



5G 承载网的架构演进及带宽分析

赵春华

(广东省电信规划设计院有限公司, 广东 广州 510630)

摘要: 阐述了 5G 移动网的架构演变对承载网的影响, 对 5G 前传网和固定宽带接入网的光纤需求做了对比, 阐述了光纤稀缺地区 5G 前传的各种承载方案, 概述了各种设备组网方案的特点, 分析了 5G 核心网下沉至城域核心 DC 和边缘 DC 对承载网架构和带宽的影响, 给出了移动城域网中传和回传网络的带宽计算模型, 对网络各层的带宽进行了计算。计算结果表明, 相对于 4G 网络, 5G 网络无线侧带宽的增大使得对承载网回传带宽的需求大大增加, 但核心网的下沉以及 CDN 和 MEC 的部署, 减缓了回传和城域出口的带宽增长趋势。

关键词: 承载网; 5G; 回传; 带宽

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2019037

Architecture evolution and bandwidth analysis of 5G bearer networks

ZHAO Chunhua

Guangdong Planning and Designing Institute of Telecommunications Co., Ltd., Guangzhou 510630, China

Abstract: The influence of 5G mobile network architecture evolution on bearer network was demonstrated. A comparison of fiber requirement between 5G front-haul network and fixed broadband access network was proposed. The various bearer schemes in fiber shortage area were introduced. The characteristics of various device networking solution were summarized. The influence on bearer network architecture and bandwidth was analyzed when 5G core network moved down to the metro core DC and metro edge DC. The bandwidth calculation model on mobile metro mid-haul and back-haul network was presented. Bandwidth calculations on each layer of the networks were provided. Calculation results show that compared with 4G network, bandwidth requirements on bearer back-haul network are greatly increased as the bandwidth of the wireless side of the 5G network increases. The growth trend of the metro back-haul and export bandwidth is slowed down with the core network moving down and the deployment of CDN and MEC.

Key words: bearer network, 5G, back-haul, bandwidth

1 引言

随着我国 5G 试验网的推进, 5G 承载网的建

设越来越受到各大运营商的关注。与 4G 承载网相比, 5G 承载网从网络架构和网络带宽上都发生了很大的变化, 因此研究 5G 承载网架构和带宽的变



化,提前规划 5G 承载网对 5G 网络的建设有着非常重要的意义。

2 5G 承载网的架构演进

5G 无线网和核心网的架构变化导致对承载网的需求也发生了变化,下面分别给出分析。

2.1 无线网的变化对承载网的影响

4G 无线网的 BBU 网元在 5G 时代发生了很大的变化^[1],如图 1 所示,BBU 物理层的一部分下移到 AAU (有源天线)^[2-3],下移后前传接口由 100 Gbit/s 的 CPRI (common public radio interface) 变成了 25 Gbit/s 的 eCPRI; BBU 的一部分非实时功能上移到 CU (集中单元),CU 的集中部署为未来无线网络的云化做好了准备;分离出 CU 后,BBU 剩下的部分为 DU (分布单元),从承载网的角度看,AAU 到 DU 部分是前传,DU 到 CU 的部分是中传,CU 往核心网的部分是回传。下沉的核心网用户面 UPF 可以与 MEC (移动边缘计算) 和 CU 共处在边缘 DC (数据中心) 机房。

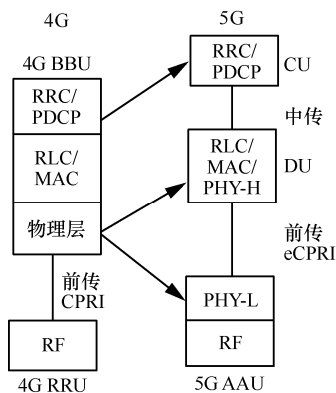


图 1 4G 与 5G RAN 架构的差异

2.2 核心网的变化对承载网的影响

4G 核心网大多设置在省中心城市,一般地市的城域接入、汇聚到核心加上地市核心到省中心的承载属于移动接入网;5G 时代,业务分为大连接的 MMTC、大带宽的 eMBB 和低时延的 uRLLC 3 类业务^[4-5],后两种业务要求核心网从省中心下沉到地市核心乃至地市边缘节点^[6],如图 2 所示,

核心网的下沉使 4G 时代的“大接入、小核心”承载网架构演变为 5G 时代的“小接入、大核心”的网络架构,5G 时代的承载网除了移动接入的承载外,还有核心网之间内部流量的承载,这部分承载可以被视为 DC 之间流量的承载 (DCI)。在 4G 时代,核心网节点在省中心通过网关 PGW 出口到公网 Internet,5G 时代核心网到公网的出口可以在地市的城域边缘节点,因此对于本地节点的访问,无需迁回到省中心节点,这样既可以节约带宽,又能降低时延;事实上,随着国内 4G 不限流量套餐的推行,一些业务流量大的省也在考虑 4G 核心网的下沉,以应对网络流量的快速增长。5G 核心网设备将采用网络功能虚拟化 (NFV) 的架构^[7-8],核心网元所在的省中心、城域核心和城域边缘节点,将成为区域 DC、核心 DC 和边缘 DC,这些 DC 不仅为 4G、5G 移动核心网所用,同样也可以放置固定宽带的虚拟化设备 (如 vBAS、vOLT 等设备) 以及对外服务的云化设备 (如公有云、私有云),这一基础设施的架构符合各大运营商网络向云化架构演进的转型方向。

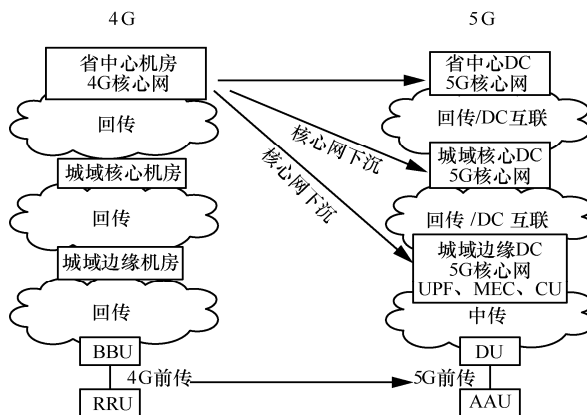


图 2 4G 与 5G 核心网架构的差异

3 5G 承载网前传部分对光纤数量需求

下面分析 5G 前传对光纤的需求,并将其与固网光宽对光纤的需求做比较。

3.1 移动前传的光纤需求

4G 基站工作在 800 MHz、1.8 GHz、2.1 GHz

和2.6 GHz共4个频点,5G低频基站工作在3.5 GHz或4.9 GHz频点,未来还可能有28 GHz或更多的高频点,考虑到基站频点的平均情况,假设5G+4G共站的情况下平均每站4个载频,假设一个综合接入机房集中放置20个物理基站的BBU/DU,那么该综合接入机房前传光纤的数量计算如下:前传光纤芯数=每RRU纤芯数×每基站扇区数×载频数×基站数=2×3×4×20=420芯光缆,即便基站前传全部采用单纤双向(bidirectional, BiDi)的技术以节约纤芯(每RRU只需1芯)^[9],从综合接入机房出局的主干光缆也需要有240芯。

3.2 有线光宽的光纤需求

假如综合接入机房放置的OLT设备覆盖周边8 000个家庭用户,按固定光宽PON口下平均40个用户共享一根主干光纤,则主干光缆的芯数将达到200芯;两者相比较可见,5G阶段移动前传光纤的需求量将可能超过固定光宽的纤芯需求。因此5G时代接入主干光缆的规划需要考虑5G时代的纤芯需求;未来5G成熟期,尤其是引入高频点后,5G将迎来新的接入光纤建设高潮。

4 5G前传的设备解决方案

在光纤稀缺的地区,5G前传可以采用无源粗波分、有源OTN或WDM-PON的方式解决^[10]。无源粗波分技术在4G中已经使用,只是其速率在10 Gbit/s以下,5G时期速率需提升到25 Gbit/s;有源波分可以采用睿频技术,将10 Gbit/s/25 Gbit/s的芯片超频到50 Gbit/s/100 Gbit/s速率以降低接口成本,或者可以采用25 Gbit/s的彩光技术,同样需要降低成本(如采用融合超宽带(G.metro)中的建议);WDM-PON类似于点对点波分技术,只是将放在单个基站(active antenna unit, AAU)的合/分波器放在光宽ODN的分光器的位置以便服务于多个基站,WDM-PON不同于TWDM-PON,前者波长数量大(双向40波,共20个通道),没有时分复用,主要提供带宽需求大的波长业务,

如基站前传,后者波长数量少(典型的双向8波长,4个通道),既有波分复用也有时分复用,主要用于光宽用户的带宽提速。

在光纤资源紧张的地方,除了采用传输设备的方式解决光纤不足的需求外,还可以采用无线BBU下沉,即采用所谓的DRAN的方案,BBU下沉后,前传的需求转变成了回传,带宽需求也大大降低了,此时采用回传的IPRAN技术就可以解决带宽需求。

5 5G移动城域承载网络架构及带宽需求

5.1 5G回传的带宽计算

假设在3.5 GHz频点,频率宽度为100 MHz,均值速率下的频谱效率为8 bit/Hz,10%封装开销,20%的Xn的横向流量,1:3的TDD上下行配比,回传网络的带宽计算如下:频宽×频谱效率×(1+封装开销)×(1+横向流量)×TDD下行占比=100×8×1.1×1.2×0.75=0.8 Gbit/s,3扇区带宽需求为:0.8 Gbit/s×3=2.4 Gbit/s,近似为2.5 Gbit/s。

5.2 5G移动城域网的架构模型及带宽分析

5G基站建设模型如图3所示,假设某本地网有10 000个基站、1 000个综合接入机房,DU采用小集中的方式部署,每个综合接入机房带有10个物理基站;考虑5G网络规模应用的成熟期,5G核心网下沉至城域网的核心DC和边缘DC,城域边缘节点20个,每个城域边缘节点带50个综合接入节点;城域核心出口节点1对(2个),该对核心节点带20个城域边缘节点。假设在城域网的核心节点和汇聚节点部署CDN和MEC将流量本地化,节点的下联和上联带宽的比例为5:1,即80%的流量只需访问本地的节点,仅20%的流量需要去更高的网络层面访问。

在网络的前传层面,每个基站3个扇区,需要3×25 Gbit/s的带宽,由于有10 000个基站,故总带宽为750 Tbit/s,在DU集中放置的接入节点,每个节点的下联前传带宽为75 Gbit/s×10=

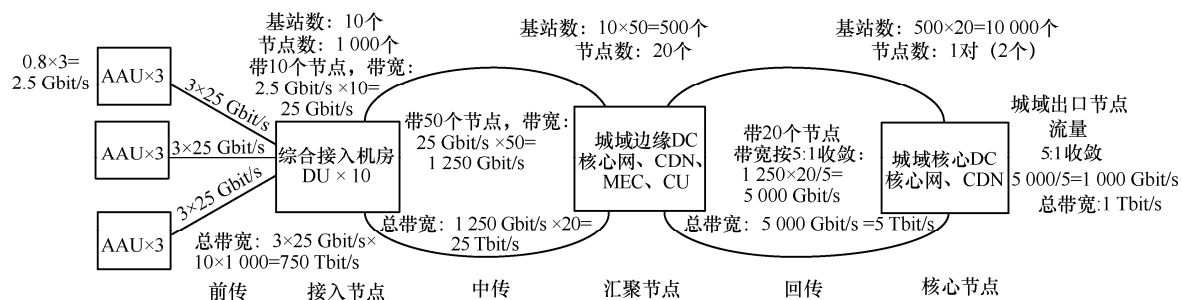


图3 5G 承载网模型及各层带宽需求

50 Gbit/s, 上联中传带宽为 $2.5 \text{ Gbit/s} \times 10 = 25 \text{ Gbit/s}$; 汇聚节点下联带宽为 $25 \text{ Gbit/s} \times 50 = 1.25 \text{ Tbit/s}$, 上联带宽因为核心网下沉、CDN 和 MEC 的部署减少为 $1.25 \text{ Tbit/s} / 5 = 0.25 \text{ Tbit/s}$; 核心节点下联带宽为 $0.25 \text{ Tbit/s} \times 20 = 5 \text{ Tbit/s}$, 同样由于核心网下沉和 CDN 的部署上联带宽减少为 $5 \text{ Tbit/s} / 5 = 1 \text{ Tbit/s}$, 即整个本地网的移动承载面的出口流量为 1 Tbit/s, 具体的网络参数见表 1。

由以上分析可见, 5G 承载网的中传总带宽高达 25 Tbit/s, 汇聚和核心层面总带宽分别为 5 Tbit/s 和 1 Tbit/s; 相对 4G 网络, 5G 网络无线侧带宽的增大虽然造成中传/回传带宽大大增加, 但由于核心网的下沉以及 CDN 和 MEC 的部署, 减缓了回传和城域出口的带宽增长趋势; 前传网络总带宽需求高达 750 Tbit/s, 是带宽需求最大的层面, 因此前传的承载应主要以光纤为主, 以避免对设备组网造成过大的压力。

6 结束语

5G 对承载网建设的投资需求取决于 5G 覆盖

的厚度(载频的数量)和广度(局部热点覆盖逐步到全覆盖), 考虑到 4G 会长期与 5G 共存, 5G 初期很可能是单频点的热点覆盖, 因此承载网的建设只需满足单一频率下的部分热点即可, 承载网将随着 5G 建设的深入不断推进。在 4G 时代, 互联网中来自移动网的流量大约只占到整个带宽的 10%, 随着 5G 的推出及其向万物互联的演进, 移动网的流量占比将逐步提升, 未来有望接近甚至超过固定宽带的水平; 从网络架构上看, 5G 核心网的下沉也使得城域移动 IP 网和 IP 城域网架构越来越类似, 这两张网未来有可能逐步融合成一张综合的 IP 城域承载网。

参考文献:

- [1] 孙嘉琪, 李玉娟, 杨广铭, 等. 5G 承载网演进方案探讨[J]. 移动通信, 2018, 42(1): 1-6.
SUN J Q, LI Y J, YANG G M, et al. Discussion on evolution schemes of 5G carrying network[J]. Mobile Communications, 2018, 42(1): 1-6.
- [2] 3GPP. Study on CU-DU lower layer split for NR: TR38.816 V15.0.0[S]. 2017.
- [3] 3GPP. Study on new radio access technology: radio access

表 1 5G 承载网各层带宽需求

	基站	接入 DU	汇聚 CU	核心节点
节点总数量	10 000	1 000	20	1
本节点所带下一级节点数	无	10 个	50 个	20 个
单节点下联带宽	空口	750 Gbit/s (前传)	1.25 Tbit/s (中传)	5 Tbit/s (回传)
单节点上联带宽	75 Gbit/s (前传)	25 Gbit/s (中传)	0.25 Tbit/s (回传)	1 Tbit/s (城域出口)
收敛比	无	无	5:1	5:1
总带宽	750 Tbit/s	25 Tbit/s	5 Tbit/s	1 Tbit/s

- architecture and interfaces: TR 38.801 V14.0.0[S]. 2017.
- [4] 师严, 王光全, 王海军, 等. 面向 5G 的承载网需求及关键技术[J]. 中兴通讯技术, 2018, 24(1): 17-20.
SHI Y, WANG G Q, WANG H J, et al. Research on evolution scheme of NFV core network based on 5G[J]. ZTE Technology Journal, 2018, 24(1): 17-20.
- [5] 李俊杰, 唐建军. 5G 承载的挑战与技术方案探讨[J]. 中兴通讯技术, 2018, 24(1): 49-52.
LI J J, TANG J J. Challenge and technical scheme of 5G bearing network[J]. ZTE Technology Journal, 2018, 24(1): 49-52.
- [6] 汤瑞, 赵俊峰. 5G 承载网络结构及技术分析[J]. 邮电设计技术, 2018(5): 1-4.
TANG R, ZHAO J F. Analysis of the structure and technology of 5G bearer network[J]. Designing Techniques of Posts and Telecommunications, 2018(5): 1-4.
- [7] 于建伟, 张保华, 于娟娟, 等. 面向 5G 的 NFV 核心网演进方案研究[J]. 电信工程技术与标准化, 2017, 30(1): 42-47.
YU J W, ZHANG B H, YU J J, et al. Research on evolution scheme of NFV core network based on 5G[J]. Telecom Engineering Technics and Standardization, 2017, 30(1): 42-47.
- [8] 3GPP. System architecture for the 5G system: TR23.501 V15.2.0[S]. 2018.
- [9] 霍晓莉, 荆瑞泉. BBU 集中部署时 CPRI 链路承载方案[J]. 电信科学, 2015, 31(8): 161-165.
HUO X L, JING R Q. CPRI transport scheme for centralized BBU deployment[J]. Telecommunications Science, 2015, 31(8): 161-165.
- [10] 汤晓华, 吴冰冰, 汤瑞, 等. 5G 传输网需求及组网技术研究[J]. 电信网技术, 2017(9): 36-41.
TANG X H, WU B B, TANG R, et al. Research on 5G transport network requirements and networking technologies[J]. Telecommunications Network Technology, 2017(9): 36-41.

[作者简介]



赵春华 (1969—), 男, 博士, 广东省电信规划设计院有限公司高级工程师、技术总监、注册咨询工程师, 主要研究方向为传送与接入网、IP 网、5G 承载网和电信网的网络转型。