

5G 承载网络结构及技术分析

Analysis of the Structure and Technology of 5G Bearer Network

汤 瑞,赵俊峰(中国信息通信研究院,北京 100191)

Tang Rui,Zhao Junfeng(China Academy of Information and Communication Technology(CAICT),Beijing 100191,China)

摘 要:

5G 对承载网的带宽、时延、切片和时间同步精度等提出了严苛的要求。在总结 5G 承载网络架构变化的基础上,对 5G 前传、中传和回传网络可能的技术解决方案进行了分析,并介绍了 5G 传送技术标准化现状和发展方向。

关键词:

5G;承载网;前传;回传;标准化

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2018.05.001

中图分类号:TN915

文献标识码:A

文章编号:1007-3043(2018)05-0001-04

Abstract:

5G puts forward strict requirements for bandwidth, latency, slicing, and time synchronization accuracy of bearer network. Based on the summarization of 5G requirements for bearer network, it analyzes the possible technical solutions of 5G fronthaul, middlehaul and backhaul networks, and introduces the current status and development trend of 5G transmission technology standardization.

Keywords:

5G; Bearer network; Fronthaul; Backhaul; Standardization

引用格式: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.

0 前言

随着 4G 网络的规模部署,5G 的标准制定和关键技术研究也正在加速。我国 IMT-2020 推进组在《5G 愿景与需求》白皮书中提出了 5G 的关键需求和能力指标,包括:0.1~1 Gbit/s 的用户体验速率、每平方千米一百万的连接数密度、毫秒级的端到端时延、每平方千米数十 Tbit/s 的流量密度、500 km/h 以上的移动性和数十 Gbit/s 的峰值速率,同时在组网架构和技术方面还将引入网络功能虚拟化(NFV)/软件定义网络(SDN)、网络切片等新型技术。5G 技术的新特性对承

载网络提出诸多挑战性的需求,本文在总结 5G 承载网络架构变化的基础上,对 5G 前传、中传和回传网络可能的技术解决方案进行了分析,并介绍了 5G 传送技术标准化现状和发展方向。

1 5G 承载架构的变化

相对于 4G LTE 接入网的 BBU 和 RRU 两级构架,5G RAN 将演进为 CU、DU 和 AAU 3 级结构,相应的承载网架构可以分解为前传、中传和回传网络。

5G 无线网、核心网均会朝着云化和数据中心化的方向演进。CU 可以部署在核心层或骨干汇聚层,用户面为了满足低时延等业务的体验则会逐步云化下移并实现灵活部署,为了实现 4G/5G/Wi-Fi 等多种无线接入的协同,基站的控制面也会云化集中,基站之间的协同流量也会逐渐增多。同时,边缘计算使得运营

基金项目:国家自然科学基金(No.61471128, No.61671159);
国家高技术研究发展计划(2015AA015502)

收稿日期:2018-04-03

商和第三方服务能够靠近终端用户接入点,实现超低时延服务,为了满足这些时间敏感服务的低延迟要求,部分5G核心网的功能被放入移动边缘计算(MEC)

中。由于 MEC 承担了 5G 核心网的部分功能,因此 MEC 与 5G 核心网之间的连接将是一个网状网连接。5G 承载网络的整体架构如图 1 所示。

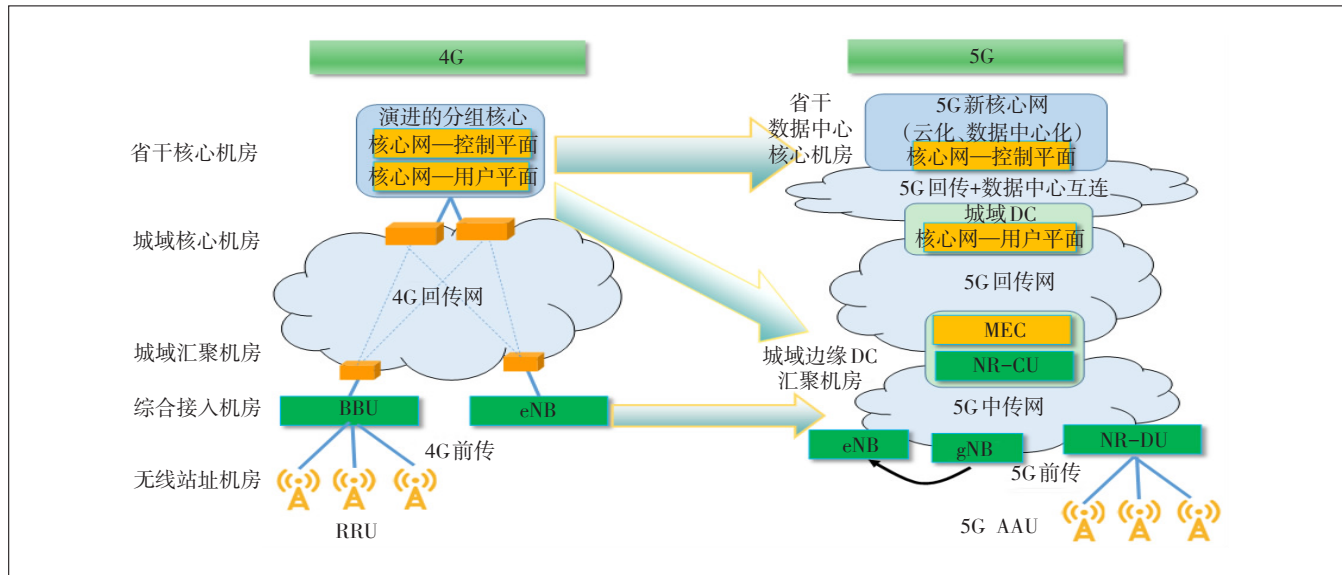


图1 5G 承载网络架构的变化

在移动网络向5G演进的同时,局端机房重构也在进行。本地网内传统的局端机房逐步改造为属地化的边缘数据中心(DC)。同时,运营商综合业务接入点的建设和完善,也实现了移动业务、固网业务、专线业务的统一接入和汇聚。随着CU、MEC、OLT、CDN等网元的虚拟化,未来综合业务接入点也将演进成一个小DC。未来城域网的流量将会是以边缘DC到综合业务接入点之间的南北向流量,以及边缘DC之间和综合业务接入点之间的东西向流量为主。5G阶段承载网的核心汇聚层也将会是一张面向统一承载的数据中心互联网络(见图1)。

总的来看,相比4G时代以南北向流量为主的流量模型,5G时代无线和核心网的云化给承载网带来任意流向的复杂连接,包含基站到基站之间、基站到不同层的核心网之间以及不同层核心网之间的流量备份和负载分担等,要求承载网能够提供灵活的3层连接、满足流量就近转发、节省传输资源以及保障最佳体验的要求。

2 5G 承载网络架构和技术方案分析

2.1 5G 承载网络架构分析

5G 承载网整体架构如图 2 所示。

前传网络是 AAU 和 DU 之间 5G 承载网络的一部

分。前传拓扑与 DU 部署的架构相关,有 2 种典型的 DU 部署,一种是分布式 DU 部署,另一种是集中式 DU 部署。

对于分布式 DU 部署,一个 DU 只连接到附近的 AAU,是一种点到多点的拓扑结构。对于集中式 DU 部署,多个 DU 放置在同一个位置,可以使用星型和环型拓扑结构连接远端 AAU,AAU 和 DU 之间的距离小于 10 km。

考虑到 5G 将分阶段部署,第 1 阶段非独立组网(NSA),5G 与现有的 3G/4G 业务之间存在互通的需求。因此,前传网络需要支持采用通用公共无线电接口(CPRI)的 2G/3G/4G 业务和采用下一代前传接口(eCPRI/NGFI)的 5G 业务。前传的方案目前看还是以光层为主,可以采用光纤直驱、无源 WDM、 $N \times 10$ Gbit/s、 $N \times 100$ Gbit/s 波分等。ITU 目前也在讨论采用简化的 OTN,增加 25G/50G OTN 接口用于前传网络,提供必要的性能监测和保护等。

对于中传和回传网络,NSA、SA、专线、固定网络和数据中心互连都应得到支持,包括 2G/3G/4G/5G 无线服务、企业专线(FE/GE/10GE 等)、固定网络服务和数据中心互连等。中传/回传网络的规模可能从数百个节点到非常大量的节点,大型中传和回传网络需要支持分组/IP 功能,并且支持网络切片、与 5G 网络的协

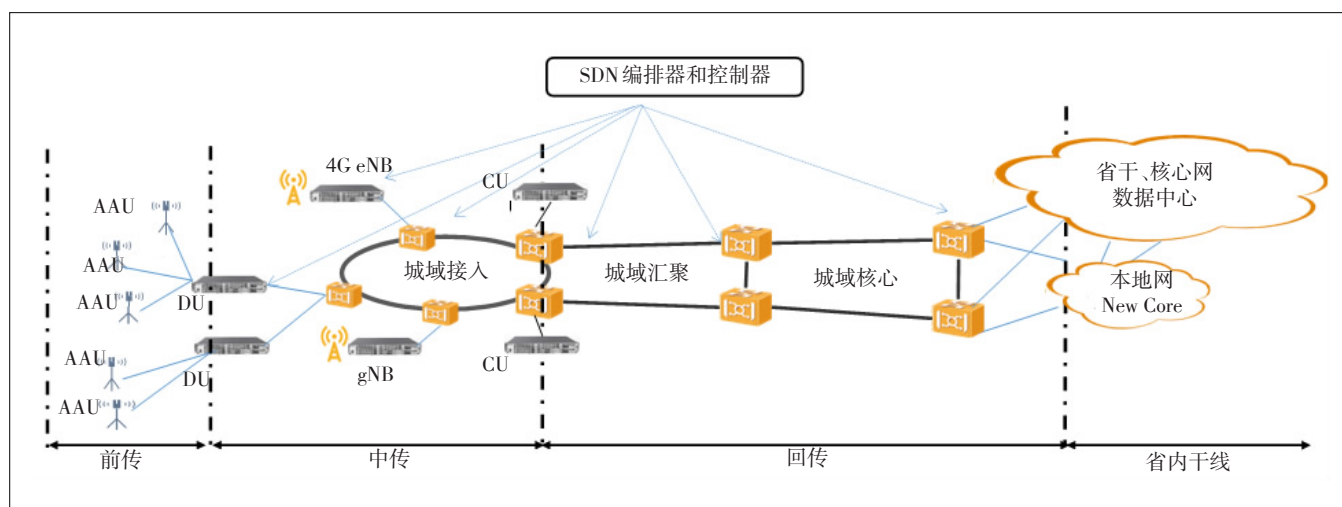


图2 5G 承载网整体架构

同管控等。

2.2 5G 承载技术方案分析

目前中传/回传解决方案主要有3种技术路线:基于分组增强的光传送网(OTN),基于灵活以太网(FlexE)的切片分组网络(SPN)和IP RAN增强方案。

2.2.1 OTN 方案

OTN方案即是在分组增强型OTN设备的基础上进一步增强L3路由转发和网络切片管控功能,并简化传统OTN转发路径和管理的复杂度,降低设备成本、降低时延、实现带宽灵活配置,满足5G承载的灵活组网需求。

OTN的L3路由转发增强方面,通过在设备的支路板卡和线路板卡的NP(Network Processor)实现L3功能,设备的主控板卡负责维护全网的路由寻址,分段路由(SR)、以太网虚拟专用网络(EVPN)等新型路由和转发技术得到了较多的关注。针对5G网络端到端切片管理的需求,OTN传送平面需支持在波长、ODU、VC这些硬管道上进行切片,也要支持在分组的软管道上进行切片,并且与5G网络实现管控协同,按需配置和调整。

针对OTN在5G前传方面的应用场景,业界也在讨论轻量级的OTN标准。简化OTN的方法包括了对OTN帧结构进行优化,线路侧接口考虑采用 $n \times 25G/50G$ 以引入低成本的光器件;改变检错和纠错的机制,缩短缓存时间降低时延;在业务映射和时隙结构方面考虑兼容3G/4G前传的CPRI,5G的eCPRI和NGFI,以及Small Cell的回传等。

2.2.2 SPN 方案

SPN方案是基于IP/MPLS(-TP)/SR、切片以太网(Slicing Ethernet)和波分复用技术的新一代端到端分层交换网络,可分为L0物理层、L1链路层、L2和L3的分组转发层。物理层基于WDM技术,链路层网络则基于FlexE技术,通过把OIF规范的FlexE增强为端到端的通道层,即扩展时隙交叉及信道化操作、管理和维护(OAM)、保护等技术,支持了基于FlexE的端到端组网,满足网络分片和低时延应用。分组转发层采用SDN控制的SR-TP(MPLS-TP和SR结合)组网,支持L3 VPN,满足业务灵活调度要求。SPN方案在转发层兼容PTN网络的MPLS-TP技术,目标是支持现有PTN网络向SPN的升级演进。在控制面采用IGP+SR机制,通过部署控制器实现统一分配所有网元的节点标识标签。在双向隧道创建上,SPN通过增加一层端到端业务标识标签将2个单向路径绑定成1个双向隧道,以实现上、下行业务转发的同路径。在OAM功能实现上,SPN方案采用分层OAM架构,在分组传送子层重用MPLS-TP的OAM机制,在切片网络层采用扩展的FlexE通道OAM机制。在保护功能上,SPN方案采用多种保护机制叠加,IGP域内采用拓扑无关快速路由恢复、边界节点故障采用端到端的路径保护、业务终结节点采用快速重路由(VPN FRR)技术。

2.2.3 基于SR的IP RAN增强方案

基于SR的IP RAN增强方案,通过集中部署的控制器和转发面的分布式控制协议实现更灵活的控制面功能。各网元间可配置自己的SR节点标签和邻接标签,并通过BGP-LS上报给集中控制器,网元之间通过IGP-SR扩散路由信息。IP RAN方案在转发面重用

现有 MPLS 转发机制, 支持 SR-TE 隧道的建立。在 OAM 功能实现上, IP RAN 方案支持基于 BFD、LSP Ping 和 Traceroute 的连通性检测、故障定位和路径查询机制。在保护功能上, 现有的 IP RAN 方案支持 IGP 域内的拓扑无关快速路由恢复 (TI-LFA) 保护和基于 L3 VPN 业务的端到端保护方案。近期 IP RAN 方案也在开发支持 OIF 标准规范的 FlexE 接口, 以适应 5G 网络切片的发展需求。

5G 承载的几种方案分别基于不同的技术进行演进, 基于 OTN 的技术方案在其面向连接的传输特性基础上增强二层和三层转发功能, 转发功能性能、OAM、保护功能以及国际国内标准比较完善, 但信号复用映射结构相对复杂, 需要一些简化和优化; 基于分组化的 SPN 和 IP RAN 技术方案本身具备相对完善的二层和三层功能, 需要增强的是面向连接的传输特性, 在转发面、OAM 和保护等方面标准化和产业化推进尚待努力。

3 标准进展

目前, 多个国际国内标准化组织 ITU-T、OIF、CPRI、IEEE、CCSA 等在开展与 5G 承载相关的标准化工作。

ITU-T 方面, 5G 承载标准化涉及 SG15 3 个工作组的多个课题组, 研究内容涉及 5G 传输网络架构、技术方案、网络接口、SDN 管控、网络切片、时间同步等方面。在 2017 年 6 月的 ITU-T SG15 全会上, 通过了《支持 IMT-2020/5G 的传送网》(GSTR-TN5G) 技术报告的立项申请, 2018 年 2 月的 ITU-T SG15 全会正式通过了该技术报告并确定后续 5G 技术标准的研究计划, 经过中国代表团成员积极沟通和推动, 在 Q11 正式通过了《OTN 在 5G 传送网的应用》增补规范和《支持 IMT-2020/5G 传送网特性》的新规范立项, 这标志着 ITU-T 在 5G 传送技术标准方面迈出了里程碑的一步。

OIF 方面, FlexE 正在进行 2.0 版本的标准制定, 将支持 200GE 和 400GE 物理层接口, 以及 FlexE 对频率和时间的同步。同时 OIF 还在开展 400ZR 项目, 目标是使用单波 400G 实现 400GE 业务 80~120 km 的传输距离。

IEEE 陆续发布了 25GE/50GE/100GE/200GE/400GE 等一系列以太网接口标准, IEEE1914 也在开展新一代前传接口及适配研究; CPRI 正在开展新型前传接口 eCPRI 标准化, 并在 2017 年 8 月发布了 eCPRI

第 1 版标准。

中国通信标准化协会 (CCSA) 也正在积极开展 5G 承载的标准化工作, 目前已经立项多个项目包括分组增强型光传送网 (OTN) 总体技术要求行业标准的修订以及切片分组网络 (SPN) 总体技术要求、 $N \times 25$ Gbit/s 和 $N \times 50$ Gbit/s WDM 等研究课题。

我国的产业界也成立组织或联盟推动 5G 承载产业化。IMT-2020(5G) 推进组专门成立 5G 承载工作组, 中国信通院联合三大运营商、四大设备商、多个芯片模块商和仪表公司等多方力量进行 5G 承载需求和架构研究、技术方案探讨、标准化推进和网络测试验证; 中国电信联合中国联通、中国信通院、华为、中兴、烽火等单位发起成立下一代光传送网论坛 (NGOF), 进行基于 OTN 增强的 5G 承载方案研究、面向 5G 的城域低成本光模块研究和标准化推进工作。

4 结束语

5G RAN 和核心网的新型架构, 5G 对带宽、时延、切片、同步等需求对承载网提出了新的要求, 4G 承载网需要向 5G 承载发展演进, 业界也提出了 OTN、SPN、IP RAN 等不同的技术方案。国内运营商对 5G 承载的需求和架构理解上已趋于一致, 技术方案上则是根据网络现状和未来 5G 业务的发展趋势自主选择。

参考文献:

- [1] IMT-2020. 5G 愿景与需求白皮书 [EB/OL]. [2017-12-25]. <http://www.imt-2020.org.cn>.
- [2] IMT-2020. 5G 网络架构白皮书 [EB/OL]. [2017-12-25]. <http://www.imt-2020.org.cn>.
- [3] 中国移动. 迈向 5G-C-RAN: 需求、架构与挑战 [EB/OL]. [2017-12-25]. <http://labs.chinamobile.com>.
- [4] 李晗. 面向 5G 的传送网新架构及关键技术 [J]. 中兴通讯技术, 2018(1): 4-8.
- [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(1): 4-6.
- [6] 中国移动通信. 5G C-RAN 白皮书 [EB/OL]. [2017-12-25]. <http://labs.chinamobile.com>.

作者简介:

汤瑞, 毕业于电信科学研究院, 高级工程师, 主要从事高速光传送网技术的研究、标准制定以及系统测试工作; 赵俊峰, 高级工程师, 主要从事分组传送网技术的研究、标准制定以及系统测试工作。

