

5G 承载网关键技术和组网方案探讨

Discussion on Key Technologies and Networking Scheme of 5G Bearer Network

黄 诚(中国移动通信集团设计院有限公司安徽分公司,安徽 合肥 230041)
Huang Cheng(China Mobile Group Design Institute Co.,Ltd. Anhui Branch,Hefei 230041,China)

摘 要:

5G 对承载网的要求较历代移动通信系统有着显著差异和提升,作为 5G 网络的基石,承载网需要引入新的传输接口、技术和网络控制能力,适应各种网络架构,提供大带宽、差异化时延、超高精度时间同步、网络切片、开放协同的能力,满足未来网络持续演进的需求。

关键词:

5G 承载网;关键技术;建设方案
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2021.04.004
文章编号:1007-3043(2021)04-0015-04
中图分类号:TN915
文献标识码:A
开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Abstract:

The requirements of 5G for bearer network are significantly different and improved compared with previous mobile communication systems. As the cornerstone of 5G network, bearer network needs to introduce new transmission interfaces, technologies and network control capabilities to adapt to various network architectures, and provides large bandwidth, differentiated delay, ultra-high precision time synchronization, network slicing, open collaboration capabilities, so as to meet the needs of future network continuous evolution.

Keywords:

5G bearer network; Key technologies; Construction scheme

引用格式:黄诚. 5G 承载网关键技术和组网方案探讨[J]. 邮电设计技术,2021(4):15-18.

0 引言

4G 实现了人与人的连接,5G 将实现人与物、物与物的连接。4G 改变了通信,5G 将改变社会。承载网作为基站和核心网之间的传送通道,肩负着承载各类业务的重大使命。为满足 5G 的三大应用场景(eMBB、uRLLC、mMTC)的需求,承载网需引入多种关键技术,提供超大带宽、超低时延的传输通道,并支持灵活调度,实现高精度时间同步。

1 5G 传输需求及网络演进

1.1 5G 传输需求

收稿日期:2021-03-09

5G 的应用场景有以下 3 类。

a) 增强移动带宽(eMBB)。主要用于连续广域覆盖和热点高容量场景,为用户提供高数据传输速率,满足网络高流量密度需求。与 4G 网络相比,5G 网络有着更宽的无线频谱,并采用 massive MIMO、高阶 QAM 等技术提升无线空口带宽,传输速率甚至可以达到几十 Gbit/s。5G 峰值带宽和用户体验带宽将提升数 10 倍,也对传输网提出了 10 倍以上的带宽需求。

b) 超低时延高可靠通信(uRLLC)。5G 时代是物联网时代。所有终端和物品均接入互联网,从而实现万物互联。自动驾驶、智能交通、智慧城市、工业互联网等垂直行业的特殊应用对时延和高可靠性有着极高的指标要求,运营商需为这些用户提供毫秒级的端到端时延和高可靠性保证。现有的传输网设备及组网

方式必须进行优化,以降低时延,提升安全性,满足新型业务发展需求。

c) 海量机器类通信(mMTC)。智慧城市、环境监测、智能农业等以传感和数据采集为目标的应用场景,具有数据量小、功耗低、海量连接等特点;要求网络满足 100 万/km² 连接数密度指标要求,并保证终端超低功耗和超低成本。

基于以上场景特点,5G 对承载网提出了更高的要求,主要包含大带宽、低时延、高精度时间同步、Mesh 连接及网络切片。针对 eMBB、URLLC 和 mMTC 等不同的业务对带宽、时延、服务质量等不同的需求,分配不同的网络资源,这就要求 5G 承载网提供网络切片能力,可以将不同业务所需的网络资源灵活动态地分配和释放,并进一步动态优化网络连接,降低网络成本,提升效益。5G 承载网还需要提供相互隔离的管道来为多个客户和各个垂直行业分别提供服务。

1.2 5G 网络架构

5G 网络架构相对于 4G 网络有如下几点变化。

a) 5G 无线网架构。根据 3GPP 5G RAN 切分,5G 重构为 AAU、DU、CU 3 层架构。原 4G 网络中的 BBU 重构为 CU 和 DU 2 个功能实体。CU 涵盖了无线接入网高层协议栈及核心网的一部分功能,而 DU 涵盖了基带处理的物理层及 L2 部分功能。CU 和 DU 网元在物理部署中可采用合一形态或分离形态,当前以合一形态部署形式为主。传送网相应网络部署分为前传、中传和回传 3 部分。前传为 AAU-DU,中传为 DU-CU,回传为 CU-核心网。

b) 超密组网。根据无线传播特性,由于频率高,5G 传播损耗比 4G 大,基站的覆盖能力也就越弱,需要增加数倍于 4G 的基站才能弥补。但 5G 无线网络采用空分复用等新技术,不但可提升容量,还使得覆盖不收缩或极少量收缩。另外,对于热点高容量区域,会采用超密集组网,对于盲点、弱覆盖场景,还会采用 small cell 增强覆盖。总之,5G 的基站密度比 4G 大。

c) 核心网云化、下移及虚拟化部署。5G 核心网控制面和用户面分离,用户面下沉,由原来的集中式演变成分散式,便于不同类型的业务在不同的层面终结,基于虚拟化技术将核心网物理实体分离成多个虚拟网元,分布在网络中,进行云化部署,地理位置上靠终端更近,可以带来更低的时延。

1.3 5G SA 和 NSA 组网模式

在 4G 向 5G 演进过程中,5G NR、5G 核心网、4G 核

心网和 LTE 混搭,组成了多种网络部署演进的选项。3GPP 为不同需求的运营商指定了不同“套餐”搭配选择。总体上分为 5G 独立组网(SA)和 5G 非独立组网(NSA)两大类。

a) 5G 独立组网。独立组网通过建设一个全新的 5G 网络,包括新基站、承载网和核心网,来实现 5G 网络的所有功能。

b) 5G 非独立组网。此模式下,5G 网络不能独立部署,必须依托运营商原有的一个网络(如 LTE 网络)进行部署。具体而言,5G 的基站依托 LTE 的基站接入网络,对用户的所有控制操作,包括移动性管理、漫游、切换等,都通过 LTE 网络进行,而 5G 基站仅提供数据业务增强的通道。

1.4 5G 承载网关键技术

a) 切片分组网(SPN——Slicing Packet Network)。SPN 是中国移动面向 5G 传输提出的创新技术体系,是以以太网内核为基础的新一代融合传输网络架构,可实现大带宽、低时延、高效率的综合业务承载。兼容 PTN 现有协议,新增 SR、FlexE 和 SDN 功能。SPN 采用基于 ITU-T 分层网络模型,支持对 IP、以太网、CBR 业务的综合承载。SPN 体系架构分为 3 层:切片分组层(SPL)、切片通道层(SCL)和切片传送层(STL)。客户业务层采用 SDN L3+SR 的业务组网,满足业务灵活调度要求。业务传送层基于 FlexE 的接口和端到端组网能力,提供网络分片和低时延应用。传输媒介层接入层采用 50GE/100GE 组网,核心汇聚采用高速率以太、以太+DWDM 组网。

b) 分段路由技术(SR)。SR 是目前承载网中非常受关注的一项技术,由 CISCO 提出,是一种源路由机制,对现有 MPLS 技术进行了高效简化,同时复用 MPLS 已有的转发机制,能很好地兼容目前的 IP MPLS/MPLS-TP 网络。MPLS 是通过事先分配好的标签,为报文建立一条标签转发通道(LSP),在通道经过的每一台设备处,只需要进行快速的标签交换即可,从而节约了处理时间。SR 也是一种“不管中间节点”的路由技术,灵活性更高,开支更少,效率更高。分段路由(SR)技术通过内部网关协议(IGP)扩展收集路径信息,头结点根据收集的信息组成一个显式/非显式的路径,路径的建立不依赖中间节点,从而使得路径在头节点即创建即生效,避免了网络中间节点路径计算。

c) 灵活以太网技术(FlexE)。FlexE 就是把多个物理端口进行“捆绑合并”,形成一个虚拟的逻辑通

道,以支持更高的业务速率。FlexE 技术在以太网技术的基础上实现了业务速率和物理通道速率的解耦,物理接口速率不必再等于客户业务速率,可以是灵活的其他速率。

灵活以太网技术是切片以太网的基础,可对高速率接口进行精细化划分,实现不同低速率业务在不同时隙中的传输,相互之间物理隔离。FlexE 技术具有子管道特性和物理层交叉特性,在传输网络上可以构建端到端 SPN Channel 刚性管道。FlexE 用于 SPN 架构中,基于原生以太内核扩展以太网切片能力,既完全兼容当前以太网络,又避免报文经过 L2/L3 存储转发,可提供确定性低时延、硬管道的以太网 L1 组网能力。

FlexE 技术在 PHY 层和 MAC 层之间增加了 FLexE Shim 层,通过时隙交叉实现用户业务流在 FlexE Shim 层转发,用户报文在网络中间节点无需解析,业务流交叉过程近乎瞬间完成,单跳设备转发时延仅 1~10 μs,从而实现极低的转发时延。而传统的 IP/MPLS 交换,对于客户业务报文采用逐跳转发策略,网络中每个节点设备都需要对数据包进行 MAC 层的缓存、CRC 校验、MPLS 层的解析和查表转发、队列调度,这些处理会耗费大量时间,使得单设备转发时延高达数十 μs。

2 5G 承载网分层组网方案

打造面向 5G 的精品承载网络,分步新建 SPN 网络达成目标网络覆盖,逐步实现“市、县、乡”覆盖。核心汇聚层适度先行,完成网络主体架构搭建;接入层匹配 5G 站点接入需求建设。为保证 5G 端到端切片业务的实现,城域传送网需保证端到端同厂家组网。新建 SPN 网络,由于 L3 功能直接下沉到汇聚层/接入层,较现有 PTN 网络减少了 L2/L3 层。

新建的 SPN 网络初期主要用于承载 5G 业务,而未来目标是实现综合业务承载。在实现综合业务传输时,总体上采用汇聚接入共用、核心层分离架构。

汇聚层主要采用 100GE/200GE 组网。若需扩展带宽,可通过 DWDM+FlexE Group 方式进行扩展。

接入层采用 10GE/50GE/100GE 组网,新建接入层设备应具备 100GE 组网能力。在 D-RAN 场景下可采用 10GE/50GE 组网,在 C-RAN 场景下采用 50GE/100GE 组网。

新建 50GE 和 100GE 系统均应采用 FlexE 板卡。

2.1 核心层组网方案

中小型城域网,业务量相对较小,核心机房数量较少,可采用一对核心对接设备连接本地 5G 核心网,同时连至省干网络,将部分流量调度到省会/大区集中的 5G 核心网。核心层组网拓扑部署建议如图 1 所示。

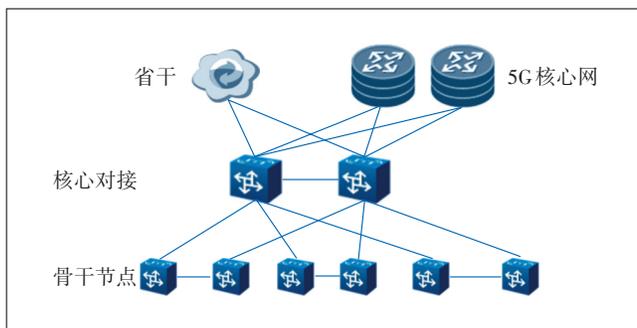


图 1 中小型城域网核心层组网拓扑

大型城域网的核心机房有多个,骨干汇聚点数量和本地部署的核心网设备也比较多,若采用核心网设备直接对接骨干汇聚,则互联链路数量会非常多,易导致网络瓶颈,因此建议增设核心调度设备,调度设备实现骨干汇聚侧的连接,进行端口收敛,而业务落地点专注于业务落地连接。

当骨干汇聚节点不超过 10 对时,建议采用 1 级核心层组网架构;当骨干汇聚节点超过 10 对时,建议采用 2 级核心层组网架构。核心层组网拓扑建议如图 2 所示。

核心调度节点通常为网络的中间节点,仅对业务进行透传,一对核心调度之间的链路主要用于满足业务备用路径的需求,适当规划 1~2 条链路即可。

核心调度点与核心落地点之间先采用 200GE 链路连接,考虑到中远期可能需要扩容,建议核心层设备采用 N×200GE 单板时,仅用其中 1 个 200GE 端口,其余端口预留。

2.2 汇聚层组网方案

汇聚层采用环形组网,建议每个汇聚环除骨干汇

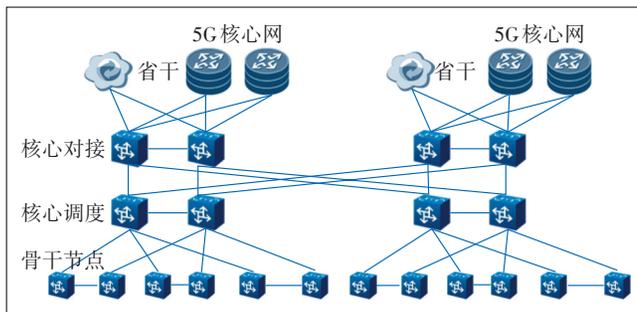


图 2 大型城域网核心层组网拓扑

聚点外,还下挂 4~6 个普通汇聚点,采用 $N \times 100\text{GE}/200\text{GE}$ 组网。如图 3 所示。

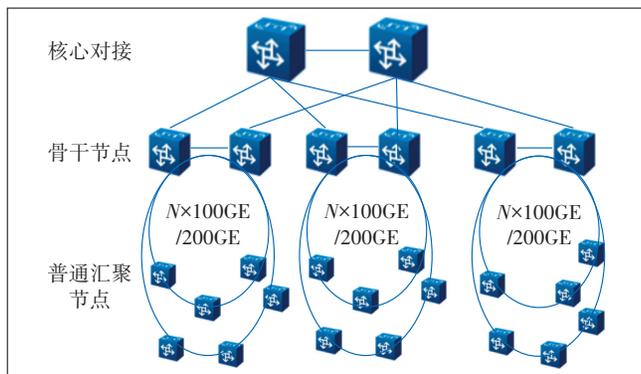


图3 汇聚层组网拓扑

汇聚层端口连接应满足以下要求:物理上同 1 台设备出去的同环 2 个方向使用不同单板,2 个方向需采用不同路由光缆。逻辑上确保工作、保护路径的接口分离。

2.3 接入层组网方案

4G 高流量基站日平均峰值为 60 Mbit/s,瞬时峰值为 120 Mbit/s,普通基站日平均峰值为 30 Mbit/s,瞬时峰值为 60 Mbit/s。5G 基站按照 4G 基站 10 倍测算,高流量基站峰值为 1 200 Mbit/s,普通基站峰值为 600 Mbit/s。D-RAN 场景,接入环按承载 8 个基站测算,单环流量测算控制在 6 Gbit/s ($2 \times 1\,200\text{ Mbit/s} + 6 \times 600\text{ Mbit/s}$),10GE 接入环可以满足 5G 初期大多数场景,成熟期按需部署 50GE。C-RAN 场景下,BBU 集中部署,基站密度增加,业务较 D-RAN 场景流量成倍增长,可考虑直接部署 50GE 接入环。

不同区域应根据不同的业务发展需求,部署适合的接入层。对于中小型地(市)和业务发展较慢的城区,接入层可采用 10GE 环实现 5G 业务承载。对于业务发展较快的城区,应采用新建接入层设备,直接部署 50GE/100GE 接入环方案。D-RAN 场景下可采用 50GE 环,建议 5G 基站承载数量不超过 10 个,在 C-RAN 场景下可采用 100GE 环,建议 5G 基站承载数量不超过 20 个。当采用 50GE 环时,设备应具备演进支持 100GE 组网的能力。

为便于控制面 IGP 进行划域部署,接入层组网应满足以下要求。

a) 接入环双挂时,双挂的汇聚节点应在同一个汇聚环内。如图 4 所示的接入环①/②,优先考虑挂在相邻的汇聚节点,也允许挂在同一汇聚环内非相邻的汇

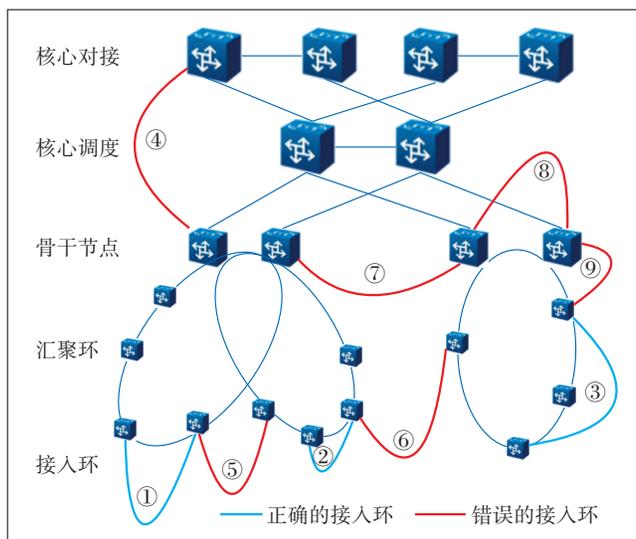


图4 接入层组网拓扑

聚节点,如接入环③。

b) 接入环不应挂在不同层次的节点下,如一端接在骨干节点,一端接在核心节点,如接入环④。

c) 接入环不应接在不同汇聚环的节点下,如接入环⑤/⑥。接入环⑦/⑧/⑨也是禁止接入的。

d) 对于在分域点(如骨干节点)同时也有基站接入需求的站点,为避免核心域内路由复杂,可优先考虑通过同机房一套小型接入设备接入分域点设备(如骨干节点)。

3 结束语

本文结合 5G 对传输的需求分析,5G 网络架构较 4G 网络的几点变化以及 5G 独立组网与非独立组网 2 种组网模式的比较,阐述了 5G 承载网的几个主要关键技术,探讨了 5G 承载网分层组网方案,希望能为网络维护人员和规划设计人员提供参考。

参考文献:

- [1] 冒星星,丁宁. 5G 承载需求分析及传送网建设方案探讨[J]. 中国新通信,2019(18):88.

作者简介:

黄诚,毕业于重庆邮电大学,工程师,学士,主要从事有线传输咨询设计工作。

