



专栏：5G 助力转型

5G 试验规模组网策略及网络建设方案

王楚锋, 丁远

(中通服咨询设计研究院有限公司, 江苏 南京 210019)

摘要: 国内 3 家电信运营商 5G 试验网频段已确定, 5G 运营牌照也已发布, 试验规模组网即将全面展开。阐述了 5G 试验规模组网的总体部署策略, 分别从无线网、承载网、核心网方面阐述了不同专业的网络建设思路及方案。

关键词: 5G; 规模组网; SA/NSA; CU/DU

中图分类号: TN911

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2019149

5G scale networking strategy and network construction solution

WANG Chufeng, DING Yuan

China Information Consulting & Designing Institute Co., Ltd., Nanjing 210019, China

Abstract: Three telecom operators in China have issued the frequency bands of 5G trial network, the 5G operation license will be released soon, and the trial scale networking will be launched. The overall deployment strategy of 5G trial networking was expounded, and the network construction ideas and solutions of different professions were elaborated from the aspects of wireless network, bearer network and core network respectively.

Key words: 5G, scale networking, SA/NSA, CU/DU

1 概述

第五代(5G)移动通信技术作为新一代宽带移动通信, 将以全新的网络架构、10 倍以上于 4G 的峰值速率、毫秒级的传输时延和千亿级的连接能力, 开启万物广泛互联、人机深度交互的新时代。2018 年 12 月 6 日工业和信息化部正式发放了三大运营商全国范围内的 5G 中低频段试验频率(中国联通和中国电信采用 3.5 GHz, 中国移动采用 2.6 GHz 和

4.9 GHz), 三大运营商 5G 大规模的试验组网将提上日程, 为 2020 年正式商用做全方位的准备^[1]。基于 3.5 GHz 组网的 5G 设备、外场测试、组网测试都已较为成熟, 而 2.6 GHz 测试及组网则是一个值得研究的方向, 因此本文重点阐述中国移动的 5G 规模组网的策略和研究方案, 另两家运营商亦可参照借鉴。

2 总体部署策略

面对 5G 场景和技术需求, 需要选择合适的网

收稿日期: 2019-01-08; 修回日期: 2019-06-06



络演进策略和技术路线,以指导 5G 标准化及产业发展。综合考虑需求、技术发展趋势以及网络平滑演进等因素来开展网络部署^[2]。5G 网络架构与 4G 网络架构存在较大区别,如图 1 所示。核心网拆分为控制面和用户面,其中用户面部分功能下沉至无线侧,增加了边缘计算平台; gNode B BBU 拆分成 CU 和 DU 两个逻辑单元,包括分离式(CU 和 DU 拆分)和非分离式(CU 和 DU 合设)两种架构。图 1 显示了两种架构的组网方式。另 AAU 集成了原 BBU 部分物理层功能。

2.1 SA/NSA 选取

5G 组网模式有两种,分别为独立(SA)组网和非独立(NSA)组网。韩国刚刚公布的全球第一张 5G 商用网络是基于 NSA 组网的,但鉴于 NSA 组网不兼容异厂商,时延较大无法实现 uRLLC、mMTC 功能,存在二次改造等缺陷,因此 NSA 组网只能用于过渡阶段,最终将统一采用 SA 组网。因此中国电信 5G 部署采用的是 SA 组网方案中的 Option2 方案(从各地实验网测试来看,中国联通集中在 NSA),技术标准主要采用的是成熟 3GPP R15 版本,初期主要满足 eMBB 场景需求。

2.2 CU/DU 架构

5G-NR 采用 CU/DU 取代 BBU,部署方式可

采用 D-RAN、CU 云化&DU 分布式、CU 云化&DU 集中 3 种方式。发展初期主要采用部署成本低、业务时延小、规划与运维复杂度低、建设周期短的 D-RAN 中的 CU/DU 合设方式。中远期按需升级支持 uRLLC 和 mMTC 业务场景,适时引入 CU/DU 分离架构。

CU/DU 合设部署方案可节省网元,减少规划与运维复杂度,降低部署成本,减少时延(无需中传),缩短建设周期。

2.3 频率重耕方案

中国移动预计获得 2 515~2 675 MHz 共计 160 MHz 频带,中国电信已在 2 636~2 655 MHz 共计 20 MHz 开启了 3 万~5 万个基站,中国移动需与中国电信开展协调退频,短时间内无法完成。中国移动承载在 2 575~2 635 MHz 共计 60 MHz 的 D1、D2、D3 频段,在 5G 还未形成规模组网的情况下,将其直接重耕到 5G 将严重影响网络质量,且带来的风险巨大。因此 2.6 GHz 频段用于 5G 可采用“三步走”策略,如图 2 所示。

第一步:为快速抢占 5G 市场,2019 年试商用网首先采用 2 515~2 575 MHz 共计 60 MHz 开展网络部署。

第二步:依据未来网络容量需求变化和中国电信退频的情况,按需将 4G 频段由 D1、D2、D3 向

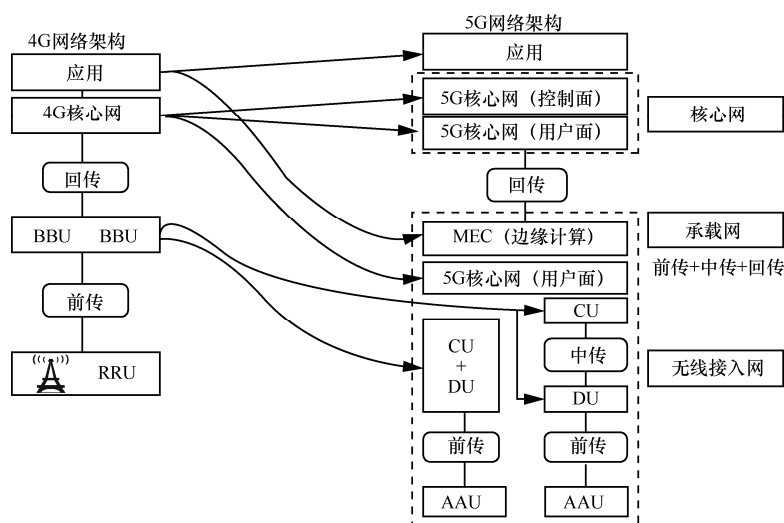


图 1 4G 和 5G 网络架构对比

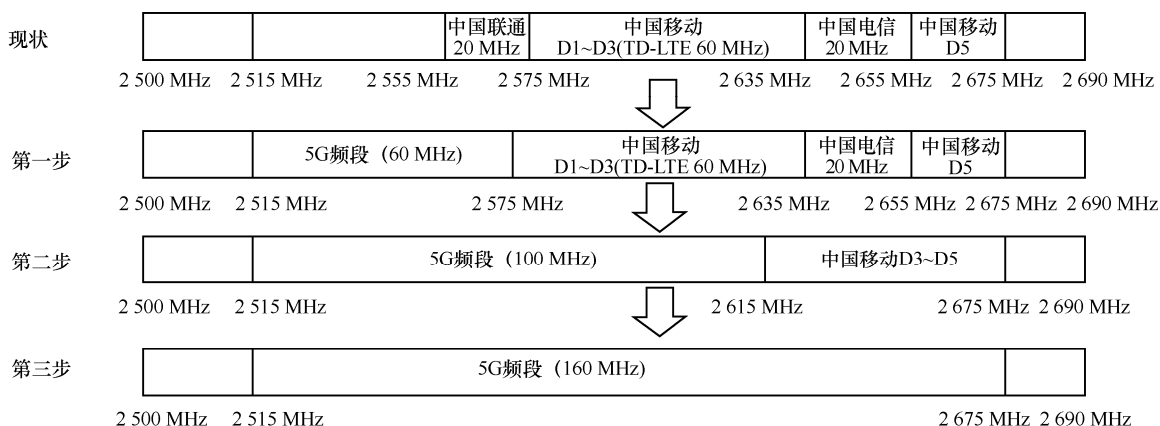


图2 2.6GHz 频率重耕演进方案

D4、D5 移频, 5G 形成 100 MHz 的规模组网能力。

第三步: 待 5G 市场完全成熟后, 部分热点区域或部分 eMBB 垂直行业覆盖场景将 LTE-D 频退频, 开启 160 MHz 的规模组网能力, 用高带宽带来的高速率、高容量提升市场竞争力。

2.4 站间距选取

5G 采用 3GPP 3D UMa 模型, 其适用频段为 2~6 GHz, 其传播损耗为:

$$PL = 161.04 - 7.1 \lg w + 7.5 \lg h - 24.37 - 3.7(h/h_{bs}) - 2 \lg h_{bs} + (43.42 - 3.1 \lg h_{bs})(\lg d - 3) + 20 \lg f_c - 3.2(\lg 17.625)^2 - 4.97 - 0.6(h_{ut} - 1.5) \quad (1)$$

其中, d 为基站与终端间的距离; h 为建筑物平均高度; w 为街道平均宽度; h_{bs} 为基站高度; h_{ut} 为终端高度; f_c 为采取的中心频率。

5G 试验规模组网部署在城市密集区域, 各参数参考取值见表 1。经上述路径损耗计算及表 1 中其他参数综合计算, 基站站间距保持在 360 m 左右, 这与各家设备厂商外场测试结果相吻合。因此 5G-NR 基站可与 LTE 基站按 1:1 部署形成连续组网能力, 5G 基站基本上可全部利旧现有 4G 站址。

3 网络建设思路及方案

5G 试验规模组网网络总体架构如图 3 所示, 包括无线网平台、承载网平台和核心网平台。

3.1 无线网建设思路及方案

5G 站点规划与 LTE 站点按照 1:1 部署, 形成连续组网覆盖能力。5G 基站将采用 3D-MIMO 高集成度天线 (以下简称 AAU), 将结合实际部署场景和需求, 在热点高容量地区采用 64T/64R 天线设备提升系统容量; 同时 192 个天线阵子较 128 个天线阵子的设备在覆盖上能提升约 1.7 dB, 因此本工程优先选择 192 个天线阵子的大规模天线设备。

5G-BBU、AAU 设备及其他有源设备功耗较大, 较 LTE 主设备增大几倍, AAU 质量也达几十千克级别, 因此对机房电源和天线端机房改造的工作量较大, 在保护原有设备的同时, 需重点考虑 BBU、AAU 的承重、风荷载及电源供给负荷的满足情况。

(1) 5G 基站机房改造分析

按现网机房典型配置来计算, 机房原共有 4 套系统(GSM900 MHz、GSM 1 800 MHz、TD-LTE、FDD-LTE), 现新增一套 5G-NR 系统, 设备满负荷运行时功耗为 22 kW (其中直流 14 kW)。现网标准机房外电引入标准一般为 20 kW, 中国铁塔 3 家共享基站现行引电标准为 30 kW。因此 5G 的建设必然要对现有外电引入进行改造, 提高引电标准。同时需重点复核机房直流整流模块、空开端子、电缆线径等, 使其满足设备功耗的需求^[3], 以华为 5G 设备为例进行介绍。



表 1 5G 链路预算

	项目	下行 50 MHz	上行 5 MHz
系统参数	频段/GHz	2.6	2.6
	小区边缘速率/(Mbit·s ⁻¹)	50	5
	带宽/MHz	100	100
	上行比率	30%	30%
	基站天线类型	64T64R	64T64R
	终端天线类型	2T4R	2T4R
	RB 总数/个	273	273
	需 RB 数/个	108	32
	SINR 门限	-1	-4
发射设备参数	最大发射功率/dBm	53	26
	发射天线增益/dBi	10	0
	成形增益/dBi	9	0
	EIRP (不含馈损)	72	26
接收设备参数	接收天线增益/dBi	0	10
	噪声系数/dB	7	3.5
	热噪声/(dBm·Hz ⁻¹)	-174.00	-174.00
	接收机灵敏度/dBm	-92.00	-103.78
	分集接收增益/dBi	4	14.5
附加损益	干扰余量/dBm	0	0
	负荷因子	6	3
	切换增益/dBi	0	0
场景参数-密集市区	基站天线高度/m	30	30
	UE 天线高度/m	1.5	1.5
	阴影衰落 (95%) /dBm	11.6	11.6
	馈线接头损耗/dBm	0	0
	穿透损耗/dBm	15	15
MAPL/dBm	密集市区	135.40	124.68
街道宽度/m	密集市区	20.00	20.00
平均建筑物高度/m	密集市区	45.00	45.00
覆盖半径/m	密集市区	451.81	239.34
站间距/m	密集市区	677.71	359.02

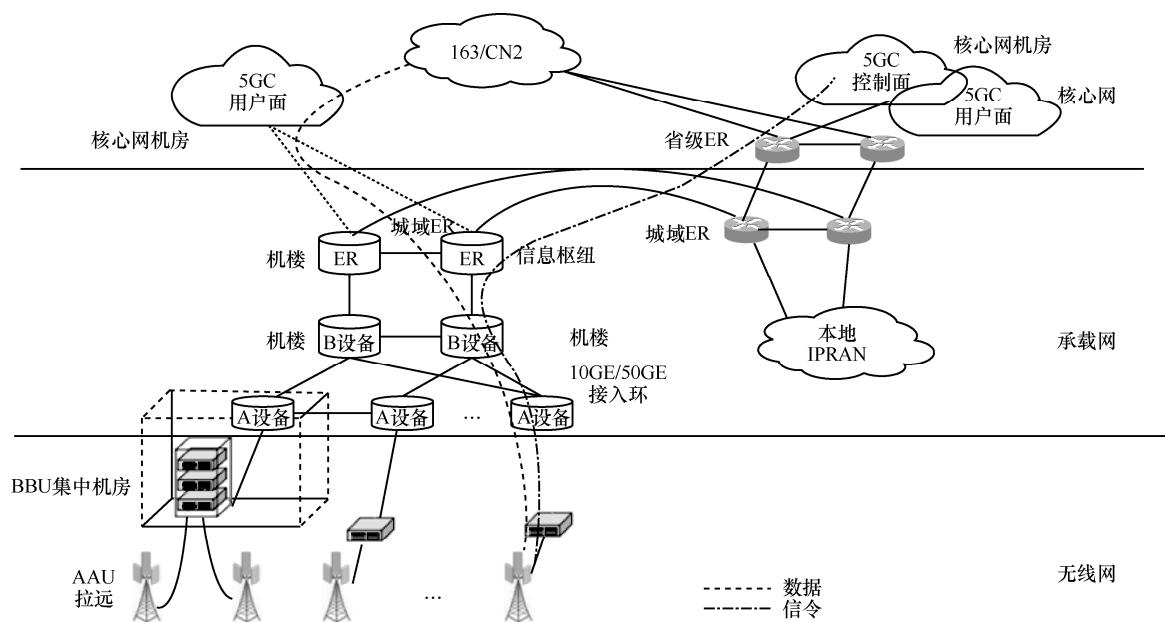


图3 5G试验规模组网网络总体架构

① 外电交流端子容量

三相电: $A = P/U = 1.25$ (安全系数) $\times$ 设备总功率/0.8 (冗余损耗) /380 V/1.73 (1)

即 $A = 1.25 \times 22\,000 / 0.8 / 380 / 1.73 = 52.5$ A, 经查表, 主线芯截面 > 16 mm。

② 直流整流模块个数

需配置的容量 = (设备总功率/48 V + 蓄电池总容量/10) (2)

即 $Q = (14\,000 / 48 + 2 \times 500 / 10) = 394.75$ A。

常用整流模块的容量为 50 A, 则总共需整流模块数 $n = 394.75 / 50 + 1 = 9$ 个。

③ 5G-空开端子容量

$$A = 1.25 \times \text{设备功率} / 48 \text{ V} \quad (3)$$

其中, 1.25 代表安全系数, 即 $A = 1.25 \times (1\,200 \times 3 + 1\,900) / 48 = 143.2$ A, 经查表, 主线芯截面 > 35 mm。

④ BBU-AAU 线缆直径

$$A = 1.25 \text{ (安全系数)} \times \text{设备功率} / 48 \text{ V} \quad (4)$$

$$\text{AAU: } A = 1.25 \times 1\,200 / 48 = 32 \text{ A} \quad (5)$$

若电源线平均长 50 m, 则压降为 $U = 2 \times I \times L / r / S = 2 \times 32 \times 50 / 57 / 4 = 14$ V。

压降理论上应不大于 6 V, 因此建议小于 50 m

内的 AAU 线径采用 10 mm, $U = 2 \times I \times L / r / S = 2 \times 32 \times 50 / 57 / 10 = 5.6$ V。

(2) 5G 基站天馈改造分析

为快速规模化建站和节约工程建设投资, 天面改造依据下列顺序及指导原则: 若天面有空余抱杆, 与铁塔协商直接安装于空余抱杆上, 有利于快速安装; 若天面无空余抱杆, 结合 AAU 尺寸、核算其负载、风荷载等数据, 在原有杆体上微调原有 RRU 角度或位置, 腾出 AAU 安装空间, 若原有杆体无空间安装 5G 天线, 采用多频天线替换原有天线, 天面整改措施如图 4 所示, 采用“4488”天线将原有 2G/FDD/NB/TDD 天线整合, 采用 4G/5G 多频合路天线, 将 D 频和 F 频天线整合等^[4]。

3.2 承载网建设思路及方案

5G 无线网采用 CU/DU 合设部署, 在此条件下承载网包括前传和回传两部分。其中前传对时延要求严格, 带宽消耗大。考虑到成本和维护便利性等因素, 采用光纤直连方式。回传方案中将采用 SPN 技术组网, 接入层传输设备将替换升级为 25 Gbit/s/50 Gbit/s 带宽需求的光口, 如将华为 PTN960 替换升级为 PTN970。对于汇聚层 (A 设

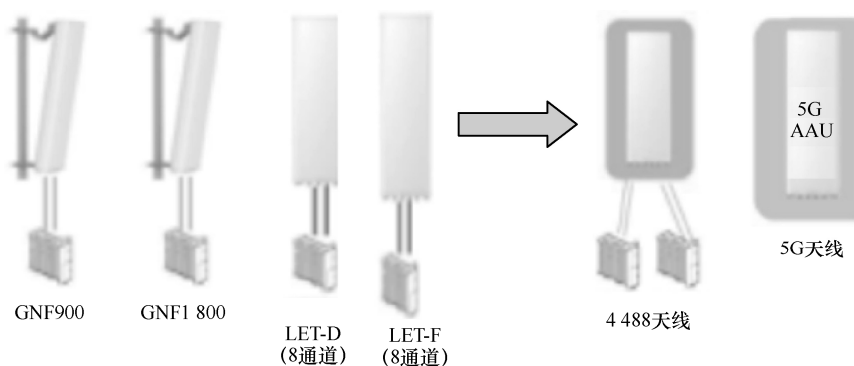


图4 天面整改措施

备、B设备)、核心层(ER设备),除部分老旧设备需替换升级外,大部分设备近期将保持不动,待后期依据网络的需求来替换升级。

(1) 前传方案

前传将采用光纤直连方式。无线站点站间距为300 m左右,考虑传输线路基本沿市政道路布放,平均站间线路路由距离为1 km,共址站点按每站新建1 km 24芯光缆考虑,新建站址按每站新建2 km 24芯光缆考虑。

(2) 回传方案

5G承载网建设方案如图5所示,需新增A2设备接入5G基站;A2设备采用10GE双上行接入B或10GE组环,后期可扩容升级为25 Gbit/s/50 Gbit/s接入环;在综合机房新增2端B设备;在IP数据机房、信息机房各新增1台汇聚ER设备;在ER设备机房和B设备机房新增OTN设备,组建OTN,为B-ER间100 Gbit/s链路提供底层传送通道。B设备采用100GE接口以口字型与两端汇聚ER设备对接,每台汇聚ER设备采用100GE双上行至本期新增的云综合接入网关;云综合接入网关采用100GE接口与5G核心网设备进行对接,并旁挂NAT网关进行公私网地址转换^[5]。

3.3 核心网建设思路及方案

本试验网建设1套核心网,核心网网元分为控制面和用户面,控制面网元采用虚拟化、大容

量、少局所、集中化部署原则,用户面UPF视业务需求按需部署^[6]。

5G核心网设备采用NFV架构进行部署,支持AMF、SMF、AUSF、UDM、AUSF、PCF、NRF、NSSF、UPF、NEF等网元。NFVI资源池设施(服务器、存储、交换机等硬件、虚拟化软件等)由工程负责建设,5G核心网应用软件(VNF、EMS、VNFM等)由合作设备厂商提供。核心网NFVI资源池建设可结合相关云资源池统筹考虑。用于边缘计算的UPF软硬件由厂商提供。

5G核心网分省部署网络架构由全国骨干网、省网和地市网组成。骨干层网元主要包括骨干NRF和全国NEF。试验网部署骨干层设备(骨干NRF和全国NEF),其中骨干NRF、全国NEF分别与上海NRF、NEF合一设置。地市层面只部署UPF。省内的核心网设备主要包括AMF、UDM、AUSF、PCF、SMF、UPF、省NEF、省NRF与省NSSF等,UPF视需求可下沉到地市。各试点城市核心网之间以及试点城市与骨干层核心网之间通过CN2网络互通,下沉本地网的核心网网元与试点城市核心网网元之间通过IP RAN互通。

试验网NFVI资源采用单节点(单机房)部署方式,采用三层组网:接入层(TOR)、核心层(EOR)和网络出口层,如图6所示。

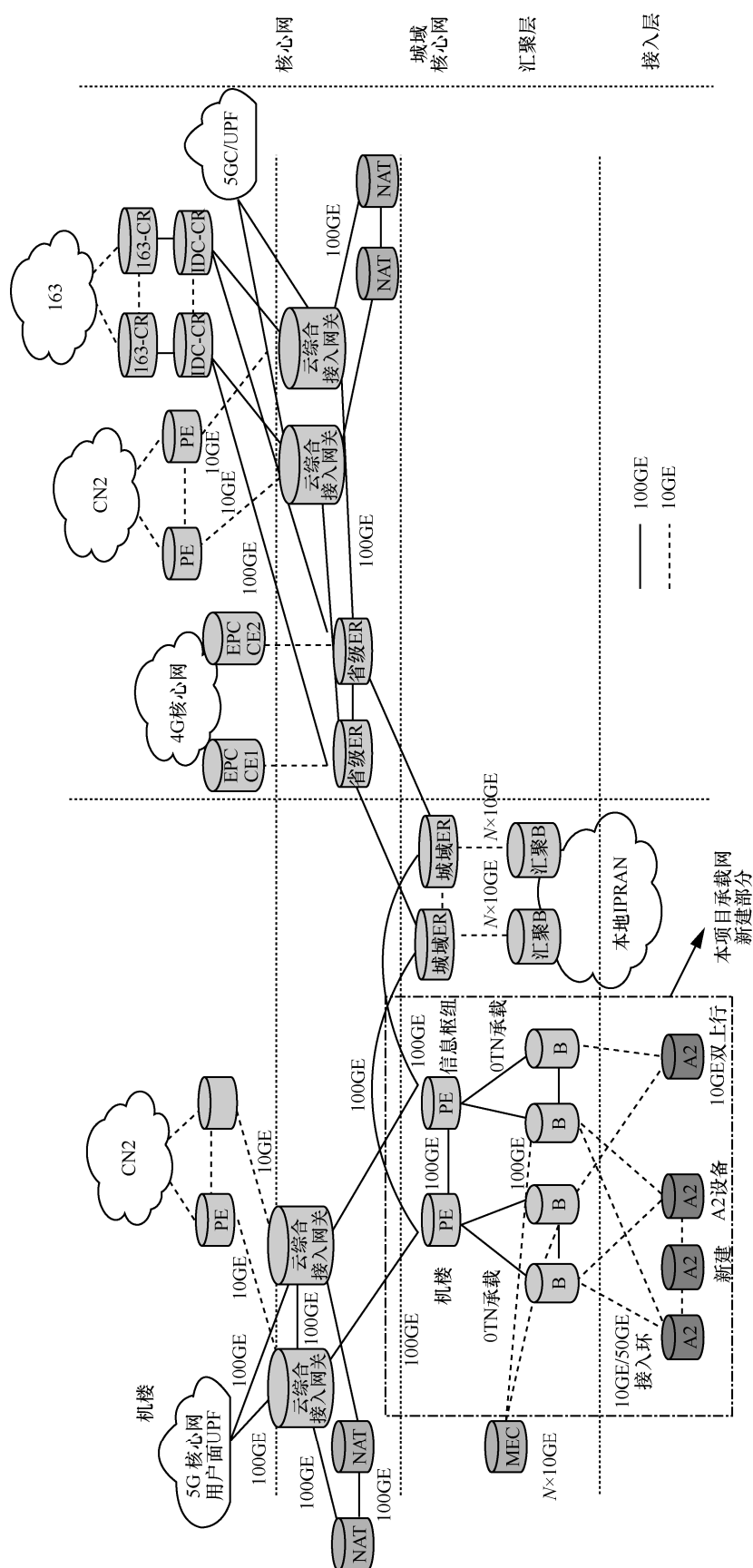


图5 5G承载网建设方案

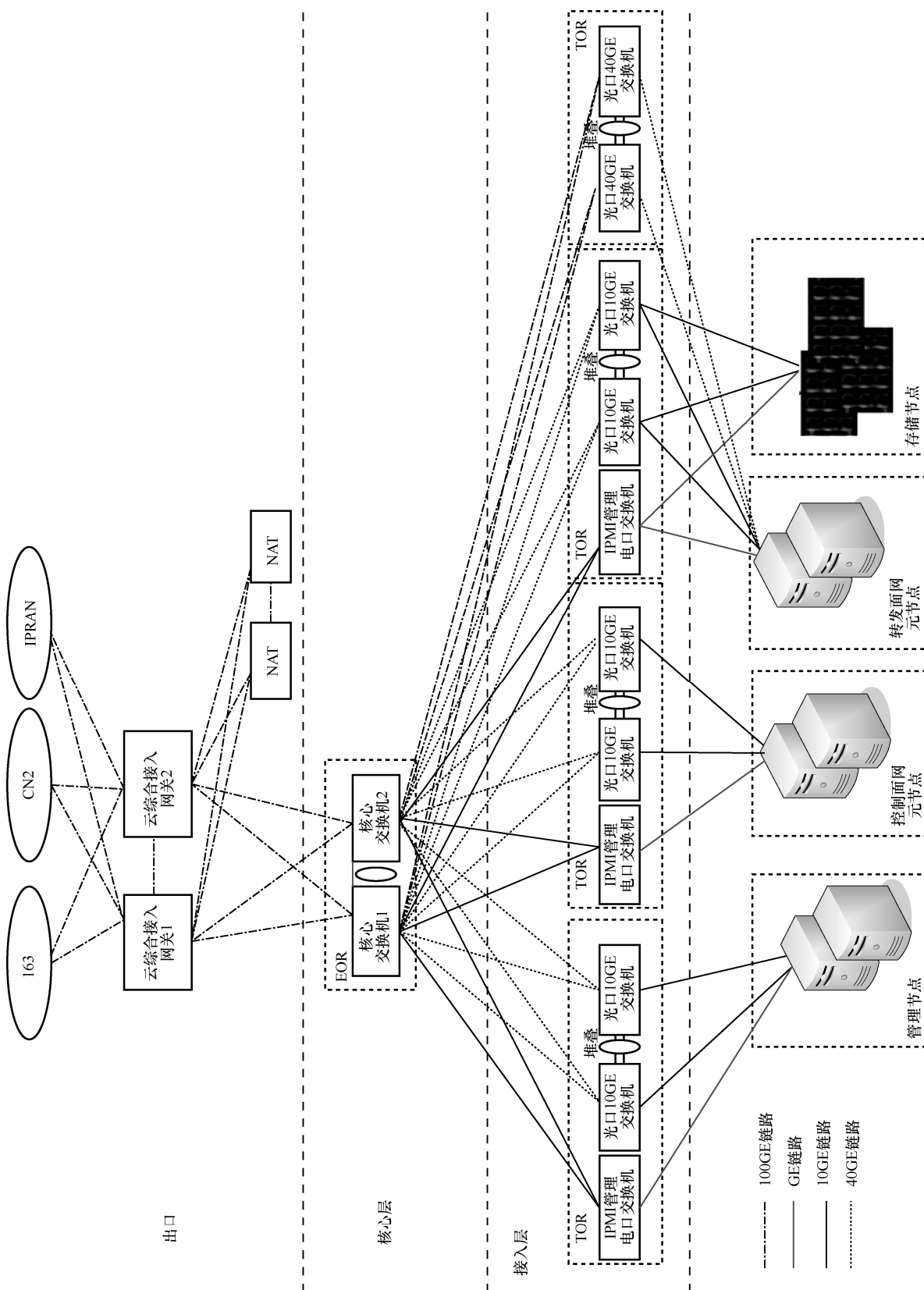


图 6 5G 核心网建设方案

4 结束语

根据不同专业的技术路线, 本文提出了不同的建设思路和方案, 为大规模组网提供了可行性方案参考, 为 5G 大规模商用工程建设提供技术验证及工程实践样例。2019 年国内三大运营商均要在全中国主要城市开展 5G 规模组网试验, 未来几年将是 5G 工程建设的高潮期, 其中无线网、承载网、核心网的全面建设和改造将正式拉开序幕。

参考文献:

- [1] 月球, 杨小乐. 运营商 5G 部署商用问题探究[J]. 电信工程技术 & 标准化, 2018(3): 53-54.
YUE Q, YANG X L. Explore the commercial problems of 5G deployment for operators[J]. Telecommunications Engineering Technology and Standardization, 2018(3): 53-54.
- [2] 程日涛, 张海涛, 王乐. 5G 无线网部署策略[J]. 电信科学, 2018, 34(1): 75-76.
CHENG R T, ZHANG H T, WANG L. 5G wireless network deployment strategy[J]. Telecommunications Science, 2018, 34(1): 75-76.
- [3] 陈贵川. 移动基站的通信电源系统设计研究[J]. 信息通信, 2018(1): 124-125.
CHEN G C. Research on the design of communication power system of mobile base station[J]. Information and Communication, 2018(1): 124-125.

- [4] 罗晋峰, 白艳. 天馈系统优化分析[J]. 中国新通信, 2012(12): 11.
LUO J F, BAI Y. Antenna system optimization analysis[J]. China New Communications, 2012(12): 11.
- [5] 曹亘, 李佳俊, 李轶群. 5G 网络架构的标准研究进展[J]. 移动通信, 2017(2): 39.
CAO G, LI J J, LI Y Q. Research progress on standards of 5G network architecture[J]. Mobile Communication, 2017(2): 39.
- [6] 王晓宁. 5G 核心网演进和特点[J]. 数字通信世界, 2018(2): 68-69.
WANG X N. Evolution and characteristics of 5G core network[J]. Digital Communication World, 2018(2): 68-69.

[作者简介]



王楚锋 (1976-), 男, 中通服咨询设计研究院有限公司高级工程师, 主要研究方向为移动通信网络规划设计与优化。



丁远 (1983-), 男, 中通服咨询设计研究院有限公司中级工程师、讲师, 主要研究方向为移动新技术和无线网络优化。