

# 5G网络建设热点问题分析及建议

## Analysis and Suggestions on Hot Issues in 5G Network Construction

李立平,方琰崑,单艳珍(中兴通讯股份有限公司,江苏 南京 210012)

Li Liping, Fang Yanwei, Shan Yanzheng(ZTE Corporation, Nanjing 210012, China)

### 摘要:

5G产业涉及5G端到端(涵盖终端、接入、核心网、承载)。在5G网络部署之前,还需要根据自身无线网络、数据业务需求及产业链成熟度选择最优的网络架构和技术方案,以最低网络建设和优化、运维成本获取最佳的网络收益。针对5G网络建设中7项热点问题进行探讨:最优5G频谱,5G NSA还是SA架构,5GC的引入,网络切片管理与运营,容器还是虚拟机部署,5G数字室内覆盖和承载网络的提前准备,为引入5G提供整体解决方案参考。

### Abstract:

5G industry involves 5G end-to-end (covering terminals, access, core networks, and bearers). Before the deployment of 5G networks, it is necessary to select the optimal network architecture and technical solutions according to their own wireless network, data service requirements and industry chain maturity, and obtain the best network revenue with minimum network construction and optimization, operation and maintenance costs. It discusses seven hot issues in 5G network construction: optimal 5G spectrum, 5G NSA or SA architecture, introduction of 5GC, network slice management and operation, container or virtual machine deployment, 5G digital indoor coverage and preparation of bearer network in advance, to provide a total solution reference for the introduction of 5G.

### Keywords:

5G; SA/NSA; 5GC; 5G Slice

### 关键词:

5G; SA/NSA; 5GC; 5G 切片

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2020.05.019

文章编号: 1007-3043(2020)05-0083-06

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**引用格式:** 李立平,方琰崑,单艳珍. 5G网络建设热点问题分析及建议[J]. 邮电设计技术, 2020(5): 83-88.

## 0 前言

5G具有高速率、低时延、广连接三大特性,可实现增强虚拟现实、视频直播、海量物联网设备接入、远程医疗、智能制造、新型智慧城市等典型应用,实现万物互联,为用户提供“体验的革命”。业界一致认为:4G改变生活,而5G改变社会。5G产业涉及5G端到端(涵盖终端、接入、核心网、承载),在5G网络部署之前,运营商还需要根据自身无线网络、数据业务需求及产业链成熟度选择最优的网络架构和技术方案,以最低网络建设和优化、运维成本获取最佳的网络收益。面

对多样化场景的极端差异化性能需求,5G很难像以往一样以某种单一技术为基础形成针对所有场景的解决方案,5G网络建设重点考虑无线网络建设和核心网络2个方面。在无线领域,频谱选择、无线设备选型、室内覆盖、回传承载等建设方案已成为业界关注的焦点;在核心网络领域,网络功能虚拟化(NFV)、新型网络架构(SBA)、网络切片、基于软件定义网络(SDN)等是重点关注内容。

## 1 最优的5G频谱分配及高频应用分析

从全球5G频段的国家分布情况来看,700 MHz、3 400~3 800 MHz、24.25~43.5 GHz是明显的主流频段,也是未来5G的最佳全球协同频段。5G高频段虽具有

收稿日期: 2020-04-13

大量连续频段,频谱资源丰富,但网络覆盖存在挑战,初期5G建设仍聚焦在3.5 GHz中频。

着眼当下,考虑到频谱可用性等多方面,3.5 GHz已经成为大多数运营商首选的5G建网频段,未来可以应用于全球网络漫游的5G频段。5G网络建设需要同时兼顾覆盖和容量,3.5 GHz频段借助大规模多输入多输出(Massive MIMO)等天线技术,覆盖范围可以媲美FDD 1 800 MHz,运营商可以复用现有站点来建设5G网络。对具体运营商而言,根据其所在国家的可用5G候选频段情况,尽可能推动国家频谱管理机构清除并分配便于全球协同的主流5G频段,并尽力获取黄金C-BAND(3.4~3.8 GHz)用于5G的初期部署,以最优的网络建设投资满足eMBB业务的诉求;同时,还可以争取400~800 MHz带宽的毫米波频段,用于未来流量热点/室内区域的超高速接入,以及700 MHz频段用于全国范围的农网宽带接入以及uRLLC业务。

除此之外,高频频段在一些国家也比较重视,比如部分美国运营商采用高频毫米波作为5G建网频段实现FWA解决无线入室问题,如Verizon在2018年10月初开始在美国印第安纳波利斯、休斯顿、洛杉矶和萨克拉门托的部分地区正式推出基于高频28和39 GHz的家庭宽带5G Home接入,客户能够享受到大约300 Mbit/s的平均网速,部分地点最高可达1 Gbit/s峰值。高频最大的优势是具有丰富的频谱资源,根据WRC-19的规划,全球高频候选情况主要分布在24.25~43.5 GHz,其中美国对高频的关注度很高,主要关注频段为:27.5~28.35、37~38.6、38.6~40 GHz。中国目前候选的高频频段主要是24.75~27.5和37~42.5 GHz。另外日本和韩国也很关注高频,日本和韩国的高频频谱已经正式拍卖,日本运营商分配的高频频谱带宽为400 MHz,韩国运营商分配的高频频谱带宽为800 MHz,从日韩高频频谱拍卖可以看出,高频频谱带宽很大,有利于通过大带宽来实现超高速率传输。

关于当前业界高频的主要应用场景,IMT-2020 5G频段应用策略已给出明确建议,高频毫米波主要用于满足5G网络容量需求。主要应用场景一般分为室外热点覆盖、室内热点覆盖和FWA应用。对于室外覆盖,一般典型应用场景有室外的广场、大型体育场和主干街道,可以使用毫米波宏站进行热点覆盖,满足大量用户的超容量需求;对于室内覆盖,典型的应用场景有机场、车站的候车大厅和室内大型商场酒店等,建议采用5G高频的Small Cell解决方案进行覆盖,满足客

户需求;对于FWA应用,可以通过室外宏站加CPE的方式为用户提供高速数据服务,同时解决光纤资源、土地资源紧缺问题。

## 2 对5G NSA或SA架构的选择

对于5G网络建设,3GPP给出了2种架构:NSA、SA。业内普遍认为NSA是5G网络部署初期的方案,而SA是5G网络的目标架构。NSA在架构成熟度方面有3个月左右的先发优势,但仅适用于eMBB业务,组网涉及与4G的复杂耦合。

### 2.1 从不同5G建网频段考虑NSA和SA选择

5G建设采用毫米波频谱,鉴于毫米波频段相对于1.8或2.6 GHz频段有较大的传播损耗和较差的散射、绕射能力,很难达到与4G相当的连续覆盖水平,因而用作移动接入业务模式时,只能依托连续覆盖的4G网络,作为热点区域的超高速率业务的容量补充,在网络架构上选择NSA模式更为合适。

5G建设采用3.5/2.6 GHz的主流频段,对5G小区边缘的速率要求为下行50 Mbit/s(支持2K/4K高清视频和AR应用),上行2 Mbit/s(支持随时随地的720P视频上传),且具备在密集城区建设连续覆盖5G网络的投资实力,根据中国外场测试数据,对站间距在400 m以下的密集城区场景,完全可以通过4G与5G共站部署的方式使5G达到连续覆盖的能力;对站间距在400 m以上的区域可新增适量的5G宏站或微站来满足上行2 Mbit/s的指标要求,这种情况下SA更为合适。

### 2.2 从网络建设和演进的综合成本来看

从网络建设和演进的综合成本来看,直接建设SA有明显的成本优势。初期选择NSA需要二次升级到SA,因此长期来看NSA组网累计投资成本更高,在同等级规模部署下NSA多出4项额外成本。

a) 4G无线的版本修改支持NSA。

b) EPC版本的修改支持NSA。如果只是在现网EPC基础上升级为EPC+(支持NSA的功能),那么当从NSA升级到SA时,还需要重新搭建虚拟化平台,因为5GC只能通过部署在云化平台上实现。

c) NR升级。

d) 承载重新配置。如果NSA建设时只沿用4G承载,则从NSA升级到SA时还需引入支持FlexE和SR功能的承载新设备以支持uRLLC和mMTC等5G新业务。

故针对不急于在2019年部署5G商用的运营商,比如计划2019年启动5G小规模试验,2020开始规模

部署或者2020年以后开始启动试验的运营商,预计到2020年中SA架构的5GC和终端产业链届时已经比较成熟,而5GC的部署成本远小于4G网络改造支持NSA架构+NSA演进到SA的改造成本,此时选择一步到位的SA架构对运营商最有利。

### 3 5G核心网引入

5G核心网本身需要具备SBA、微服务、无状态、轻量化等特征。

依托SBA架构,对网络功能服务做逻辑划分,提取网络功能服务(NFS)有状态部分,对有状态部分做特殊可靠性处理。网络功能服务无状态部分代表了该网络功能服务,对外表现为无状态。进而实现了网络功能服务秒级弹缩、按需弹缩,更加方便业务的发展。

同时将网络功能划分为可重用的若干个“微服务”,“微服务”之间使用轻量化接口(见图1)通信。提供5G核心网敏捷性,通过服务组件拆分实现了网络部署升级快速、便利;提供5G核心网易拓展性,不需要引入新的接口设计;提供5G核心网灵活性,可以实现网络功能的组合,满足网络切片的灵活性;提供5G核心网开放性,满足第三方业务调用,使第三方应用程序开发者可以基于进一步开放的网络API接口开发性能更优、更贴近客户需求的创新业务,从而使能多样化的生态系统。

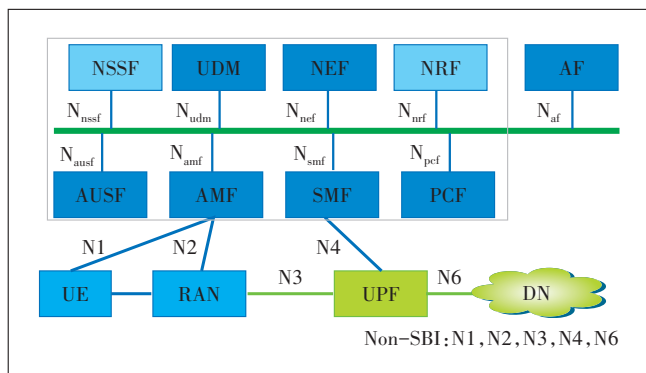


图1 3GPP 建议的5G SBA架构

### 4 网络切片管理与运营

4G时代数据流量经营逐步取代语音连接经营,5G时代将出现网络切片运营和管理的新模式。5G应用切片化在3GPP中包含了eMBB、mMTC和uRLLC 3个场景所有的应用。并且通过网络能力的开放,网络切片也可以作为一种网络服务能力进行销售,进而拓展

移动运营商的收入来源。

网络切片可以针对特性的业务需求和商业模式进行定制化的功能编排和业务部署,因而可以以较低的网络建设投资使能众多的垂直行业创新,尤其是中国的“互联网+”战略,“5G+垂直行业”模式将在农业、制造业、流通、交通、生活服务、公共服务、教育、金融、医疗和能源等行业全面引入5G提供的基础信息服务,颠覆传统产业,重构业态,促进社会经济的可持续发展。定制切片可以充分满足垂直行业对5G差异化信息服务需求的方式,完成从行业到网络资源的高效定制。

通过端到端的网络切片架构(见图2)可根据客户具体需求按需生成最优的逻辑切片,网络切片将贯穿5G RAN、5G承载和5G核心网,由统一的切片编排和管理模块负责切片的设计,部署,性能监控,迭代升级及安全管理。基于DevOps理念的全生命周期切片管理示意(见图3),涉及服务保障SLA定义、切片设计、切片部署、切片资源隔离与管理、切片告警与性能管理、切片商业模式管理等环节。

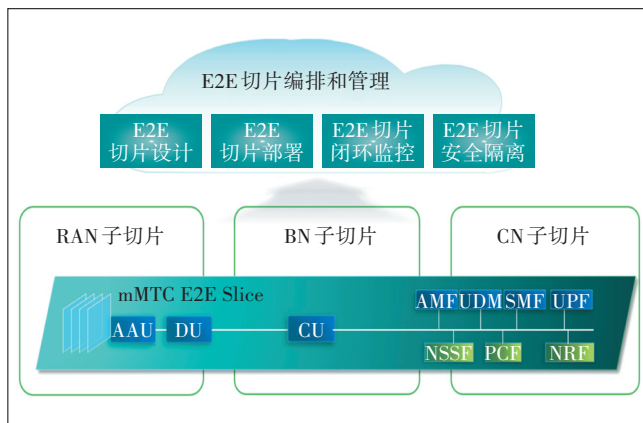


图2 端到端网络切片架构

## 5 5GC基础设施选择

### 5.1 传统设备升级还是新建云化基础设施

支持5G功能的核心网可以在现有传统设备上升级以支持NSA方式的5G网络,只适用于增加带宽,其他如切片、弹性、编排等特征都不具备,真正具备切片、弹性、编排能力的5GC目前只能部署在云化基础设施上(也没有哪个厂家在传统设备上开发切片的),参考3GPP TS 23.501,虚拟化是具备5G特征核心网部署的基本要求。现有2G/3G/4G分组核心网EPC基本是传统设备,为了具备5GC完整能力,需要新建基于虚拟化/云化分组核心网vEPC/vEPC+或者直接新建虚拟化

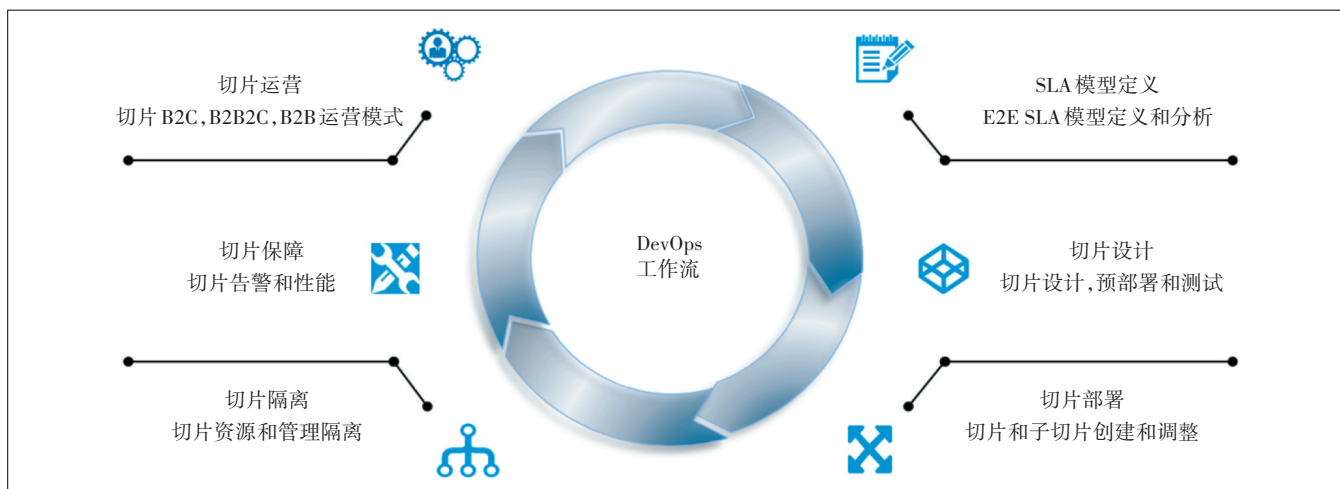


图3 基于DevOps的切片管理与运营

5GC,还有一种更好的选择就是新建同时支持NSA和SA的双核(vEPC+5GC)核心网,目前已有部分5G领先的厂家具备这种双核版本,但此类产品都是基于虚拟化/云化平台的。

### 5.2 基于VM还是基于容器

首先要说明的是无论是VM还是容器都是虚拟化技术;其次要重点强调一下无论是VM还是容器都具备支持5GC完整虚拟化平台的能力。

容器技术更多的具备IT云原生特性但对于电信级应用还需要增强,以目前容器技术使用比较多的K8S(Kubernetes)为例,Kubernetes专为IT应用而设计,缺乏运营商级应用保证和性能。

为了适应5GC海量计算要求,需要支持容器CPU核绑定功能;支持NUMA(Non-Uniform Memory Access)感知,避免跨NUMA节点内存访问以提高计算资源效率。在存储和网络方面需要采用更多的巨页来加速内存管理,并支持多网络平面和媒体面加速(包括DPDK、SR-IOV、FD.io等)。在其他方面还需要支持多DC部署及安全方面增强,比如root权限的控制等。

表1示出的是5GC部署采用VM和容器的比较。

通过以上分析,5GC选择VM部署还是容器部署可以有3个层面的考虑。

a) 按整网部署选择。整个5GC选择一种部署方式,虚拟机部署或者容器部署,注重电信级要求的(安全、媒体转发等)采用虚拟机部署,注重微服务,开放能力的采用容器部署。

b) 按网元选择。根据网元的运行需要选择,比如基本控制面SMF,用户数据UDM,还有SBA架构中服务注册网元NRF等选择稳定运行与VM更合适;而与

表1 5GC采用虚机和采用容器的比较

5GC部署	虚机	容器
标准化程度	标准化程度高	标准化程度底,ETSI还没有结束容器标准化制定
镜像大小	大,以GB为单位(可以优化)	小,通常几百MB
性能损耗	物理机15%左右的性能损耗	接近物理机性能(仅针对直接运行在裸金属上的容器)
网络需求	可采用成熟的转发面技术(SR-IOV、DPDK等)	以K8S为例,它仅仅支持单网络平面,如果需要支持多网络平面则需要通过第三方插件
安全隔离	高,虚拟机级隔离	低,因其共享内核,安全隔离弱于虚拟机
弹性伸缩	分钟级应用启动速度	秒级应用启动速度

业务量、开放能力相关的AMF、NEF可以用容器部署。

c) 按网元组件选择。根据网元中不同组件的运行需要选择,比如IP接口组件随业务吞吐对弹性要求可能比较高,选择容器部署比较合适,而每个网元的运维组件与业务量基本无关,用VM部署比较合适。

所以在5GC建设时选择VM方式还是容器方式并不互斥,有条件的运营商可以在建设vDC时同时具备VM基础设施和容器基础设施基本框架(见图4)。

当然为了降低建设负杂度,在初始网络建设时先选择一种方式比较合适,考虑到电信级应用的适用性和成熟度,推荐先建设VM方式5GC。

## 6 5G数字室内覆盖

5G已不仅仅是一张简单的通信网,5G将深入社会生活的各个方面,是一张为各行各业服务的基础网络,是运营商数据业务和物联网市场的制高点。按照在4G网络中的统计,运营商接到的投诉40%与信号覆盖有关,其中70%是室内覆盖问题并且4G时代70%~

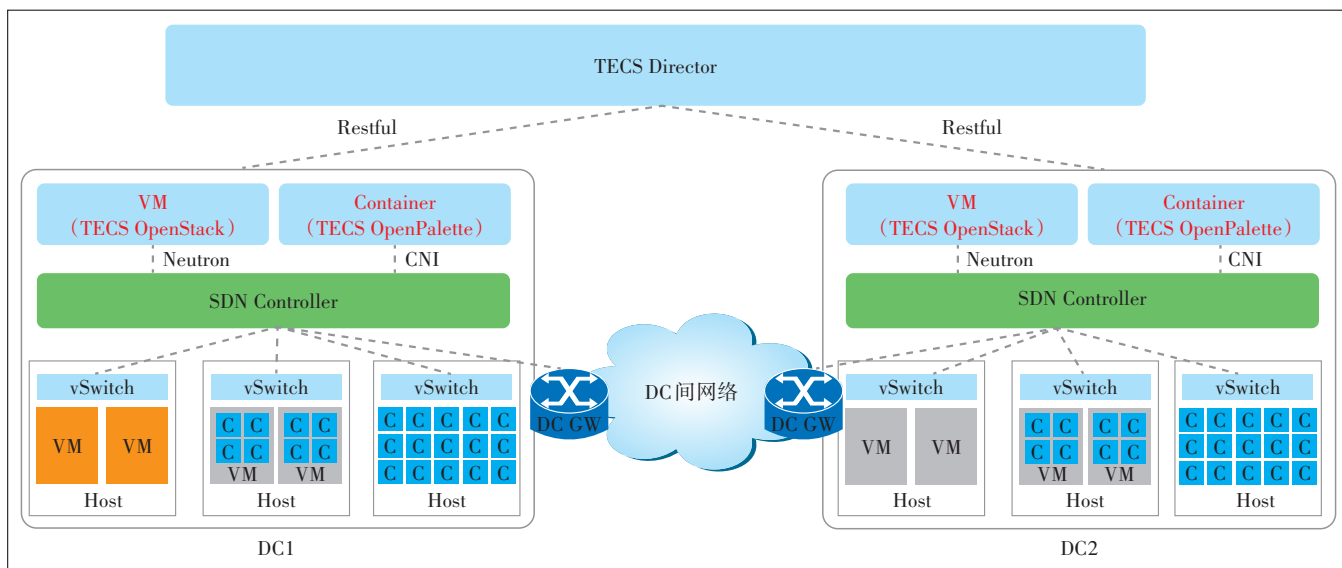


图4 双核(VM+Container)驱动云平台

80%的业务都发生在室内场景,随着5G的发展,AR/VR、超高清视频、无线医疗、智能制造等业务种类将持续增加,室内移动网络的建设将更加重要。相比4G,5G主流频段属于更高频段信号,无法从室外抵达室内,因此,深耕室内覆盖,使能应用创新,覆盖和业务双线驱动将是5G商业化的关键。5G需要更强的数字室内分布系统为结构日趋复杂的建筑物提供优异的室内接入性能,为终端提供极致的接入体验。

对于现阶段先上4G,后引入5G的场景,在4G室内分布部署时就预先铺设CAT6A的以太网电缆可以一步到位满足4G和5G的承载需求,大幅降低后期5G室内分布系统部署时的工程成本。当然,对于人流量和数据需求较大的商业中心、车站等建筑物,运营商也可以一步到位部署4G和5G融合的室内分布系统。

在室内分布系统部署的同时,考虑引入边缘计算MEC平台,可以为运营商创造更多的本地化增殖业务机会和网络收益。比如通过在MEC平台部署视频缓存或本地视频处理,分发服务,可以大幅降低视频内容的播放延迟,提升高清视频播放的流畅度并降低对移动承载网络的带宽压力;而基于QCell的精准位置服务和大数据分析可以提供客流热力分布图、用户轨迹分析、室内导航、车位引导等增值服务,为大型商场提供更多的商业价值。

## 7 承载网络的部署

5G时代基于CU、DU分离的逻辑架构和不同的部署形态,可能同时存在Fronthaul、Midhaul以及Back-

haul的混合接入需求,同时3类典型业务又有不同的承载性能需求,应对前传、中传和回传3类承载需求,以及满足5G对承载大带宽、超低时延、按需网络切片及智能流量工程等需求。

在接入层提供 $n \times 25G/50GE/100G$ 的带宽;在汇聚和核心层提供 $n \times 100G/400G$ 的带宽并引入IP+光协同,提供统一规划、统一调度和统一的维护管理。

5G承载方案(见图5)可以根据业务的类型选择普通转发模式或者快速转发模式。对时间敏感的业务可以选择快速转发模式。快速转发技术建议采用FlexE,是TSN标准的一部分,提供SDH-like的信道化隔离特性,能将节点的交换延时从通常的 $30 \mu s$ 降低到 $3 \mu s$ ,减少了一个数量级,是实现超低时延的关键。

FlexE通过以下关键特性将广泛应用于5G网络切片、以太网端口捆绑提升带宽等方面。

按需带宽提供:FlexE采用大端口捆绑,可实现网络按需扩容,有效地解决带宽升级所面临的问题。如在5G初期,100GE带宽能够满足业务发展需求;随着5G应用的成熟,带宽面临瓶颈需要扩容时,通过FlexE绑定功能,只需再扩容若干100GE端口,即可实现将带宽升级至超100GE,简化网络调整的同时可有效保护前期的投资。

超低时延、超稳定抖动转发:传统分组网络中每个节点都需要对数据包进行MAC层和MPLS层解析,耗费大量时间,从而造成单设备转发时延高。通过FlexE时隙交叉技术可实现基于物理层的用户业务流转发,报文在中间节点无须解析,业务转发过程近乎实时完

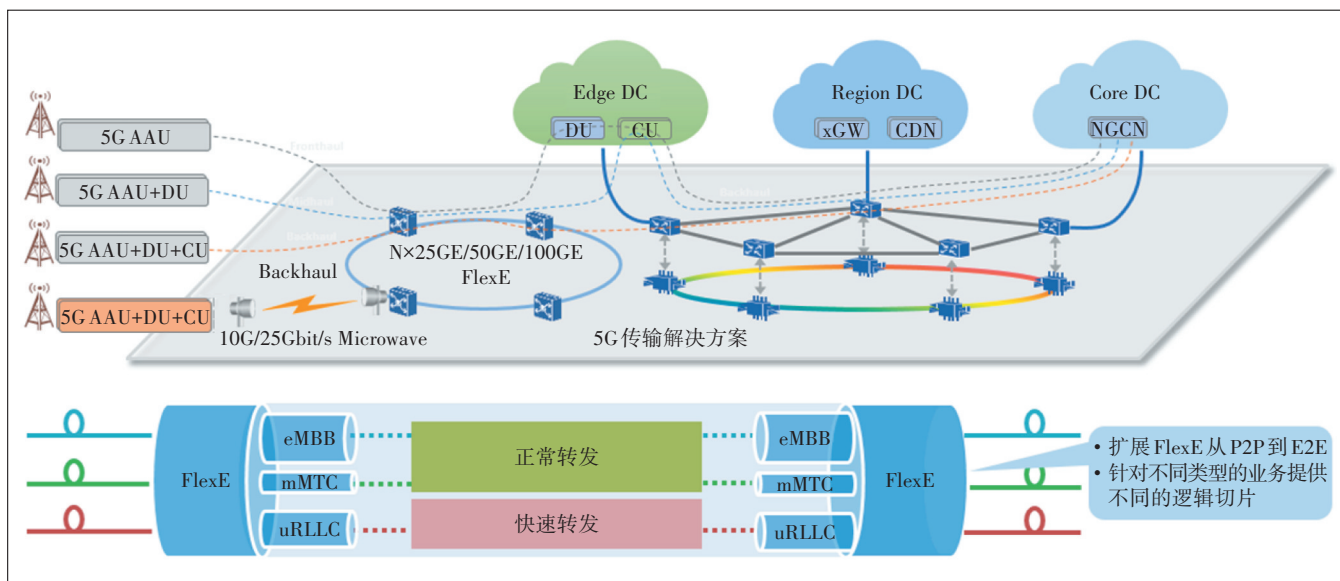


图5 5G承载方案

成,可实现单跳设备转发时延最低小于 $0.5 \mu\text{s}$ ,抖动小于 $30 \text{ ns}$ ,为承载超低时延业务奠定了基础。

**超高可靠性网络保障:**通过扩展 OAM, FlexE Channel 提供了 FlexE 通道层保护功能,大大提高了客户业务传输的可靠性,出现故障时可实现 $1 \text{ ms}$ 以内的保护倒换,使整网达到 $99.9999\%$ 的工业级可靠性。

**基于 FlexE 的灵活网络切片:**基于 FlexE 和 FlexE Channel 的端到端切片使得网络既具备 TDM-like 独占带宽、物理隔离的特性,同时又兼顾以太网统计复用的特点,实现切片转发分离、管理分离、故障分离、协议分离,且互不影响,保障 5G 差异化业务部署。

## 8 结束语

通过对 5G 频谱,5G 无线与核心网架构,切片的管理,5G 承载关键技术的分析给出相应解决方案,以满足 5G 网络选择最优的网络架构和技术方案,以最低网络建设和优化、运维成本获取最佳的网络收益。

在 5G 网络准备及建设过程中,还会有更多的关键问题需要讨论解决,比如与现网互通、用户 5G 开户、NRF/NSSF 引入时机等。而 5G 网络建设只是 5G 发展的一部分工作,5G 网络要想成熟发展还需运营商、设备商、终端厂商、IC 厂商以及各行各业的参与,从目前来看,5G 仍将是一个任重而道远的发展过程。

### 参考文献:

[1] 中国信息通信研究院. 5G 经济社会影响白皮书[EB/OL]. [2020-01-20]. <https://wenku.baidu.com/view/3e79f0b6e43a580216fc700ab>

b68a98271feacd.html.

[2] 关皓,杨凡,孙静原,等. 5G 无线接入网络部署的关键问题[J]. 邮电设计技术, 513(11):23-28.

[3] 方琰. 面向云化的电信运营转型方案、关键技术和发展策略[J]. 信息通信技术, 2018(2):58-65.

[4] 朱建军,方琰. 电信运营商云化数据中心及关键技术研究[J]. 中国新通信, 2018(6):57-58.

[5] 朱建军,方琰. 面向服务的 5G 云原生核心网及关键技术研究[J]. 数字通信世界, 2018(2):111.

[6] IMT-2020(5G)推进组. 5G 网络架构设计白皮书[EB/OL]. [2020-01-20]. <https://www.imt-2020.cn/zh/documents/1>.

[7] System Architecture for the 5G System: 3GPP TS 23.501[S/OL]. [2020-01-20]. <ftp.3gpp.org/Specs/>.

[8] Procedures for the 5G System: 3GPP TS 23.502[S/OL]. [2020-01-20]. <ftp.3gpp.org/Specs/>.

[9] IMT-2020(5G)推进组. 超密集网络(UDN)技术研究报告[EB/OL]. [2020-01-20]. <https://www.imt-2020.org.cn/zh/documents/download/146>.

[10] 孙嘉琪,李玉娟. 5G 承载网演进方案探讨[J]. 移动通信, 2018(1):1-6.

[11] 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.

### 作者简介:

李立平,毕业于南京航空航天大学,中兴通讯股份有限公司电信云与核心网产品线产品规划总监,工程师,硕士,专业方向为电信云与核心网组网方案和关键技术;方琰,毕业于南京航空航天大学,中兴通讯股份有限公司电信云与核心网产品线产品规划总工、产品市场总监,高级工程师,硕士,专业方向为电信云与核心网的组网和关键技术;单艳珍,毕业于哈尔滨工业大学,中兴通讯股份有限公司TDD&5G产品与方案经理,硕士,专业方向为频谱分析,RAN切分与虚拟化。