

白皮书
2018-06

 **IMT-2020**
IMT-2020 (5G) 推进组

5G 承载需求



目录

| | |
|----|----|
| 引言 | P1 |
|----|----|

| | |
|-------------|----|
| 5G业务和架构特性分析 | P2 |
|-------------|----|

| | |
|------------|----|
| 5G承载关键性能需求 | P5 |
|------------|----|

| | |
|-------------|-----|
| 5G承载组网及功能需求 | P15 |
|-------------|-----|

| | |
|-------|-----|
| 总结与展望 | P21 |
|-------|-----|

| | |
|--------|-----|
| 主要贡献单位 | P22 |
|--------|-----|

引言

第五代移动通信（5G）技术致力于应对未来爆炸性的移动数据流量增长、海量设备连接、不断涌现的各类新业务和应用场景，同时与行业深度融合，满足垂直行业终端互联的多样化需求，力主创建“万物互联”的新世界。5G在带来革命性业务体验、新型商业应用模式的同时，对基础承载网络提出了多样化全新需求，现有承载技术指标、网络架构及功能等无法完全满足5G新型业务及应用，5G承载演进与革新势在必行。

5G承载新需求与5G业务特性的提升、5G网络架构的革新等密切相关：相比于4G网络，5G采用更宽的无线频谱，更大规模的多入多出（MIMO）新技术，将峰值带宽和用户体验带宽提升数十倍；远程医疗、自动驾驶等新型业务对承载提出毫秒级超低时延及高可靠性等需求；5G的智能灵活、高效开放、网络架构变革，推动承载网架构相应演进并具备网络切片、灵活组网和

调度、协同管控以及高精度同步等功能，从而满足5G差异化业务承载需求。

整体来看，5G将全面推动承载技术迎来新一轮发展契机。当前，5G技术路线逐渐清晰，国际标准制定稳步推进，商业应用渐行渐近。“5G商用，承载先行”，5G承载已成为业界关注的焦点，目前正处于标准形成和产业化培育的关键时期，ITU-T、IEEE、IETF、OIF、CPRI、CCSA等国际国内主要标准化组织和团体也已密集开展5G承载标准化研究工作。本白皮书基于5G业务和架构新特性、5G承载需求特性等综合分析，提出和明确了5G承载关键性能、承载组网及功能等需求，为后续5G承载技术路线选择、相关国际标准推动、关键承载设备研发及产业发展等奠定基础。目前业界应在承载需求明确的基础上，加强关键技术研发、应用方案完善及产业化进程，形成完善的5G承载方案，全力支撑和迎接5G商用时机的到来。

5G业务和架构特性分析

1. 5G三大业务场景差异明显

国际电信联盟无线电通信局（ITU-R）定义了5G三类典型业务场景：增强型移动宽带（eMBB）、大规模机器类通信（mMTC）、超可靠低时延通信（uRLLC）。目前eMBB相对明确，且3GPP R15标准在2018年6月14日（北京时间）已经冻结，mMTC和uRLLC对网络能力要求较高，应用需求和商业模式仍存在不确定性，主要特性将在3GPP R16版本进行标准化。5G无线和承载网络在三大业务场景应用时所面临的挑战各不相同。

（1）eMBB主要面向超高清视频、虚拟现实（VR）/增强现实（AR）、高速移动上网等大流量移动宽带应用，是5G对4G移动宽带场景的增强，单用户接入带宽可与目前的固网宽带接入达到类似量级，接入速率增长数十倍，对承载网提出超大带宽需求。

（2）mMTC主要面向以传感和数据采集为目标的物联网等应用场景，具有小数据包、海量连接、更多基站间协作等特点，连接数将从亿级向千亿级跳跃式增长，要求承载网具备多连接通道、高精度时钟同步、低成本、低功耗、易部署及运维等支持能力。

（3）uRLLC主要面向车联网、工业控制等垂直行业的特殊应用，要求5G无线和承载具备超

低时延和高可靠等处理能力。其挑战主要来自网络能力，当前的网络架构和技术在时延保证方面存在不足，需要网络切片、低时延网络等新技术突破，承载面临芯片、硬件、软件、解决方案等全面挑战。

2. 无线接入网分割形成多种架构

相对于4G无线接入网（RAN）的基带处理单元（BBU）、射频拉远单元（RRU）两级结构，支持5G新空口的gNB可采用集中单元（CU）、分布单元（DU）和有源天线单元（AAU）三级结构。原BBU的非实时部分将分割出来，重新定义为CU，负责处理非实时协议和服务，主要包含分组数据汇聚协议（PDCP）和无线资源控制（RRC）；BBU的部分物理层处理功能和原RRU合并为AAU，主要包含底层物理层（PHY-L）和射频（RF）；BBU的剩余功能重新定义为DU，负责处理物理层协议和实时服务，包含无线链路控制（RLC）、介质访问控制（MAC）和高层物理层（PHY-H）等。

5G RAN的CU和DU存在多种部署方式。当CU、DU合设时，5G RAN与4G RAN结构类似，相应承载也是前传和回传两级结构，但5G基站（gNB）的接口速率和类型发生了明显变化，当CU、DU分设时，相应承载将演进为前传、中

传和回传三级结构，如图2-1所示。

从近期调研情况来看，在5G现网试点和商用初期，RAN网络部署将以宏站为主；随着5G规模商用，将呈现宏站和室分基站分场景部署

的局面，具体部署方式分为分布式无线接入网（DRAN）和集中式无线接入网（CRAN）。5G接入网云化将推动CU、DU和AAU分离的大规模CRAN部署。

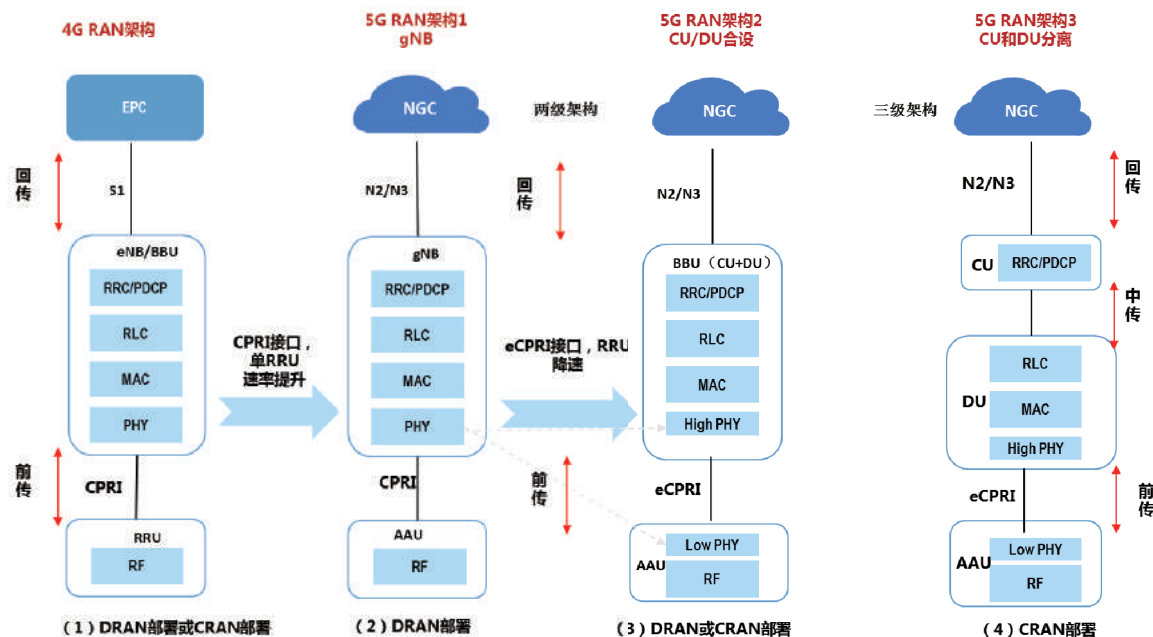


图2-1 5G RAN分级架构

3. 5G核心网向服务型架构演进

受业务发展驱动，5G核心网将发展成为满足全业务接入、服务全业务场景的云化泛在网络，采用服务化网络架构和SDN/NFV技术实现网络重构，具有业务虚拟隔离（网络切片）、转发与控制分离、功能分布式部署、基础设施云化等核心特征。

（1）业务虚拟隔离：5G需要同时承载移动互联网、高清视频、车联网、物联网、工业控制等各类业务应用，这些场景在移动性、计费、

带宽、时延、可靠性、安全性等方面存在巨大差异，为适配一张网络满足千百种行业需求，运营商需要部署更加经济、绿色的网络切片技术方案，以实现不同业务的虚拟隔离。5G核心网将全面支持网络切片技术，即在同一张基础物理网络上，采用软硬切片实现业务逻辑隔离、动态分配和管理资源，适配不同业务特征需求，提供不同的SLA，并服务于不同垂直行业应用。

（2）转发与控制分离：5G核心网的重构将遵循网络虚拟化、功能轻量化、转发和控制分离

等原则。网络虚拟化有利于向全面云化的趋势进行演进；功能轻量化极大简化模块、接口和协议的复杂度，网元功能采用模块化设计，有利于实现API调用，提升通用性；转发和控制分离实现网管的控制面和用户面分离，保障未来网络的分布式部署需求。

(3) 功能分布式部署：5G核心网络架构将控制面功能（CPF）和用户面功能（UPF）分离，统一的CPF（包括AMF和SMF等）部署在省干或大区的核心机房或数据中心（DC），实现集中管控运营，分布式的UPF可根据业务需要分布式部署在省干核心DC、本地DC或者边缘DC。部署在边缘DC的UPF与MEC平台融合，可以进行本地分流，满足低时延业务场景需求，有利于按需快速部署业务，并向第三方开放用户位置、码号、网络负荷等能力信息，拓展面向企业园区

及场馆的视频直播等本地化创新应用。

(4) 基础设施云化：网络云化能降低设备投资成本，利用云计算的快速部署能力进行网络快速配置和调整，实现业务创新。通过引入SDN/NFV技术，有利于快速实现5G网络云化。基础设施电信云是运营商进行云化转型的目标，5G网络云化包括核心网云化、无线接入网云化和控制系统云化三部分，5G核心网的目标架构示意图如图2-2所示。

5G承载网需适应5G核心网架构变革带来的挑战，一是需提供层次化网络切片方案来满足不同业务场景的5G网络切片需求；二是需要将L3功能下移至UPF和MEC所在位置，从而提供网状动态连接的灵活调度；三是适应5G网络云化发展趋势，支持城域核心和边缘数据中心之间的互连需求。

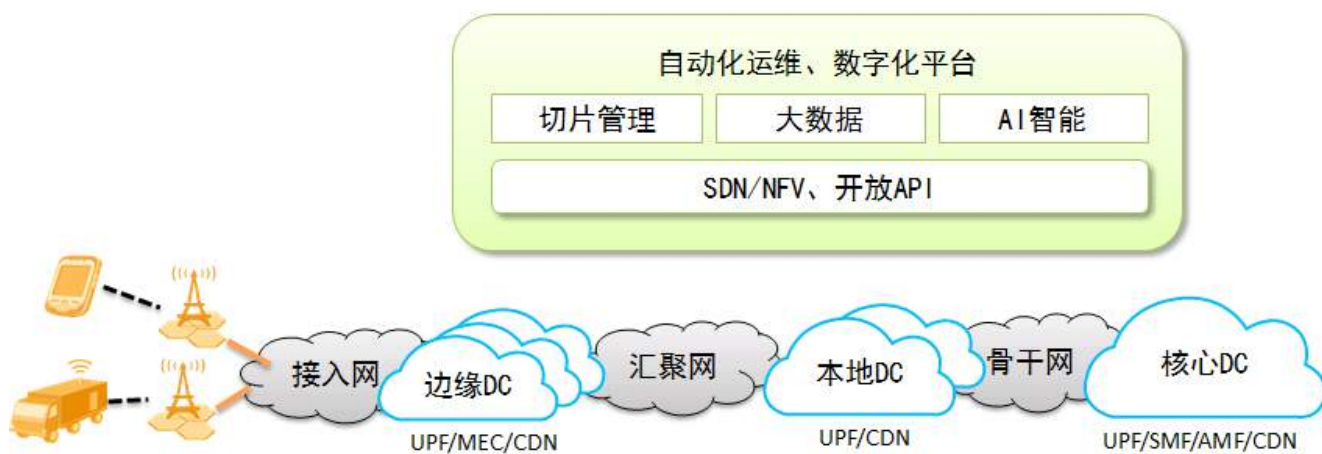


图2-2 5G核心网目标架构示意图

5G承载关键性能需求

1. 更大带宽

带宽是5G承载最为基础和的关键技术指标之一。根据5G无线接入网结构特性，承载将分为前传（承载AAU和DU之间流量）、中传（承载DU和CU之间流量）和回传（承载CU和核心网之间流量）。城域传送网按结构可划分为接入层、汇聚层和核心层三层。本报告分别对单基站承载带宽需求，回传带宽需求，以及前传及中传带宽需求进行了分析和评估。

（一）单基站承载带宽需求：出现10GE/25GE接口

5G业务目前在无线侧的切片机制尚未确定，

带宽需求暂不区分业务类型。考虑到不同厂商和不同设备的5G基站能力存在一定差异，本报告选择假设的5G单基站模型（暂不考虑基站分离）配置参数作为评估基准，参考下一代移动通信网络联盟（NGMN）带宽评估原则得出的单基站带宽需求见表3-1。从评估结果中可以看出，典型5G低频单基站的峰值带宽达到5Gbps量级，高频单基站的峰值带宽达到15Gbps量级，考虑低频和高频基站共同部署，或高频基站单独部署情况，单基站将需要 $2 \times 10\text{GE}$ 或 25GE 的承载带宽，如果基站配置的参数提升，带宽需求还会相应增加。

表3-1 5G低频和高频单基站参数及承载带宽需求示例

| 参数 | 5G 低频 | 5G 高频 |
|--|---|--|
| 频谱资源 | 3.4GHz~3.5GHz, 100MHz 频宽 | 28GHz 以上频谱, 800MHz 带宽 |
| 基站配置 | 3 Cells, 64T64R | 3 Cells, 4T4R |
| 频谱效率 | 峰值 40bit/Hz, 均值 7.8bit/Hz | 峰值 15bit/Hz, 均值 2.6bit/Hz |
| 其它考虑 | 10%封装开销, 5% X_n 流量, 1:3 TDD 上下行配比 | 10%封装开销, 1:3 TDD 上下行配比 |
| 单小区 峰值 ^a | $100\text{MHz} \times 40\text{bit/Hz} \times 1.1 \times 0.75 = 3.3\text{Gbps}$ | $800\text{MHz} \times 15\text{bit/Hz} \times 1.1 \times 0.75 = 9.9\text{Gbps}$ |
| 单小区 均值 ^b | $100\text{MHz} \times 7.8\text{bit/Hz} \times 1.1 \times 0.75 \times 1.05 = 0.675\text{Gbps}$ (X_n 流量主要发生于均值场景) | $800\text{MHz} \times 2.6\text{bit/Hz} \times 1.1 \times 0.75 = 1.716\text{Gbps}$ (高频站主要用于补盲补热, X_n 流量已计入低频站) |
| 单站峰值 ^c | $3.3 + (3-1) \times 0.675 = 4.65\text{Gbps}$ | $9.9 + (3-1) \times 1.716 = 13.33\text{Gbps}$ |
| 单站均值 ^d | $0.675 \times 3 = 2.03\text{Gbps}$ | $1.716 \times 3 = 5.15\text{Gbps}$ |
| ^a 单小区峰值带宽=频宽×频谱效率峰值×(1+封装开销)×TDD下行占比 ^b 单小区均值带宽=频宽×频谱效率均值×(1+封装开销)×TDD下行占比×(1+ X_n) ^c 单站峰值带宽=单小区峰值带宽×1+单小区均值带宽×(N-1) ^d 单站均值带宽=单小区均值带宽×N | | |

(二) 回传带宽需求

5G承载接入、汇聚及核心层的带宽需求与站型、站密度、以及运营商部署策略等众多因素密切相关，存在多种带宽需求评估模型。本报告按照业务流量基本流向选取带宽收敛比、不同层环的节点个数、口字型结构上连个数、单基站配置等关键参数进行估算，并按照DRAN和CRAN不同部署方式、一般流量和热点流量等对于不同应用场景进行了区分。

(1) 基本参数假设

回传带宽估算假设的基础参数为：

(a) 按照业务流量较长期增长考虑，对于接入层、汇聚层和核心层不同承载层面的带宽收敛比为8:4:1；

(b) 模型I，汇聚层节点环形组网：DRAN接入环节点个数为8，CRAN小集中节点个数为3个，汇聚环节点个数为4，每对汇聚节点下挂6个接入环，核心环节点个数为4，每对核心节点带8个汇聚环，见图3-1 (a)；

(c) 模型II，汇聚层节点口字型上连组网：DRAN接入环节点个数为8个，CRAN小集中节点个数为3，汇聚双节点口字型上连，每对汇聚节点下挂6个接入环，核心环节点个数为4，每对核心节点下挂16对汇聚设备，见图3-1(b)；

(d) 基站配置及带宽需求按照本节（一）考虑。



图3-1 带宽需求估算参考模型

(2) DRAN部署：接入环达到25/50Gbps，汇聚核心层为 $N \times 100/200/400\text{Gbps}$

在DRAN部署方式下，承载的带宽需求按一般场景和热点流量场景进行估算，其中接入环一

般场景按照单节点单基站接入，热点流量场景按照单节点双基站（含部分高频站点）接入，见图3-2。

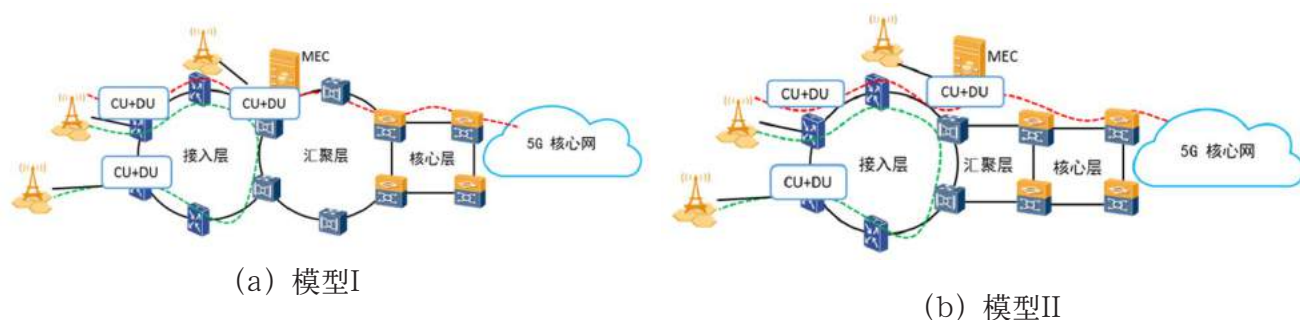


图3-2 DRAN网络参考模型

模型I和模型II相应DRAN带宽需求评估结果分别见表3-2和表3-3。

表3-2 DRAN承载网回传带宽需求评估（模型I）

| 网络层次 | | 一般流量场景 | 热点流量场景 |
|------|------|--|---|
| 接入层 | 参数选取 | 假设接入环按 8 个节点考虑，每节点接入 1 个 5G 低频站，其中 1 个站取峰值 | 假设接入环按 8 个节点考虑，平均每个节点接入 2 个 5G 基站，共 2 个高频站、16 个低频站，其中 1 个高频站取峰值 |
| | 带宽估算 | 接入环带宽=低频单站均值×(N-1)+低频单站峰值 $2.03 \times (8-1) + 4.65 = 18.86\text{Gbps}$ | 接入环带宽=低频单站均值×(N-2)+高频单站峰值+高频单站均值 $2.03 \times (16-2) + 13.33 + 5.15 = 46.90\text{Gbps}$ |
| 汇聚层 | 参数选取 | 假设每个汇聚环有 4 个普通汇聚节点，每对汇聚点下挂 6 个接入环 | |
| | 带宽估算 | 汇聚环带宽=接入环带宽×接入环数量×汇聚节点数/2×收敛比 $18.86 \times 6 \times 4 / 2 \times 1 / 2 = 113.16\text{Gbps}$ | 汇聚环带宽=接入环带宽×接入环数量×汇聚节点数/2×收敛比 $46.90 \times 6 \times 4 / 2 \times 1 / 2 = 281.40\text{Gbps}$ |
| 核心层 | 参数选取 | 按照 4 个核心节点估算带宽需求，其中每对核心节点下挂 8 个汇聚环。 | |
| | 带宽估算 | 核心层带宽=汇聚环带宽×汇聚环数量×核心节点数/2×收敛比 $113.16 \times 8 \times 4 / 2 \times 1 / 4 = 452.64\text{Gbps}$ | 核心层带宽=汇聚环带宽×汇聚环数量×核心节点数/2×收敛比 $281.40 \times 8 \times 4 / 2 \times 1 / 4 = 1125.60\text{Gbps}$ |

表3-3 DRAN承载网回传带宽需求评估（模型II）

| 网络层次 | 一般流量场景 | | 热点流量场景 |
|------|--------|---|---|
| 接入层 | 参数选取 | 假设接入环按 8 个节点考虑，每节点接入 1 个 5G 低频站，其中 1 个站取峰值 | 假设接入环按 8 个节点考虑，平均每个节点接入 2 个 5G 基站，共 2 个高频站、16 个低频站，其中 1 个高频站取峰值 |
| | 带宽估算 | 接入环带宽=低频单站均值×(N-1)+低频单站峰值 $2.03 \times (8-1) + 4.65 = 18.86\text{Gbps}$ | 接入环带宽=低频单站均值×(N-2)+高频单站峰值+高频单站均值 $2.03 \times (16-2) + 13.33 + 5.15 = 46.90\text{Gbps}$ |
| 汇聚层 | 参数选取 | 假设每对汇聚点下挂 6 个接入环，口字型上连。 | |
| | 带宽估算 | 汇聚节点上连单链路带宽=接入环带宽×接入环数量×收敛比 $18.86 \times 6 \times 1/2 = 56.58\text{Gbps}$ | 汇聚节点上连单链路带宽=接入环带宽×接入环数量×收敛比 $46.90 \times 6 \times 1/2 = 140.70\text{Gbps}$ |
| 核心层 | 参数选取 | 按照 4 个核心节点估算带宽需求，其中每对核心节点下挂 16 个口字型汇聚对。 | |
| | 带宽估算 | 核心层带宽=汇聚层带宽×汇聚对数量×核心节点数量/2×收敛比 $56.58 \times 16 \times 4/2 \times 1/4 = 452.64\text{Gbps}$ | 核心层带宽=汇聚层带宽×汇聚对数量×核心节点数量/2×收敛比 $140.70 \times 16 \times 4/2 \times 1/4 = 1125.60\text{Gbps}$ |

从评估结果可以看出，在模型I和模型II假设参数下，DRAN一般流量区域对承载网提出接入环20Gbps量级、汇聚层60~120 Gbps量级、核心层 $N \times 100/200\text{Gbps}$ 量级的带宽需求；热点流量区域对承载网提出接入环50Gbps量级、汇聚层150~280Gbps量级、核心层 $N \times 100/200/400\text{Gbps}$ 量级的带宽需求。因此，对于DRAN方式，承载接入环需具备25/50Gbps带宽能力，汇聚/核心层需具备 $N \times 100/200/400\text{Gbps}$ 带宽能力。

（3）CRAN部署：接入环达到50Gbps，汇聚核心层为 $N \times 100/200/400\text{Gbps}$

在CRAN部署方式下，承载带宽需求也按小集中方式（普通流量场景）和大集中方式（热点流量场景）进行估算，其中小集中方式按照单节点单基站接入5个5G低频站点考虑，归入CRAN小集中部署模式；大集中方式按照单节点接入20个5G低频站点考虑，归入CRAN大集中部署模式，见图 3-3。

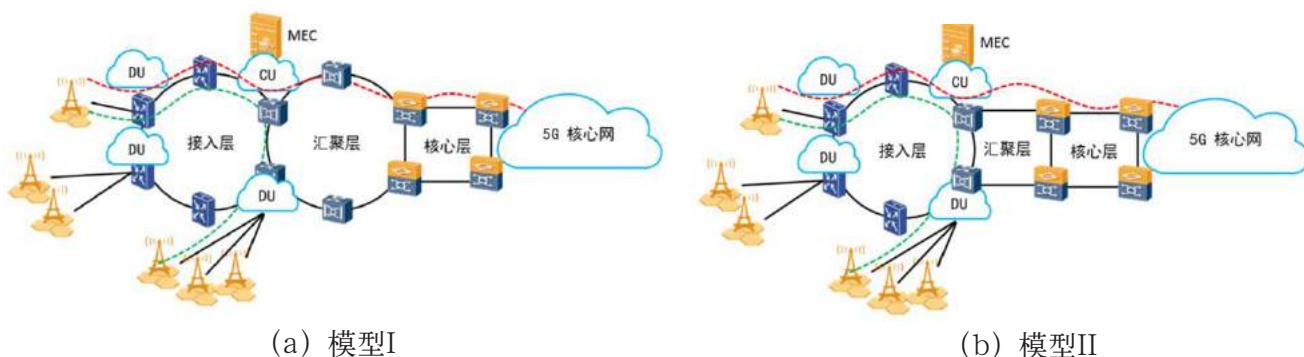


图3-3 C-RAN网络参考模型

一般情况下，CRAN小集中情况下基站由综合接入节点或普通基站节点接入，CRAN大集中情况下基站由汇聚节点接入或者综合接入节点接入，为便于结合承载结构分析带宽需求又不失一

般性，本报告假设在CRAN小集中和大集中模式下，基站分别在综合接入节点和汇聚节点接入。

模型I和模型II相应CRAN带宽需求评估结果分别见表3-4和表3-5。

表3-4 CRAN承载回传带宽需求评估(模型I)

| 网络层次 | 一般流量场景（小集中） | | 热点流量场景（大集中） |
|------|-------------|--|---|
| 接入层 | 参数选取 | 假设每个接入环 3 个节点，每节点接入 5 个 5G 低频站，其中 1 个站取峰值 | -- |
| | 带宽估算 | 接入环带宽=单站均值×(N-1)+单站峰值 $2.03 \times (15-1) + 4.65 = 33.07\text{Gbps}$ | -- |
| 汇聚层 | 参数选取 | 每个汇聚环 4 个普通汇聚节点，每对汇聚点下挂 6 个接入环 | 每个汇聚环 4 个普通汇聚节点，每对汇聚节点接入 40 个低频基站（包括 20 个大集中和 20 个普通基站），其中 1 个站取峰值 |
| | 带宽估算 | 汇聚环带宽=接入环带宽×接入环数量×汇聚点数量/2×收敛比 $33.07 \times 6 \times 4 / 2 \times 1 / 2 = 198.42\text{Gbps}$ | 汇聚点带宽=单站均值×(N-1)+单站峰值 $2.03 \times (40-1) + 4.65 = 83.82\text{Gbps}$ 汇聚环带宽=汇聚点带宽×汇聚点数量/2×收敛比 $83.82 \times 2 / 2 = 83.82\text{Gbps}$ |
| 核心层 | 参数选取 | 按照 4 个核心节点估算带宽需求，其中每对核心点下挂 8 个汇聚环。 | |
| | 带宽估算 | 骨干汇聚环带宽=汇聚环带宽×汇聚环数量×核心节点数/2×收敛比 $198.42 \times 8 \times 4 / 2 \times 1 / 4 = 793.68\text{Gbps}$ | 骨干汇聚环带宽=汇聚环带宽×汇聚环数量×核心节点数/2×收敛比 $83.82 \times 8 \times 4 / 2 \times 1 / 4 = 335.28\text{Gbps}$ |

表 3-5 CRAN承载回传带宽需求评估 (模型II)

| 网络层次 | 一般流量场景（小集中） | | 热点流量场景（大集中） |
|------|-------------|--|--|
| 接入层 | 参数选取 | 假设每个接入环 3 个节点，按每节点接入 5 个低频站计算，其中 1 个站取峰值 | — |
| | 带宽估算 | 接入环带宽=单站均值×(N-1)+单站峰值 $2.03 \times (15-1) + 4.65 = 33.07\text{Gbps}$ | — |
| 汇聚层 | 参数选取 | 假设每对汇聚点下挂 6 个接入环，口字型上连。 | 每个汇聚环 4 个普通汇聚节点，每对汇聚节点接入 40 个基站（包括 20 个大集中和 20 个普通基站），其中 1 个站取峰值；口字型上连。 |
| | 带宽估算 | 汇聚上连带宽=接入环带宽×接入环数量×收敛比 $33.07 \times 6 / 2 = 99.21\text{Gbps}$ | 汇聚点带宽=单站均值×(N-1)+单站峰值 $2.03 \times (40-1) + 4.65 = 83.82\text{Gbps}$ 汇聚上连带宽=汇聚点带宽×汇聚节点数/2×收敛比 $83.82 \times 4 / 2 / 2 = 83.82\text{Gbps}$ |
| 核心层 | 参数选取 | 按照 4 个核心节点估算带宽需求，其中每对核心节点下挂 16 个口字型汇聚对。 | |
| | 带宽估算 | 核心层带宽=汇聚层带宽×汇聚对数量×核心节点数量/2×收敛比 $99.21 \times 16 \times 4 / 2 / 4 = 793.68\text{Gbps}$ | 核心层带宽=汇聚层带宽×汇聚对数量×核心节点数量/2×收敛比 $83.82 \times 16 \times 4 / 2 / 4 = 670.56\text{Gbps}$ |

从评估结果可以看出，在模型I和模型II假设参数下，CRAN小集中时对承载网络提出接入环50Gbps（节点数增加后可到100Gbps）量级、汇聚和核心层 $N \times 100/200/400\text{Gbps}$ 量级的带宽需求；CRAN大集中时承载网络提出接入、汇

聚和核心层 $N \times 100/200/400\text{Gbps}$ 量级的带宽需求。因此，对于CRAN方式，承载接入环需具备50Gbps及以上带宽能力，汇聚/核心层需具备 $N \times 100/200/400\text{Gbps}$ 带宽能力。

（三）前传和中传带宽需求

（1）前传带宽需求：与CU/DU物理层分割位置密切相关

5G前传带宽需求与CU/DU物理层功能分割位置、基站参数配置（天线端口、层数、调制阶数等）、部署方式等密切相关。按照3GPP和CPRI组织等最新研究进展，CU

和DU在低层的物理层分割存在多种方式，典型包括射频模拟到数字转换后分割（选项8，CPRI接口）、低层物理层到高层物理层分割（选项7）、高层物理层到MAC分割（选项6）等，其中选项7又进一步可细分，图3-4是其中一种分割方式。

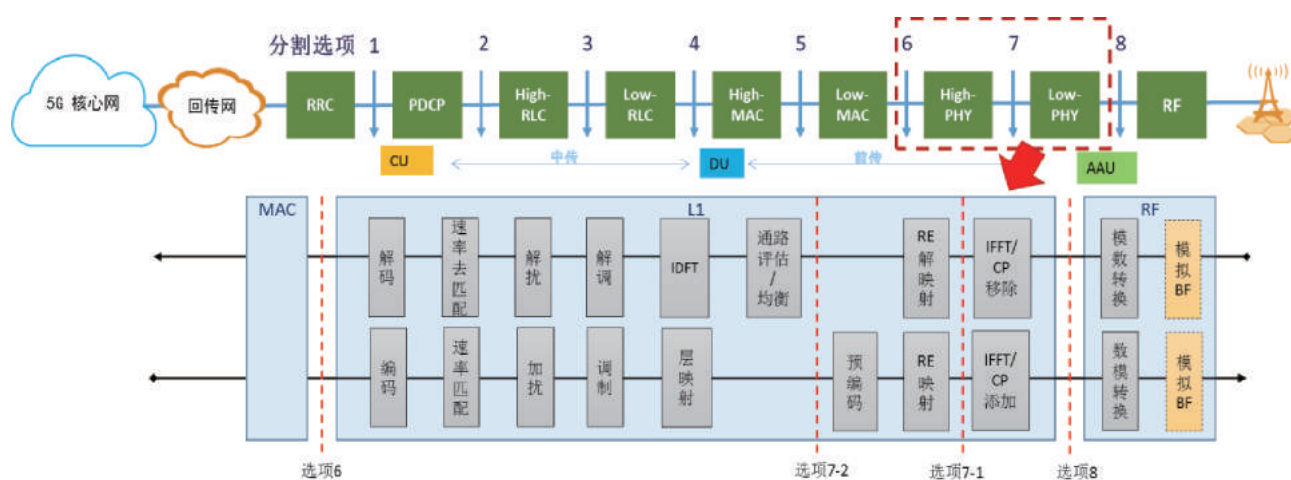


图3-4 CU/DU物理层分割示意

为了估算前传所需的带宽，本报告假设基站前传相关的参数如下：

（a）考虑下行带宽大于上行，本报告仅估算下行[DL]带宽；

（b）工作频段，3.4GHz~3.5GHz，100MHz频宽；

（c）MIMO参数：32T32R，映射数据流/

层为8[DL]；

（d）I/Q量化比特 2×16 ，调制格式：256QAM[DL]。

参考3GPP TR38.801和3GPP TR38.816，对于不同分割方式的前传带宽估算结果见表3-6。

表3-6 前传带宽需求评估

| CU/DU 分割方式 | 选项 8 (CPRI) | 选项 7-1 | 选项 7-2 | 选项 6 |
|---------------------|-------------|--------|--------|-------|
| 前传带宽 [DL] (Gbps) | 157.3 | 113.6 | 29.3 | 4.546 |

从评估结果可以看出，前传的带宽需求与CU和DU物理层分割的位置密切相关，范围为几个Gbps~几百Gbps。因此，对于5G前传，需要根据实际的站点配置选择合理的承载接口和承载方案，目前业界对于选项7-2的关注度较高，也即前传将采用大于10Gbps的接口，即25Gbps、 $N \times 25\text{Gbps}$ 速率接口，对应的组网带宽将为25Gbps、50Gbps、 $N \times 25/50\text{Gbps}$ 或100Gbps等，具体选择取决于技术成熟度和建设成本等多

种因素。

(2) 中传带宽需求

中传主要实现DU和CU之间的流量承载，相当于回传网络中接入层流量带宽需求，在此不再赘述。

综上，5G承载前传、中传、回传（接入、汇聚、核心）的典型带宽需求相对4G增加非常明显，具体见表3-7。

表3-7 5G承载带宽需求评估

| 承载方式 | 前传 | 中传 | 回传 |
|-------|--|--------|---|
| D-RAN | — | — | 接入环：25Gbps、50Gbps； 汇聚/核心： $N \times 100/200/400\text{Gbps}$ |
| C-RAN | 接口：25Gbps、 $N \times 25\text{Gbps}$ 的 eCPRI、自定 CPRI 接口等 | 同回传接入环 | 接入环：50Gbps 及以上 汇聚/核心： $N \times 100/200/400\text{Gbps}$ |
| 4G | 接口：CPRI <10G(选项 8) | — | 接入环：GE 为主，少量 10GE； 汇聚/核心：10GE 为主，少 量 40GE。 |

2. 超低时延

超低时延是5G关键特征之一，NGMN、3GPP、CPRI等标准组织对5G时延技术的指标进行了研究和初步规范。3GPP在TR38.913中对用eMBB和uRLLC的用户面和控制面时延指

标进行了描述，要求eMBB业务用户面时延小于4ms，控制面时延小于10ms；uRLLC业务用户面时延小于0.5ms，控制面时延小于10ms，如表3-8所示。

表3-8 5G时延技术指标

| 时延类型 | | 时延指标 | 参考标准 |
|-------|---------------|-------|---------------|
| eMBB | 用户面时延 (UE-CU) | 4ms | 3GPP TR38.913 |
| | 控制面时延 (UE-CN) | 10ms | |
| uRLLC | 用户面时延 (UE-CU) | 0.5ms | |
| | 控制面时延 (UE-CN) | 10ms | |

目前5G规范的时延指标是无线网络与承载网络共同承担的时延要求，为了进一步分析时延与承载之间的关系，本报告列出了eMBB和

uRLLC两种业务所涉及的时延处理环节分配示意图，见图3-5。

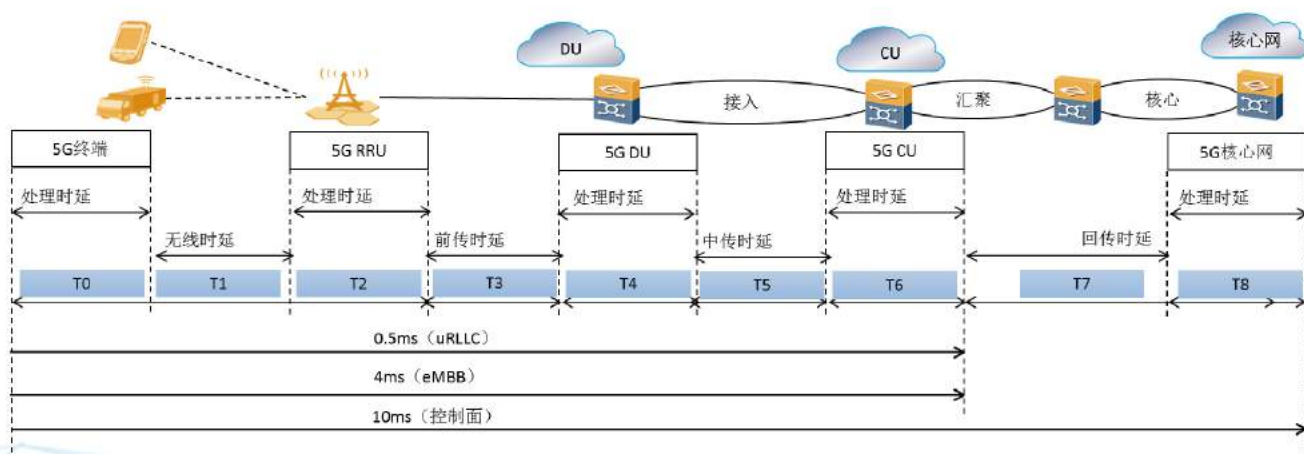


图3-5 eMBB和uRLLC业务时延处理示意图

考虑到时延除了与传输距离有关之外，还与无线设备和承载设备的处理能力密切相关。按照目前eCPRI接口的时延分配，前传时延约为100us量级，在不考虑节点处理时延的情况

下，按光纤传输时延5us/km，前传距离将为10~20km量级，目前承载节点的处理时延一般是20us~50us量级，这样在前传网络中需要引入承载设备进行组网时，要尽可能降低节点的时

延处理能力，譬如10us以内或更低。由于光纤传输的时延无法优化，当前传承载节点处理时延降低到一定程度以后，进一步优化的必要性不强，例如当节点处理时延降低到1us量级时，1km光纤传输时间相当于5个节点处理时间，进一步优化节点时延的意义不大。未来为了进一步支撑uRLLC业务的应用与部署，无线网络与承载网络之间的时延分配协同日趋重要。

3. 高精度时间同步

高精度时间同步是5G承载的关键需求之一。

根据不同技术实现或业务场景，需要提供不同的同步精度。5G同步需求主要体现在三个方面：基本业务时间同步需求，协同业务时间同步需求和新业务同步需求。

基本业务时间同步需求是所有TDD制式无线系统的共性要求，主要是为了避免上下行时隙干扰。5G系统根据子载波间隔可灵活扩展的特点（即NR的子载波间隔可设为 $15 \cdot 2^m$ kHz， $m \in \{-2, 0, 1, \dots, 5\}$ ），通过在保护周期（GP）中灵活配置多个符号的方式，与4G TDD维持相同的基本时间同步需求，即要求不同基站空口间时间偏差优于3us。

协同业务时间同步需求是5G高精度时间同步需求的集中体现。在5G系统将广泛使用的MIMO、多点协同（CoMP）、载波聚合（CA）等协同技术对时间同步均有严格的要求。这些无线协同技术通常应用于同一RRU/AAU的不同天线，或是共站的两个RRU/AAU之间。根据3GPP规范，在不同应用场景下，同步需求可包括

65ns/130ns/260ns/3us等不同精度级别，其中，260ns或优于260ns的同步需求绝大部分发生在同一RRU/AAU的不同天线，其可通过RRU/AAU相对同步实现，无需外部网同步，部分百纳秒量级时间同步需求场景（如带内连续CA）可能发生在同一基站的不同RRU/AAU之间，需要基于前传网进行高精度网同步，而备受关注的带内非连续载波聚合以及带间载波聚合则发生在同一基站的不同RRU/AAU之间，时间同步需求从最初的260ns（见3GPP TS36.104）降低到3us（见3GPP TS 38.104）。

5G网络在承载车联网、工业互联网等新型业务时，可能需要提供基于到达时间差（TDOA）的基站定位业务。由于定位精度和基站之间的时间相位误差直接相关，这时可能需要更高精度的时间同步需求，比如，3米的定位精度对应的基站同步误差约为10ns。

总体来看，在一般情况下，5G系统基站间同步需求仍为3us，与4G TDD相同，即同一基站的不同RRU/AAU之间的同步需求主要为3us，少量应用场景可能需要百纳秒量级，另外，基站定位等新业务可能提出更高的时间同步需求。

为了满足5G高精度同步需求，需专门设计同步组网架构，并加大同步关键技术研究。在同步组网架构方面，可考虑将同步源头设备下沉，减少时钟跳数，进行扁平化组网；在同步关键技术方面，需重点进行双频卫星、卫星共模共视、高精度时钟锁相环、高精度时戳、单纤双向等技术的研究和应用。

5G承载组网及功能需求

1. 多层级承载网络

5G无线接入网可演进为CU、DU、AAU三级结构，与之对应，5G承载网络也由4G时代的回传、前传演进为回传、中传和前传三级新型网络架构。在CU、DU合设情况下，则只有回传和前传两级架构。

前传网络实现5G CRAN部署场景接口信号的透明传送（DRAN场景下，前传无需网络承载），与4G相比，接口速率（容量）和接口类型都发生了明显变化。对应于5G CU和DU物理层低层功能分割的几种典型方式，前传接口也将由10Gbps CPRI升级到更高速率的25Gbps eCPRI或自定义CPRI接口等。实际部署时，前传网络将根据基站数量、位置和传输距离等，灵活采用链型、树形或环网等结构。

中传是面向5G新引入的承载网络层次，在承载

网络实际部署时城域接入层可能同时承载中传和前传业务。随着CU和DU归属关系由相对固定向云化部署的方向发展，中传也需要支持面向云化应用的灵活承载。

5G回传网络实现CU和核心网、CU和CU之间等相关流量的承载，由接入、汇聚和核心三层构成。考虑到移动核心网将由4G演进的分组核心网（EPC）发展为5G新核心网和移动边缘计算（MEC）等，同时核心网将云化部署在省干和城域核心大型数据中心，MEC将部署在城域汇聚或更低位置的边缘数据中心。因此，城域核心汇聚网络将演进为面向5G回传和数据中心互联统一承载的网络，见图4-1。另外，承载网络可根据业务实际需求提供相应的保护、恢复等生存性机制，包括光层、L1、L2和L3等，以支撑5G业务的高可靠性需求。

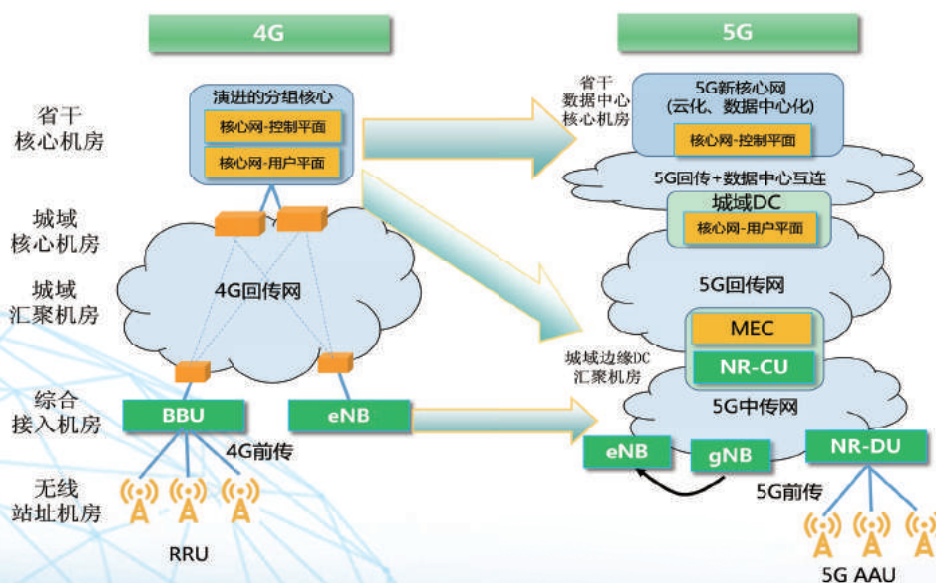


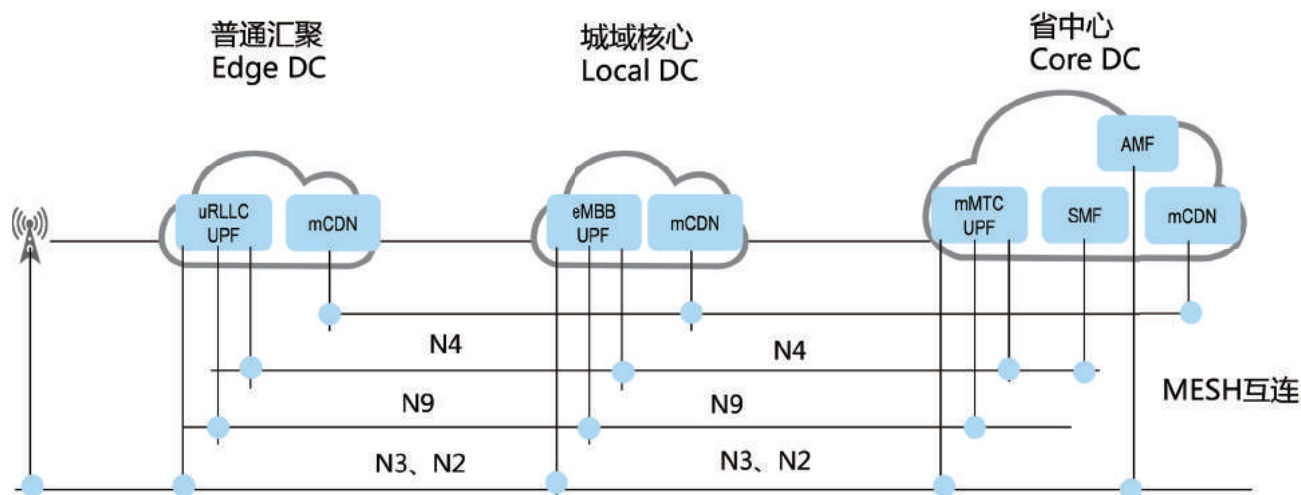
图4-1 5G承载组网架构

2. 灵活化连接调度

5G核心网、无线接入网的云化和功能分布式部署给承载网带来的最大变化是业务连接的灵活调度需求。在4G时代，基站到核心网的连接是以南北向S1流量为主，并且终结S1-U和S1-C的EPC网元部署位置基本相同。5G核心网的UPF下移以后，基站到不同层面核心网元的S1-C（N2连接）和S1-U（N3连接）流量的终结位置存在差异，并且存在不同层面核心网元之间的网状东西向流量的传送需求，如图4-2所示，存在UPF与UPF之间的N9连接、UPF与

SMF之间的N4连接等。此外，无线接入网的相邻基站之间的eX2（Xn）连接也属于动态的东西向流量，为了降低时延和提高带宽效率可部署L3功能到接入层节点以实现就近转发，或通过部署L3功能到汇聚节点实现间接转发。

为了应对网状化的动态业务连接需求，5G承载应至少将L3功能下移到UPF和MEC的位置，根据网元之间不同流向的业务需求，为5G网络提供业务连接的灵活调度和组网路由功能，提升业务质量体验和网络带宽效率。



注：N2是RAN 和AMF之间的参考点；N3是RAN 和UPF之间的参考点；N4是SMF和UPF之间的参考点；N9是两个UPF之间的参考点。

图4-2 5G网状连接灵活调度需求

3. 层次化网络切片

5G网络切片对承载网的核心诉求体现在一张统一的物理网络中，将相关的业务功能、网络资源组织在一起，形成一个完整、自治、独立运维的虚拟网络（VN），满足特定的用户和业务需求。构建虚拟网络的关键技术包括SDN/NFV管控功能和转发面的网络切片技术。SDN/NFV负责实现对资源的虚拟化抽象，转发面的网络切片负责实现对资源的隔离和分配，从而满足差异化的虚拟网络要求。

5G承载需要提供支持硬隔离和软隔离的层次化网络切片方案，满足不同等级的5G网络切片需求，如图4-3所示。譬如，uRLLC和金融政企专线等业务要求独享资源、低时延和高可靠性，承载网络可提供基于L1 TDM隔离的网络硬切片；eMBB的互联网接入和AR/VR视频业务具有大带宽、时延不敏感、动态突发性等特点，承载网络可提供基于L2或L3逻辑隔离的网络软切片。

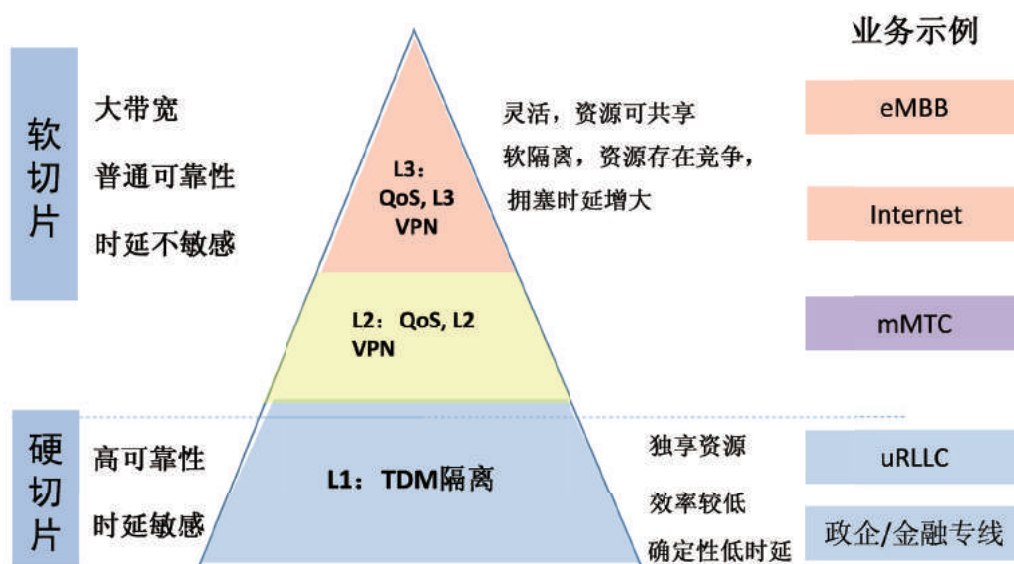


图4-3 5G承载层次化网络切片应用示意

为了满足5G网络大带宽和网络硬切片的需求，承载网需支持带宽捆绑和L1 TDM隔离的灵活带宽接口技术，其中基于以太网物理接口的

FlexE 技术和基于OTN的ODUflex+FlexO技术是5G承载网络切片的两种主要候选方案，结合多种L2和L3层技术可实现软切片承载方案。

4. 智能化协同管控

5G承载网络架构的变化带来网络切片、L3功能下沉、网状网络连接等新型特征，此外，还将同时支持4G、5G、专线等多种业务的承

载，业务组织方式也将更加多样，对承载网络的管控带来诸多新需求，如图4-4所示。

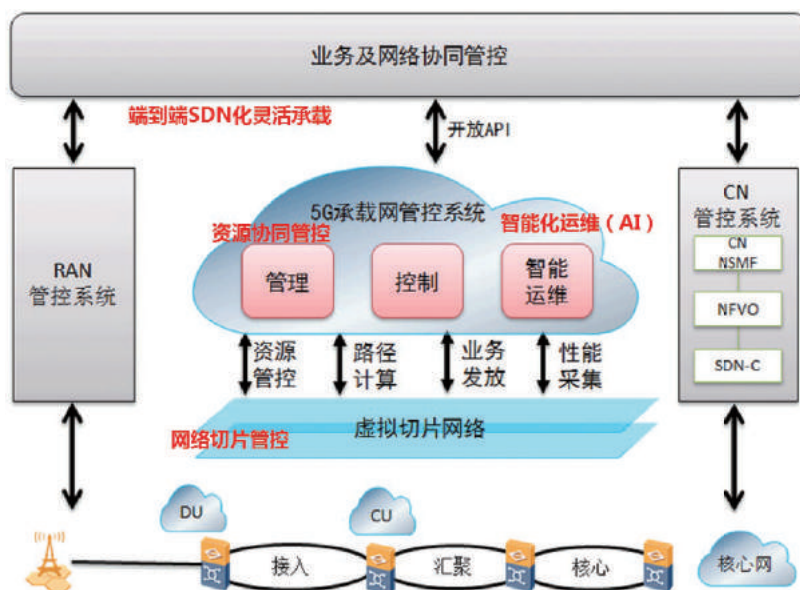


图4-4 承载端到端系统管控需求

5G承载相关的管控需求具体如下：

(1) 端到端SDN化灵活管控

根据5G网络的业务特性，要实现端到端前传到回传网络的灵活承载，5G承载网管控要求能够实现L0层到L3层网络的端到端管控，支持跨层的业务联动控制。此外，还需要实现这种异构网络环境下的跨厂商业务端到端控制功能，以实现业务的快速提供。

(2) 网络切片管控

承载网的切片要求管控系统能够对切片网络

进行管理，由于网络切片一般由上层系统发起，携带客户的SLA需求，采用传统的人工规划设计构建VPN的方法不仅业务提供速度慢，且网络资源使用效能难以达到最优。承载网管控系统应能够支持切片网络的自动化部署和计算，支持网络切片的按需定制，实现切片用户的隔离，并对切片网络进行智能运维。

(3) 资源协同管控

5G承载网管控系统应能够和上层的编排器、管控系统、业务系统进行协同交互，接收

来自上层系统的需求，完成自上而下的自动化业务编排。为此承载网管控系统应能够提供开放、标准的北向管控接口，以便实现和上层管控系统的能力交互、数据交互、告警和性能检测交互等功能。

（4）统一管控

SDN控制器系统的引入会增加运营商运维人员维护界面的增多，管理操作维护更复杂，将提高运维成本。因此，基于云化、弹性的部署方案，将管理、控制、智能运维等功能协调统一，提供统一的维护界面，以提高运维的效率。

（5）智能化运维

随着网络功能层次的增多、网络结构的复杂，以及网络切片管控等需求的引入，人工维护的复杂性越来越高，要求能够提供智能化运维功能，以降低运维的复杂度。通过引入AI等智能化技术，对网络配置、流量、告警、操作等网络数据进行采集和分析，以实现告警快速定位分析和排障，流量预测分析和网络优化等智能化运维功能。

对于SA部署方式，5G和4G形成了两张独立的网络，为了保持业务连续性，现网的LTE基站和EPC需要升级来支持跨核心网的移动性。考虑到未来新型业务支撑和扩展能力，5G NR SA方案的承载网可新建，但需在省干或城域的核心层实现4G和5G控制面核心网元之间的互通，也可结合实际需求构建4G和5G混合承载网络，具体选择除了技术方案之外与建网成本、维护成本等密切相关。

对于NSA部署方式，5G和4G形成了混合网络，目前国外运营商计划支持的较多。整体来看，纯NG-eNB网络难以支持5G全业务，特别是低时延类业务。为了改善部分低时延类业务的体验，可以下沉部分核心网功能，减少基站与核心网之间的传输时延。对于承载网络而言，若运营商选择部署这些NSA方案，则需要采用4G和5G混合承载的网络方案。

5. 4G/5G混合承载

考虑到4G和5G网络之间的协作关系，3GPP目前定义了独立部署(SA，主要是Option2等)和非独立部署(NSA，包括Option 3/3a/3x等)不同类型的网络架构，因此提出了4G和5G混合承载需求。

6. 低成本高速组网

在5G eMBB等业务的强力推动下，除了在面向5G回传的城域汇聚和核心层引入新的N 100/200/400Gbps等高速接口速率之外，25Gbps、50Gbps和100Gbps等新型高速接口将逐步在前传和城域接入层引入和应用，新型设备及全新高速接口的成本相对昂贵，承载网络的低成本需求逐步凸显，尤其是在前传和回传接入层（中传）网络，占据规模数量的

25Gbps、50Gbps和100Gbps等新型接口及设备的成本非常关键。

目前业界已经关注到新型光接口设备及模块低成本的重要性，结合应用需求及低成本方案，已出现一些低成本的高速接口光模块样品，部分高速模块应用需求及典型速率接口特性见表 4-1。

表 4-1 5G承载光模块需求分析示例

| 应用场景 | 传输距离 [典型值,km] | 接口速率 [Gbps] | 工作波段 | 调制方式 | 传输方式 |
|------|------------------|-------------------|------|----------------------------------|---------------|
| 前传 | 10~20 | 25~100 | C/O | NRZ/PAM4/DMT (直调直检) | 双纤双向/ 单纤双向 |
| 中传 | 20~40 | 25~100 | C/O | NRZ/PAM4/DMT (直调直检) | 双纤双向/ 单纤双向 |
| 回传 | 2~20 | 25~100 | C/O | NRZ/PAM4/DMT (直调直检) | 双纤双向/ 单纤双向 |
| | 40~80 | N× 100/200/400 | C/O | n-QAM(相干)/ PAM4/DMT(直调 直检) | 双纤双向 |
| | >80 | N× 100/200/400 | C | n-QAM(相干) | 双纤双向 |

总结与展望

5G三大应用场景eMBB、mMTC和uRLLC等新型特性的引入、无线接入网结构和核心网架构革新变化等为承载技术的新一轮快速发展提供了契机。相对于4G网络，5G承载呈现出明显的差异化需求：在关键性能方面，更大带宽、超低时延和高精度同步等需求非常突出；在组网及功能方面，呈现“多层级承载网络、

灵活化连接调度、层次化网络切片、智能化协同管控、4G/5G混合承载以及低成本高速组网”等需求，见图5-1。结合承载技术现状及发展趋势等，后续将进一步加速开展5G承载架构、组网及共性支撑技术的研究，以便尽快完善5G承载方案，全力支撑和迎接5G商用时机的到来。



图5-1 5G承载整体需求

“5G商用，承载先行”。随着5G承载技术及标准化研究的不断深入，5G承载工作组将与业界加强合作，共同推动5G承载需求、架构、

组网及共性支撑技术等相关研究，共同促进5G承载技术以及产业的有序发展，为后续5G规模化部署提供有力支撑。

主要贡献单位





联系方式

电话: +86-10-62300164

邮箱: imt2020@caict.ac.cn

COPYRIGHT© 2018 IMT-2020 (5G) PROMOTION GROUP.
ALL RIGHTS RESERVED.