

5G 承载网技术和优化组网

Technologies and Optimal Networking of 5G Bearing Network

张宝亚/ZHANG Baoya

(中兴通讯股份有限公司, 广东 深圳 518057)
(ZTE Corporation, Shenzhen 518057, China)

1 5G 无线网络的特点

5G 移动网提供增强型移动宽带 (eMBB)、超可靠低时延通信 (uRLLC)、大规模机器类通信 (mMTC) 三大类业务, 不同业务性能差异较大: eMBB 业务面向传统移动通信, 带宽大; uRLLC 业务面向工业自动化等实时性控制类应用, 时延低、可靠性高; mMTC 面向物联网应用, 连接多、流量小。

5G 无线接入网 (RAN) 重新划分为有源天线单元 (AAU)、分布单元 (DU)、集中单元 (CU) 部分, 核心网由 3G/4G 时代集中部署逐步向云化、分布式部署转变, 不同业务核心网下沉到不同位置, 满足业务低时延的要求, 提升用户体验。

1.1 大带宽

基站带宽取决于无线频谱带宽、频谱效率、天线数等参数配置, 64 TR 100 M 带宽的基站, 峰值带宽可以达到 6 Gbit/s, 均值带宽 3 Gbit/s, 按照国际电信联盟 (ITU) 定义: 5G 基站最大峰值带宽可达 20 Gbit/s。实际情况下, 基站速率难以达到最大峰值速

收稿日期: 2017-12-15
网络出版日期: 2018-01-17

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2018) 01-0042-007

摘要: 大带宽、强路由、高可靠、L3 到边缘、25 GE/50 GE/100 GE 低成本光模块是 5G 承载网的基础要求。灵活以太网 (FlexE)、分段路由 (SR)、以太网虚拟专用网络 (EVPN)、IPv6、设备虚拟化、高精度时钟是 5G 承载设备应具备的关键技术。认为承载网存在 4 个方面演进趋势: 网络扁平化; 管理、控制、转发隔离; 传统网管向管控融合的 SDN 架构演进; 4G/5G 统一承载。

关键词: SR; Flex-E; 网络切片; EVPN; 光模块

Abstract: Large bandwidth, strong routing, high reliability, L3 to edge, 25 GE/50 GE/100 GE low cost optical modules are the basic requirements of 5G bearing network. Flex Ethernet (FlexE), segment routing (SR), Ethernet virtual private network (EVPN), IPv6, virtualization of devices and high precision clock are the key technologies for 5G bearing equipments. Four evolution trends are proposed in this paper: flat network; isolation between management plane, control plane and forwarding plane; evolution of soft-defined network (SDN) architecture from traditional network to the management and control integrated network; 4G/5G unified bearing.

Keywords: SR; FlexE; network slicing; EVPN; SDN; optical module

率。另外, 考虑成本、功率等因素, 5G 基站类型会多种共存, 基站带宽从 1~20 Gbit/s 均会存在。

5G 基站分为高频基站和低频基站: 5G 低频基站用于广覆盖, 在初期, 5G 低频基站和 4G 基站会同址部署, 在成熟期, 5G 低频基站密度与 4G 基站相当; 5G 高频基站主要用于补热, 初期规模不大, 但是有一些需要 25 GE 接口接入。

1.2 低时延

5G 不同业务的时延差异化较大, 第 3 代合作伙伴计划 (3GPP) TR 38.913 定义 eMBB 端到端 (E2E) 时延是 10 ms, uRLLC 是 1 ms, 其中 eMBB 的空口时延 4 ms, uRLLC 的空口时延 0.5 ms; 但是, 对于不同的 uRLLC 业务, 3GPP TS 22.261 V16.0.0 给出不同

的时延定义, 具体见表 1^[1]。

1.3 流量 Mesh 化

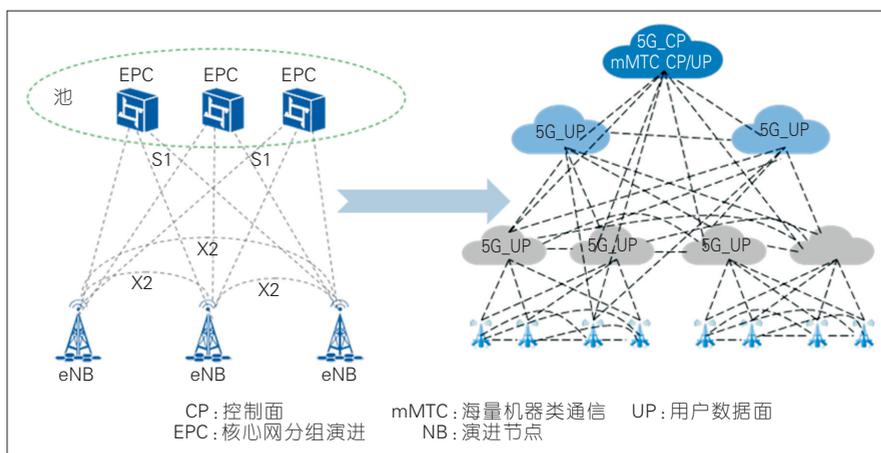
5G CU 与 DU 部署灵活、可分可合, 分设的 CU 和 DU 之间具有多对一、一对多的特点, 存在双归和冗余要求。根据 eMBB、uRLLC、mMTC 三类业务分步引入, 核心网从集中式部署逐步过渡到分布式部署。CU 和核心网之间存在着多对多的关系, 核心网之间存在流量交互的情况, 5G 时代业务流量 Mesh 化趋势较为明显, 具体如图 1 所示。

1.4 网络切片

下一代移动通信网 (NGMN)、IMT 2020、第 3 代合作伙伴 (3GPP) 均提出了 5G 网络基于软件定义网络 (SDN)/网络功能虚拟化 (NFV) 的网

▼表 1 3GPP TS 22.261 uRLLC 低时延业务类型及指标要求

场景	端对端时延/ms	抖动	通信服务的可用性/%	可靠性/%	用户体验数据速率/(Mbit/s)
离散自动化-运动控制	1	1 μs	99.9999	99.9999	1~10
离散自动化	10	100 μs	99.99	99.99	10
过程自动化-远程控制	50	20 ms	99.9999	99.9999	1~100
过程自动化-监测	50	20 ms	99.9	99.9	1
配电-中压	25	25 ms	99.9	99.9	10
配电-高电压	5	1 ms	99.9999	99.9999	10
智能交通系统	10	20 ms	99.9999	99.9999	10
触觉交互	0.5	待定	99.999	99.999	低
远程控制	5	待定	99.999	99.999	从低到 10



▲图 1 核心网之间/基站与核心网多对多连接

网络切片架构,网络切片可以为未来网络创新、快速部署业务提供基础。同时,网络切片服务可提供管理隔离、资源隔离、计算隔离、转发隔离、控制隔离等特色服务,不同资源的隔离灵活配置,以满足不同类型的业务安全性、可靠性、关键绩效指标(KPI)等方面差异化的要求,保障业务安全和服务质量^[2]。

1.5 NSA 向 SA 逐步演进

5G 建网模式分为独立部署(SA)模式和非独立部署(NSA)模式:SA 模式下,新建无线、核心 5G 网络,4G 网络和 5G 网络两张网独立运行;NSA 是一种逐步演进的网络技术方案,通过 4G 既有的资源,仅在 4G 网络上增强,以局部扩容的方式为 5G 提供服务,并随着 5G 业务的不断成熟逐步

演进到 5G。

2 5G 承载网基础要求

2.1 大带宽

4G/5G 同址部署,承载设备需要同时满足 4G/5G 基站的能力。5G 基站提供 10 GE/25 GE 接入能力,市区基站需要具备 25 GE 接入能力。5G 承载网带宽的相关分析具体如表 2 所示。

5G 承载网,链式组网可以采用 10 GE 接口;分布式无线接入网(D-RAN)可以采用 25 GE/50 GE 接口;C-RAN 则需要采用 50 GE/100 GE 接口组网。

对于 5G 承载网扁平化的 3 层架构,可以在区县汇聚机房放置多对汇聚设备形成扁平化组网,汇聚层采用

100 GE 上行链路,可满足 5G 流量需求;对于城域则采用双层汇聚的组网方式,汇聚上行链路可采用 100 GE 组网,核心汇聚以上初期可以采用 100 GE 组网,5G 成熟期核心汇聚逐步引入 $N \times 100$ GE/200 GE/400 GE 链路。5G 网络设计的模型,具体如图 2 所示。

5G 采用大容量设备组网,这要求芯片具备更强的处理能力,以及更低的功耗:接入层设备的 320 G、640 G 芯片是主流需求,而核心汇聚层的 200 G、400 G、1 T 的高集成度芯片,则能提供高密度单板。

2.2 强路由

5G 承载网需要满足 3G/4G/5G 基站及政企业务承载,路由涉及公网路由和基站私网路由。

根据 3G/4G 时代基站建设,未来 3G/4G/5G 基站数比预计 1:2:4(5G 阶段高低频基站数量比例 1:1,4G、5G 低频基站数量比例 1:1)。一个 3G 基站使用 2 个 IP 地址,一个 4G 基站使用 1 个 IP 地址,考虑到无线组播业务的需求,一个 5G 基站可能会引入 2 个 IP 地址。一个大型本地网 3G 基站以 8 000 计算,则基站业务路由量为 $8\ 000 \times 2 + 8\ 000 \times 2 + 8\ 000 \times 4 \times 2 = 96\ 000$ 路由,即全网最大需 96 000 基站业务路由地址。

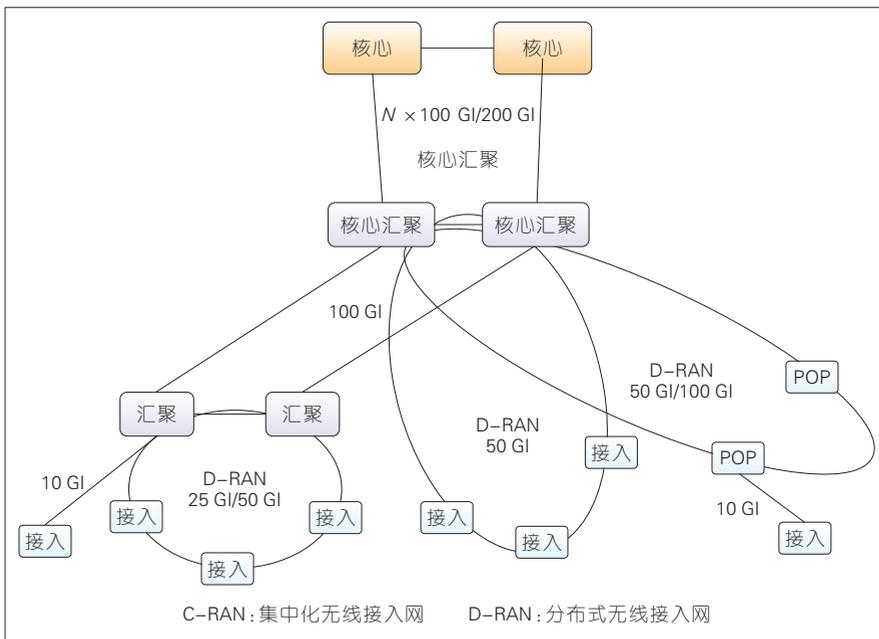
承载网内的路由主要以设备地址、数据通信网络(DCN)地址、互联地址为主,未来引入切片后,网络地址会增加。一个 8 000 台设备大型网络,整网网络地址数量为 $8\ 000 \times (1 \text{ 个控制面地址值} + 1 \text{ 个 DCN 地址}) \times 2$ (假设互联地址和设备节点数等同),大约 32 000,考虑网络切片的引入网络地址可能到 64 000 以上。

城域汇聚核心设备路由要求超过 160 000,考虑政企业务的引入,以及外部网络的互联互通,汇聚设备路由容量要求具备 10^5 级别的路由。接入设备由于没有全网的路由,因此路由数目相对来说较少, 10^4 就已经足

▼表 2 5G 承载网带宽需求分析

项目	小 D-RAN	大 D-RAN	小 C-RAN	大 C-RAN
BBU 侧端口	4G 基站: GE, 基站带宽 150 Mbit/s 5G 低频基站: 10 GE, 均值带宽 2.1 Gbit/s (规划带宽为基站均值带宽的 70%)			
整网 5G 基站数	6 000			
每站点设备基站数	1	2~3	5	6~20
每接入环上站点设备数	8	8	6	4
收敛比	小 D-RAN 不考虑收敛比, 大 D-RAN/C-RAN 收敛比为 1:2 汇聚层收敛比为 1:4 核心汇聚层收敛比为 1:8			
汇聚对带的基站数	100	100	100~200	100~200
核心汇聚对带的基站数	600			
接入环带宽	$(2.1+0.15) \times 8 = 18 \text{ Gbit/s}$	$(2.1+0.15) \times 8 \times 3/2 = 27 \text{ Gbit/s}$	$(2.1+0.15) \times 5 \times 6/2 = 33.75 \text{ Gbit/s}$	$(2.1+0.15) \times 20 \times 4/2 = 90 \text{ Gbit/s}$
汇聚上行带宽	$(2.1+0.15) \times 100 / 4 = 56.25 \text{ Gbit/s}$		$(2.1+0.15) \times 200 / 4 = 112.5 \text{ Gbit/s}$	
核心汇聚上行带宽	$(2.1+0.15) \times 600 / 8 = 168.5 \text{ Gbit/s}$			

BBU: 基带处理单元 C-RAN: 集中化无线接入网 D-RAN: 分布式无线接入网



▲图 2 5G 承载网网络规划

够^[3-4]。

2.3 高可靠性

移动业务丢包敏感,网络故障引起丢包对于用户感知有一定的影响,快速的业务恢复是承载网基本要求。

3GPP TR 38.913 定义的部分 uRLLC 业务,对于网络的可靠性要求由“5个9”指标提升到“6个9”,承载

网络需要提供更高的可靠性。

4G 阶段,传输专线通过移动承载网承载成为业界发展趋势,随着基于同步数字体系(SDH)的多业务传送平台(MSTP)的退网,大量的业务需要迁移到移动承载网上。

任何网络故障下,承载网 ms 级业务快速收敛,是确保移动业务可靠性的基础。利用快速重路由(FRR)

保护技术,结合转发面的故障快速检测技术可以为 ms 级业务恢复提供基础;对于无法形成 FRR 的场景,通过路由快速收敛可以实现 5G 承载网业务的可靠性。对于政企、uRLLC 业务,通过网络切片可以实现隔离的专网服务,不同切片之间完全隔离。

2.4 全 L3 组网

由于 5G RAN CU/DU 分离,针对核心网云化,基站之间低时延需求,L3 到边缘 5G 承载网的关键为:

- 5G 网络 CU/DU 分离。随着移动边缘计算(MEC)的引入、CU 云化部署、DU 与 CU 之间业务 L3 转发,均提供了灵活性。

- 5G C-RAN 组网成为普遍需求。5G 阶段载波聚合(CA)/协同多点传输(CoMP)等基站协同部署显著,协同 X2 流量就近转发满足时延需求,如果绕行汇聚增加了转发跳数和传输光纤距离,时延变大,则难以达到协同增益。接入层采用 L3 层技术,基站之间就近 1 跳转发是协同类业务部署的必然要求。

- 5G 基站东西向流量大,绕行浪费汇聚层的网络带宽。

- NSA 组网。5G 基站附着在 4G 基站,4G 基站和 5G 基站间存在流量需求,L3 到边缘组网,流量可以就近转发,避免流量回绕。

2.5 低成本光模块

5G 承载网在用户网络侧接口(UNI),采用 10 GE、25 GE 接口接入基站,网络侧会引入 25 GE、50 GE、100 GE 互联技术,城域未来则可能会向 200 GE、400 GE 链路演进。

5G 承载网要求光模块具备:集成化、小型化、高速率、长距离、低成本、低功耗。

3 5G 承载网关键技术

3.1 FlexE

FlexE 可实现 $n \times 5G$ 通道化带宽,

不同子通道有独立的媒体接入控制 (MAC), 同一个端口上不同子通道物理隔离。通过 FlexE 技术可提供灵活的以太接口带宽, 能够解决传统以太网端口仅有 FE、GE、10 GE、40 GE、100 GE、200 GE、400 GE 的颗粒弊端, 增强以太网的组网能力, 满足网络切片物理隔离要求, 在一条链路上实现多个物理专网。

FlexE 也可以实现多个 100 GE 端口捆绑提供超 100 GE 的接口带宽, 改变了传统以太网拓展链路带宽依靠 Smartgroup, 流量分担不均匀的问题, 多端口捆绑也可以基于多个时隙实现捆绑。

FlexE 通道化结合设备虚拟化可以实现承载网转发物理隔离、控制隔离、管理隔离的逻辑网络, 在一张物理网络上实现多个物理隔离的逻辑网络, 如图 3 所示。

3.2 分段路由

分段路由 (SR) 技术是一种源路由技术, 通过内部网关协议 (IGP) 扩展收集路径信息, 头节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。

引入 SDN 控制器以后, 可以通过控制器掌握的全局信息计算出一条 E2E 的路径, 而不依赖跨域路由的通告, 这样可以弥补传统路径创建能力不足, 增强组网能力。

SR 技术具有标签分发协议 (LDP) 的灵活性, 同时解决了基于流

量工程扩展的资源预留协议 (RSVP-TE) 路径扩展性和协议复杂性问题, 可以应用于跨域路径的建立。在可靠性方面, SR 避免了原有 IGP 算法的限制, 在承载网以环网为主要的接入形态下, 可以通过拓扑独立无环替换 FRR (TI-LFA) 保护, 100% 形成节点和链路的 FRR 保护。SR 相对其他路径协议具有很多优点, 具体见表 3。

3.3 MPLS EVPN

传统多协议标签交换 (MPLS) 二层虚拟专用网 (L2VPN) 分为虚拟标签专线服务 (VPWS) 和虚拟专用局域网业务 (VPLS) 类型业务, VPWS 引入目标 LDP 会话, VPLS 除了部署目标 LDP 外, 还需要学习本地用户 MAC 和远端 PE 发过来的用户的 MAC 地址, 设备上如果没有学习到目的 MAC 地址, 则需要广播处理, 这样存在广播

环路风险, 对网络规划要求较高。另外, L2VPN 在解决跨域互通场景方面比较复杂, 通常 Option A/Option B 多链路对接组网, 跨域保护不好解决, 需要借助于 Option C 才能实现简化跨域组网。

MPLS 三层虚拟专用网 (L3VPN) 采用的是路由转发方式, 路由通过 BGP 在不同 PE 之间进行路由传播。传统 MPLS VPN 部署方式下, 网络中部署多种协议。

MPLS 以太网虚拟专用网络 (EVPN) 通过 BGP 扩展避免了目标 LDP 建立, 减少了控制面协议部署。在 MAC 学习方面, 除了本地 MAC 学习以外, 远端的地址不需要依赖业务流进行学习, 而是通过边界网关协议 (BGP) 学习远端的地址, 像学习 VPN 路由转发表 (VRF) 路由一样学习远端 PE 上的用户地址, 降低了转发面

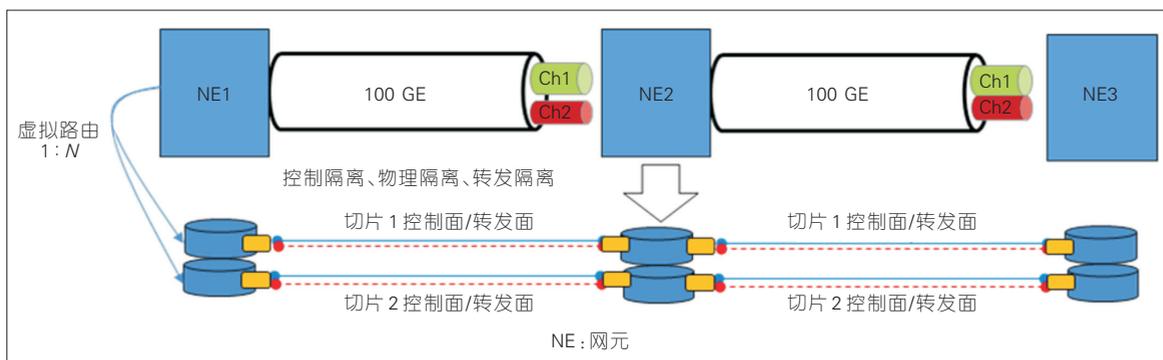
▼表 3 各种 LSP 路径协议的对比

	LDP	RSVP-TE	SR
协议配合	IGP + LDP	IGP + RSVP-TE	IGP 扩展, 较为简单
标签分配方式	本地分配 (在每个节点为每个路由分配)	本地分配 (在每个节点为每个隧道 LSP 分配)	全局分配 (只在源头为路由分配一次, 其他节点只是发布) + 本地分配 (与路由和 LSP 无关, 仅代表某节点的某个出向连接)
可扩展性	对 LSP 不需要保活, CPU 等资源占用低, 可扩展性好	每个 LSP 维护状态信息, 定时保活; CPU 等资源占用高, 可扩展性差; Mesh 网络路径 N 平方问题对设备压力大	<ul style="list-style-type: none"> 原有 IGP 保活, SR 没有额外的保活, CPU 等资源占用低, 可扩展性好 控制器集中算路, 网络节点压力小
流量工程	不支持	支持	支持
FRR	可靠性中等	可靠性高	可靠性高
跨域 LSP	不支持	可支持, 需要松散	支持
IPv6	需要扩展	需要扩展	支持

CPU: 中央处理器
FRR: 快速重路由
IGP: 内部网关协议

LDP: 标签分发协议
LSP: 分层服务提供商
RSVP-TE: 基于流量工程扩展的资源预留协议

SR: 分段路由



◀图 3 FlexE 结合设备虚拟化实现物理隔离的网络

的要求。同时,对于没有学习到的目的地址流,支持地址解析协议(ARP)代理功能,可以禁止流量广播,避免网络环路风险。

由于借助了BGP方式,跨域组网可借助BGP互通,组网更加灵活,同时可增强L2VPN组网能力。L2VPN和L3VPN通过一套BGP协议实现协议的统一,简化了控制面和转发面。

3.4 IPv6

3G/4G阶段,无线一般采用IPv4私网地址,承载网内部也是使用IPv4私有地址作为控制面互联地址,访问Internet时,需要进行网络地址转换(NAT)的转换。5G阶段RAN和核心网会向IPv4/IPv6双栈演进,IPv6已经成为国家战略。

5G承载网引入IPv6可以是逐步演进的方式,基站采用V4/V6双栈,网络地址可以继续采用V4,以6vPE方式承接业务;未来可以在网络内部引入V6地址。

3.5 高精度时钟

5G阶段,C-RAN成为主流,随着市区微站、室分站的部署,基站全部通过全球定位系统(GPS)同步,投资大,施工困难。C-RAN组网下CoMP/CA等基站协同组网,5G阶段可能大规模引入。4G与5G时代对于时钟同步要求不同,具体如图4所示。

在5G时代,时钟同步存在差异化的需求,高频站通过传统方式基本可以满足同步精度,但是需要减少转发跳数,基站协同需要在站点进行时间的统一分发,以便能够实现超高时

间同步。

在4G时代,时间源同步精度在150 ns左右,单节点同步精度在30跳1 200 ns,每跳同步精度在40 ns左右,基站同步精度要求150 ns。5G时代,时间源同步精度需要进一步提升到30 ns,单跳时延要满足10 ns,基站精度需要提升到20 ns。对于基站协同类,时间源的同步精度为10 ns,前传网同步精度在100 ns,承载的时延要求控制在5 ns以下,时延源需要下沉在C-RAN中的站点设备上或小汇聚设备上,以减少承载跳数,提升同步精度。

3.6 设备虚拟化

设备虚拟化是实现承载网网络切片的基础。设备虚拟化需要做到资源的灵活分配,每个虚拟设备有自己独立的资源。切片拥有独立的控制面、转发面、管理面,切片之间互不影响,切片可独立升级,而不影响其他非相关切片的业务,从而保障业务可靠性。

设备虚拟化对于网元可以进行CPU、内存、转发资源、管理资源的灵活调配,不同切片的资源不一样,满足灵活、动态创建切片的能力。

4 承载网演进

4.1 网络扁平化

5G以提升用户体验为中心,影响用户体验的包含时延、抖动、带宽。业务转发经过的网络节点越多则业务质量的影响越大,带宽瞬间拥塞的可能性越大,链路带宽压力越大。

环网需要汇聚多个物理区域的业务,环上的带宽要求大,网络故障影响区域大,并且环上流量存在回绕风险,易造成瞬时拥塞;而扁平化的组网通过增加光路,将不同区域的业务分开承载,降低了上行链路带宽需求,降低了转发跳数。环形组网和扁平化组网技术对比,如表4所示。

通过部署光纤或者波分将分组跳数减少,能够满足扁平化组网需求,提升网络质量。

4.2 网络切片

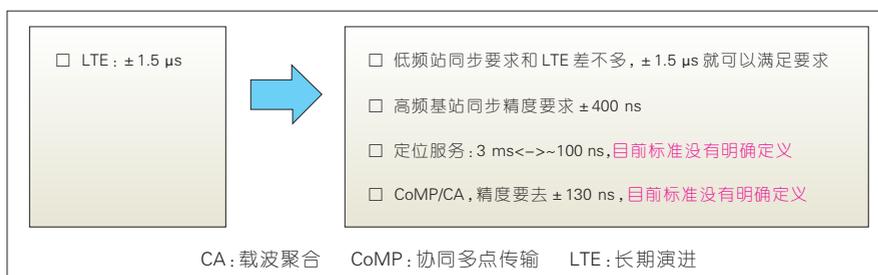
对于承载而言,根据无线业务及综合承载业务的需求,可以划分为两类切片:

(1)管/控/转隔离切片。在承载网内实现物理隔离的切片,以实现管理、控制、转发隔离,甚至CPU、内存等物理资源也可以实现隔离。这种方式可以应用于安全性、隔离性要求高的业务,可提供类似物理专网的服务,例如:为政企业务划分一个切片,也可为用户分一个切片;对于5G业务可以为工业控制类等安全性、可靠性要求高的uRLLC类业务分一个切片,为其eMBB、mMTC类业务分一个切片,也可为用户网络租用划分一个切片。

(2)管/转隔离切片。承载网提供相应的VPN切片服务,这种切片的特点是对于时延、物理隔离要求不高,例如:同样是eMBB业务,但可对不同用户提供不同的服务。VPN切

▼表4 环型组网和扁平化组网对比

项目	环型组网	扁平化组网
光路要求	少	多
业务转发跳数	多	少
时延/抖动	大	大
N*100 GE、200 GE/400 GE需求	高	低
流量回绕	存在	不存在
链路拥塞风险	高	低
可靠性	低	高
组网成本	高	低



▲图4 5G与4G对于时钟同步的要求比较

片可提供告警、性能、配置、登录安全方面的隔离。

每个切片网络有独立的管理资源,从而使得不同切片的告警、统计、网络等信息实现管理隔离。5G 网络物理切片的架构模型如图 5 所示。

4.3 管+控融合的 SDN 架构

传统移动承载网是基于网管架构,通过厂家网络管理系统(NMS)/网元管理系统(EMS)提供统一北向

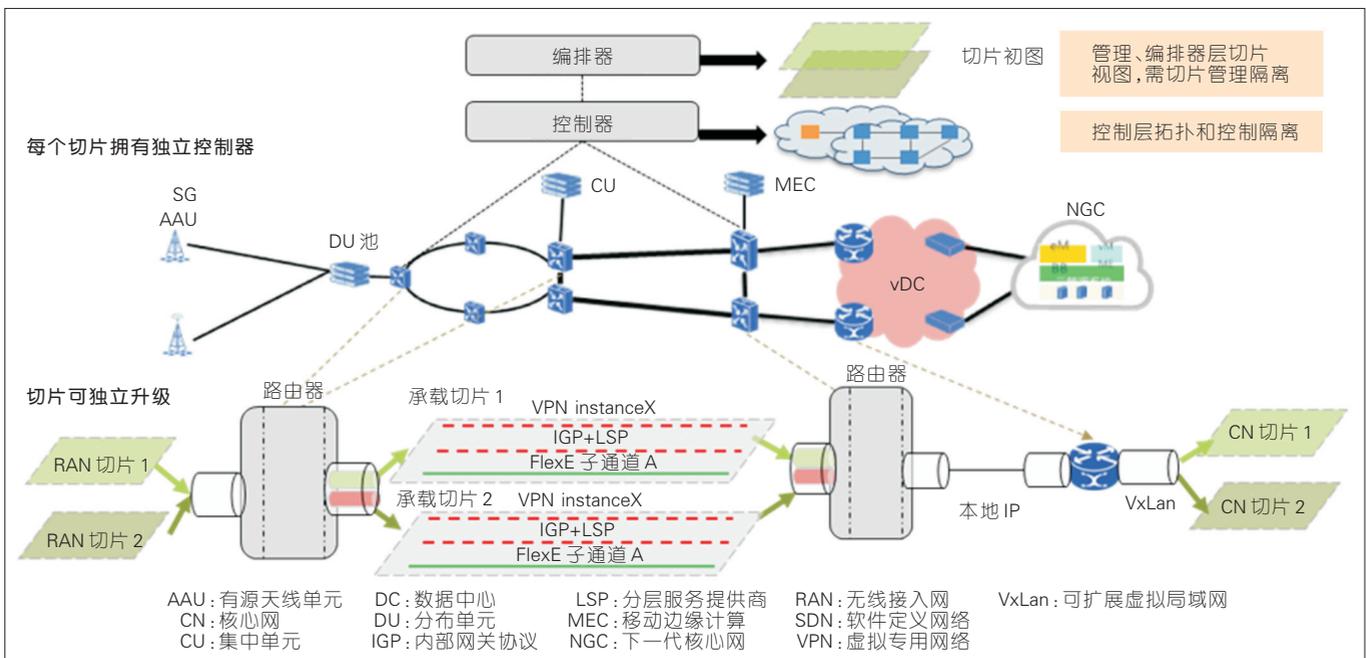
接口,屏蔽不同厂家接口差异。

由于网络切片及 SR 的引入,上层管理平台需要具备智能算路的功能,即具备路径计算单元(PCE)的能力,而传统的网管网依然存在需求,提供控制器+EMS 融合的产品平台,既能满足传统网络运维的要求,又能满足未来 SDN 场景下 SR、网络切片、网络虚拟化演进要求。融合平台通过 SDN 架构的 restconf 接口提供统一开放的北向接口,南向则通过厂家融

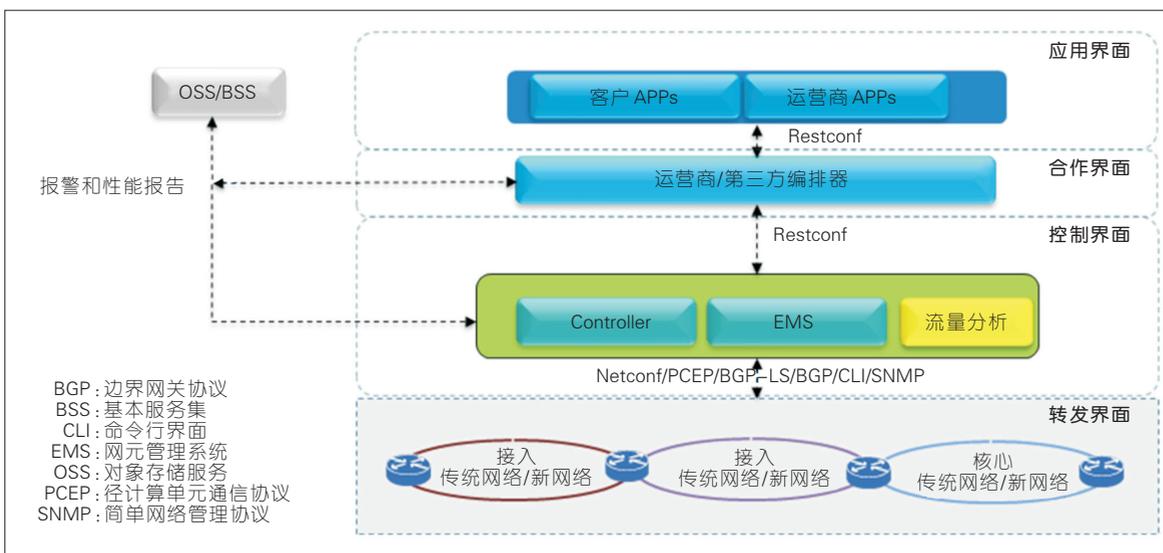
合传统设备命令行界面(CLI)/QX/简单网络管理协议(SNMP),以及 SDN 架构下 Netconf/路径计算单元通信协议(PCEP)/ BGP 链路状态(BGP-LS),实现标准以及厂家私有扩容的 YANG 模型,屏蔽厂家南向接口差异,快速过渡到 SDN 架构。管控融合 SDN 架构,具体如图 6 所示。

4.4 基于演进的 4G/5G 统一承载网络

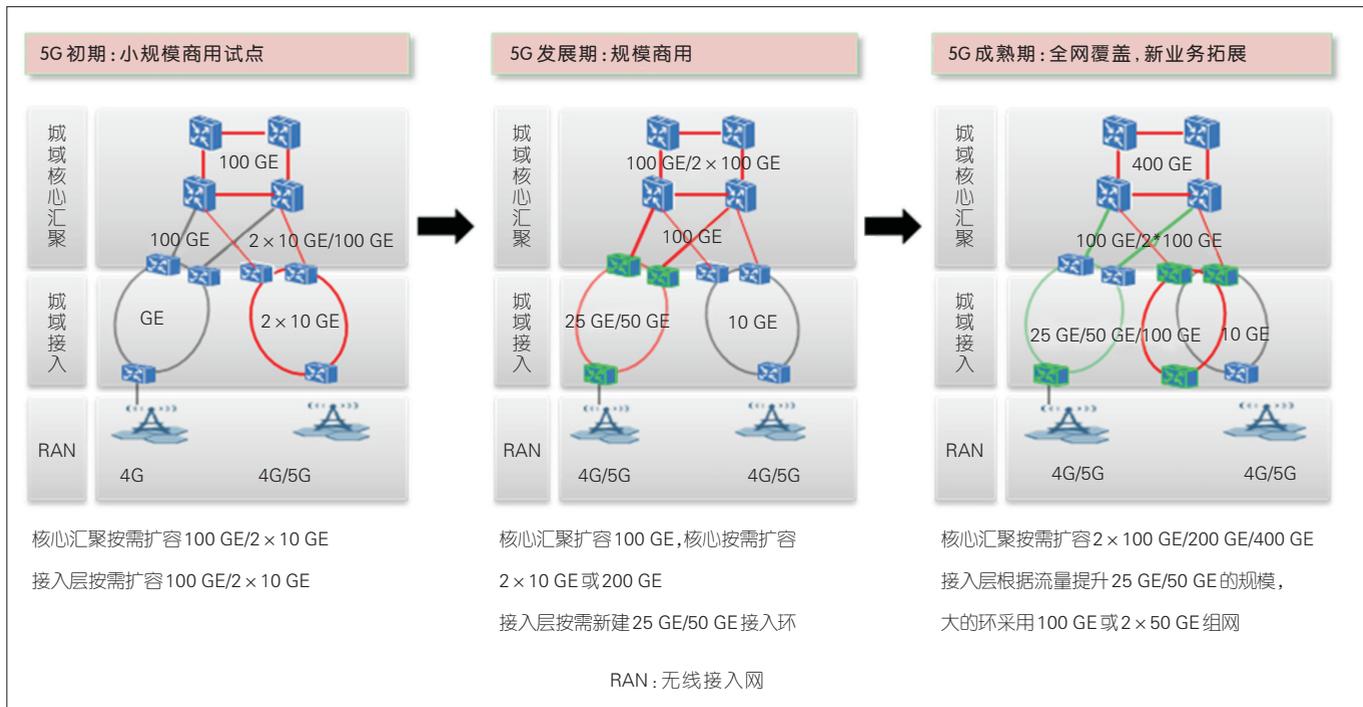
5G 移动网的建设,是循序渐进的



▲ 图 5 网络切片模型



◀ 图 6 管+控的融合运维架构



▲ 图7 5G 承载网逐步演进技术路线

过程。重新建设一张新的网络投资大,当前,运营商普遍采用了NSA的组网模式,4G基站和5G业务统一承载是业界的主流选择。

5G 基站的模式存在多种:有数百兆带宽的微基站、室分站,也有带宽1~3 G的低频基站、高频基站。无线基站的带宽受制于空口技术、频谱资源、天线成本、功耗,90%以上的5G基站中单站带宽达不到10 GE以上的目标带宽,只有在未来的5G成熟期,可能会局部引入10 GE以上的高频基站。

5G 业务是逐步引入的,2019年随着3GPP R16标准的推出,一些业务形态才能逐步清晰,基于承载网自身的演进需求的SR、FlexE、MPLS EVPN、设备虚拟化技术在5G初期阶段不会全网引入,因为当前的技术能够满足5G业务承载需求。基于现网的逐步演进技术路线具体如图7。

5G 初期,网络建设基于4G承载网扩容以提升网络带宽,快速满足

5G 试点、小规模商用需求;5G 发展期,扩容接入节点和城域节点、新的硬件满足5G演进关键技术要求,可以局部引入新技术;5G的成熟期,随着新的单板和网元节点能力增强,具备全网引入新技术能力。

5 结束语

5G 时代,承载网需要基于现有网络不断演进,逐步引入新技术以满足5G承载要求:FlexE、SR为下一代芯片提供有竞争力解决方案;设备虚拟化结合FlexE、SDN的网络切片是实现物理隔离、管理隔离、控制隔离、转发隔离,满足不同业务差异化要求,支撑“6个9”的高可靠性网络的关键;EVPN组网能力强、组网安全性高等均是未来政企业务主流承载技术;25 GE、50 GE、100 GE光模块广泛引入,低成本的光模块是5G承载网规模建设的保证;4G承载网向5G逐步演进满足4G/5G统一承载,是降低运营商网络投资,满足无线NSA组网的

主流选择。

参考文献

- [1] 3GPP. Study on Scenarios and Requirements for Next Generation Access Technologies: 3GPP TR 38.913[S].2017
- [2] IMT 2020. 5G网络技术架构白皮书[R].2016
- [3] Study on Management and Orchestration of Network Slicing for Next Generation Network: 3GPP TR 28.801[S].2017
- [4] Study on New Radio Access Technology&Interface:3GPP. TR 38-801[S]. 2016

作者简介



张宝亚,中兴通讯股份有限公司IP RAN承载方案与产品规划总工;主要从事IP/MPLS移动承载网络方案的制定及产品规划,先后参与Ezchip、Xelerated、BCM等厂家多款商用网络处理器软件研发工作,2010年开始从事分组产品方案与产品规划工作,自2012年开始参与中国电信IP RAN、中国联通UTN以及国际IP RAN解决方案与产品的规划工作,2015年开始参与中兴通讯5G解决方案规划与产品的规划。