

5G ToB 行业专网的建设模式 Construction Modes and Key Technologies of 5G ToB Non-Public Network 和关键技术

马驰容^{1,2},王梦晓³,杨立^{1,2},史庭祥^{1,2},方琰崑^{1,2}(1. 中兴通讯股份有限公司,江苏南京 210012;2. 移动网络和移动多媒体技术国家重点实验室,广东深圳 518055;3. 东南大学成贤学院,江苏南京 210088)

Ma Chirong^{1,2},Wang Mengxiao³,Yang Li^{1,2},Shi Tingxiang^{1,2},Fang Yanwei^{1,2}(1. ZTE Corporation,Nanjing 210012,China;2. State Key Laboratory of Mobile Network and Mobile Multimedia Technology,Shenzhen 518055,China;3. Southeast University Chengxian College,Nanjing 210088,China)

摘要:

行业专网是5G网络发展的重点,电信运营商需要考虑在5G ToC网络的基础上融合发展ToB专网。介绍了5G ToB行业专网的建设模式,论述了5G ToB专网的关键技术,阐述了行业专网的业务运营,最后展望了5G ToB专网未来的发展前景。

关键词:

5G;ToB;专网;网络建设模式;关键技术
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.06.008
文章编号:1007-3043(2022)06-0040-05
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):



Abstract:

ToB(To Business) NPN(Non-Public Network) is the focus of 5G network development. Telecom operators need to consider integrating and developing ToB NPN on the basis of 5G ToC(To Customer) network. It introduces the construction mode of 5G ToB NPN, discusses the key technologies of the 5G ToB NPN, describes the service operation of NPN, and prospects the future of 5G ToB network in the end.

Keywords:

5G;To Business;Non-Public network;Network construction mode;Key technology

引用格式:马驰容,王梦晓,杨立,等. 5G ToB 行业专网的建设模式和关键技术[J]. 邮电设计技术,2022(6):40-44.

0 前言

目前,全球已部署了百余个5G网络,仅在我国就有300多个城市建设了5G网络。通信行业正推动社会从工业经济时代步入数字经济时代。5G已成为引领融合创新、激发新型信息消费的新动力和促进产业升级、驱动经济持续增长的新引擎。5G不但要面向传统意义上的个人消费者用户,还要面向垂直行业提供5G专网应用。据GSMA预测,从2019年到2034年,5G

将为全球创造超过2.2万亿美元的经济价值,占全球GDP的5.3%。到2025年,5G连接数将达到17亿,占通信业连接总数的20%以上,行业专网占据通信市场份额高达25%~40%。

不同垂直行业 and 用户对网络的需求差异极大,包括覆盖、时延、带宽、安全可靠等多个方面。只有对面向消费者的5G网络进行必要的改造,才能满足垂直行业的多样化需求。因此,电信运营商有必要考虑如何部署5G ToB(To Business)网络,并与已有的5G ToC(To Customer)网络融合和并行高质量地发展,以迎接通信行业数字化转型带来的市场机会。

收稿日期:2022-04-22

1 5G ToB 行业专网的建设模式

考虑到不同行业和用户的应用场景差异,可以依托于 ToC 网络,规划各种不同模式的 5G ToB 行业专网建设方案,几种典型的 5G ToB 行业专网建设模式如表 1 所示。

表 1 5G ToB 行业专网的典型建设模式

	模式 1:5G ToB 独立专网	模式 2:ToB 与 ToC 共享 RAN 无线	模式 3:ToB 与 ToC 共享无线 RAN 和控制面	模式 4:ToB 与 ToC 共享网络
使用场景	有专网专用要求的场景,常针对超大型企业部署	信令面和用户面都需隔离的场景中部署,针对大中型企业部署,兼顾投资效益	有分流或 MEC 需求的场景中部署,针对大中型企业部署,兼顾投资效益	UPF 无强烈下沉需求的场景中推荐,常针对中小型企业部署
部署特点	5GC 和 RAN 都专用,与大网隔离	5GC 专用,共享大网 RAN	仅用户面功能 (User Plane Function, UPF) 下沉	复用运营商 ToC 网,为企业构建 ToB 虚拟专网
优势	5G 全网物理隔离,保证企业数据安全;网络自主可控,定制灵活	5GC 专网专用,保证数据安全,低时延;共享 RAN,可节省部分成本	UPF 部署在园区,可保证低时延;ToB 控制面与 ToC 复用,企业建网成本较低	充分复用 ToC 网络资源,构建企业专网,运营商可规模建网应对行业需求,企业建网成本低
劣势	需要单独部署,成本高,需专门 5G 运维团队	部署成本较高,需专门 5GC 运维团队	无明显劣势	企业数据安全构建在运营商 ToC 网络安全上,时延取决于运营商的 UPF 部署位置

针对超大型企业,如大型港口、矿区等,预算较为充裕,盈利前景良好,对 ToB 网络有较强的独立性要求,建议选取模式 1,建立 5G ToB 独立专网(即 Stand-alone Non-Public Network + Dedicated RAN,简称 SNPN),包括独立的 5GC、MEC、传输及无线基站。

在模式 2 中,5G ToB 行业专网与 5G ToC 网络共享 RAN 无线网络,即 SNPN+RAN Sharing,企业建设 5G ToB 独立核心网^[1]。

在模式 3 中,企业单独部署 MEC 和用户面网元 UPF,实现本地业务数据不出园区。综合投资预算、建设成本、运维等多方面因素,大中型企业一般部署模式 3。

对于中小型企业,建议选取模式 4。在模式 4 中,5G ToB 从核心网到无线接入完全与 5G ToC 网络共享(即 Public Network Integrated Non-Public Network+RAN Sharing,简称 PNI-NPN)。和以往通信制式不同的是,5G 网络中引入了端到端网络切片技术,可以将物理网络按需划分成多个逻辑虚拟网络,为需求迥异

的各种行业提供定制化和更安全的通信服务^[2-3]。运营商通过端到端切片为中小企业提供专网覆盖,而对于小微企业,则通过 VPN+APN 方式提供专网服务^[4]。

电信运营商和行业客户需要根据行业特性、用户规模、建网成本、运维成本等多方面综合选择最适合的部署模式。

2 行业专网部署的关键技术

相对 ToC 网络而言,行业应用的场景较为固定,在漫游切换等方面需求较少,但同时提出了高性能、低时延和抖动、高可靠性等需求。除了针对性的端到端网络规划之外,5G ToB 行业专网还需引入关键技术和功能来支撑行业应用业务需求。

2.1 确定性 SLA 保障和增强

5G ToB 网络的建设,需要考虑逐步引入 5G 局域网(Local Area Networks, LAN)/时间敏感网络(Time Sensitive Network, TSN)/低时延高可靠(uRLLC)多路径数据包复制传输等 R16 新能力,降低网络时延,提高网络可靠性,为行业提供端到端的确定性服务等级协定(Service Level Agreement, SLA)^[5]。此外,5G 专网对用户接入安全、数据安全、网络安全进行了全方位的增强,实现对行业专网的立体化安全防护^[6]。

5G ToB 网络应用了端到端网络切片技术,不仅在管理面通过端到端切片编排与管理实现切片设计、切片建立及切片删除等管理功能,引入了管理台^[7],而且在业务面域通过各网元切片技术实现端到端网络资源保障。例如,通过部署 Massive MIMO 实现超宽带,引入资源块预留(Pre-allocated Resource Block, PRB)技术保障带宽能力,部署 TDD+FDD 时频双聚合对上行链路进行增强。

在 5G ToB 网络中,引入服务化架构(Service Based Architecture, SBA)和增强空口技术,以及灵活以太网技术(Flex Ethernet, FlexE)和 TSN 技术,能够有效降低端到端网络时延和抖动。通过双卡终端、双连接、双回传等链路保护技术,以及优化的编码速率、重传等功能来提升可靠性。通过端到端网络隔离、数据园区本地流量卸载、以及行业专网接入控制与管理等技术方案实现 ToB 行业专网的安全性保障。

2.2 无线网络

5G ToB 行业专网的无线网络,大多采取与 ToC 网络共享无线基站的模式,即表 1 中模式 2 SNPN+RAN Sharing、模式 3 或模式 4 PNI-NPN+RAN Sharing 的部

署模式。此外,行业专网还有较多的室内大容量和深覆盖需求,需要考虑引入 5G 室内小站、毫米波基站规划和室内增强定位等关键技术。

无线网络规划需先做好对 ToC 现网的容量覆盖分析,需要对现有无线网络的业务分布特征进行分析,识别出高热点和高价值区域,这有助于对现有 4G 网络增强进行规划部署,做好 5G 初期精准热点覆盖。同时,综合考虑复用现网站点和配套资源,这对于加快 5G 部署的同时又降低 5G 网络部署成本大有裨益。

5G ToC 无线侧网络切片^[2],通常采用切片 ID 和 5G QoS 标识符(5G QoS Identifier, 5QI)组合进行业务调度,基于基站调度约束来实现用户业务之间的软隔离,业务在使用 PRB 资源发生冲突时按照 5QI 优先级进行排序。5G ToB 的智能电力、智慧矿山等场景对空口资源提出了更高的确定性要求。为保障业务的连续性、实时性和可靠性,建议电信运营商为特定切片预留专门的固定 PRB 资源并归属该切片独享(如 10 MHz 带宽),确保相关业务得到最高资源优先级和严格的安全隔离保障,切片内的各类子业务基于 5QI 优先级进行资源排序和调度。针对 5G ToB 某些对业务移动性(例如传输中断时间,切换鲁棒性)性能有更苛刻要求的行业场景,建议通过应用 Rel-16 终端移动性增强机制,来获得更好的移动性性能表现。针对 5G ToB 某些有大量小微数据包收发的行业场景,建议通过 Rel-17 Small Data 免调度传输机制来避免系统信令风暴和无线资源低效。

电信运营商需要针对不同的覆盖场景,选择最适合的产品来提升网络性价比,并分步骤地部署覆盖。比如 ToB 部署初期以 3.5G 64TR AAU 做主流城区的覆盖,逐步扩展到郊区的 32TR 覆盖,同步用低频 700 MHz 做广覆盖,中后期用 Small Cell 做室内热点覆盖,并辅以差异化的低成本设备做局部热点、盲点、高速高铁、隧道等特殊场景覆盖。

5G 网络的上行边缘速率设定是决定 5G NR 站点密度的关键。随着面向 5G 创新业务的不断涌现,以增强移动宽带(eMBB)业务为例,用户体验的关键诉求集中在上行速率。合理的上行边缘速率设定既可以满足用户体验又控制了网络建设规模。在 5G 初期和发展期,建议边缘上行速率设置在 1~2 Mbit/s。随着业务需求、终端能力和 5G 网络深度覆盖逐步提升,建议边缘上行速率在城区可以发展到 10 Mbit/s 左右。对于 uRLLC、大连接低功耗(mMTC)深化引入和拓展的垂

直行业应用的 KPI,尤其是涉及到 TSN 的相关指标,需要重点考虑和应对。

2.3 核心网络和边缘云

核心网在现网 4G EPC 基础上可以升级支持 NSA,但现有网络基础往往不能支持 SA 相关功能。因此在条件适宜的情况下,应当考虑选择融合架构的核心网 Common Core,在 5G 初期提供 vEPC 和 NSA 网元功能,在发展阶段提供 vEPC 和 5GC SA 融合网元功能,并逐步平滑向后演进,软硬件复用,降低成本并减少对网络升级和用户体验带来的影响。

核心网规划部署重点包括多级 DC 规划、4G/5G 互操作、语音业务、用户数据平台、策略平台、网络编排和管理平台规划等。

多级 DC 部署是 5G 时代应对低时延、大带宽业务需求的方案。如图 1 所示,通常考虑按需分阶段规划部署三级 DC:中心 DC 用于部署控制面、用户数据平台、IMS 等,区域 DC 用于部署 ToC 网络 UPF 及行业专网的控制面,边缘 DC 用于部署 ToB UPF 和 MEC。MEC 是面向行业的边缘云解决方案,可以规划部署在网络接入节点、汇聚机房甚至核心机房,满足行业用户时延、带宽、安全等灵活需求,也是 5G 行业应用重要的基础平台。

需要结合 ToB 网络业务发展的实际需要,着重考虑 ToB 与 ToC 是否共享核心网。在智慧矿山部署中,会要求独立部署井下核心网,将控制面和用户面都下沉到矿区,即使矿山和外界通信中断,仍然能保证矿山本地 5G 网络的运行。针对行业专网用户,通常部署高集成度 5G 核心网(integrated 5GC, i5GC)满足低成本独立核心网需求,同时部署 MEC+UPF,并根据业务需要下沉到不同的应用节点。

2.4 承载网络

5G ToB 行业专网通常与 ToC 网络共享承载网络,通过切片划分,为垂直行业应用提供所需的承载能力。

承载网规划要兼顾微波传输和光纤传输,实现最优建网成本。目前在大多数国家和地区,2G/3G/4G 的无线回传网络依然以微波传输为主。当前 5G 微波传输具备提供 10 Gbit/s 以上吞吐能力,可以满足大部分 5G 端站的传输需求。要仔细评估现有网络承载设备的能力,如果能升级满足 5G ToC 和 ToB 需求,则可以考虑利旧,否则予以替换,或者采取折中方案,构建双平面分别承载 4G 和 5G 业务。

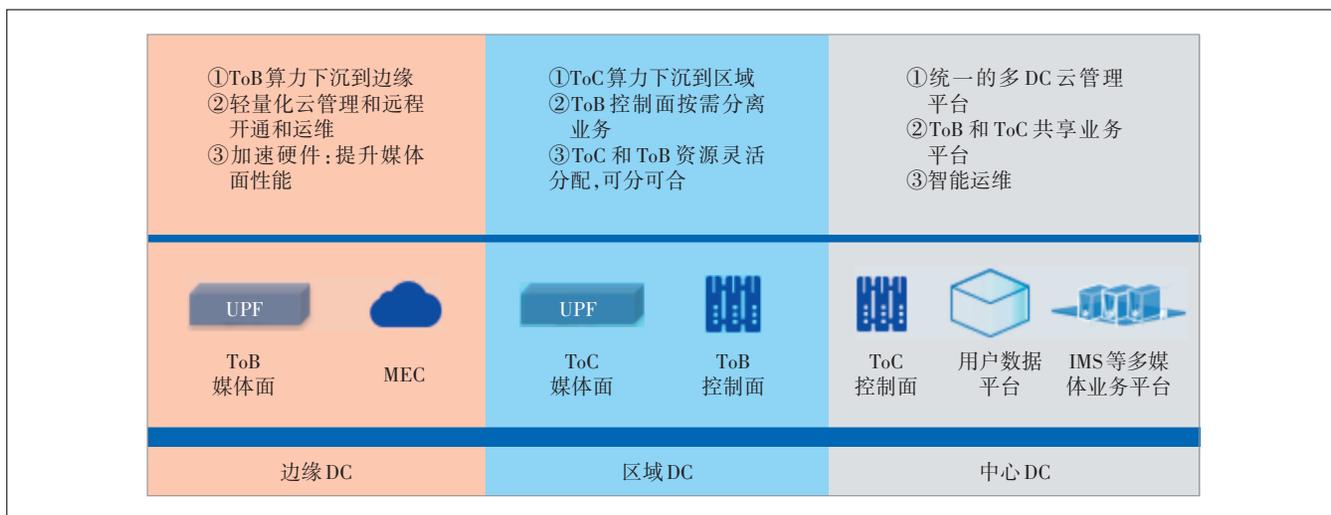


图1 多DC部署的5G核心网

对切片进行增强后,可在多个FlexE切片中复用设备、接口的IP地址和IGP协议,无需为每个切片配置独立的IP地址和IGP协议。这有利于将传统路由拓扑从三层拓扑扩展到二层拓扑上,每个二层子拓扑有其独立的数据库、标签等信息。当新增、更新或删除切片时,不需要变更接口地址及IGP协议,有效降低了切片部署的复杂度。

承载网需要逐步部署FlexE、SDN、高精度同步、TSN等关键技术,满足5G业务需要。承载网未来发展趋势是高带宽、低时延、高精度同步、自动化和智能化。未来无线接入网,特别是基于高频毫米波的超大带宽基站,微波承载的比例逐步下降,光纤承载的比例会逐步上升,同时OTN下沉。考虑到5G传输带宽需求,建议在接入环构建50G或100G平台,在汇聚环构建200G/400G平台,在骨干网构建T级承载能力。

3 行业专网的业务运营规划

3.1 定价模式

电信运营商需要着重考虑5G ToB行业专网的产品与服务的定价,这是商业模式的设计和业务运营规划的基础。

与4G和5G ToC基于流量的定价模型不同,在5G定价模型中需要引入基于价值的定价模型。在这个模型中,基本连接作为基础报价包,而平台、服务、运维等可作为增值服务。在基本连接报价包中,又可以结合5G行业专网的类型与行业用户的流量进行差异化定价。

在针对5G ToB的定价模式中,建议引入多量纲资

费模式,精细化经营网络价值和体现价值差异。多量纲资费模式的核心是服务等级差异化,对于网络连接业务可以提供不同数据流量、时延、优先级、安全、可靠性的差异性服务,对于平台业务可以提供包括MEC、开放能力、切片、集成性等在内的差异性业务,电信运营商可根据不同需求组合各种特性,实施不同等级资费标准。

在业务流上,电信运营商集成第三方业务,通过网络及平台提供业务。在资金流上,运营商向企业和第三方服务商收取平台集成服务费,并对企业收取网络服务费。

3.2 智慧港口案例

以智慧港口的业务运营规划为例,5G ToB网络部署初期,业务开展可聚焦在高清视频监控、海关实时检测、数据采集、物流跟踪、海关执法等,发展期可聚焦在远程集装箱卡车驾驶、远程岸桥操控等,成熟期可聚焦在园区自动驾驶、自动巡检等创新应用。

5G智慧港口的资源建设方案如图2所示。运营商既可以作为连接提供商,也可以作为平台提供商参与。由于智慧港口业务相对成熟,通常建议运营商作为平台提供商参与。在这种方案中,电信运营商不仅构建5G网络,提供边缘云等网络能力,而且还作为主导力量,搭建运营支撑系统的数字中台,充分利用电信网络虚拟化、云化的能力,加速创新,支撑面向客户的高效市场拓展。

在建设模式上,中小型港口的建设可以参考模式2或模式3,ToB与ToC共享无线RAN或控制面。针对大型港口可参考模式1,建设5G ToB独立专网、MEC



图2 5G智慧港口的资源建设方案

及无线基站,满足其对数据隔离和安全的高要求。

在港区的ToB网络里根据不同业务规划切片,内部业务数据通过MEC到园区的边缘数据中心,对外业务则通过ToB 5G连接到ToC网络,并收取不同资费。

在智慧港口建设中,网络接入服务资费、平台服务费和个人移动业务资费是电信运营商的主要收入来源。网络接入服务资费主要来源于岸桥业务,这项业务需要提供eMBB、uRLLC等较高等级的网络服务,按照实际接入的终端数量为统计单位测算资费,并以SIM卡授权作为辅助手段。其他网络接入服务费还包括海关执法作业、视频监控、港内自动驾驶卡车等;而平台服务费包括平台的流量带宽资费、存储资源等,如岸桥业务按照每计费单位30 MHz带宽,港内自动驾驶卡车监控按照每计费单位10 MHz带宽计算,存储按照每计费单位10 GB计算,整体可以按年或者季度收费;个人移动业务资费可以参考ToC用户的ARPU值。

通常情况下,智慧港口的网络设备投资集中在建设初期的前3年,其中5G基站占投资的比重较大,可达70%,而每年维护成本主要是电费,构成较为平稳。通过对投资回报率(Return of Investment, ROI)的分析和建模,预计5~8年可以实现持续盈利。随着收入的

稳定和持续增长,电信运营商可从中获取较为可观的投资收益。

港口地理区域相对封闭,与其他行业的业务隔离度高。运营商初期以智慧港口为基础,开展ToB业务的尝试,可以进行有益的探索,同时还能减少对ToC网络的干扰。

4 结束语

随着“5G 新基建”政策的逐步落地和夯实,5G ToB将在经济、社会、产业等多层面释放潜力,激发科技进步并推动各个产业的升级和不断创新,成为运营商重要的营收和利润增长点。

电信运营商在5G部署伊始就明确中长期发展策略,制定相应的网络及业务规划,以目标网络架构为导向,以演进路线、架构引入作为顶层设计,无线、核心网、承载、业务平台、终端等多专业协同规划,设计规划完整的5G ToB和ToC网络中长期发展策略,从业务经营转型、垂直行业赋能和网络建设发展等多方面夯实5G ToB发展基础,发掘新的发展方向 and 利润增长点,实现网络和业务经营的长远健康发展。

参考文献:

- [1] 方琰崴,李立平,陈亚权. 5G 2B专网解决方案和关键技术[J]. 移动通信,2020,44(8):1-6.
- [2] 杨立,李大鹏. 网络切片在5G无线接入侧的动态实现和发展趋势[J]. 中兴通讯技术,2019,25(6):8-18.
- [3] 方琰崴,陈亚权,李立平,等. 5G网络切片解决方案和关键技术[J]. 邮电设计技术,2020(3):70-74.
- [4] 李立平,李振东,方琰崴. 5G专网技术解决方案和建设策略[J]. 移动通信,2020,44(3):8-13.
- [5] 3GPP. System architecture for the 5G system: 3GPP TS 23.501 [S/OL]. [2022-02-25]. <http://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [6] 方琰崴,陈亚权. 基于虚拟化的电信云网络安全解决方案[J]. 移动通信,2018,42(12):1-7,13.
- [7] 方琰崴. 5G网络切片的管理和运营支撑[J]. 信息通信技术,2020,14(6):63-67,73.

作者简介:

马驰容,毕业于南京航空航天大学,工程师,硕士,专业方向为电信云关键技术及行业应用;王梦晓,毕业于南京航空航天大学,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,移动网络和移动多媒体技术等;杨立,毕业于乌尔姆大学,高级工程师,3GPP 5G规范协议主编,硕士,主要从事3GPP移动网络技术的标准化研究工作;史庭祥,毕业于南京航空航天大学,高级工程师,硕士,主要研究方向为云计算、核心网、虚拟运营及其关键技术,以及相关市场策划理论和实践;方琰崴,毕业于南京航空航天大学,高级工程师,硕士,主要从事5G核心网的关键技术和应用等工作。