

专家论坛 策划人简介



赵慧玲

工信部通信科技委专职常委、信息通信网络专家组组长, 中国通信学会常务理事、信息通信网络技术专业委员会主任委员、北京通信学会副理事长, 中国通信标准协会网络与业务能力技术工作委员会主席, 中国电信科技委常委兼核心网组负责人, 国际标准组织 MEF 顾问董事, SDN/NFV 产业联盟技术委员会副主任; 长期从事电信网络领域技术和标准工作; 曾获多个国家及省部级科技进步奖项; 已发表论文 100 余篇, 技术专著 12 部。

5G 承载的挑战与技术方案探讨

Challenge and Technical Scheme of 5G Bearing Network

李俊杰/LI Junjie

唐建军/TANG Jianjun

(中国电信股份有限公司北京研究院, 北京 102209)

(China Telecom Beijing Research Institute, Beijing 102209, China)

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2018) 01-0049-004

摘要: 5G 的网络架构和业务特征相对于 3G/4G 时代出现了较大变化, 对 5G 承载网提出了挑战性的需求。针对大带宽、超低时延、高可靠、高精度同步、灵活性、网络切片、智能协同等七大特征, 探讨了 5G 承载技术方案, 涵盖前传、中传和回传承载方案, 并分别对应有源天线单元(AAU)和分布单元(DU)之间, DU 和集中单元(CU)之间, 以及 CU 和核心网之间的通信承载。

关键词: 5G; 承载; 前传; 中传; 回传

Abstract: Comparing with 3G/4G, 5G network architecture and service characteristics have changed greatly, which brings challenging requirements for 5G bearing network. In this paper, seven features of 5G are proposed, such as wide bandwidth, ultra low latency, high reliability, high-precision synchronization, flexibility, network section, and intelligent cooperation. And 5G bearing technical proposals are also discussed, including fronthaul, middlehaul and backhaul which correspond to the bearing network between active antenna unit (AAU) and distributed unit (DU), the bearing network between DU and centralized unit (CU), and the bearing network between CU and core network.

Key words: 5G; bearing network; fronthaul; middlehaul; backhaul

1 5G 发展概况

5G 致力于构建信息与通信技术的生态系统, 是未来无线产业发展的创新前沿, 也是目前产业界最热的课题之一。5G 的愿景是为了应对未来爆炸性的移动数据流量增长、海量

的设备连接、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, 实现真正的“万物互联”, 构建社会经济数字化转型的基石。

国际电信联盟 (ITU) 为 5G 定义了增强型移动宽带 (eMBB)、大规模机器类通信 (mMTC)、超可靠低时延通信 (uRLLC) 三大业务场景^[1], 如图 1 所示。实际上, 不同行业往往在多个

收稿日期: 2017-12-10
网络出版日期: 2018-01-12

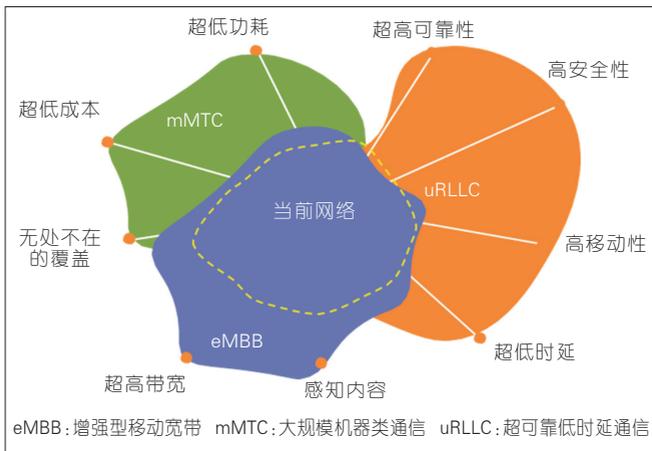


图1 5G典型业务场景性能需求

关键指标上存在着差异化的要求,因而5G系统还需支持可靠性、时延、吞吐量、定位、计费、安全、可用性的优化组合;万物互联也带来了更高的安全风险,5G能够为多样化的业务场景提供差异化的安全服务,保护用户隐私,同时还能支持提供开放的安全能力。

在政府、运营商和设备商的大力推动下,中国5G的发展步入快车道。2017年11月30日,中国国家发展改革委在“2018年新一代信息基础设施建设工程”^[2]中明确要求运营商启动“5G规模组网建设及应用示范工程”。2017年12月1日结束的3GPP

美国里诺会议上,3GPP R15 NSA核心标准部分已经冻结。中国的三大运营商均已启动5G无线外场测试、5G承载技术研究等工作^[1]。

2 5G 承载的需求与挑战

“5G建设,承载先行”,承载网络对5G发展的重要性不言而喻。由于5G网络架构和业务特征相对于3G/4G有了较大变化,因此对5G承载网提出了挑战性的需求,可以归纳为七大特征,如图2所示。

5G网络由于引入了大带宽和低时延的应用,因此需要对传统的无线接入网(RAN)体系架构进行改进。

5G的RAN网络将从4G/LTE网络的基带处理模块(BBU)、射频拉远单元(RRU)两级结构演进到集中单元(CU)、分布单元(DU)和有源天线单元(AAU)的3级结构,如图3所示。因此,5G承载网络也将会从4G时代的前传和回传两部分演变成5G时代的前传(Fronthaul)、中传(Middlehaul)和回传(Backhaul)这3部分,它们分别对应了AAU和DU之间,DU和CU之间,以及CU和核心网之间的通信承载。

4G时代就逐渐凸显的单个基站带宽大幅增加,基站部署密度加大所引起的基站选址困难、机房成本高、基站资源利用率低、维护工作量大等问题在5G时代将愈演愈烈。因此,作者认为5G RAN网络势必延续4G BBU集中策略,将DU集中作为一种主流的组网架构。

5G核心网必须满足5G低时延业务处理的时效性需求,核心网下移成为一种趋势,特别是针对uRLLC等时延敏感型业务。3GPP已经将核心网下移纳入讨论范围,并推动移动边缘计算(MEC)的标准化。

核心网下移并云化后,MEC将分担核心网流量、运算压力,其数量会

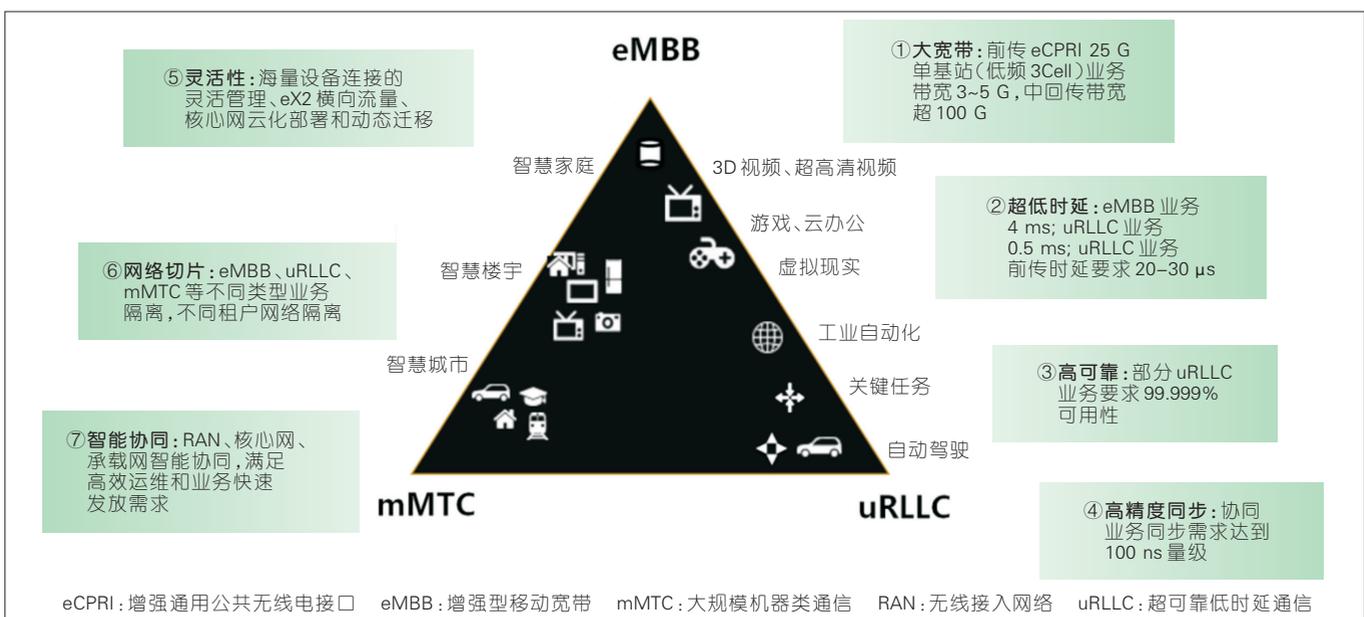


图2 5G承载网的挑战性需求

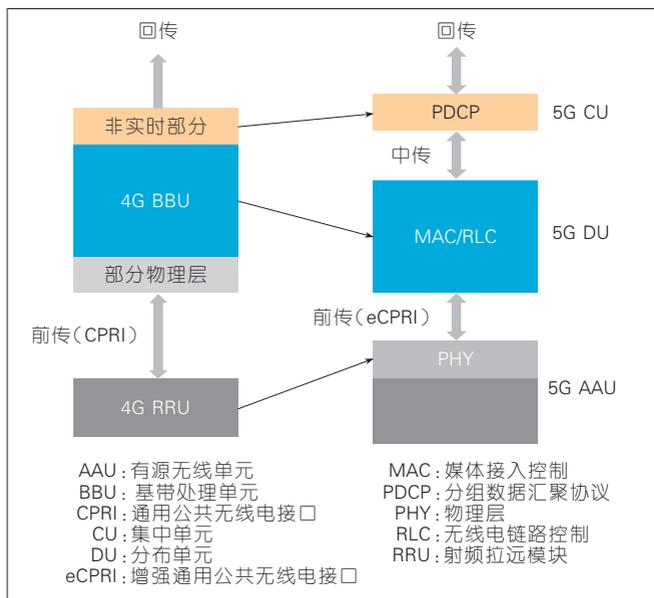


图3
5G RAN功能模块的重构

不断增加。而不同的业务回传可能归属到不同的云上,因此需要承载网具备将不同业务通过CU归属到不同MEC的L3路由转发能力。而原来基站与每个演进的分组网(EPC)建立的连接也演进为CU到云(MEC)以及云到云(MEC到5G核心网(NGC))的连接关系。

综上所述,5G承载网在带宽容量、时延和组网灵活性等方面提出了新的需求。如何利用一张统一的承载网来满足5G不同业务的承载需求是承载网所面临的巨大挑战,具体包括:

(1) 5G网络带宽相对4G预计将有数十倍增长,导致承载网带宽急剧增加,25 G高速率将部署到网络边缘,低成本的25 G/50 G光模块和波分复用(WDM)传输是承载网的第1个挑战;

(2) uRLLC业务提出的1 ms超低时延要求不仅需要站点合理布局,微秒量级超低时延性能是承载设备的第2个挑战;

(3) 5G核心网云化、网络切片等需求导致5G回传网络对连接灵活性的要求更高,如何优化路由转发和控制技术,例如:引入分段路由(SR)、以太网虚拟专用网(EVPN)等新技

术,满足5G承载设备的成本限制和运维便利性需求,是承载网的第3个挑战。

3 5G 承载技术方案探索

首先,需要明确的是5G承载网不会是独立的存在,面向固移融合的发展趋势,5G承载网、光纤固定宽带网络、政企专线网络等势必统筹考虑,特别是在光纤光缆、机房等基础设施和传输承载设备方面,都需要考虑资源共享,降低成本。基础设施和基础网络共享是5G承载必须考虑的前提条件。

其次,虽然5G承载网逻辑上分成前传、中传和回传3部分,但是在实际网络部署中存在不同单元共机房部署甚至设备融合的场景,例如CU/DU合设、AAU/DU合设、AAU/DU/CU合设等。而且为了保证网络质量,不同业务的CU可能会部署在网络的不同位置。此外,5G承载网还需要考虑对4G甚至3G业务的后向兼容能力。

综上所述,5G承载技术方案必须考虑固移融合综合承载,满足3G/4G后向兼容,支持5G网络多样化部署等需求,而综合承载正是光传送网络的优势,因此大带宽光传送网络将在

5G承载中扮演重要角色。

3.1 5G 前传承载方案探讨

5G前传对应DU和AAU之间的接口,在4G及以前通常采用通用公共无线电接口(CPRI),但是进入5G以后,若继续采用CPRI接口,带宽将达到300 Gbit/s以上,即使通过压缩,带宽也在100 Gbit/s左右,给前传带来的巨大的带宽和成本压力。为了解决此问题,业界定义了新的增强通用公共无线电接口(eCPRI),将带宽控制到了25 Gbit/s以内。eCPRI接口标准已于2017年8月底发布,目前中国市场主流无线设备厂商均计划采用25 G eCPRI接口。

5G前传对应DU集中部署,AAU拉远(C-RAN)和AAU和DU共址部署(D-RAN)两种场景。D-RAN场景相对简单,AAU和DU之间一般部署在塔上塔下,通常采用光纤连接,传输距离一般在100 m以内,少量场景在100~200 m之间,此时可以选用eCPRI接口,少量厂商为了保持CPRI接口的性能优势,也在努力开发低成本的100 Gb/s光模块,计划在D-RAN使用。

C-RAN场景对应的拉远距离通常在10 km以内,业界普遍认为将采用25 Gbit/s eCPRI接口。考虑成本和维护便利性等因素,5G前传将以光纤直连为主,局部光纤资源不去的地区,可通过设备承载方案作为补充。

对于5G光纤直驱方案,笔者强烈推荐采用25 G单纤双向(BiDi)光模块方案。该方案不仅可以节约50%的光纤资源,还可以是保证往返路由长度和时延的一致性,从而提高同步传输精度。5G前传光模块需求数量巨大,呼吁业界高度重视,尽快形成一致方案并推动标准化,加速相关器件产业链的成熟。

5G前传设备承载方案的思路是采用WDM技术节约光纤资源,包括粗波分复用(CWDM)和密集波分复用(DWDM)两种,设备形态包括无源

WDM、有源 WDM、波分复用无源光网络(WDM-PON)等。

不同的设备类型和 WDM 技术方案存在不同的特点和适用范围,后续将根据技术和设备发展情况进一步研究其应用场景。未来运营商实际部署可能存在较大的差异化。

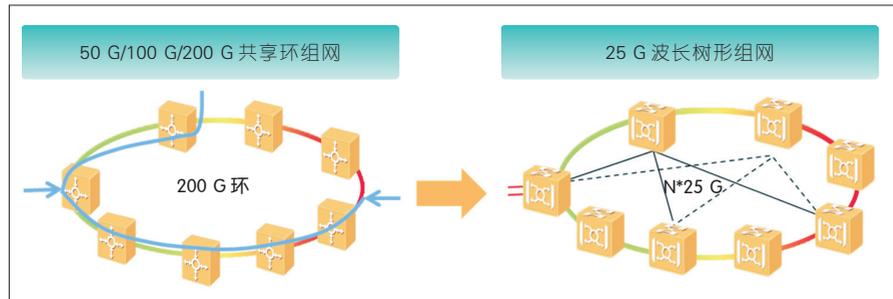
总之,5G 前传的设备承载方案的主要诉求是低成本和可维护性,业界还在寻找具有最高性价比优势的方案。

3.2 5G 中传/回传承载方案探讨

5G 不同业务的需求差异较大,例如:mMTC 物联网业务需要处理大连接需求,业务带宽和性能高要求较低,倾向于在核心网集中处理;而 uRLLC 业务由于时延等性能要求,核心网位置需要下移。因此 5G 核心网络的局部下移和云化将成为发展趋势,中/回传承载网络的结构存在多样性。

与前传一样,5G 中/回传首先需要解决的也是带宽问题,根据模型计算,工作在 3.5 GHz 频率和 100 MHz 带宽的 3 载扇单基站的中回传带宽需求将达到 3~5 Gbit/s。在 DU/AAU 合设或者 DU 小集中场景,DU 节点上行带宽将接近甚至超过 10 Gbit/s;而在 DU 大集中场景,DU 集中节点上行带宽可能接近 100 Gbit/s。这样的带宽需求已经接近甚至超过了光纤到户(FTH)宽带网络光线路终端(OLT)上联带宽需求,因此 5G 中/回传需要引入 WDM/光传送网(OTN)承载技术,采用 WDM 方式满足带宽和传输距离需求,并实现光层保护等质量保障措施。在业务层面尽量采用光层波长直达(即物理上采用环形组网,逻辑上是树形组网),有利于降低成本和功耗,同时波长直达方案减少了处理时延,优异的时延性能也满足了 5G 业务的低时延需求,如图 4 所示。

灵活性是 5G 中/回传网络的另一个重要需求。灵活性需求主要源于 3 个方面:(1)5G 网络的 eX2 等横向流



▲ 图 4 承载网从环形向树形组网演进示意

量相对于 4G 网络预计有明显增加。(2)DU 上联 CU、CU 回传的双上联、动态迁移等安全性需求。(3)核心网云化部署以后带来 CU 与 MEC、NGC 之间动态连接和动态迁移等需求。

5G 中/回传网络的路由转发功能实现有两种方式:(1)继续采用现有的基于 IP 的无线接入网(IPRAN)技术,此时为了满足 5G 对大容量的需求,IPRAN 需考虑引入 25 GE、50 GE 甚至 100 GE 等高速接口,在市县、县乡、城域核心层等区域还需要 WDM/OTN 网络为 IPRAN 提供大量波长连接。(2)OTN/WDM 方案在已经具备光通路数据单元(ODUk)硬管道、以太网/多协议标签交换传送应用(MPLS-TP)分组业务处理能力的基础上,进一步增强路由转发功能,以更加紧凑的设备形态和组网方案满足 5G 承载的灵活组网需求。

目前通信设备 L1/L2/L3 的交换功能都可以通过统一信元交换技术加以实现,因此在 OTN/WDM 设备上增强路由转发功能只需要配置相应的线卡即可,具有较强的技术可行性和成本优势。基于 OTN/WDM 方案的硬管道能力,业界正在研究通过简化和低成本的路由转发技术,在满足 5G 承载灵活性需求的同时,满足 5G 大规模部署对低成本的要求,例如:SR、EVPN 等新型路由和转发技术得到了较多的关注。

网络切片是 5G 的新需求,本质上网络切片就是对网络资源的划分和隔离。具体承载网对 5G 切片的支持,可以提供 L1 硬切片和 L2/L3 软切

片两个层次的网络切片承载方案。

4 结束语

5G 不仅仅是移动通信技术的升级换代,更是未来数字世界的驱动平台和物联网发展的基础设施,将真正创建一个全联接的新世界。对于运营商而言,5G 只是一种重要业务,承载网络必须考虑所有业务,包括 5G、固定宽带、云和政企专线等业务,提供统一的综合承载。

参考文献

- [1] ITU-R. IMT 愿景:5G 架构和总体目标:ITU-R M.2083[S]. Geneva: ITU, 2015:9
- [2] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 国家发展改革委办公厅关于组织实施 2018 年新一代信息基础设施建设工程的通知[R/OL]. (2017-11-27) [2017-12-05]. http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201711/t20171127_867953.html
- [3] C114. 5G 时代即将来临 三大运营商是如何布局的[R/OL]. (2017-07-23) [2017-12-05]. <http://www.c114.com.cn/news/41/a1017303.html>

作者简介



李俊杰, 中国电信股份有限公司北京研究院网络研发与运营支持部副主任、教授级高工, 曾任中国通信学会青年工作委员会委员、国际标准组织 OIF 董事等职; 主要研究方向为光通信和光网络技术; 曾多次获得国家级和省部级科学技术奖励。



唐建军, 中国电信股份有限公司北京研究院光通信中心高级工程师; 主要研究方向为 5G 承载、量子通信、ROADM 等。