

# 5G 承载网网络需求、架构及演进探讨

## Discussion on Network Requirements, Architecture and Evolution of 5G Bearer Network

赵成祥, 曾 毅 (华为技术有限公司, 广东 深圳 518129)

Zhao Chengxiang, Zeng Yi (Huawei Technologies Co., Ltd., Shenzhen 518129, China)

### 摘 要:

相比4G, 5G在业务多样化, 以及无线和核心网架构方面都发生了较大变化, 对5G承载网提出了新的挑战。通过分析5G新业务需求和挑战, 以及无线、核心网架构的变化, 指出5G承载网需要更大带宽、更低时延、灵活连接、分片承载, 中传、回传统一传输技术, 以及最优成本快速建网需求, 提出了基于IPRAN 5G承载网目标架构方案。

### Abstract:

Comparing with 4G, 5G has changed greatly in terms of service diversification, wireless and core network architecture, which brings new challenging requirements for 5G bearer network. It analyzes new 5G service requirements, changes of wireless and core network architecture. It illustrates that 5G bearer network requires larger bandwidth, lower latency, flexible connection, slicing, unified midhaul and backhaul technologies, and rapid network construction in an optimal cost way. It also proposes a target architecture of 5G bearer network based on IPRAN.

### Keywords:

5G bearer; 50GE; FlexE; Flexible connection; Slicing

### 关键词:

5G承载; 50GE; FlexE; 灵活连接; 分片

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2018.05.005

中图分类号: TN915

文献标识码: A

文章编号: 1007-3043(2018)05-0017-04

引用格式: 赵成祥, 曾毅. 5G承载网网络需求、架构及演进探讨[J]. 邮电设计技术, 2018(5): 17-20.

## 0 前言

相比4G以人与人连接为主, 5G提出增强移动宽带(eMBB)、大规模物联网(mMTC)、超高可靠超低时延通信(uRLLC)等人与物、物与物连接的多样化场景, 且不同场景在网络可靠性、带宽、时延、连接数等指标要求差异巨大。作为5G网络的关键环节, 承载网在设备容量、性能提升、快速高效、成本最优建网等诸多方面面临挑战。

## 1 5G承载关键需求

5G时代, 自动驾驶、8K、VR带来的沉浸式视频体验、触觉网络等科幻故事中才看得到的创新业务逐渐成为可能。5G业务对带宽、时延等方面提出更高诉

求。数据显示, 到2021年, 移动数据流量将增长8~9倍, 5G基站的带宽需求均值达到3 Gbit/s左右, 峰值达到5 Gbit/s左右。3GPP TS 22.886定义的车联网(V2X)业务中, 最严苛场景端到端时延要求满足3 ms。在时间同步方面, 3GPP TS 38.133已确定5G基础业务时间同步精度为 $\pm 1.5 \mu s$ , 与4G保持一致; 同时, 5G的多样化业务承载需求, 让网络分片成为5G基础架构。

为满足业务延时、链路可靠性、移动性管理的要求, 无线接入网和核心网架构发生了变化。行业应用驱动核心网关的按需部署, 基站与网关之间复杂的归属关系, 网关与网关之间的横向流量, 基站之间的多连接协作流量。相比4G, 5G业务流向存在更加不确定性, 需要更加灵活网络连接。

## 2 5G承载网目标架构及关键技术

### 2.1 5G承载网目标架构

收稿日期: 2018-04-11

### 2.1.1 5G 承载网应该是一张 IPRAN 增强型网络

当前,4G IPRAN 已成为深度广覆盖的基础网络,具备 L3 层灵活连接能力,能很好地匹配 5G 时代无线接入网和核心网架构的变化。面向 5G,IPRAN 可以在物理层面和管控层面进一步增强,满足 5G 承载更高要求。如图 1 所示,在物理层面,引入大端口组网能力、低时延技术、分片技术,满足 5G 带宽、时延、分片等需求;在管控层面,通过 L3 到边缘,适配网络云化。通过 SR/EVPN 进一步简化协议,统一承载模型;通过 SDN 运维自动化管理、分片全生命周期管理。

### 2.1.2 中传、回传统一传输技术,简化组网

相对于 4G 无线基带单元(BBU)和射频拉远单元(RRU)两级构架,5G 无线接入网(RAN)分为集中单元(CU)、分布单元(DU)和有源天线处理单元(AAU)三级架构。一般认为,AAU 到 DU 是前传,DU 到 CU 是中传,CU 往上到 5G 核心网是回传。CU 与 DU 之间的接口称为 F1 接口,CU 往上与 5G 核心网的接口称为 N2/N3 接口。F1 接口与 N2/N3 接口的带宽相同,时延相同,都在 ms 级以上,中传和回传承载需求相同。同时,业界对 CU 和 DU 分离必要性和商业价值还存在疑问,CU、DU 部署仍存在不确定性。因此,中传和回传采用统一 IPRAN 承载方案,简化网络架构,以不变应万变,灵活应对未来不确定性。

### 2.1.3 5G 前传需要大带宽、短距离、低成本方案

与 4G 相比,5G 的前传带宽从 4.9/10 Gbit/s 提升到 25 Gbit/s@eCPRI 接口,单个频点 3 个扇区需要 75 Gbit/s 带宽。前传基本上都是点到点组网,传输距离在 10 km 以内,需要 10 km 左右的低成本大带宽技术。目前业界可见的方案包括 OTN 技术、G.Metro 技术,业界也有

提出 Colorless 方案,目的都是降低前传组网成本。

5G 承载网目标架构支持 IP/OTN/微波等多种接入技术,充分利用可用资源,快速实现 5G 网络广深覆盖,实现 5G 承载最优总体拥有成本(TCO)全场景接入;支持弹性承载,带宽从 GE/10GE 到 50GE/100GE/400GE,满足长期演进;灵活以太(FlexE)技术实现端到端网络分片,满足垂直行业需求;通过网络云化引擎(Network Cloud Engine)实现全景智能,敏捷运营,部署自动化,网络自愈和自治;通过 SR/EVPN 进一步简化协议,统一承载,同时兼容传统 L2VPN、L3VPN 等。

## 2.2 弹性带宽技术

### 2.2.1 新一代高性价比以太基础速率 50GE

到 5G 时代,基站带宽预计将达到 3~5 Gbit/s,承载网接入层带宽需求将达到 30 Gbit/s 左右,这需要 10GE 以上的接口技术。目前,由于产业链等原因,100GE 成本相对较高,最具性价比的 50GE,有效匹配 5G 接入环带宽诉求。

作为新一代以太基础速率,50GE 拥有成熟技术背景和广泛市场空间,其采用的 25G 光器件,因速率、成本优势突出,此光器件同样被应用于 100GE/200GE/400GE 接口。相比 100GE 所需的 4 对 25GE 光器件,50GE 仅需要 1 对 25GE 光收发器,通过 PAM4 编码技术使 25GE 提速至 50GE,但并未带来硬件成本的增加,这使其在性价比方面上具备天然优势。

50GE 已成为业界共识,产业日渐成熟。基于 PAM4 的 200GE/400GE IEEE 标准 802.3bs 已于 2017 年 12 月发布,50GE 标准 802.3cd 将于 2018 年 3 月发布 D3.0 稳定版本。思博伦、IXIA、VIAVI 全球最重要的 3 个仪表厂家已全部支持 50GE 端口的端到端能力。全

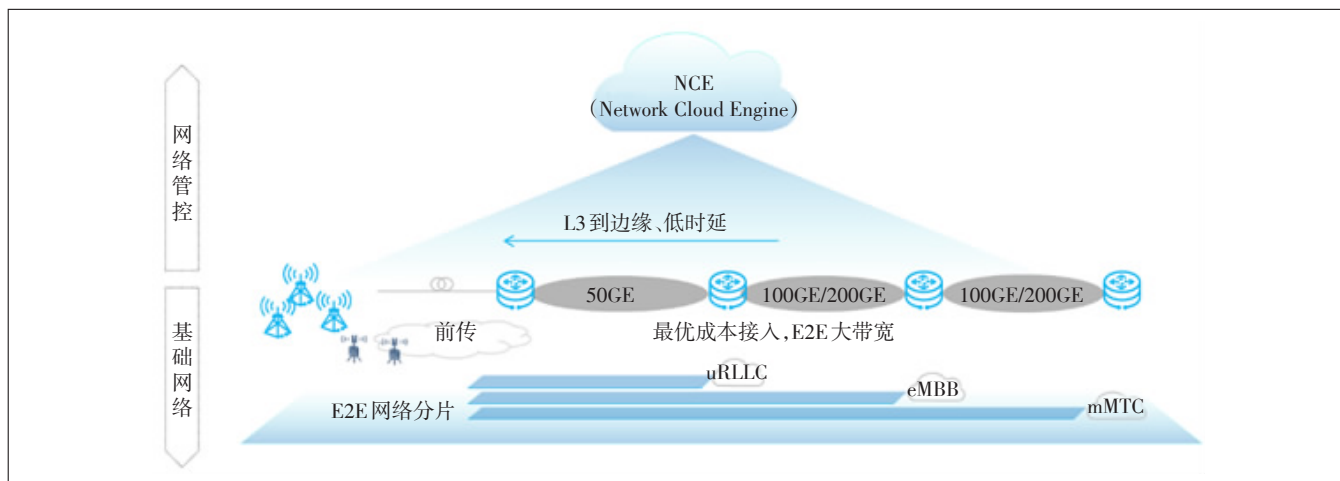


图1 5G承载网目标架构

球的光模块厂商已开发或计划开发商用 50GE 光模块。

### 2.2.2 FlexE 新接口技术, 实现带宽平滑扩展

通过 FlexE 捆绑, 50GE 可以平滑扩容至 100GE, 满足未来流量增长需求。FlexE 可以实现比特级别的捆绑, 在 Shim 层按照 64/66B 粒度分发到捆绑的各个不同的 PHY, 实现均匀分发, 解决传统 Trunk 捆绑逐流或逐包 Hash 不均匀问题。捆绑之后只有一个 MAC 地址, 相当于一个更高速率接口。和接入层直接采用 100GE 相比, TCO 约降低 30%, 实现单 bit 成本最优。

### 2.3 灵活组网可靠连接技术

随着云化核心网按需下沉, 业务网关不仅只是集中部署在省干的核心机房, 还可能分散下沉到城域核心机房, 甚至汇聚机房, 带来业务网关之间的东西向流量, 以及业务终结位置的不确定性。同时, 无线 CU/DU 分离, 以及 DU 与 CU, CU 与无线边缘计算 (MEC) 之间的冗余备份和多归属关系, 使得 CU、DU、MEC 之间存在复杂的、不确定性连接。相比 4G, 5G 承载网需要三层从汇聚点进一步下沉, 部署到边缘, 快速建立灵活可靠连接, 同时减少流量绕行带来的带宽消耗和时延开销。

从运维角度来看, 端到端统一的三层架构, 减少了汇聚点二层入三层的复杂性, 整网运维统一, 简化连接部署。结合 SR/EVPN 统一业务承载模型, 进一步简化部署和开销, 满足 5G OTT/APP 等丰富业务发展, 以及服务器布放位置灵活多变的要求。

### 2.4 超低时延技术

承载网络的时延主要由光纤传输时延和设备时延构成。光纤传输时延是刚性的, 通常每 km 光纤传输时延为 5  $\mu$ s, 承载网时延主要来源于光纤传输时延, 光纤时延通常占承载时延的 70% 以上, 时延占比最大。

降低光纤传输距离时延, 是降低端到端时延最高效的措施, 通过业务网关分类下移, 减少传输距离实现。对于时延敏感的 uRLLC 业务, 例如车联网, 将业务网关下沉到网络边缘, 甚至下降到站点, 提供业务就近接入, 大幅减少终端到网管的传输距离, 降低路径时延; 设备时延可以通过降低报文转发时延和降低报文调度时延实现。Cut-through 直通技术可以缩短约 60% 的接口转发时延。低时延队列技术, 通过建立报文 VIP 免拥塞调度通道, 降低报文调度处理时延。

### 2.5 超高精度同步技术

5G 基本业务时间同步精度要求是  $\pm 1.5 \mu$ s, 同

TDD LTE 时间同步要求相同。5G 协同类时间同步要求正在制定, 从目前看 Sub 6G 低频协同业务当子载波为 15 kHz 时, 同步要求也是  $\pm 1.5 \mu$ s。5G 同步方案包括基站 GPS 和 ITU-T 的网络 1588 方案。目前业界主流 IP-RAN 厂商的设备已满足 5G 时间同步精度要求, 现网设备和时间同步方案, 可满足时间同步精度要求。针对未来更高时间同步需求, 可以通过高精度时间源、高精度传输技术、时钟源下移部署提高时间同步精度。时钟源下移分布式部署带来时钟源数量和 TCO 激增, 轻量级时钟源, 如原子时钟源 (AtomGPS), 能提供高精度、低 TCO 时间同步方案。

### 2.6 网络切片技术

网络切片从功能上可以分为管理控制层和转发层。管理控制层主要负责切片全生命周期管理, 通过自动化实现各平面管理, 同时具备开放能力, 允许第三方对接, 实现功能扩展; 转发层需要具备绝对物理隔离的能力, 保证资源独占, 同时切片粒度灵活。

FlexE 技术实现基于时隙物理隔离的端到端网络切片。FlexE 可以基于时隙调度将一个物理以太网端口划分为多个以太网弹性硬管道, 实现同一切片内业务统计复用, 切片之间业务互不影响。FlexE 接口相当于一个独立的 MAC, 有独立 MAC 地址, 与普通物理端口特征相同。在流量管理 (TM) 模块有一一对应的 TM 端口, 可以基于 TM 端口划分带宽、缓存资源, 保证不同切片之间的转发资源隔离。FlexE 切分粒度非常灵活, 最小粒度可以到 GE, 一个端口可以切分成多个大小不等的切片, 分别满足不同业务类型需求, 如 eMBB、uRLLC、B2B 业务等。

### 2.7 SDN 自动化技术

5G 控制平台需要具备云化能力, 基于云强大的运算和扩展能力, 实现规划、部署、监控、维护和保障的自动化运营, 开放网络能力。基于统一的软件编排和工作流引擎, 面向不同的业务和商业场景快速灵活地构建差异化的服务包, 实现物理/虚拟网络功能的全生命周期自动化。

按需连接, 即插即用。基于云化控制平台的控制模块理解网络拓扑, 自动感知无线基站的接入, 应对接入层网络随无线基站扩容频繁变化, 带来运维和网络调整的压力。

跨域协同, 业务自动布放。基于云化控制平台实现跨不同网络介质、跨不同网络层、跨不同网络域进行集中协同和编排及业务自动化配置, 实现业务集中路



由计算,使能端到端跨域业务自动发放和业务自主优化。将传统网络中部门与部门之间的人工协作转变为机器与机器自动交互,提升效率。同时,通过北向开放,支持包括专线业务自动发放 APP 等网络应用,通过友好的、实时在线的消费者服务 Portal 或应用,实现网络连接服务从月到天甚至分钟级的快速开通。

业务质量可视。基于 TWAMP/IPFPM (Flow Performance Measure) 等技术,云化控制平台可以针对用户的不同业务,对 SLA 指标进行高精度测量,支持快速故障定界和定位,基于丰富的大数据汇总和实时分析,对流量趋势进行精准评估和预测,提供有效的网络优化建议。

主动运维。基于 Telemetry (Push 模式),可以持续不断地主动推送数据给网管,网管能够获取更实时的监测数据,有效发现网络流量的微突发。数据采集方式从传统的 SNMP 方式 (Poll) 转变为 Telemetry (Push 模式),数据模型从 MIB 等传统建模到更加通用的标准模型,传输机制从 UDP 到更安全高效的 gRPC (一种开源的跨语言框架)。当监测数据发现异常情况时,可以提前规避,避免网络事故。

## 2.8 网络演进步骤

普遍认为 5G 建设分为 3 个阶段,早期重点满足高清视频大带宽业务需求;中期重点满足 8K、VR 等超大带宽业务需求;后期满足自动驾驶、万物互联等超低时延、百万连接需求。

5G 初期,8K、VR 应用还未普及,主要以高清视频、企业专线为主。基础网层面,现网 10GE 接入环可满足 4G 基站,以及少量 (2~3 个) 5G 低频站基站共承载。热点区域可叠加多个 10GE 或直接建设 50GE 接入环,承载 5G 基站;业务层面,4G 已部署协议不变,不受 5G 业务影响。针对 5G 业务,推荐采用 HVPN 或新协议 SR/EVPN,三层业务直接到边缘,满足网络云化诉求。管控层,可以逐步引入云化管控平台,SDN 简化运维管理、业务自动布放和跨域打通。

5G 中后期,随着业务的发展,带宽进一步增大,业务类型逐渐丰富,对时延、可靠性、业务隔离提出更高要求。基础网层面,基于流量增长需求,接入环逐渐升级为 50GE,热点区域升级为 100GE。通过 FlexE 技术实现业务分片硬隔离,保证业务差异化承载。业务层面,仍可以采用 HVPN 或 SR/EVPN。随着 IPv6 的普及,以及越来越多的云网协同需求,可以启动部署 SRv6。管控层,管控能力进一步升级,实现分片租户

级全生命首期管理,通过 Telemetry 实现主动运维,业务可视。

## 3 结束语

5G 时代,网络将是一张高速、移动、安全、泛在的新一代信息基础网络。IPRAN 在物理层、管控层进一步升级增强,使现网 4G 承载网络具备向 5G 承载平滑演进的能力,使 5G 承载网具备:全场景灵活接入,匹配不同站点场景;基于云化架构,实现敏捷运营;通过端到端网络分片,使能新业务创新,应对未来业务的不确定性挑战,有效支撑运营商新兴业务拓展。

## 参考文献:

- [1] 刁兴玲. 众人拾柴火焰高, 5G 承载将逐步进入成熟期[J]. 通信世界, 2017(22): 26-27.
- [2] Study on enhancement of 3GPP support for 5G V2X services: 3GPP TS 22.886[S/OL]. [2018-01-12]. <http://www.3gpp.org/DynaReport/22-series.htm>.
- [3] NR; Requirements for support of radio resource management: 3GPP TS 38.133[S/OL]. [2018-01-12]. <http://www.3gpp.org/DynaReport/38-series.htm>.
- [4] 李金艳, 杨峰义, 梅承力. 网络切片将成为 5G 理想架构, 商用部署仍面临多重挑战[J]. 通信世界, 2017(15): 40-42.
- [5] 中国联通. 中国联通 2017—2019 网络发展规划指导意见[R]. 北京: 中国联通, 2017.
- [6] 孙亮, 许志勇, 彭晓玉. 国际物联网发展趋势及运营商应对策略浅析[J]. 邮电设计技术, 2017(8): 11-14.
- [7] 吕婷, 曹恒, 李轶群, 等. 基站架构及面向 5G 的演进研究[J]. 邮电设计技术, 2017(8): 46-50.
- [8] 孙乐, 张忠皓, 黄虎. 增强现实在电信运营商领域的应用分析[J]. 邮电设计技术, 2017(8): 51-56.
- [9] 黄海峰. 华为发力 5G 切片, 注重全云化、端到端和生态构建[J]. 通信世界, 2017(15): 45.
- [10] 刁兴玲. 新需求层出不穷 5G 承载成业界关注焦点[J]. 通信世界, 2017(22): 20.
- [11] 李平, 王雪, 于大吉. 5G 网络演进方案及运营思路探讨[J]. 邮电设计技术, 2017(3): 5-9.

### 作者简介:

赵成祥, 学士, 主要从事移动承载网规划、设计、研究等工作; 曾毅, 学士, 主要从事移动承载网规划、设计、研究等工作。

