还必须将内容进一步下沉至边缘网络。

此外，面临 OTT 行业的不断冲击，运营商在与互联网企业竞争中逐渐被管道化，因此，探索业务运营的新手段，最大化无线网络运营价值越为迫切。与此同时，很多垂直行业客户对有效的、安全的和低时延的无线接入网络有强烈需求，面向垂直行业（诸如工业互联网、车联网、企业网等）提供无线网络接入服务、甚至提供特色应用服务，是运营商需要探索的新蓝海业务。

再者，5G 无线网需同时满足多类业务的接入需求，面向 5G 应用场景，需要提前进行组网架构、业务应用布局，拓展已有商业模式，拓展业务模式支持垂直行业应用场景的接入需求。

综上所述，为了保持移动市场的持续盈利和长期增长，必须寻找一种更低成本，满足垂直行业应用部署需求，满足 5G 演进及新业务拓展需求，从而提升网络运营价值、为用户提供无线业务的方法。

为满足垂直行业应用部署的需求，MEC（移动边缘计算）应运而生。MEC 实现了无线网络和互联网两大技术有效融合，可利用无线接入网络就近提供电信用户 IT 所需服务和云端计算功能，而创造出一个具备高性能、低延迟与高带宽的电信级服务环境，加速网络中各项内容、服务及应用的快速下载，让消费者享有不间断的高质量网络体验。因此，兼顾业务时延和计算能力需求，构建 MEC 核心能力，分场景灵活部署 MEC 正是拓展新业务模式，提升产业价值的重要的解决方案。

C-RAN 是基于集中化处理(Centralized Processing), 协作式无线电(Collaborative Radio)和实时云计算构架(Real-time Cloud Infrastructure)的绿色无线接入网构架(Clean system)。集中式如图 1 所示。

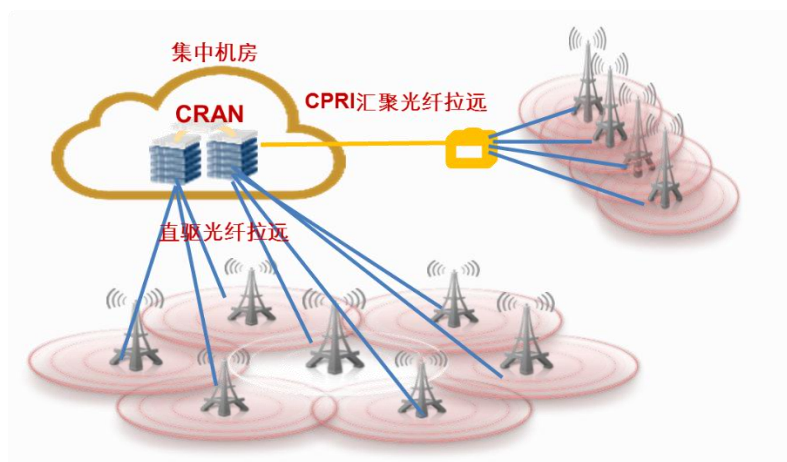


图 1：集中式建网方式

C-RAN 作为面向未来 5G 接入网的关键架构，通过在虚拟化、集中化、可编排等方面的突破性创新，不仅有利于实现 MEC 下沉部署的需求，而且可支持多样的 5G 业务应用，以及灵活、自动化的运维管理需求；另一方面，通过采用 BBU 集中化模式，不仅可以有效减少基站机房数量，降低能耗，提升站点主设备及配套资源利用效率，而且有利于协作化、虚拟化技术的部署实施，实现资源协作，提高频谱效率，以达到低成本，高带宽和灵活度的运营方式^[1]。

考虑到 C-RAN 具有降低成本、改善性能、面向演进、满足新业务部署的优势，为积极支撑公司业务发展，因此，研究 C-RAN 在 5G 中应用具有重要的意义。

2. 组网拓扑

2.1 组网架构

C-RAN 网络架构是基带部分集中并互联，射频部分拉远，在 C-RAN 机房中集中化所有基站的数字信号处理单元，包括物理层基带处理、高层协议处理、主控及时钟等，同时基带和主控可在内部进行互联和数据交换，然后通过高速光纤接口连接分布式的远端射频单元，每个 BBU 池集中的物理站址数建议不超过 20 个(包含宏站和微站)。C-RAN 网络架构具有两个主要特征：BBU 集中化和 BBU 协作化^[2]，如图 2 所示。

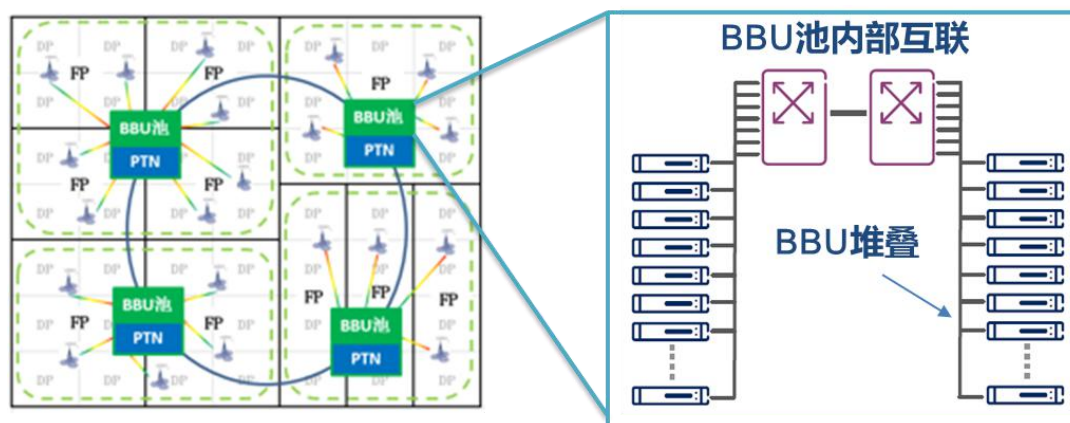


图 2: C-RAN 组网架构示意图

2.2 C-RAN 配置原则

原则上，满足光缆、动力、传输设备等要求的基站、节点机房均可作为 C-RAN 的集中机房。考虑后期的各类宽带、集客等业务的统一接入需求，以及避免过多的传输光缆纤芯资源浪费，C-RAN 集中机房优选基站机房。

(1) 机房可使用面积不小于 0.8 平方米，至少够放置 1 台 C-RAN 机架，并预留一定的操作空间；对于需新增开关电源或电池的，机房可使用面积要求应按开关电源 1 台（0.8 平方米）和蓄电池 2 组（铅酸电池约 3 平方米，磷酸铁锂电池约 2 平方米）的标准增加计算。

(2) 考虑机房的稳定性，C-RAN 集中机房原则上要求采用自有机房（非铁塔公司机房），且优选合同期限较长、物业评价和合同可续签性相对较好的机房。

(3) 基站机房作为 C-RAN 集中点的情况下，建议承载的 BBU 数量不超过 10 个。传输节点机房虽然可提供的空间及电源容量更大，但考虑到网络安全以及节点机房拉远带来的更多的纤芯资源浪费，建议集中的 BBU 也不应超过 10 个。

(4) 为避免因光缆中断导致过多数量的 RRU 同时退服，C-RAN 机房的光缆出局路

由应尽量丰富，至少具备 2 条。机房的光缆出局红线内同路由不能超过 300m，红线外严格双路由。

(5) C-RAN 集中机房应满足以下电源配套要求：

新增 1 套 600A 开关电源系统，配置不少于 10 个 50A 整流模块，新建电源系统建议作为 C-RAN 专用，取消一二次下电功能。

蓄电池后备电池时长不小于 7 小时，应配置 600AH 蓄电池组 2 组，优先使用铅酸蓄电池，如采用磷酸铁锂电池，单组电池容量不超过 200AH(4 节 50AH 电池并联组成)；机房内铁锂电池最多不能超过 800AH；每个单体电池均需配置监控级联专用模块；每个站点均需配置铁锂电池总控制器。

为确保基站机房温度不大于 28℃，最低配置 2 台 5P 空调（如根据功耗和面积计算法计算所需空凋制冷量大于 2 台 5P 空凋制冷量应增配空凋）。

传输设备如接入其他电源系统，其所在电源系统蓄电池后备时长配置应不低于 C-RAN 系统后备时长。不满足时需要同步建设至满足条件方可开通运行^[3]。

3. 传输方案

C-RAN 由于 BBU 的大量集中，所以对 CPRI 传输光纤的数量要求较高，光纤资源决定了 BBU 的集中规模，应根据实际需求选择合理的前传方案，RRU 拉远对前传光纤的需求大，可以通过引入前传增强技术（如无源彩光或 CPRI 汇聚方案）减少对站点光纤资源需求。具体前传组网时，有四类前传解决方案可选，且不可同时选择^[4-6]：

(1) 光纤直驱：只在光纤资源足够丰富的情况下使用此方案。BBU 和 RRU 之间采用光纤进行点对点传输，是传统分布式基站的典型承载方式。施工简单，但会快速消耗现有的光纤资源，同时也带来建设成本的增加。

(2) 无源彩光：当前传光路需经全业务光缆网承载时，均应采用无源波分；应根据不同站型的前传光纤需求，选择 6 波~18 波的无源彩光设备；在城区应配置点对点的无源波分，在高铁、高速红线内应配置点对多点的无源彩光。

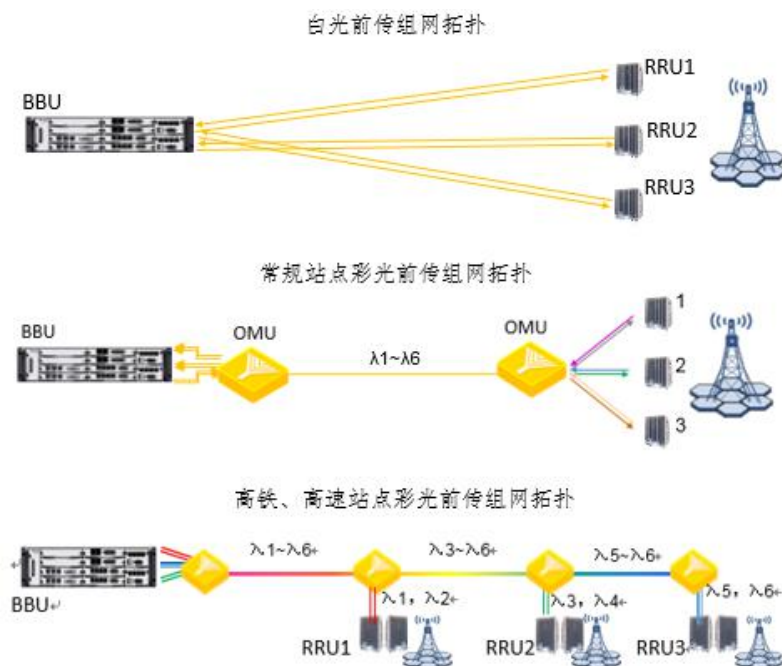


图 3：无源彩光前传拓扑示意图

(3) CPRI 汇聚：当天面 RRU 为同厂商（当前仅有华为）时，可采用 CPRI 汇聚方案，

在天面上与 RRU 共部署一个室外型 CPRI 汇聚设备，最大支持 12 个 RRU 的汇聚；与无源彩光方案的应用场景类似。CPRI 汇聚设备的网络管理功能由 OMC 升级实现，需要更新告警码的解析数据库。

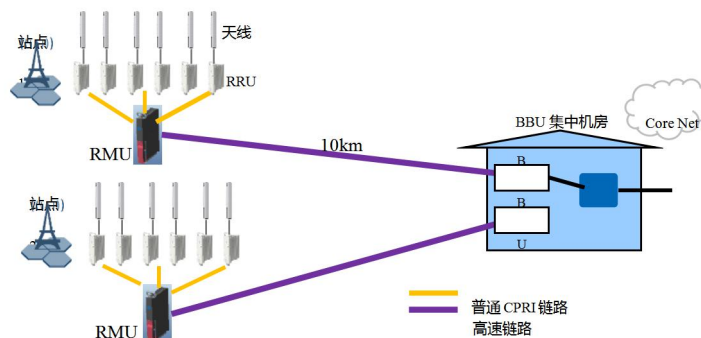


图 4：RRU 汇聚前传拓扑示意图

(4) 有源小型化 OTN：当前传光路需经全业务光缆网承载时，可采用有源小型化 OTN 方案；应根据不同站型的前传光纤需求，选择 3 路~15 路汇聚型的有源小型化 OTN；在城区应配置点对点的有源小型化 OTN，在高铁、高速红线内应配置点对多点的有源小型化 OTN。

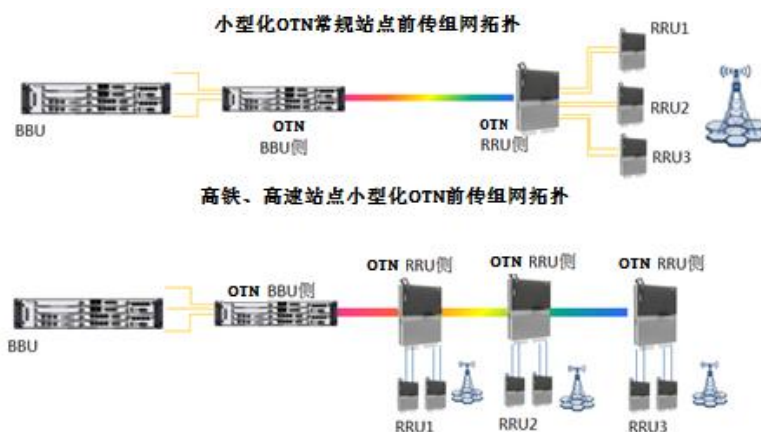


图 5：小型化 OTN 前传拓扑示意图

由于无源彩光、CPRI 汇聚、有源小型化 OTN 三类方案的应用场景类似，表 1 详细比较下各方案的应用场景差别和特征。

组网方案	成本分析	运维难度	场景特征
光纤直驱	低，无额外设备引入	中	1、尾纤直驱
无源彩光	中，引入额外无源设备	中	1、全业务光缆网
CPRI 汇聚	中，引入额外无线汇聚有源设备	易	1、全业务光缆网 2、运维要求高
有源小型化 OTN	高，引入额外传输有源设备	易	1、全业务光缆网 2、传输/无线运维界面清晰

表 1：前传方案比较

4. 试点实验结果

测试环境：以城区连续覆盖区域的 LTE-TDD 站点为例，该区域是 LTE 话务、流量的热点区域，区域内基站密度大重叠覆盖度高，存在较多高负荷小区，目前覆盖区域的宏站小区 58 个，室分小区 78 个，日均总流量 2000G。覆盖区域受周个边基站影响很小，机房距离较近、传输不需新增，方便施工整改至一个大的综合机房。结合地理分布及覆盖情况，本次对 4 个 F 频站点，进行 C-RAN 试点组网，如表 2 所示。

试点基站数	BBU	基带板数	RRU 数	高负荷小区数	平均重叠覆盖度
4	5	4	11	6	12.58

表 2 C-RAN 试点配置

方案实施后，试点区域网络承载能力提升、负荷压力下降、上行速率提升。小区边缘用户数占比有较明显增加，增幅约 3%。区域整体上行流量上涨 10.06%，开启 ULCoMP 后上行 PRB 平均利用率下降 5.75%。CQI 优占比无明显变化，在相同空口环境变化的情况下上行平均 MCS，在开启 ULCoMP 后，上行 MCS 平均值提升 5.96%。小区上行平均速率开启前后少量提升，约提升 0.65%。上行每 PRB 平均吞吐量增益为 12.10%。VOLTE 指标 QCI=1 语音编码在整体区域内，上行 16QAM 编码提升 2%。

5. 结论

本文介绍了 C-RAN 在 5G 应用中的重要性，C-RAN 规划的基本原则及传输方式。通过 C-RAN 试点，部署 C-RAN 可减少基站机房数量，减少能耗，采用协作化、虚拟化技术，实现资源协作，提高频谱效率，以达到低成本，高带宽和灵活度的运营方式。C-RAN 可以实现配套资源共享，如 GPS、传输等配套资源，在 C-RAN 可以共享；RRU 侧无需新建站点或租赁机房，从而大大减少机房数量，降低配套资源的投资。对于容量扩容只需在中心机房插入基带板即可完成，对于新增站点覆盖也只需将 RRU 室外安装至覆盖点，通过光缆网络就近接入 BBU 所在中心机房，缩短建网周期，节省开支。C-RAN 部署方式提高设备利用率，降低设备能耗，节省空调能耗。从而达到节能减排的目标。

6. 参考文献

- [1] 罗新军,徐舜尧.基于 TD-LTE 的 C-RAN 传输解决方案[J].通信电源技术,2019,36(05):181-183.
- [2] 崔鸣,黄坤,牛春,汤旭辉.C-RAN 传输解决方案浅析[J].信息通信,2019(05):213-216.
- [3] 肖建云 .C-RAN 下的 5G 无线接入网架构分析与研究 [J]. 数字通信世界,2019(05):111-112.
- [4] 廖世强.基于 C-RAN 的 5G 无线接入网架构[J].计算机产品与流通,2019(03):150.
- [5] 叶升.面向 C-RAN 的传输网络本地化规划建设[J].电子技术与软件工程,2019(06):19.
- [6] 王祖阳,杨传祥,张进,张国栋.5G 无线网技术特征及部署应对策略分析[J].电信科学,2018,34(S1):9-16.

C-RAN planning research for 5G

Shengshan Li¹ Peixi Wu¹ Zhanpeng Zhou¹ Tianshun Dong¹

(¹China Mobile Communications Group Qinghai Co., Ltd. xining city, qinghai province48 kunlun east road, chengdong district 810000)

Abstract: With the rapid growth of network users and MBB services, site encryption is promoted. The current situation of ultra-dense networking leads to increasingly serious interference, difficulty in spectrum resource sharing and large interaction delay. This paper studies the C-RAN planning and carries out the C-RAN pilot deployment. The experiment shows that C-RAN can improve the inter-station collaboration, network performance and user experience. In addition, the construction of site encryption is confronted with three difficult problems: difficult access to site, high transmission consumption and high cost. Deployment of C-RAN can reduce the computer room, CAPEX (capital expenditure) by 70%, while saving operation and maintenance costs by 15%-35%.

Key words: 5G (NR), C-RAN, 5G planning.