5G时代行业专网的发展

Development of Private Network in 5G Era

范华敏(上海诺基亚贝尔股份有限公司,上海 201100)
Fan Huamin(Nokia Shanghai Bell Co.,Ltd.,Shanghai 201100,China)

摘　要:
5G时代行业专网场景提出了可管可控、安全、业务自主性、满足特定的场景化覆盖等要求。通过对5G技术性能的分析,发现支持专网多样化性能需求的技术实现已经逐渐成熟。随着技术的完善,其商用进程也已大大加快。国内三大运营商主导的组网模式各有侧重,分别给出了行业落地的可行性建议。分析了行业专网目前发展阶段性特点,从技术、商业、终端、标准、生态等方面寄予5G时代行业专网未来发展的美好期待。

关键词:
uRLLC;切片;MEC;虚拟专网
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.02.014
文章编号:1007-3043(2022)02-0077-04
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:
The development of 5G industry private network puts forward the requirements of manageable,controllable,safe,service automation,and meeting the requirements of specific scenario-based coverage. Through the analysis of the technical performance of 5G,the technical implementation to support the diversified performance requirements of the private network has gradually matured. With the improvement of 5G technology,the commercialization process has been greatly accelerated. The network modes three major domestic operators lead have their own focuses,it gives the feasibility of the industry landing suggestions respectively. It analyzes the characteristics of the current development stage of the industry private network,and hopes to vision a better future of the industry private network ecology in the 5G era from the aspects of technology,commerce,terminals,standards and ecology.

Keywords:
uRLLC;Slicing;MEC;Virtual private network

引用格式:范华敏. 5G时代行业专网的发展[J]. 邮电设计技术,2022(2):77-80.

1 5G时代专网发展的需求分析

专网是服务特定的行业领域里特定用户群体的通信网络方案。在行业企业的发展过程中,专网的应用一直存在。通信专网发展到5G时代,行业专网随着时代发展以及经济需求的变化也开始有新的需求。首先企业的业务需要越来越敏捷,能尽快做决策,需要有创新。因此需要通信网络更加可管可控、安全、业务有自主性。如此丰富的能力要求,只有功能强大并且多样化的通信专网才能满足。之前碎片化、通用化的网络产品将暴露越来越多的弊端。通过分析发现5G专网的优势将更侧重于满足以下3个方面的场景需求。

a)支持覆盖特定区域,通过定制频段以及网络设计和优化,可以部署在封闭的场景。比如一些矿山地区,有特定的地下挖掘需求,要求通信信号网络覆盖能深达数百米。比如港口地区,地面车辆需要调配,需要网络能随时动态覆盖优化,支持强切换能力。

b)需要有个性化的能力,支持特定场景。这些通信能力包括严苛的时延、严格的隔离、可靠性、上行速率、数据安全、移动性等。比如港口的岸桥,一些堆场区域,就需要支持远程作业,时延要求小于20 ms等。

收稿日期:2021-12-27

c）融合的专网，表现在需要与IT网实现兼容互通，公网与专网要融合部署。

2 5G支持专网行业发展的技术性能力分析

随着3GPP标准的发展完善，5G服务于垂直行业的技术特色越来越鲜明。世界上主流运营商都对5G超低时延、更强的上行传输能力、5G切片以及MEC边缘部署、能力开放、安全等特性表示期待。本文也将重点分析这些支持专网多样化性能需求的技术实现。

2.1 uRLLC

uRLLC是5G的重要特性之一，3GPP R15版本里定义了灵活的帧结构，5G载波间隔可以灵活配置为15 kHz 、30 kHz、60 kHz、120 kHz、240 kHz，间隔越大代表时延越低。5G NR支持调整帧的结构，相较于LTE系统固定的一个子帧包括2个时隙，NR可以灵活的在1、2、4个时隙中切换以及可以灵活配置上下行配比，使得时延大幅降低。表1给出了uRLLC在R15/R16特征技术实现比较。

表1　uRLLC在R15/R16特征技术实现比较

版本	低时延	高可靠性
R15	支持灵活的帧结构；支持更小的调度周期——迷你时隙；灵活的PDCCH配置；uRLLC高优先级传输	物理层面上，优化了MCS/CQI表格；数据包重复传输；高聚合等级的PDCCH
R16增强	免授权配置；HARQ反馈增强；支持时间敏感网络TSN和5G网络融合	冗余传输方案；在迷你时隙层面上重复传输；在PUCCH、PUSCH、HARQ方面增强

2.2 更强的上行传输能力

面向行业应用，将有大量的数据要通过上行链路传输。如高清视频、无人机采集的图像等，上行需要40M左右的传输带宽，需要大幅提升专网上行带宽，缩短时延，从而提升用户体验。业界主流的通信运营商和设备商也在积极探索，将FDD和TDD技术结合，并进行上下行互补，增加上行传输带宽。如中国电信的5G频段主要是3.5 GHz，当采用TDD模式传送上行数据时，低频段LTE的2.1 GHz FDD上行不传送数据。这样可以充分利用3.5 GHz 100 MHz大带宽和终端双通道发射的优势提升上行吞吐率（3.5 GHz 100 MHz+终端双通道发射与FDD 20 MHz+终端单通道发射），同时确保每个通道最大发射功率达到23 dBm，提升3 dB覆盖。当3.5 GHz传送下行数据时，FDD传送上行数据，从而实现了FDD和TDD时隙级的转换，保证全时隙均有上行数据传送。

2.3 5G切片

由于行业专网的差异性连接需求，需要5G网络具备灵活的弹性和适应能力。切片技术是一种能很好适应行业需求特征的端到端技术。在5G通用网络基础设施上同时服务于不同的业务及用户，通过业务类型提供一个端到端的切片模板（基于相应的SLA模板），基于一种切片模板创建多个切片实例。该技术对端到端网络的实施要求比较高，在专网领域里，可以有效采用切片的思想，结合运营商实际PLMN的资源紧张情况，分阶段实施引入。

2.4 MEC边缘部署

MEC是5G网络典型服务能力之一，是运营商5G网络助力行业转型的关键技术。通过将应用能力下沉到边缘，给行业带来更低的处理时延，优化行业用户侧的边缘计算中心。根据业务场景和需求特点，MEC将主要为高清视频、VR/AR以及行业互联网的关键应用节省带宽和降低时延。MEC在5G中有如下2种部署方式。

方式1：与基站/网关集成部署，主要分布于智能家庭、车联网和工业控制端。

方式2：与CU/DU协同部署，将随着运营商网络RAN侧云化，趋向于网络部署和业务应用的协同。

2.5 能力开放NEF

5G通过开放网络能力，建立新的生态系统，征战行业市场。运营商将网络打造成一个开放的平台，通过API孕育创新业务。这是通信网络开放的一个很好的创举。在3GPP R15中，NEF作为5G网络能力开放功能，面向AF（Application Function）提供8个标准能力开放服务，如图1所示，可提供QoS能力、事件监控、参数配置、设备触发、PFD管理、流量引导、背景流量以及策略计费等服务能力。3GPP R16规范一方面对R15

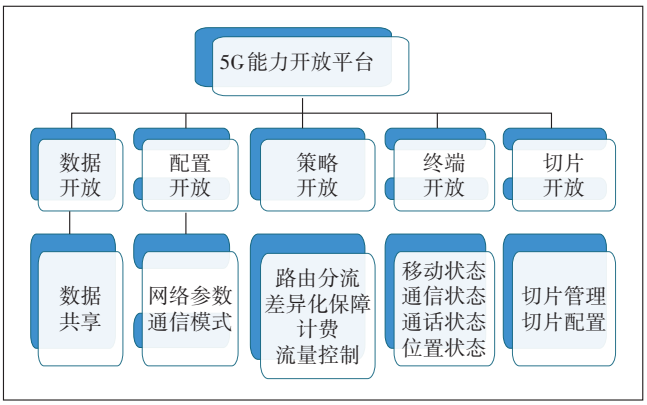

图1　5G网络能力开放面向AF提供的标准能力开放服务

中定义的开放服务做了补充和增强，同时新增了NIDD（Non-IP Data Delivery）、数据分析、网络状态、MSISDN-less MO消息、IPTV配置等能力开放服务。5G网络将抽象出更多的能力提供给业务应用层，这包括网络切片服务、边缘计算服务、位置服务、5G语音及消息、数据分析服务等。

2.6 安全

行业通信网络升级的同时，用户对于数据的保密性、5G行业网络的安全性和隔离性等也提出了进一步的要求，不同的场景需要灵活的安全措施。5G网络往SDN/NFV迁移，将带来新的安全挑战。比如，抵御网络攻击的健壮性、针对单独应用优化的安全机制、可变的鉴权和认证流程、自适应及智能化的安全等，为了减少整个5G专网的安全隐患，实现切片隔离、身份盗窃、可信管理等，需要对UE、gNB、AMF、UDM、AUSF核心网等一系列网元做到安全保障监测及反馈处理。

3 5G行业专网落地场景总结分析

随着技术完善，5G行业专网落地的商用进程将大大加快。运营商积极进行探索和测试，探寻落地场景，目前已有一些初步的探索和方向。表2给出了运营商参与主导的3种专网组网模式的对比分析。表3给出了行业场景的技术特点及适用的专网组网模式。

4 5G重构行业数字化转型新生态

5G时代会催生新的行业需求，用新的产品和服务去创建新的生态和模式。从千百个行业的发展来看，云化、智能化、效率化将催生出行业的流程、管理、运维的再造。下面以一个行业典型的工业企业为例来进行详细分析。

表2　3种专网组网模式的流程分析

对比项目	虚拟化共享	混合式共建	独立性建设
主要技术及组网	切片，SLA逻辑组网	NR：基站可共享或独建；UPF/MEC：为专网独建；AMF/SMF：共享	NR：独建无线基站；传输：独建；核心网用户面：UPF独建；核心网控制面：AMF/SMF独建
认证流程	专网终端带切片标识选择公网AMF，根据签约切片标识信息接入认证和鉴权	专网终端带切片标识选择公网AMF，根据签约切片标识信息接入认证和鉴权	专网终端带切片标识选择专网AMF，根据签约切片标识信息接入认证和鉴权
业务流程	与大网类似：5G专网终端→公网基站→公网UPF→企业内应用	专网：专网终端→专网公网共享基站→专网UPF/MEC→企业内应用 公网访客：公网终端→共享基站→公网UPF→互联网	专网终端→专网基站→专网UPF/MEC→企业内应用

4.1 产业生态会发生变化

产品形态将变得更智能化，处理轻量化。数据将从本地处理转到云处理、从单点计算到全局化人工智能（见图2）。

4.2 企业运营模式会发生变化

企业从产品销售体系的架构慢慢转变成服务体系架构，从找客户到找服务，构建服务生态圈（见图3）。

表3　行业场景技术特点及适用的专网模式分析

行业	细分领域	典型应用	技术特点	虚拟化共享	混合式共建	独立性建设
医疗	入院前保障	急救平台、移动卒中	时延视业务有低中高要求，可靠性要求都较高	√	–	–
	医院内交互	移动查房、影像传输、动态监护		√	–	–
	医院间通信	远程会诊、远程指导、远程操控		√	–	–
教育	远程教学	互动式高清视频图像传输	时延适中，隔离度要求低，可靠性要求一般	√	–	–
	MR/VR教学	AI/VR/MR沉浸式应用		√	–	–
金融	银行	综合服务、AR及视频回传	时延要求高，可靠性要求高	√	–	–
	保险	数字保险	实时性要求低	√	–	–
公共安全	巡检	安防机器人、布控安防	隔离度要求高	√	√	–
交通	远驾	驾驶舱、驾驶平台等	时延要求高	√	–	–
	车路协同	RSU、V2X		√	–	–
	智能驾驶	远程操控诊断、算力协同		√	–	–
工业制造	矿井、油田	高灵敏度远程控制	时延要求高，隔离要求高	–	√	√
	高精工业	数据采集控制、工业控制、安全可靠接入		–	–	√
军队	专网通信及应用	无人机、特定通信	较高隔离度及可靠性	–	–	√
监狱	智慧化	安防、巡检	时延要求不高	–	–	√

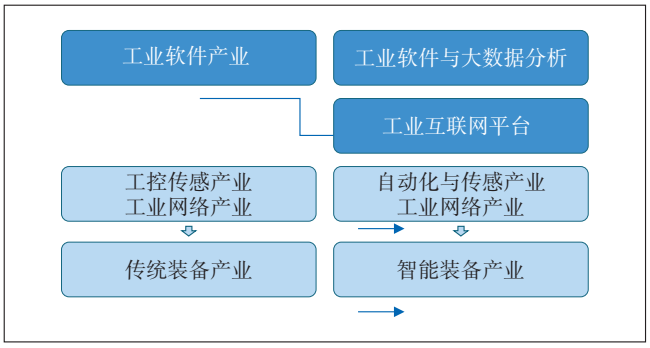

图2　工业产业发生的行业专网化变化

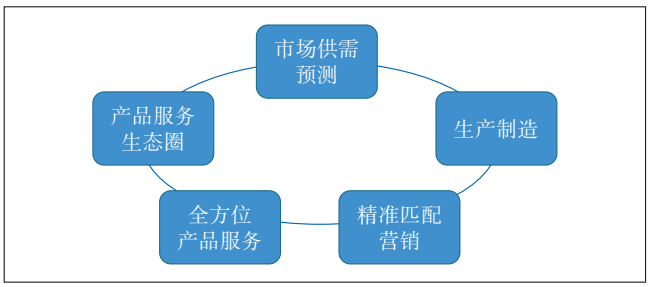

图3　企业产品销售体系向服务生态化发展

4.3 从固态、有线向柔性、融合演进

5G将会让标准化产线进行柔性化改造。行业融合也会呈现2个阶段，从信息化能力提升增强到实现企业IT与OT的深入融合，网络实现扁平化架构。

5G行业专网的目标是服务万千行业的智能化、融合化演进。从标准定义上5G可以在各种频谱（授权/非授权）工作，也可以和各种接入媒介（TSN以太网，Wi-Fi）共存和互补，与5G核心网进行融合，为企业今后的各种连接性需求提供了最灵活和具有扩展性的多功能平台。在工厂行业的环境中，通过专网部署强大的系统集成和生态伙伴整合能力，将最有效地做好生态系统的隔离。5G可以被企业视为“能够支持任何行业应用场景”的网络连接技术，将5G网络和边缘计算结合可作为未来企业数字化的核心能力平台。

5 5G专网现阶段面临的挑战

目前企业对5G的兴趣日趋增长，但从引入5G到真正部署5G专网，还需要一段时间，需要积极去排除设备和终端的发展造成的障碍。主要面临如下挑战。

a）5G模组的价格偏高（见图4），TBR Research预计5G终端的丰富度将在2022年赶上市场需求，从这个时间点开始5G专网市场将进入高速发展。

b）缺乏5G与行业融合的标准。表4给出了现有行业标准的归口单位。5G行业专网的实施落地需要

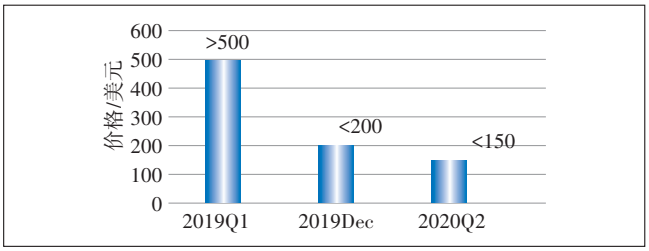

图4　5G模组的价格趋势（2019—2020）

表4　各行业标准的归口单位

行业名称	标准归口单位	行业名称	标准归口单位
工业	AII/5GACIA	医疗	卫健委、药监局
采矿	中国煤炭协会	电力	南网、国网
交通	IMT-2020/5GAA		

和各行业深入合作，寻求行业标准及网络技术发展的目标架构的完善，这个过程需要时间也需要行业产业链的参与者一起努力。

c）5G的生态链不成熟，合作伙伴少。初期5G基础网络设备价格偏高，可选择的范围较小，支持的频谱少。

6 结束语

随着标准的完善和成熟，越来越多的功能将在5G专网里实现。2020年7月3GPP R16 stage3冻结，3GPP R17 stage 3也于2021年9月冻结。5G局域网、5G敏感网络、5G位置服务增强、5G车联网、NPN网络、uRLLC增强都将进一步地成熟普及，这些新功能都将直接促进垂直行业能力的拓展。在克服5G发展初期行业普适面临的挑战后，为万物互联而生、为多技术融合而发展的5G技术终将会促成百花齐放的行业应用大局面，开拓出5G连接社会的行业美景。

参考文献：

[1]　3GPP. R16 standards [EB/OL]. [2021-11-16]. https://www.3gpp.org/release-16.

[2]　中国联通. 5G行业专网白皮书[EB/OL]. [2021-11-16]. https://cloud.tencent.com/developer/article/1689036.

作者简介：

范华敏，硕士，主要从事边缘云、5G行业专网、Wi-Fi6与5G、云化核心网、5G市场变现、行业垂直领域数字化分析等工作。