



网络

5G 基站专网模块多种部署方案和业务模式的探讨

魏颖琪, 黄粤, 吴双九

(中国电信股份有限公司研究院, 广东 广州 510630)

摘要: 为了推动 5G 专网在企业侧的快速落地, 支持企业采用 5G 改造自身网络, 提升网络能力, 探讨了一种实现极简、部署极简、能够快速搭建企业 5G 专网的方案。方案采用 5G 基站专网模块实现本地分流, 5G 流量一跳直达企业内网, 可根据企业现场需求灵活采用 1 对 1、1 对 N 的部署方式搭建专网, 适用于临时场馆 5G 覆盖、组建本地 5G 网络、工业互联网 5G 承载等多种场景。

关键词: 5G 专网; 本地分流

中图分类号: TN929.5

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2022120

Research on various deployment schemes and service modes of 5G base station private network module

WEI Yingqi, HUANG Yue, WU Shuangjiu

Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Guangzhou 510630, China

Abstract: In order to promote the rapid implementation of 5G private network on the enterprise side, support enterprises to adopt 5G to transform their own network and improve network capacity, a scheme to realize minimalism, deploy minimalism and quickly build enterprise 5G private network was built. The scheme adopts 5G base station private network module to realize 5G data flow's local breakout, that is 5G data flow can jump directly to the enterprise intranet. According to the enterprise's on-site needs, the private network can be flexibly built in the way of 1-to-1 and 1-to- N deployment, which is suitable for supporting 5G coverage of temporary venues, establishing local 5G network, industrial internet 5G bearer and other scenarios.

Key words: 5G private network, local breakout

0 引言

随着 5G 商用步伐加快以及新基建对于 5G 应用的大力推动, 利用 5G 实现行业、企业生产方式的智能化、数字化转型升级的需求愈发显著。目前传统网络如有线局域网、基于窄带物联网、

Wi-Fi 网络, 越来越难以满足企业日新月异的信息业务需求, 越来越难以承载诸如大数据、云计算、人工智能、万物互联等企业发展所需的新兴技术产生的信息流转。企业客户亟须引入 5G 网络以满足安全隔离、广覆盖、低时延、云网融合等不同层面数字化转型所需的信息基础设施需求。

收稿日期: 2021-08-09; 修回日期: 2021-11-15

5G 网络具有大带宽、广连接、低时延、安全性高等诸多优势。同时,5G 网络具有适用部署区域化、网络需求个性化、行业应用场景化等特点,具备部署专网的能力,可面向封闭式的使用场景,如制造业园区、港口、矿山企业等;可定制个性化的网络需求,如时延要求、可靠性要求、上行速率需求、数据安全和隔离要求等;可采用多种技术手段如 5G 网络切片、边缘计算、网络功能虚拟化(network functions virtualization, NFV)/软件定义网络(software defined network, SDN)实现园区网络灵活部署,为不同的行业场景就近部署算力并提供能力开放。

目前很多大企业已经开始利用 5G 技术,构建 5G 专网以改造自身网络、提升网络能力,他们有的自己建网,有的与电信运营商一起联合建网,建网的方式也是多种多样:自建 5GC 共享运营商 5G 基站、用户平面功能(user plane function, UPF)下沉、5G 切片等,专网的实现方案投入成本高、设备与人工成本高、实现复杂、后期问题较多难以解决。5G 基站专网模块是基于基站侧部署的本地分流设备,可快速搭建 5G 专网,允许被授权的 5G 终端接入企业本地局域网。由于采用基站侧即分流的方式,5G 流量一跳直达企业内网,省去了数据到 5G 公网的迂回,降低了时延,又保证了企业数据的私密性。基于 5G 基站专网模块构建 5G 专网,实现极简、部署极简、能降低专网部署成本,是更多企业,尤其是中小企业能够买得起、用得上的 5G 专网实现方案。

1 5G 基站专网模块

5G 基站专网模块属于 5G 基站的增强模块,而功能上又可独立于基站,它是为在基站侧实现本地分流、快速搭建企业 5G 专网而设计的功能模块。基站专网模块逻辑上部署于基站至 5GC 的链路上,采用监听 N2 接口信令或其他手段,获取 N3 接口建立上下行通用无线分组业务(general

packet radio services, GPRS)隧道协议(GPRS tunnelling protocol, GTP)的关键信息,如公共陆地移动网(public land mobile network, PLMN)、切片信息、IP 五元组等,并根据这些关键信息,分析确定所需处理的数据报文及对这些报文的处理策略。对于来自用户设备(user equipment, UE)需要在企业局域网(local area network, LAN)本地分流的 GTP 报文,去除 GTP 分组头将数据分发至企业 LAN;对于来自企业 LAN 需要下行发至 UE 的数据报文,封装为 GTP 报文发至基站。5G 基站专网模块所处位置如图 1 所示。

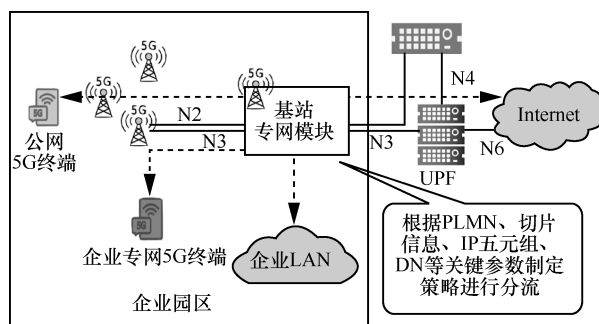


图 1 5G 基站专网模块所处位置

5G 基站专网模块解决在 5G 独立组网(standalone, SA)中如何以极简方式实现专网部署的问题:通过在接入的基站侧采用专网模块直接进行本地分流,支持快速搭建 5G 专网,允许被授权的 5G 终端接入企业 LAN;同时由于本地分流,流量一跳直达企业内网,省去了数据到 5G 公网的迂回,降低了时延,保证了数据的私密性。

1.1 功能特点

具体来说,5G 基站专网模块具有以下功能。

(1) 基础数据路由交换功能

- 支持分组数据包的路由、转发功能;
- 支持二层帧数据的透传、转发功能;
- 支持用户层面的 GPRS 隧道协议(GPRS tunnelling protocol user plane, GTP-U)分组数据的解析功能,可进行 GTP-U 分组的解包、封装;



- 支持网络地址转换（network address translation, NAT）功能，5G 专网本地分流时，可将 5G 专网终端用户 IP 地址转换为企业 LAN 侧 IP 地址，企业 LAN 无须更改。
- (2) 监听数据及信令功能
 - 监听用户面交互的上下行数据包，获取及维护终端上下文关联表（包括基站侧 N3 接口 IP、基站侧 GTP TEID（tunnel endpoint identifier）、UPF 侧 N3 接口 IP、UPF 侧 GTP TEID、UE IP 等关键信息）；
 - 监听基站与 5GC 交互的 N2 信令，从中分析获取数据面 N3 接口建立上下行 GTP 的关键信息，包括 PDU SessionID、AMF 侧的 AMF-UE-NGAP-ID、基站侧 RAN-UE-NGAP-ID、基站侧 N3 接口 IP、基站侧 GTP TEID、UPF 侧 N3 接口 IP、UPF 侧 GTP TEID、s-NSSAI 切片信息、QFI、5QI 等。
- (3) 本地分流规则的定制及执行功能
 - 可定义本地流量转发规则，根据 PLMN、切片信息、IP 五元组等这些关键信息对本地流量进行识别及控制转发，实现访问企业 LAN 的 5G 终端可管可控，也实现本地流量不出公网，逻辑隔离专网与公网流量；
 - 分流规则定义后，可实现下发即时生效。

1.2 建网优势

对比众多的 5G 专网组网方案，例如独立建设

5GC、UPF 下沉实现专网及 5G 公网切片方案，基于 5G 基站专网模块构建专网具备以下 3 点优势，专网方案建网成本对比如图 2 所示。

(1) 快速部署、安全可靠

- 部署快，架设于 5G 基站与核心网之间，无须 5G 网元配合，没有 5G 协议对接的门槛；
- 支持多基站接入，快速覆盖企业园区；
- 隔离企业专网与公众网络数据，企业数据不出园区。

(2) 灵活定制、低时延组网

- 灵活定制企业 5G 专网，符合企业整体网络规划，不改变原有网络配置及工作机制，实现 5G 无线无缝替代现有有线网络与 Wi-Fi；
- 实现终端主动访问企业服务、企业服务主动访问终端以及终端与企业内网终端之间的互通访问等多种通信模式，支持企业服务至终端的下行数据随时可达，由此可扩展企业云所在的二/三层网络，成为企业应用边云协同的桥梁；
- 贴近 5G 基站，深度下沉至企业侧，本地分流直达企业内网，支持低时延通信；提供稳定的带宽、时延，支持工业企业中如时间敏感类应用的承载。

(3) 适合中小规模专网、网络部署简单，成本可控

- 适合部署中小规模的 5G 专网；
- 模块复杂性及建设成本低于其他 5G 专网

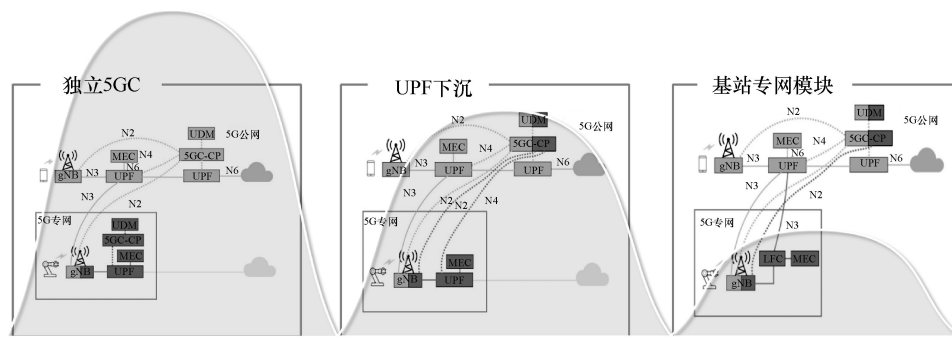


图2 专网方案建网成本对比

方案,如独立的 5GC、UPF 下沉方案。

2 5G 基站专网模块的多种部署方案

5G 专网模块作为 5G 基站的增强功能模块,可加载在基站侧集中单元(centralized unit, CU)所在主机上,也可作为一个板块插在基站的机框中。这种方式对应的是 1 对 1 的部署方式,即 1 个专网模块对应 1 个基站。

5G 相较 4G 的其中一个显著演化就是设备的云化,5G 基站专网模块同样支持云化部署方式,它可以作为一个功能模块物理上独立部署在 5G 基站之外。这种方式对应的是 1 对 N 的部署方式,即 1 个专网模块对应 N 个基站,同时允许 1 个基站对应 2 个专网模块,支持双活的网络拓扑。

2.1 1 对 1 的部署方式

5G 专网模块 1 对 1 部署方式有内置和外置两种方式。内置方式主要面向同一厂商设备,5G 基站专网模块作为增强功能模块,随基站进行部署,对现网中已建设的基站采用基站升级方式。外置方式主要面向异厂商的设备,一般串接在基站和 A 设备之间,通过新增专网模块设备的建设,为现网中已有的其他厂商基站提供服务,实现专网覆盖。

运营商的移动承载也称为 IPRAN (IP radio access network)。A 设备是它的接入设备,基站通过 A 设备接入运营商的 5G 承载网。A 设备通常与基站合架设立,位于客户机房内,或者靠近客户的运营商终端机房中。专网模块与 A 设备背靠背串接,物理上贴近客户局域网。1 对 1 的部署方式如图 3 所示。

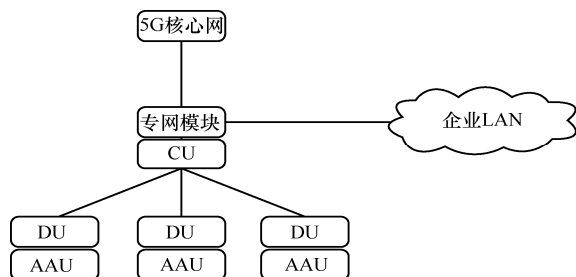


图3 1 对 1 的部署方式

注:分布式单元(distributed unit, DU)、有源天线单元(active antenna unit, AAU)

5G 专网模块作为用户面数据分流设备,对用户面中访问互联网的数据仍通过 N3 接口与 UPF 交互,分流出用户面中访问企业专网的数据,通过连接企业专网的网口,进入企业专网。终端访问专网的数据面路径为:基站-专网模块-企业 CE(customer edge)路由器-企业内部网络。

采用上行分类器(uplink classifier, ULCL)的 UPF 方式实现的专网,终端访问专网的数据面路径为:基站-A 设备-B 设备-UPF-企业 CE 路由器-企业内部网络。其中, B 设备是 5G 承载网的汇聚设备。

由此可见,专网模块方式访问企业专网的路径更短。此外,和 UPF 位于运营商的汇聚机房不同,基站、专网模块、A 设备所在的站点机房多位于楼道的弱电间,是运营商的 IPRAN 的末端,更贴近企业内网。专网模块和企业 CE 路由器之间属于楼道内的线路连接,甚至是机架之间的跳线,物理线路在稳定性和时延上具有更好的效果。因此,相较于部署在园区运营商汇聚机房的 UPF 设备,专网模块与企业 CE 路由器之间的物理距离更短,中间经过的网络设备数量更少,网络性能也更好。

专网模块到企业内网有三层接入和二层接入两种方式。

对于三层接入,专网模块中连接企业专网的网口等同于 N6 接口,一般连接企业的 CE 路由器。在上行方向,专网模块将 GTP-U 数据报文进行拆解,得到原始的 IP 数据包,送往企业专网;在下行方向,来自专网的 IP 数据报文,被封装在 GTP-U 数据报文中,送往 CU 模块。5G 专网模块还可以提供域名系统。域名系统(domain name system, DNS)代理或 DNS 缓存,使得 UE 即可以获取互联网的域名解析,也可以获取企业专网的私有域名解析。



二层接入主要用于工业企业。工业可编程逻辑控制器（programmable logic controller, PLC）中有存在不少非 IP 的二层网络，如工业以太网。5G 专网模块和用户驻地设备（customer premises equipment, CPE）配合，采用二次隧道封装的方式，在 GTP 内进行二次封装，利用 IP 数据包封装原始的 L2 数据帧，实现二层网络的互通。

专网模块的 1 对 1 部署方式适用于单一基站可以满足覆盖的中小企业的专网场景。适用于办公楼、工厂的去线缆化，设备移动化的需求。

2.2 1 对 N 的部署方式

5G 专网模块的 1 对 N 部署方式可支持更多基站接入企业专网，满足需要多个基站才能覆盖的场景。在这种方式中，1 个 5G 基站专网模块可以被多个基站共享，它一般部署在 A 设备附近，为多个基站提供同一企业专网服务。这种部署方式主要面向多个微站和皮站，一般不用于宏站，宏站首选内置方式。1 对 N 的部署方式如图 4 所示。

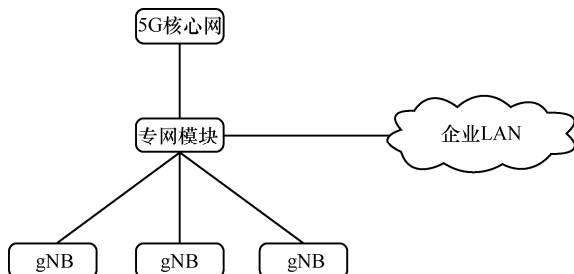


图 4 1 对 N 的部署方式

和 1 对 1 的部署方式一样，专网模块同样作为分流设备，支持企业专网的二层或三层接入。当 UE 在各基站间移动时，无论采用 Xn 切换还是 NG 接口应用协议（NG application protocol, NGAP）切换，专网模块将保障 UE 数据面的连续性。当 UE 移动到基站们的覆盖范围之外，接入其他的基站后，UE 将无法接入企业专网，既是限制又是对地理围栏功能的自然支持。因此 5G 专网模块方案不是万能，有其针对的适用场景。

在 1 对 N 部署方式的基础上，5G 专网模块可

以演化多种网络拓扑，典型的是双活拓扑和堆叠拓扑。

双活拓扑主要用于高可靠性的场景中，避免设备故障或者线缆故障引发的服务中断，双活部署方式如图 5 所示。在正常下，专网模块 A 为基站 1 和基站 2 提供专网服务，专网模块 B 为基站 3 和基站 4 提供专网服务，当专网模块 A 或者专网模块 A 到核心网的线路出现故障时，基站 1 和基站 2 将接入专网模块 B，对外继续提供服务；当基站 1 到专网模块 A 之间的线路出现故障时，基站 1 可切换到专网模块 B 中，对外继续提供服务。

双活拓扑一般适用于以下两种部署场景。

专网模块作为本地部署，可为下带基站提供双活连接。

专网模块位于上联 A 设备的接入环的两个方向。

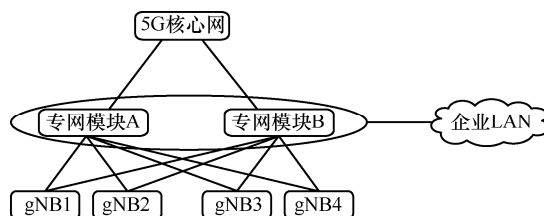


图 5 双活部署方式

当单个专网模块无法满足容量要求，或者基站地理位置分散，无法接入同一个专网模块的情况时，可以采用堆叠部署的方式。堆叠方式的基础是分布式的主从结构，其中有一个专网模块为主模块（master），其余专网模块为工作模块（worker），多个专网模块共同组成一个分布式网络，主模块同步各节点的专网分流表信息，确保 UE 在这些基站间移动的过程中，UE 和专网之间的通信不会出现数据报文的丢失。专网模块的流表信息同步方式可以根据具体场景选择完全同步或者部分同步。完全同步是指所有专网模块的流表信息保持一致，而部分同步则只同步相邻专网模块的活跃流表信息。

通过堆叠方式，通过新的专网模块节点的加

入和移除,可以快速简单地实现扩容、缩容。满足企业对企业专网的弹性要求,堆叠部署方式如图6所示。

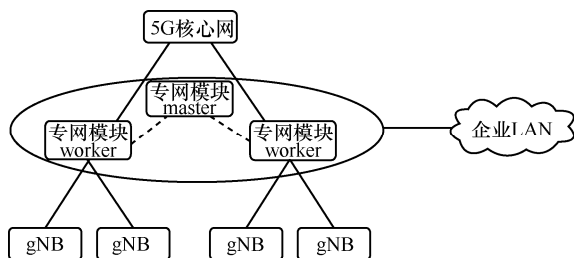


图6 堆叠部署方式

3 5G 专网模块的典型业务场景

5G 专网模块是 5G 移动专网的实现方式之一,但它不是万能,有其适用的场景,并不能替代其他的实现方式。例如,基于 ULCL 的 UPF 专网解决方案,UE 进入运营商网络后,通过承载网到达 UPF,再由 UPF 专线,回到企业内网。这种解决方案可以实现市域内甚至省域内的专网访问需求,且可以实现跨园区无缝访问,但是需要较高的投资,对经济敏感客户友好程度不高。而 5G 专网模块解决方案,UE 进入专网模块使能小站覆盖范围后,数据流量一跳直达用户内网,不通过运营商承载网,实现数据不出园区。5G 专网模块使用后,仅在使能小站的覆盖范围内可以实现专网访问,UE 离开园区即无法访问专网。与游牧式基站、校园网络、工业网络场景更为契合。5G 专

网模块拥有小型化、低成本化、可移动性强、功耗低等多种优势。使客户投资最低成本即可享受专网的使用体验。

3.1 游牧式基站的应用场景

5G 基站网关是基站代理,它没有 AAU 和 DU,为下挂的多个基站提供 N2 接口和 N3 接口的代理。从 5GC 的视图看,基站网关及被其代理的基站们是一个基站网元设备,因此在建设上,被代理的基站可以作为业务流程申报,而非新的基站工程建设。它的一个典型应用就是游牧式基站。本文将以游牧式基站作为被代理的基站进行分析。

游牧式基站非常适合临时性的业务场景,例如,企业在某个场馆举行的一次性活动。对于这种临时性的专网需求,如果按常规的专网建设流程,费时复杂,并且对于只有一两天甚至半天的活动,经济效益很低,很难通过申请。这时具有专网模块的基站网关就是很好的解决方案。

远端的游牧式基站通过数据专线或者互联网的加密隧道(如 IPSec (internet protocol security) 协议)与基站网关通信,无须为游牧式基站申请 IP RAN 资源。将游牧式基站制作成拉杆行李箱的形态,在现场即开即用,快速部署。

5G 专网模块可以本地部署在基站网关,也可以远端部署在游牧式基站,还可以同时进行本地部署和远端部署。部署方式根据业务特点灵活选取,游牧式基站的 3 种部署方式如图 7 所示。

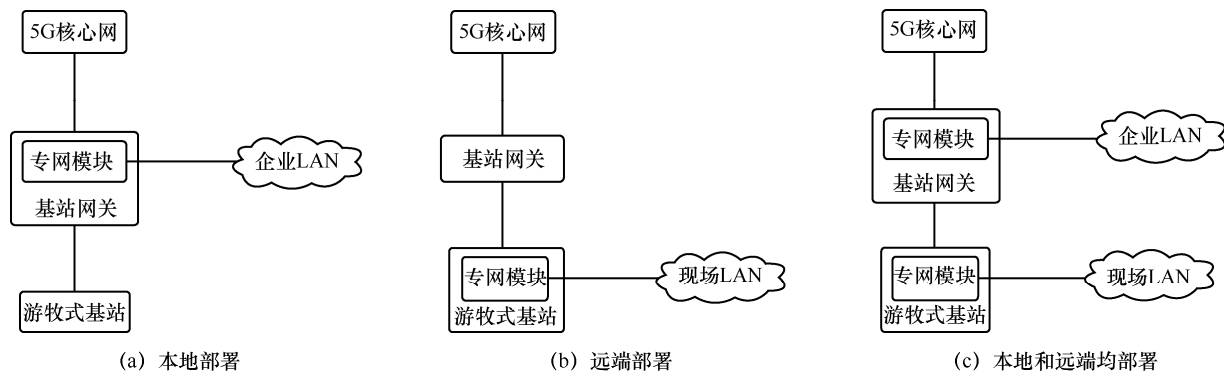


图7 游牧式基站的3种部署方式



（1）本地部署方式

本地部署方式中，5G 专网模块部署在基站网关，在基站网关处进行数据分流。游牧式基站作为延伸的远端，在基站网关的代理下，为 UE 提供企业专网的访问。

如果现场的场地较大，可以通过多台游牧式基站来提高覆盖率。

由于游牧式基站和基站网关无须具备 IP RAN 资源，可以通过加密隧道承载在互联网或者数据专线上，这降低了现场环境的要求，尤其适合临时性场地的场景。例如不定期在不同商店活动、户外的专网接入。在性能要求不高的情况下，游牧式基站甚至可以通过 5G 模组以移动的方式建立与基站网关的数据连接。

（2）远端部署方式

在远端部署方式中，5G 专网模块部署在游牧式基站，在游牧式基站处进行数据分流，分流至现场局域网，这个现场局域网实际就是现场的微型数据中心，里面放置移动边缘计算（mobile edge computing, MEC）等业务服务设备，通过游牧式基站的覆盖，为 UE 提供就近服务，只有现场服务无法提供时，才访问互联网的数据中心。

和内容分发网络（content delivery network, CDN）类似，现场微型数据中心可以将现场所需要的数据从互联网数据中心中下载并缓存，这将大幅改善数据的时延和抖动。

远端部署方式适用于时间敏感性业务，为展示类业务提供现场更快的用户体验，可以用于展馆演示和电竞比赛等业务场景。

（3）本地和远端均部署方式

在本地和远端均部署的方式中，5G 专网模块即在本地基站网关部署，也在远端的游牧基站中部署。这种方式与远端部署方式相似，不同在于，当现场局域网的微型数据中心无法为 UE 提供服务时，将通过基站的专网模块，从企业内网中

获取服务；同时也会将相关的用户数据从远端的企业专网拉到现场局域网的服务器中。同样地，这种方式适用于时间敏感性业务，不同在于远端部署方式适用互联网的公众业务，这种方式适用于企业内部业务。

3.2 工业以太网的应用场景

工业以太网用于工业自动化控制，具体的协议类型众多，目前较为流行的有 PROFINET、EtherNet/IP、EtherCAT、SERCOS III、POWERLINK 等，尚不存在一家独大的情况。具体采用哪种协议与工业设备和工业环境相关，尤其和工业设备制造商相关。这些工业以太网协议的一个特点是二层数据链路层中含有实时控制的重要信息，当工厂通过 5G 进行去线缆、无线化后，数据帧的二层信息必须携带，不能丢失。

虽然早在 R15 标准规范中提到协议数据单元（protocol data unit, PDU）会话支持以太网类型，但目前运营商的大网中，为 UE 分配的仍只有 IP 地址，支持 ipv4 和 ipv6，GTP 中封装的是三层的 IP 数据报文。在 4G 及以前，移动通信为手机服务，没有考虑到工业需求，工业以太网的二层地址如何由运营商管理和分配，工业以太网数据帧在 UPF 的 N6 接口从 GTP 中恢复后，如何接入工厂的网络，这些都需要研究和规划。另一方面，工业以太网的二层协议众多，也需要 5G 模组支持，目前尚不成熟。要实现对工业以太网的支持需要模组、基站、UPF，核心网的全面支持。而工业互联网应用是 5G 的重要推动器，我们应主动寻找解决方案，而不是等待。5G 专网模块就是其中的解决方案之一。

5G 专网模块配合 CPE，通过二次隧道封装的方式来支持工业以太网，专网模块与 CPE 配置的工业以太网应用如图 8 所示，为了更好显示数据包结构，图中给出的是专网模块外置的方式。运营商网络为 CPE 分配 ipv4 或 ipv6 的三层 IP 地址。CPE 支持各种工业以太网，工业终端通过无线

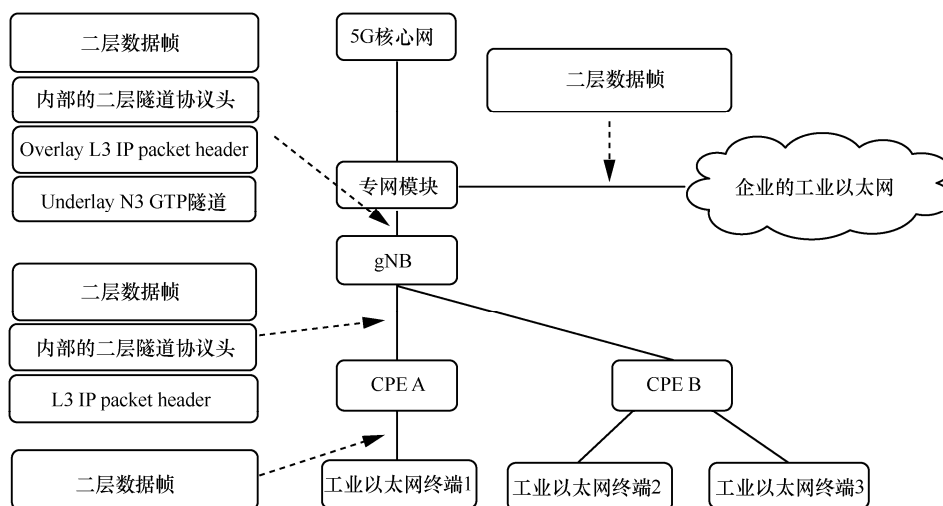


图8 专网模块与CPE配置的工业以太网应用

Wi-Fi 或者有线方式接入 CPE。在 CPE 和专网模块之间建立隧道，用于封装二层以太网数据帧，承载在三层 IP 数据报文中。基站再将数据报文封装在 GTP 中。工业以太网数据帧一共经过了两次隧道封装。在实际应用中，需要合理设置最大传输单元（maximum transmission unit, MTU），尽量避免因数据包的分片造成的性能影响。专网模块对用户面数据进行分流，将企业专网的数据，即工业以太网数据分流出来，先按 N6 处理，将 GTP 剥离，再将 CPE 和专网模块建立的隧道剥离，得到原始的二层工业以太网数据帧，送往企业的工业内网，又或者在专网模块中进行回环，通过二次隧道封装后，送往另一个工业以太网终端。

CPE 和专网模块之间的二层以太网帧的隧道封装协议建议采用支持动态的隧道。常见的虚拟扩展局域网（virtual extensible local area network, VXLAN）和通用路由封装（generic routing encapsulation, GRE）并不合适。一方面，VXLAN 和 GRE 采用静态配置，这要求运营商为 CPE 分配固定的 IP 地址，否则每次 CPE 重启，都要进行重新配置，而目前大网对 ipv4 和 ipv6 都是采用的动态 IP 地址分配；另一方面，VXLAN 和 GRE 采

用的是全网状配置，各 CPE 之间需要建立隧道，这导致新的 CPE 节点加入时，需要更新所有 CPE 的配置。可选的隧道封装方式有 OpenVPN 或者私有协议，采用 Server-Client 的方式，专网模块是 Server，各节点是 Client，CPE 只需配置 Server 地址，就可以加入动态加入拓扑中。

3.3 5G toC 的拓展应用场景

5G 专网模块在 toB 工业互联网有着成熟典型的应用场景。在市场实践经验中，发现专网模块对于 toC 端同样有着非常广阔的空间。随着 5G 手机对于下沉市场的不断渗透，toC 赛道有着更加多样的应用场景。面向个人的 5G 应用，可以发现有着更加强烈的普适性。现代化大中型剧院中往往有多样化的多媒体资源。以往在观众在进入大剧院后，在需要访问剧院本地资源时，多媒体数据通过剧院自身服务器，进入公网 UPF 通道，再由 UPF 通过承载网投递至目标用户。当多媒体资源码率高、清晰度质量好的场景下，数以万计的终端设备同时访问多媒体资源，势必给场馆周边的承载网带来极大的压力，容易造成网络拥塞，甚至丢包等连锁反应。

通过部署 5G 专网模块，剧院收到观众访问内网的资源需求后，下发多媒体资源，5G 专网模块



作为固网和无线网之间的桥梁，将大码率、清晰的多媒体资源直接传递给基站，并由基站直接分发给用户持有的 5G 手机。专网模块 toC 的典型应用场景示意图如图 9 所示，专网模块在网络中起到了内外网分流的作用。用户访问剧院剧场内网内容时，承载网不负担内网数据，将负载在本地卸载，实现数据不出园区，大幅降低了承载网、核心网的负载。

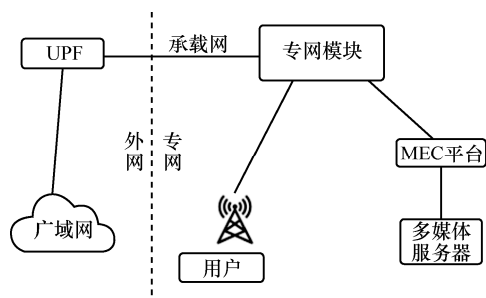


图9 专网模块 toC 的典型应用场景示意图

院校目前往往有独立建设的校园内网，校园内网中一般建设有行政、教学、科研等多种系统，同时还有大量的图书馆内外部资源。当访问用户在学校有线或者 Wi-Fi 环境中，可以通过电脑无缝访问各类系统。在校园外部，一般通过 VPN 代理的形式，远程访问各类资源。

但是对于历史悠久的大型院校，有线网络往往通过网线进行覆盖，存在网络老化、效率低等问题。以某 985 高校为例，目前办公室有线网络带宽仅有 50 Mbit/s，高峰期甚至仅有 20 Mbit/s 以下，严重影响教学。而校内 Wi-Fi 网络覆盖，受到频谱规划、传输距离的限制，产生频谱冲突、覆盖死角的情况较多。目前运营商一般已经建设了一套高速率、广覆盖的 5G 网络。通过对校园内部的基站进行少量的改造，就能实现通过 5G 网络的校园内网的访问，通过 5G 技术实现校园网络形式归一化，实现师生用户在校园内部可以高速访问校内外各类资源，让网络使用不成为数据流的瓶颈。

在数据流向方面，校园专网的使用场景与剧

院场景相同，此处不赘述。但是在流量计费、鉴权方面等有所不同。

考虑到院校学生现状，一般使用 5G 手机套餐标准较低，由学生本人承担内网流量费用尚不现实。一般可以建议考虑内网流量计量不计费，或者计费后由学校承担两种方式，以期降低学生负担，迅速在校园推广 5G 专网。

院校一般属于开放型场所，内外部人员出入频繁。院校一般期望在外来人员进入院校圈定基站范围内时，校内资源不希望对其公开。在目前的市场实践中，一般采用账密鉴权或者手机号无感鉴权两种方式进行内部人员认证访问。账密鉴权采用校园内部现有的 Portal 形式，要求用户进行账号密码登录，对现网改造成本较低。而采用手机号无感鉴权形式，则需要在校内鉴权服务器建立手机号白名单。当 5G 手机注册到校内 5G 网络时，核心网将用户手机号传递给校内鉴权服务器，当鉴权服务器识别手机号在白名单内部时，则放通手机访问校园内网限制。

4 结束语

5G 赋能千行百业，对于千行百业来说，数字化转型的 3 个要素是：数据采集、数据传输和数据应用，5G 作为移动通信技术在数据传输环节发挥重要作用。相较于以往的无线技术，5G 同时在速率、时延、可靠性及连接数等关键连接能力指标上都有断代式地提升。这些技术能力如何快速应用于改造升级企业网络，提升数据采集与应用环节的效能，正是 5G 赋能千行百业的关键所在。

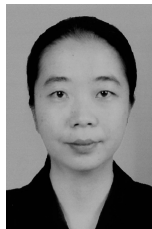
5G 专网具有多种方式，如下沉 UPF(ULCL)、网络切片、独立 5GC 等，它们分别适用于不同的业务场景，为千行百业量身定制不同的解决方案。5G 基站专网模块基于基站侧部署的本地分流设备，可快速搭建 5G 专网，实现极简、灵活部署，

适用于临时场馆 5G 覆盖、组建本地 5G 网络、工业互联网 5G 承载等多种场景,将成为 5G 推进行业、企业生产方式智能化、数字化变革与转型的利器。

参考文献:

- [1] 中国电信集团有限公司.中国电信 5G 定制网产品手册[R]. 2020.
China Telecom Group Co., Ltd. China Telecom 5G customized network product manual[R].2020.
- [2] 中国移动通信集团有限公司.中国移动 5G 行业专网技术白皮书[R].2020.
China Mobile Communications Group Co., Ltd. China Mobile 5G industry private network technology white paper[R]. 2020.
- [3] 中国联合网络通信集团有限公司.中国联通 5G 行业专网白皮书[R].2020.
China United Network Communication Group Co., Ltd. China Unicom 5G industry private network white paper[R]. 2020.
- [4] 5G 应用产业方阵. 5G 行业虚拟专网网络架构白皮书[R].2020.
5G Application Industry Array. 5G industry virtual private network architecture white paper[R]. 2020.

[作者简介]



魏颖琪(1974—),女,中国电信股份有限公司研究院高级产品技术架构师、高级工程师,主要从事产品研发工作。



黄粤(1981—),男,中国电信股份有限公司研究院工程师、高级技师,主要从事行业应用产品与解决方案的研究与开发工作。



吴双九(1991—),男,中国电信股份有限公司研究院开发工程师,主要从事产品研发工作和行业解决方案研究工作。