

5G 专网分阶段组网及配置方案研究

Research on Phased Networking and Configuration Scheme of 5G Private Network

傅俊锋¹,王 杉²,周 旻²(1. 中国联合网络通信集团有限公司,北京 100033;2. 中国联通智网创新中心,北京 100048)

Fu Junfeng¹,Wang Shan²,Zhou Yang²(1. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China; 2. Intelligent Network & Innovation Center of China Unicom, Beijing 100048, China)

摘 要:

近几年5G专网项目得到了快速发展。为了使运营商在专网项目实施中能够更有针对性,需要制定分阶段的组网及网络配置方案。在业务类型、信息化需求、对5G技术的认识以及资金投入方面,对专网客户需求的差异性进行了分析;提出了客户对5G专网网络方面的需求以及相应的技术实现方案;最后,结合应用案例提出了5G专网项目的分阶段建设方案的建议。

关键词:

5G 专网;组网方案;网络配置;DNN;5QI

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.06.005

文章编号:1007-3043(2022)06-0025-05

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:

In recent years, 5G private network project has developed rapidly. In order to make operators more targeted in the implementation of private network project, it is necessary to put forward a phased networking and network configuration scheme. In terms of business type, information demand, understanding of 5G technology and capital investment, it analyzes the differences of private network customer demand. The requirements of customers for 5G private network and the corresponding technical implementation scheme are proposed. Finally, combined with the application cases, it puts forward some suggestions on the phased construction scheme of 5G private network project.

Keywords:

5G private network; Networking scheme; Network configuration; DNN; 5QI

引用格式:傅俊锋,王杉,周旻. 5G 专网分阶段组网及配置方案研究[J]. 邮电设计技术,2022(6):25-29.

1 概述

5G 作为新一代通信技术,正在全球快速发展,我国 5G 网络的发展速度尤其令人瞩目。5G 专网是利用 5G 无线通信技术组建专用网络,为垂直行业提供高性能通信服务的一种技术方案。通信运营商利用该技术方案,打造标准化+定制化的系列产品,从而形成 5G 在 2B 领域的核心竞争力。如中国联通推出的虚拟、混合、独立等不同类型的 5G 专网产品,分别对应不

同的建设模式。随着我国 5G 网络建设的推进,5G 专网也进入了发展的快车道。

2 专网客户需求差异性分析

笔者长期从事 5G 专网研究与行业创新应用工作,通过白皮书、专题会议、调研表格等方式对国内三大运营商近几年的专网项目进行调研分析,总体上来看项目的行业分布更加广泛,应用的业务类型更加丰富,同行业的结合也更加紧密。但与此同时,不同行业之间以及行业内部不同企业之间对 5G 专网需求的差异性也很大,具体体现在如下几个方面。

收稿日期:2022-04-29

2.1 业务类型

高清视频类业务需要网络提供足够的上下行带宽,移动类业务需要通过无线方式实现灵活接入。这两点正是现阶段5G技术最突出的优势。因此,同时具备这2方面特征的移动视频类业务如移动视频监控、无人机巡检等最先得到了应用。生产控制类业务往往需要确定性的时延和极高的可靠性,部分业务还需要网络提供二层组网能力,相关的技术还需要进一步研究和验证,因此尚无法规模应用。

2.2 信息化需求

部分行业提出了明确的智能化转型升级需求,通过行业政策或企业战略的方式进行推广。如在矿山领域,近年来国家管理部门要求实施“机械化换人、自动化减人”,利用现代通信技术,实现矿山生产过程的自动检测、智能控制与智慧调度。5G技术所具备的各项优势使5G专网成为实现智慧矿山的首选方案。

2.3 对5G技术的认识

5G是新基建的重要组成部分,在社会各界获得了广泛的关注。但具体到不同企业、不同部门,由于对通信知识掌握的程度不同,对5G也会有不同的认识。在部分5G专网项目中,客户对5G技术、5G专网以及5G所能承载的业务会有一个较长的认识过程。由此导致5G专网项目的推进速度较慢,并且和企业生产结合的程度会受限。

2.4 资金投入

资金投入也是决定客户最终需求的重要因素,其决定了专网项目的组网模式、建设规模以及业务类型。通常来看,客户使用虚拟专网的一次性支出较少。混合专网通常需要建设基站及UPF设备,投资将超过百万元。如果建设独立专网,需新建核心网控制面设备,整个项目的投资将达到数百万元。更进一步,如果客户在软硬件定制化开发以及运营商网络集成服务方面提出更多需求,将需要更多的资金投入。

3 网络需求与技术实现方案

3.1 网络连接

行业客户在信息化升级过程中,需要更加灵活的接入方式,并支持更高的网络性能。以常见的工业互联网专网项目为例,在工厂厂房中有大量的工业设备需要接入网络,生产环节中需要采集大量的状态数据。同时随着生产节奏的加快,产线调整的周期缩短,不断有新的设备和采集点需要进行网络连接。

现有的工厂内通信网络主要以有线连接为主,连接的深度、广度受限,大量末端设备不具备网络接入条件从而形成信息孤岛。另外还存在Wi-Fi、蓝牙、ZigBee等无线通信方式,这些无线通信方式在覆盖距离、移动性、安全性、传输性能等方面存在不足。

综合来看,5G专网在满足工业互联网业务网络连接需求方面具备显著优势。表1给出了典型业务的网络连接需求以及目前可用的技术实现方案。

表1 5G专网网络连接需求与技术实现方案示例

业务类型	典型业务	网络连接需求	实现方案
机器视觉	零件外观缺陷检测、产品包装检测	大上行	5G终端上行可达到100 Mbit/s,开启“超级上行”后可达到300 Mbit/s以上
PLC控制	码垛机无线接入、点胶机无线接入	低时延、高可靠	通过“边缘计算”满足时延要求,通过“空口预调度”进一步缩短时延
远程操控	天车操控、叉车操控、AGV调度	低时延、高可靠、大上行、移动性	在满足大上行、低时延的基础上,可在5G专网内对终端的跨小区切换性能进行优化
传感器采集	能耗采集、环境监测、设备运行状态监测	高并发、高频次数据传输	5G网络mMTC特性满足单小区高密度数据接入

3.2 内部组网

行业客户内部存在各类不同的技术制式和通信网络,并且往往由不同的使用部门进行管理,存在组网复杂、维护成本高等问题,无法满足快速变化的业务需求。在建设5G专网后,各类网络上承载的业务会逐步进行迁移。随着业务类型的增加,单一的组网方式无法满足多种业务的网络访问需求,需要在已有的网络上进行逻辑隔离、物理隔离或者增加新的组网模式。因此,需要考虑如何使用一张5G专网承载不同业务,并且支持差异化的路由和业务隔离。

上文提到,5G专网的3种组网模式有虚拟专网、混合专网和独立专网。行业客户可以根据其业务类型和隔离度要求,选择其中一种模式进行建设,也可以选择多种模式的组合建设方式。同一组网模式下的不同业务可以通过独立的DNN或网络切片实现隔离。

3.3 业务管控

在5G专网运行的初期,所承载的业务量较小,网络整体处于轻载状态,5G网络的性能优势在不同的业务中都能得到体现。当负荷上升后网络性能可能会劣化,出现速率下降、时延增加,甚至是无法接入网络

的情况,因此需要针对不同业务进行性能配置和管控。5G 专网支持不同级别的网络性能配置,客户可灵活使用。

a) 网络级:不同的 DNN 和网络切片可以认为是 5G 专网中独立的细分网络。DNN 中支持的 QoS 参数包括 5QI、ARP、DNN 会话聚合速率等;网络切片中支持的 QoS 参数包括用户上/下行体验速率、端到端时延、服务可用性等。

b) 号卡级:用户级 QoS 参数在号卡开通时进行签约配置,针对单个用户号码生效,主要包括 5QI、ARP

等参数。在同一个 DNN 或网络切片内,对于重要性较高的终端,可以单独进行 QoS 配置。

c) 业务级:针对同一个号卡所承载的不同业务,可以单独进行 QoS 配置,需要用到 5G 网络的策略控制 (PCF) 功能对业务数据流进行识别和保障。

另一方面,当专网内终端数量增多后,大量终端的访问也带来安全性问题,需要按照不同的级别在网络访问安全性方面进行限制。在 5G 专网方案中运营商可以制定灵活的策略,对终端访问网络的全过程进行管控,具体如表 2 所示。

表 2 5G 专网业务管控需求与技术实现方案示例

管控内容	实现方案	功能描述	应用价值
对终端接入的管控	黑白名单	通过修改号卡的专网 DNN 或切片签约数据,实现接入权限控制	基本的终端管控手段,实现对终端接入专网的权限的灵活控制
对接入区域的管控	区域访问控制	对终端进行服务区域签约,只允许在指定的 TA 内接入网络,离开指定的服务区域无法接入网络	满足客户对于限制终端数据业务使用区域的需求,如限制 AGV 小车在仓储区域内接入
对访问内容的管控	URL 黑名单	通过预先设置客户级或用户级访问黑名单,实现对某些业务和服务的阻塞	客户可以自定义 URL 黑名单来进行访问管控,增强专网访问安全性,如对敏感数据访问的限制
	用户访问管控	使终端只能访问预先设置的业务平台或应用系统	可以让终端根据模板进行定向访问,增强专网访问安全性,如限制移动摄像机只能访问监控系统
对流量使用量及速率的管控	达量限速	当终端使用的数据流量达到阈值时,可根据客户自定义规则和策略,自动限制该业务号码数据通信的速率	根据业务重要性合理分配网络资源,保障重要业务对网络的正常使用,如对专网内多媒体播放类业务的限制
	达量拦截	提供用户级、内容粒度的达量断网服务,根据企业客户需求提供数据流量阈值,一旦达到或超过此阈值,则禁止使用该类数据流量	根据业务重要性合理分配网络资源,保障重要业务对网络的正常使用,如对专网内多媒体播放类业务的限制

4 分阶段建设方案

笔者对运营商项目进行梳理,发现现阶段大多数客户会选择单一的组网模式进行建设,且混合专网的占比最大。按承载的业务类型对专网项目数量进行统计,包含视频类业务的项目数量最多,其次是机器人/无人机巡检、AGV 自动控制类业务,然后是数据采集类业务,和生产直接相关的远程控制类业务数量较少。

随着行业客户业务的发展和专网自身技术的演进,客户对专网的需求还会发生变化。为了使运营商在专网项目实施中能够更加有针对性,本文结合客户需求、网络技术方案、实现成本等多方面的因素,提出了分阶段的组网及网络配置方案,能够逐步引导客户对专网产品进行深入应用。

4.1 研究及小规模试点阶段

4.1.1 阶段特征

该阶段的专网建设以研究及小规模试点的方式

开展,项目往往来自于国家课题、企业内部科研课题或运营商同客户开展的 5G 业务演示项目,以验证 5G 承载行业业务的可行性。网络整体上处于轻载状态,终端接入数量也比较少。

由于企业园区内业务较为集中,建设专用基站和 UPF 后,更方便进行业务验证,因此专网项目的组网模式以混合专网为主。对于本地数据分流,如果运营商为专网项目分配了专用 DNN,则可使用 DNN 分流;如果没有专用 DNN,则可使用上行分类器 (ULCL) 分流。在部分项目中,也开展了端到端网络切片的性能验证。

4.1.2 组网及配置方案

此阶段在网络配置方面通常比较简单,常见的配置方案如下。

a) 号卡 QoS 配置:为验证 QoS 配置同行业业务的适配性,运营商可以为客户的不同号卡配置不同的 5QI 参数,并设置 GBR 速率保障。

b) 黑白名单:建立专网终端白名单,防止非专网

内用户访问企业内网。

4.1.3 应用案例

电网公司和运营商进行技术合作,搭建试验环境并开展课题立项,在电网公司某研究机构办公园区及某变电站内建设 5G 专网,对电力典型业务进行内场、外场验证测试。测试结果显示 5G 专网能够满足配电自动化、精准负荷控制、智能巡检等业务的性能需求。

4.2 应用推广阶段

4.2.1 阶段特征

在应用推广阶段,5G 专网的建设将具备一定的规模,在企业园区内形成连片覆盖及热点覆盖。5G 专网开始逐步承载各类行业业务。通常视频类业务会率先迁移,如视频监控、视频会议、机器视觉等。随后由于 5G 移动接入的便利性,专网内的传感器采集类业务会逐步增多。下一步,远程操控类业务也会迁移到专网内,实现操作现场无人值守。

4.2.2 组网及配置方案

应用推广阶段仍以混合专网为主,核心网控制面网元可按需下沉至专网内,如 AMF 的下沉可以将更多移动性管理的权限开放给客户进行自主配置,用于优化切换性能或者配置用户接入区域规则。

根据需要,建议为不同类型的业务配置不同的 DNN,实现如下效果。

a) 实现业务之间的逻辑隔离,支持 IP 地址类型和 IP 地址池的独立管理。

b) 网络侧按照不同 DNN 提供报表,进行周期性的业务量和性能统计。

c) 定义不同的业务性能,如普通业务 5QI 设置为默认值 9,实时交互类业务 5QI 设置为 3,流媒体业务 5QI 设置为 4。

d) 配置不同的网络访问权限,如为某类 DNN 开放访问互联网的权限。

随着专网规模和业务量的增加,网络能力配置的应用更加普遍同时也更加多样化。

a) 对重要的业务进行保障,通过配置 ARP 参数为高优先级,同时将业务设置为 GBR 业务,网络侧为业务建立专用承载。

b) 对普通业务进行累计流量或上下行速率的限制。

c) 限制普通终端访问敏感应用系统,限制普通终端的接入区域。

4.2.3 应用案例

某煤矿企业对提升井下智能化、自动化水平的需求十分迫切,因此在信息化方面的预算比较充足。该企业在 2020 年启动 5G 专网建设项目,部署了 100 多个 5G 基站,实现了多媒体通信调度、设备远程操控与无人值守等功能,提高了企业生产的效率和安全性。

4.3 成熟应用阶段

4.3.1 阶段特征

成熟应用阶段的特点是 5G 专网与企业内部的各个信息系统打通,融入到与企业的生产环节之中,承载大部分的已有业务;同时,基于 5G 专网引入新的业务模式,图像识别、数据挖掘、自动控制等技术得到广泛应用,企业的智能化、自动化水平得到显著提升。此时,单一的组网模式可能无法满足需求,需要根据业务的地理分布范围、性能要求、网络隔离度进行定制化设计。

4.3.2 组网及配置方案

由于成熟应用阶段组网和业务更加复杂,需要对专网进行网络级、号卡级、业务级的全面的网络能力配置,以保证专网有序运行并实现可管可控。运营商需要对网络能力进行体系化和模板化设计,便于在 5G 专网建设及维护期间对网络配置进行管理。以电网公司的专网建设为例对此阶段的网络配置方案进行说明。

a) 线路巡检、故障抢修、电力抄表等业务是一种广域业务,需要采用虚拟专网的方式承载。

b) 变电站属于封闭区域,园区内的标记识别、设备检修等业务都是在本地开展,基站独立建设,因此可采用混合专网。为实现更好的隔离效果,可建设多套本地 UPF 连接至不同的应用系统。

c) 大型换流站一般建设在比较偏远的地方,考虑到控制面链路较长,也可选择建设独立专网,需要在换流站建设轻量化核心网。

由于专网需要承载控制类业务,网络要具备高可靠性,因此网络切片成为必要的技术手段。通过网络切片实现资源隔离,核心网侧可以提供独立的虚机或物理机,无线侧可以采用载波预留或载波隔离方案。

另外,运营商还需要为客户定制化开发专网自服务平台,用于对整个网络的 DNN/网络切片、号卡、业务、区域等各个维度进行用户数/业务量统计、性能统计以及网络能力的线上化配置。

4.3.3 应用案例

总体上来看,目前 5G 专网的发展离成熟应用阶段

还有差距,因为目前缺乏这一阶段的应用案例。但是,部分开展得较早的项目,基于专网提出了多种业务需求,在某些领域对专网应用的探索和实践已经比较深入。如某钢铁厂已实现了覆盖多园区的混合专网,下一步将增加独立专网的建设;某电网公司已建成省域5G电力示范网并进入规模应用阶段。

5 结束语

5G 专网位于通信行业和垂直行业的融合创新领域,经过近几年的探索实践,其发展方向逐渐清晰。本文站在运营商的立场,基于对已有项目的调研以及近年来参与过的若干行业解决方案,提出了5G专网的分阶段建设方案,试图总结项目之中的规律,为后续的项目建设提供参考。5G专网在垂直行业中有广泛的应用前景,5G网络如何同行业应用深度融合、5G技术如何更好地适配客户的需求等问题还需要进一步深入研究,本文提出的方案后续还将不断完善。

参考文献:

- [1] 3GPP. System architecture for the 5G system; 3GPP TS 23.501 [S/OL]. [2022-02-25]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [2] 3GPP. 5G system; session management policy control service; stage 3; 3GPP TS 29.512 [S/OL]. [2022-02-25]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [3] 刘洁. 面向工业园区的5G垂直组网类服务探讨[J]. 移动通信, 2020, 44(1): 38-43.
- [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] 王鑫, 韩振东, 严斌峰. 基于安全隔离度的5G专网部署模式[J]. 移动通信, 2020, 44(1): 44-47, 53.
- [6] 李良, 谢梦楠, 杜忠岩. 运营商5G智能专网建设策略研究[J]. 邮电设计技术, 2020(2): 45-50.
- [7] 郭利雅, 王晓刚, 李婵娟, 等. 5G在煤矿行业的创新应用[J]. 邮电设计技术, 2020(7): 20-26.
- [8] 张长青. 基于5G环境下的工业互联网应用探讨[J]. 电信网技术, 2017(1): 29-34.
- [9] 张勃, 冯毅, 秦小飞, 等. 行业5G专网服务方案研究[J]. 电子技术应用, 2022, 48(3): 5-8, 12.
- [10] 胡致远, 杨炳炉, 朱咏梅, 等. 输变电设备物联网在线监测系统通信网络设计[J]. 高压技术, 2015, 41(7): 2252-2258.
- [11] 闫湖, 黄碧斌, 刘龙珠. 人工智能在新一代电力系统中的应用前景分析[J]. 电力信息与通信技术, 2018, 16(11): 7-11.
- [12] 李沸乐, 杨文聪. 5G轻量化核心网总体方案研究与设计[J]. 移动通信, 2020, 44(1): 14-18.
- [13] 方琰崴, 戴亚权, 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.
- [14] 黄乐, 李军. PCC技术在移动数据业务运营中的应用[J]. 邮电设

- 计技术, 2012(5): 33-37.
- [15] 李睿, 刘旭峰, 高敏, 等. 5G发展动态与运营商应对策略[J]. 信息通信技术, 2018, 12(4): 59-65.
- [16] POE W Y, ORDONEZ-LUCENA J, MAHMOOD K. Provisioning private 5G networks by means of network slicing: architectures and challenges [C]//2020 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops). Dublin, Ireland; IEEE, 2020: 1-6.
- [17] 王杉, 傅俊锋, 李宏平, 等. 5G专网混合组网方案研究与应用[J]. 信息通信技术, 2022, 16(1): 34-39.
- [18] LI X, GUIMARÃES C, LANDI G, et al. Multi-domain solutions for the deployment of private 5G networks[J]. IEEE Access, 2021(9): 106865-106884.
- [19] AHOKANGAS P, MATINMIKKO-BLUE M, YRJÖLÄ S, et al. Platform configurations for local and private 5G networks in complex industrial multi-stakeholder ecosystems [J]. Telecommunications Policy, 2021, 45(5): 102128.
- [20] NARAYANAN A, SENA A S D, GUTIERREZ-ROJAS D, et al. Key advances in pervasive edge computing for industrial Internet of things in 5G and beyond[J]. IEEE Access, 2020(8): 206734-206754.
- [21] NIYATO D, MASO M, KIM D I, et al. Practical perspectives on IoT in 5G networks: from theory to industrial challenges and business opportunities [J]. IEEE Communications Magazine, 2017, 55(2): 68-69.
- [22] 史庭祥, 李立平, 刘庆华. 5G专网的部署探讨[J]. 信息通信技术, 2021, 15(2): 51-58.
- [23] 吴英娜, 余永聪. 5G核心网组网方案分析及演进路线研究[J]. 数字技术与应用, 2019, 37(7): 28-29.
- [24] 吕华章, 张忠皓, 李福昌. 5G MEC边缘云组网方案与业务案例分析[J]. 移动通信, 2019, 43(9): 28-33.
- [25] 陈俊明, 王岱, 封镭, 等. 港口5G专网方案探讨[J]. 信息通信技术, 2021, 15(5): 71-78.
- [26] 黄宗慧, 严克剑, 白杨寰. 垂直行业5G专网覆盖方案研究[J]. 长江信息通信, 2022, 35(2): 218-220.
- [27] 杨文聪, 杨文强, 唐雄燕, 等. 5G专网核心网部署模式与挑战[J]. 移动通信, 2021, 45(1): 30-34.
- [28] 董石磊, 赵婧博. 面向工业场景的5G专网解决方案研究[J]. 电信科学, 2021, 37(11): 97-103.
- [29] 陈俊明, 王岱, 国志远, 等. 井工煤矿5G专网方案探讨[J]. 广东通信技术, 2021, 41(10): 35-40.
- [30] 毛若羽. 铁路5G专网组网方案研究[J]. 中国设备工程, 2022(2): 26-27.
- [31] 王晨鹤, 李晗, 吴星培, 等. 5G专网UPF组网架构[J]. 通信电源技术, 2021, 38(18): 86-89.

作者简介:

傅俊锋, 毕业于华中科技大学, 高级工程师, 硕士, 主要从事网络切片、PCC平台运营管理及5G新技术在平台中的应用创新工作; 王杉, 毕业于北京邮电大学, 硕士, 主要从事5G移动通信新技术研究工作; 周畅, 毕业于东北大学, 硕士, 主要从事5G移动通信新技术研究工作。