

5G 专网技术演进分析

Analysis of 5G Private Network Technology Evolution

吴琼, 马瑞涛 (中国联通研究院, 北京 100176)

Wu Qiong, Ma Ruitao (China Unicom Research Institute, Beijing 100176, China)

摘要:

首先介绍了专网从模拟集群向数字通信的演进。伴随着 5G 网络的发展, 运营商开始发力 5G 行业专网使能千行百业, 为专网的发展提供了广阔的前景。详细研究了基于 5G 特性构建专网的方案, 分析了 3GPP R16 NPN 专网的部署方式和优缺点, 并进一步探讨了目前专网的运营模式和存在的问题。

关键词:

5G 专网; NPN; 网络切片

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2020.09.013

文章编号: 1007-3043(2020)09-0066-04

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:

It introduces the evolution of private network from analog cluster to digital communication. With the development of 5G network, operators start to develop 5G industry private network to enable thousands of industries, which provides a broad prospect for the development of private network. It studies in detail the construction scheme of private network based on the characteristics of 5G, analyzes the deployment mode, advantages and disadvantages of 3GPP R16 NPN private network, and further discusses the current operation mode and existing problems of the private network.

Keywords:

5G private network; NPN; Network slicing

引用格式: 吴琼, 马瑞涛. 5G 专网技术演进分析[J]. 邮电设计技术, 2020(9): 66-69.

1 专网通信的发展

生活中用于固定电话和宽带的网络是公用交换电话网络(PSTN), 人们用手机拨打电话, 在网页上浏览资讯, 所借助的 2G、3G、4G 和 5G 的移动网络叫公用陆地移动网络(PLMN), 这些都是服务于公众用户的公用网络。

专网就是专用网络, 是相对于公用网络而言, 只在特定区域实现网络信号覆盖, 为特定用户在组织、指挥、管理、生产、调度等环节提供通信服务的专业网

络。一般是某个行业系统内部的网络, 只为该系统服务。在实际应用中, 专网通常服务于政府、军队、公安、能源、消防、轨道交通等部门或领域, 大部分情况被用在应急通信、调度指挥。由于其性能可靠、可定制, 使它在行业应用中具备不可替代的优势。

目前为止, 我国专网通信大致经历了 3 次发展。第 1 阶段为自动选择信道功能且能使用多种用户共享资源的模拟集群系统; 第 2 阶段为专网通信行业由模拟集群系统转为数字集群通信系统, 为特定行业使用; 第 3 次为垂直行业用户普遍可以使用的专用网络。

回顾宽带无线专网的发展, 从“宽带+对讲”, 到“2+4 宽窄融合”, 再到“公专结合”, 随着无线通信技术

收稿日期: 2020-07-16

的发展,公众移动网被无线专网厂商所诟病的时延、安全性、差异化的服务质量等问题已不再是问题,而建设物理专网所面临的建网成本、运营成本和终端问题始终是专网通信所面临的重要问题。随着行业需求的驱动和专网技术的演进,专网通信逐渐从原来的模拟化、数字化、业务单一,不断向宽带化、移动化、多业务融合的方向发展,从传统的窄带集群通信向宽带集群转变。

2 5G 专网的优势和部署分析

3G、4G 时代无线通信网已经开始在行业领域部署使用,但需要为行业用户专门建设一套无线覆盖系统,一套 EPC 核心网,通过网口连接公网,使整个专网直接与外界进行通信。

由于 3G、4G 网络的核心网控制面和用户面并未完全分离,导致 3G、4G 时代的专网必须是无线和核心网都部署在园区,虽然安全和可靠性有保障,但是建设和维护成本较高,只能用在有特殊需求的行业,例如公安、铁路等。由于 3G、4G 网络架构是由大量接口和与这些接口相连的网络功能单元组成,这种网络结构相对固定,缺乏灵活性,无法有效支持大量差异化的垂直行业需求,所以 3G、4G 时代的专网未能发展普及。

随着 5G 时代的到来,5G 作为新基建的重要组成部分,“5G+场景应用”的推广将带动信息消费快速增长。预计到 2030 年,5G 带动的直接产出和间接产出,将达到 6.3 万亿和 10.6 万亿。由于 5G 网络自身的低时延、大带宽和高可靠性,未来,工厂、园区、医院、油田、电网、港口等各行各业都可能拥有专有网络,利用 5G 实现数字化转型,提升生产效率。

5G 时代的到来为各行业引入无线移动应用打开了新的出口。对于垂直行业应用有两大特点:一方面应用场景极其丰富,另一方面,业务需求与公网存在较大差异,例如覆盖区域、性能指标、安全隔离,有的需要高速率上行带宽,有的需要“5 个 9”的超低时延,有的需要物理网络硬隔离等。这些需求对网络性能要求很高,并具备差异化特征。

3 网络切片+MEC 构建专网

随着 5G 技术的快速发展,5G 高速率、大带宽、低时延、高可靠性能更好地满足各垂直行业对可靠性、连接密度、QoS 和定位等方面高性能的要求。专网

和公网将出现更加深度的融合,例如电信运营商可以基于 5G 技术切入专网,提供具有成本优势的行业应用解决方案,为专网的技术提升创造条件。

5G 和垂直行业的融合主要体现在产业数字化、智慧化生活、数字化治理三大方向。一是智慧化生活方面,5G 支持 4K/8K 超高清视频、VR/AR、云游戏等文体娱乐业务,提供“不卡不顿不转圈”的观影体验和“身临其境”的沉浸式体验;二是在数字化治理方面,5G 给城市管理、照明、抄表、公共安全与应急处置等行业带来新型智慧应用,提升社会治理能力和效率;三是在产业数字化方面,5G 与工业、医疗、交通、金融等行业融合发展,融入到研发、生产、管理、服务等环节,可满足人、物、机器等各要素之间全连接,实现泛在深度互联和个性化定制,使行业变得更加数字化、网络化、智能化。

3GPP 在 R15 版本中已经对网络切片的基本功能和基本流程进行了定义,为早期的专网部署奠定了基础。R15 阶段的 5G 专网有 2 种部署方式:一是运营商通过切片技术,通过 UPF 分流,将用户的数据直接传送到用户的内网;二是使用国家提供的专用 5G 频段,行业客户自行建设 5G 专网。

为了降低 5G 网络时延而引入的边缘计算,就是将 5G 网络许多控制权限下放到网络边缘,网络结构类似一个局域网,这其实就是一种典型的专网设计。5G 的网络切片技术,则主要针对不同的业务应用,进行网络资源的切片化处理,在网络结构上也完全类似于一张张独立的专网。对于需要数据速率保障的企业,他们将能够通过公共网络上的网络切片来执行此操作。

图 1 给出了基于 MEC 和网络切片实现逻辑专网的示意。

3GPP 虽然在 R15 中已经确定了切片功能,从某种程度上来看,能够部分达到非公共网络(NPN——Non-Public Network)所实现的效果。但遗憾的是,限

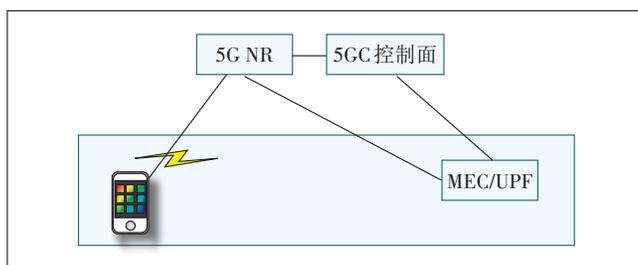


图 1 基于 MEC 和网络切片实现逻辑专网

于某些原因,切片只能在核心网侧,这样真正切片的意义和价值会下降。接入网完全是共享的,在很多特殊的环境下无法提供很好的服务。

4 NPN 专网

5G 系统的 R15 版本主要为公共用途而设计,但私有用途的 5G 网络的部署引起了业界极大兴趣,所以非公共网络(NPN)的研究被纳入 3GPP R16 版本。

如图 2 所示,在 3GPP R16 标准研究中,NPN 被分为 2 类。

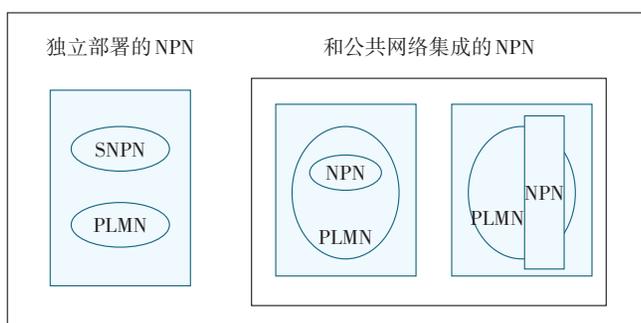


图 2 SNPN 和 PNI-NPN 实现架构图

a) 独立的非公共网络(SNPN——Stand-alone NPN),SNPN 不依赖网络运营商的公共网络提供的功能。一个 SNPN 可以是一个隔离的不与 PLMN 之间交互的 NPN 网络,NPN 和 PLMN 可部署在不同的网络基础设施上。

b) 非独立的非公共网络(PNI-NPN——Public Network Integrated Non-Public Network),又称公共网络集成的非公共网络,即在 PLMN 支持下部署的 NPN。PNI-NPN 可以完全或部分托管在 PLMN 基础设施上,依赖于一些网络运营商的网络功能。

4.1 SNPN 的部署方式

SNPN 是基于 5G 系统架构的专用网络,与公共网络 PLMN 完全分离。SNPN,即由 NPN 运营商部署运营,不依赖 PLMN 提供的网络功能,使用 PLMN ID + NID 唯一标识一个具体的独立部署 NPN 网络,其中 NID(Network identifier)可以本地分配,也可以全局分配。SNPN 网络通过非可信的 N3WIF 接入 PLMN 网络。

SNPN 的部署不依赖公网,行业用户自己部署专网设备或者邀请运营商为其部署专网,行业用户拥有专网所有权。具有专有频谱的行业用户或租用运营商频谱的用户可以使用此种部署方式,适合规模大的

行业用户。

SNPN 部署具有如下优点。

a) 企业有独立的 5G 网络,企业独立运营或管理。

b) 企业专网和公网物理隔离,企业数据不出园区,提供完整的数据安全。

c) 超低时延:由于基站、5GC 和 UPF 在园区部署,网络延迟在 ms 级。

SNPN 部署具有如下缺点。

a) 部署成本:需要部署全套的 5G 网络设备,成本较高。

b) 运维成本:需要专业的网络运维团队进行维护。

c) 互通性差:不支持和 4G 网络的互操作,不支持终端漫游。

4.2 PNI-NPN 的部署方式

PNI-NPN 是通过 PLMN 运营商提供的 NPN 专用网络,例如通过专用的 DNNs 或通过为 NPN 分配的 1 个(或多个)网络切片实例,结合 CAG (Closed Access Group)来实现。

PNI-NPN 专网有 4 种建网模式。

a) 运营商帮助行业客户建立专网(包括无线网和核心网),使用运营商授权频率。

b) 行业客户在园区只部署 5G 核心网设备(5GC、UPF 和 MEC),专网和公网共享 5G 基站(公网和专网终端需配置 2 个 PLMN)。

c) 行业客户在园区只部署核心网用户面设备,专网和公网共享无线基站(公网和专网终端需配置 2 个 PLMN)及核心网控制面设备。

d) 无线网和核心网完全共享(端到端网络切片、公网和专网使用 2 个不同的切片)。

PNI-NPN 网络部署具有如下优点。

a) 部署成本:通过网络切片为企业提供 5G 网络服务,部署成本低。

b) 运维成本:由运营商统一运维,降低企业的运维成本和对人员的能力要求。

PNI-NPN 网络部署具有如下缺点。

a) 数据安全:由于企业的业务数据通过公网 PLMN 来进行传输,数据安全存在一定的风险。

b) 业务时延:对于用户面设备 UPF 不下沉的部署场景,行业客户的数据通过公网的 UPF 到企业内部,网络时延较长。

c) 业务隔离性:对于通过网络切片实现逻辑上隔

离的部署方式,公网的拥塞或者故障仍然有可能影响企业专网的运行。

网络切片为基于公共网络的专网服务提供了可能,为中小企业开辟了新的网络选择。对于某些更注重数据安全的企业来说,他们不希望数据离开园区,希望拥有专用网络而不是公共网络上的切片,即使该切片是专用而不是共享的。对于不关心其服务是通过切片还是专用网络提供的企业,网络切片可以提供企业所需的不同级别的隔离和资源需求。

对于数据需要驻留在园区的企业,需要部署一个专用网络,在此网络中,他们可以通过网络切片部署不同的实例,因此切片也可以用作企业专网的一种工具。

4.3 专网的运营和管理模式分析

目前来看,不管是R15的专网还是R16的NPN网络,不管是SPN还是PNI-NPN,行业客户的专网运营主要有如表1所示的6种模式。

表1 专网运营模式

项目	模式1	模式2	模式3	模式4	模式5	模式6
频率	运营商	运营商	运营商	企业	企业	企业
网络建设	运营商	企业	运营商	运营商	运营商	企业
运维	运营商	企业	企业	运营商	企业	企业

SNPN主要面向企业和政府等机构,与运营商的网络是独立的,用于特定机构的专用网络,公众业务不能接入,无线频谱也是独立的,只有支持NPN的终端才能接入NPN网络。

由于SNPN方式属于政企专网,预计会有很多定制化需求,运营商可以与企业合作,帮助企业进行专网规划、代维等,对于SPNP领域,运营商不需要深入参与。

PNI-NPN必须依赖运营商的网络,利用运营商网络的部分NF(如采用切片化网络等),可以简化NPN网络的管理和部署。PNI-NPN可发挥运营商自身的优势,做到客户的强捆绑。

5 存在的困难和挑战

从技术上来看,3GPP在R16中已经对NPN网络的基本框架以及与PLMN的互通等做了定义,能够满足私有网络的基本应用。在R17将对私网用户的在线开户、外部签约和支持紧急业务等做进一步研究。

从运营上来看,运营商建设行业专网有着绝对优势,但是运营商拓展行业专网仍面临诸多挑战,尤其

是运营商2B服务能力与垂直行业的需求对接尚需提升。

一是5G在垂直行业的应用面临着需求难匹配、行业难对接、回报不确定等诸多问题,且目前的研究局限于通信行业内,与工业互联网行业的供需对接存在问题,需要尽快建立跨行业沟通平台。

二是在终端侧,目前虽已出现针对3GPP R15标准化的5G网络设备,但在工业互联网行业中仍缺乏5G终端设备,工业5G通信模组的研发有待加强。

三是5G时代电信运营商角色不断演变,业务种类也变得丰富多彩。运营商除了需要提供5G基础设施和连接服务外,也应针对不同行业的需求积极探索多样化的演进策略。

参考文献:

- [1] Study on enhancement of 5G System (5GS) for vertical and Local Area Network (LAN) services: 3GPP TR 23.734 [S/OL]. [2020-06-20]. [ftp://ftp.3gpp.org/Specs](http://ftp.3gpp.org/Specs).
- [2] System Architecture for the 5G System: 3GPP TS 23.501 [S/OL]. [2020-06-20]. [ftp://ftp.3gpp.org/Specs](http://ftp.3gpp.org/Specs).
- [3] 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.
- [4] 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.
- [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] 侯佳. 基于边缘计算的5G专网在医疗信息化中的应用[J]. 电子技术与软件工程,2019,168(22):31-32.
- [7] 刘合超. 医院专用5G网络部署方案探索[J]. 百科论坛电子杂志,2019(19):671.
- [8] 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.
- [9] 夏旭,朱雪田,邢燕霞,等. 5G网络切片使能电力智能化服务[J]. 通信世界,2017(20).
- [10] 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(8).
- [11] 施南翔,宋月,刘景磊,等. 5G核心网标准化进展及B5G演进初探[J]. 移动通信,2020,44(1):1-7.

作者简介:

吴琼,高级工程师,硕士,主要从事核心网架构及新技术研究工作;马瑞涛,高级工程师,硕士,主要从事网络总体架构研究及新技术跟踪工作。

