

面向5G专网的 轻量化核心网技术研究

Research on Application of Lightweight Core Network for Private 5G Network

陈 丰, 刘子建, 郭春旭(中国联通广东分公司, 广东 广州 510627)

Chen Feng, Liu Zijian, Guo Chunxu(China Unicom Guangdong Branch, Guangzhou 510627, China)

摘要:

5G专网可以为不同行业提供定制化和差异化的解决方案,其中核心网在5G专网中发挥着至关重要的作用,是全接入和全业务的使能中心。介绍了面向专网的5G轻量化核心网部署方案及其特点,提出5G轻量化核心网在系统业务流程上的优化思路和网络功能增强方面的定制化开发建议,为后续5G专网架构设计、网络演进和部署提供参考。

关键词:

5G; 专网; 轻量化核心网

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.02.016

文章编号:1007-3043(2022)02-0088-05

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:

The private 5G network can provide customized and differentiated solutions to meet the needs of different industries. Among them, the core network plays a vital role in the private 5G network and is the enabling center for all-access and full-service. The deployment plan and characteristics of the 5G lightweight core network for private network are introduced, and the optimization ideas of the 5G lightweight core network in the system business process and the customized development suggestions for network function enhancement are proposed, which provide reference for the subsequent 5G private network architecture design, network evolution and deployment.

Keywords:

5G; Private network; Lightweight core network

引用格式:陈丰,刘子建,郭春旭.面向5G专网的轻量化核心网技术研究[J].邮电设计技术,2022(2):88-92.

0 引言

近年来,随着新一代信息技术的广泛应用,工业化与信息化的融合不断加快,全球专网需求急剧上升,市场规模全球占比逐年攀升,专网通信行业迎来新的发展机遇。“4G改变生活,5G改变社会”,作为新一代移动通信技术发展方向,5G网络增强移动带宽(eMBB)、海量物联网连接(mMTC)、高可靠低时延通信(uRLLC)等能力把人与人的连接拓展到万物互联,通过丰富的垂直行业应用为企业发展提供更先进的无线网络解决方案。

2020年7月,国际标准组织3GPP宣布R16标准冻结,标志5G第1个演进版本标准完成。R16标准不仅增强了5G的功能,还更多兼顾了成本、效率、效能等因素,使通信基础投资发挥更大的效益。5G最大的价值在于2B垂直行业专网市场,运营商通过5G专网将其在网络规划、建设、技术服务等方面的优势组合推向市场,赋能千行百业数字化转型,让5G进一步走入各行各业并催生新的数字生态产业,进一步助力社会的数字转型。

1 5G核心网简介

5G核心网是在4G核心网的基础上对网络功能进行解耦和重构,结合SDN和NFV,基于控制和用户面

收稿日期:2022-01-13

分离(Control and User Plane Separation, CUPS)、服务化架构(Service-based Architecture, SBA)、网络切片和MEC边缘计算等关键技术而演进出的全新核心网。

3GPP标准定义的5G核心网系统架构如图1所示。

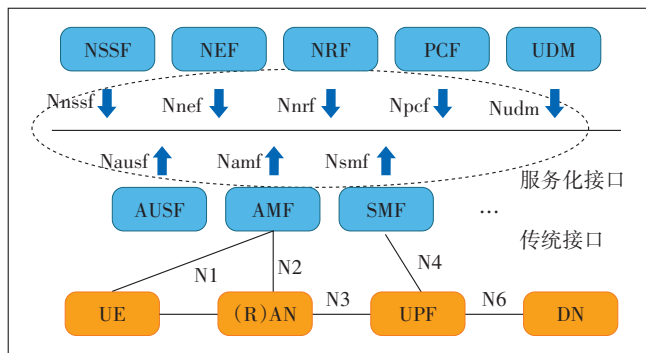


图1 5G核心网系统架构

通过将业务关联性较强和功能近似的网络功能进行归类,5G核心网在逻辑上可划分为5GC控制面(5G Core Control Plane, 5GC CP)、用户平面功能(User Plane Function, UPF)、统一数据管理(Unified Data Management, UDM)和其他网络功能(Network Function, NF)4个部分。其中5GC CP包括AMF和SMF,主要负责接入管理、移动性管理和会话管理等控制面网络功能;UPF是用户面数据锚点,主要用于分组路由转发、策略实施、流量报告、QoS处理等;UDM包括AUSF、UDR和PCF,主要承担用户鉴权、签约、策略控制等相关的用户数据管理功能;其他NF包括NRF、NEF、NSSF、SCP等,主要负责网络发现、网络暴露、网络切片和通信代理的通用网络功能。

2 5G专网部署方案及现状分析

5G专网能够面向行业客户提供专属覆盖、功能定制、数据隔离、质量保证的基础连接网络,实现大带宽、低时延、安全可靠的数据传输,满足客户生产、办公、管理等应用的通信服务需求。作为5G专网的重要组成部分,核心网部署方案根据行业客户的业务需求差异,可以采用专用核心网切片、一体化UPF/MEC下沉、轻量化核心网下沉和端到端核心网下沉等多种方式,如图2所示。

现阶段,网络切片技术在产品标准化、产业成熟度和商务模式等方面仍存在不足,暂时还无法提供可商用的端到端解决方案。目前5G核心网的N4接口解

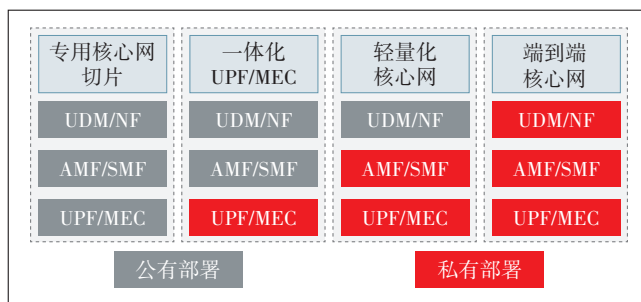


图2 5G专网核心网部署方案对比

耦工作进展缓慢,异厂家核心网控制面和用户面难以实现全面兼容和互联互通,因此行业专网的UPF和MEC下沉方案极易被公网核心网设备厂商绑定。此外,政府、交通、公共安全和工业制造等行业客户出于对网络安全、管理控制、业务保障等极高要求考虑,更倾向搭建一张与公网隔离的独立存活网络,而目前运营商公网中的完备核心网配置容量庞大、软件功能复杂,具有很高的技术门槛和昂贵的价格,不利于在行业专网场景中应用。

3 5G轻量化核心网应用研究

3.1 轻量化核心网架构

行业自建5G专网的商用部署和运营还面临着技术匹配性和产业成熟度的困难和不足,而现有主流厂家的核心网配置相对厚重,功能复杂,价格高昂,不利于5G在行业应用的推广。在业务需求驱动下,行业客户需要一个定制化、低成本、轻量级的5G专网解决方案,通过配置和功能的精简,按照5G专网的实际应用场景对标准业务流程进行优化,并结合行业应用的特点,实现核心网功能增强。

5G轻量化核心网面向行业客户专网需求量身定制,主要包括AMF和SMF 2个控制面功能,以及融合MEC边缘计算的UPF用户面功能,既能够满足行业客户对终端接入和连接管理的自主可控需求,又可以保证用户面业务数据的本地转发和低时延、高可靠的专属网络环境。同时,UDM统一数据管理和其他NF等通用的网络功能仍集中在运营商公网部署,通过运营商独有的电信级网络安全机制提供用户数据的异地灾备,并依托运营商成熟的运营管理体系提供网络能力的集中管控。面向专网的5G轻量化核心网架构如图3所示。

3.2 轻量化核心网功能设计

3.2.1 网络功能自发现

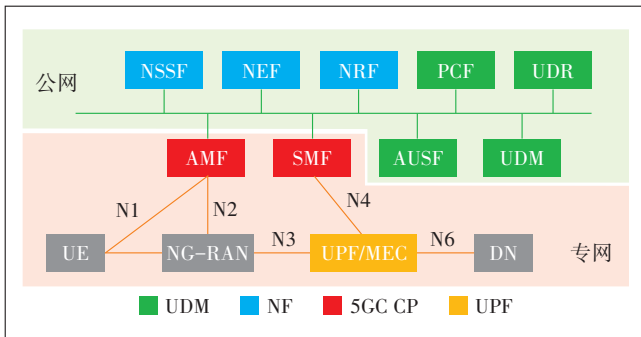


图3 5G专网轻量化核心网架构

5G核心网采用服务化架构,将控制面网络功能简化为独立的网络功能(NF),如AMF、SMF、PCF等。每个NF可以通过网络功能服务(NFS)来提供多种网络能力。随着网络的不断演进和产品的迭代更新,未来5G核心网将提供更加丰富的NFS。在5G核心网中通过网络存储库功能(NRF)提供NF的自动化管理服务。NRF与4G核心网中的DNS类似,其主要功能包括NF的注册、更新和注销,以及NF的发现和选择。NF在上线后会主动向NRF注册Profile信息,在需要向其他NF发起业务前会向NRF请求合适的服务提供方,NRF则会根据已注册的NF信息,向请求者返回可用的服务信息。

在行业专网中,轻量化核心网配置的规模和数量较小,NF之间的业务逻辑关系相对固定,为实现专网内部NF之间的互通,可以通过本地配置方式固化通信对端,直接调用目标NF的服务,实现专网内部网络功能自发现,如图4所示。

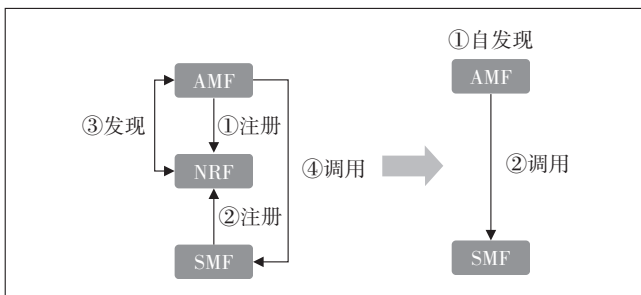


图4 网络功能自发现流程

在标准定义的流程下,AMF和SMF上线后主动向NRF注册NF Profile信息,在PDU会话建立时,AMF需要向NRF查询SMF信息,查询请求中包含请求NF的类型、请求的PLMN、目的NFS名称、网络切片标识S-NSSAI、DNN、目的NF类型等信息,NRF根据请求消息中DNN和S-NSSAI选择符合要求的SMF,AMF向SMF

发起PDU会话激活建立流程。网络功能自发现流程下,AMF上配置本地SMF信息,直接向SMF发起PDU会话建立流程,在精简内部业务流程的同时,减少与运营商外部网络交互,提升业务处理效率。对于部署在运营商公网的网络功能,仍采用NRF方式获取成功注册的NF信息。

3.2.2 旁路紧急注册

相当一部分对5G专网有需求的行业客户,特别是工业制造等领域的客户对网络的安全性和健壮性有相当苛刻的要求,即使是短暂的网络中断也会带来不可估量的损失。因此在与运营商公网失联的紧急情况下,如何保证专网业务维持正常运行尤为重要。

5G系统中最基本业务流程包括注册和会话建立流程,如图5所示,其中实线标注的网络功能交互为必选流程,虚线标注的网络功能交互为可选流程。5G轻量化核心网架构中,专网部署的AMF、SMF、UPF就能够完成基本的注册和会话建立流程。一旦出现运营商网络故障或外部网络中断的情况,轻量化核心网能够支持临时开启“紧急注册”,旁路AUSF、UDM、PCF等网络功能的交互,省略鉴权、获取用户签约数据和PCC策略下发流程,利用AMF上配置的缺省用户签约模板和PCC策略模板,直接完成终端注册和会话建立,确保5G网络连接不受外部影响而中断。

在安全接入方面,5G轻量化核心网在紧急注册流程中旁路鉴权后可能导致非法终端接入网络的风险。考虑到专网部署环境的区域性和接入终端的确定性,AMF上可以针对用户SUPI和TA位置信息做白名单接入限制,同时可以根据终端携带的PEI实现基于5G-EIR的硬件认证,还可以借助终端与企业内部数据网服务器之间的AAA二次认证和授权,保证终端接入的可信性。旁路紧急注册流程如图6所示,旁路紧急注册流程仅适用于外部网络或通信故障场景下专网内部的业务保障,轻量化核心网应支持与运营商公网通信恢复后及时更新鉴权和用户签约等信息的功能,并支持手工触发当前紧急注册的终端重新按标准流程接入网络。

3.2.3 支持5G LAN服务

目前在许多工业物联网或视频监控产品中,需要基于二层组网才能实现与控制中心或视频服务器平台的对接。5G专网中的轻量化核心网对5G LAN(5G局域网)服务的支持可以很好地解决这个问题。5G LAN技术被誉为3GPP R16版本中最具市场前景的技

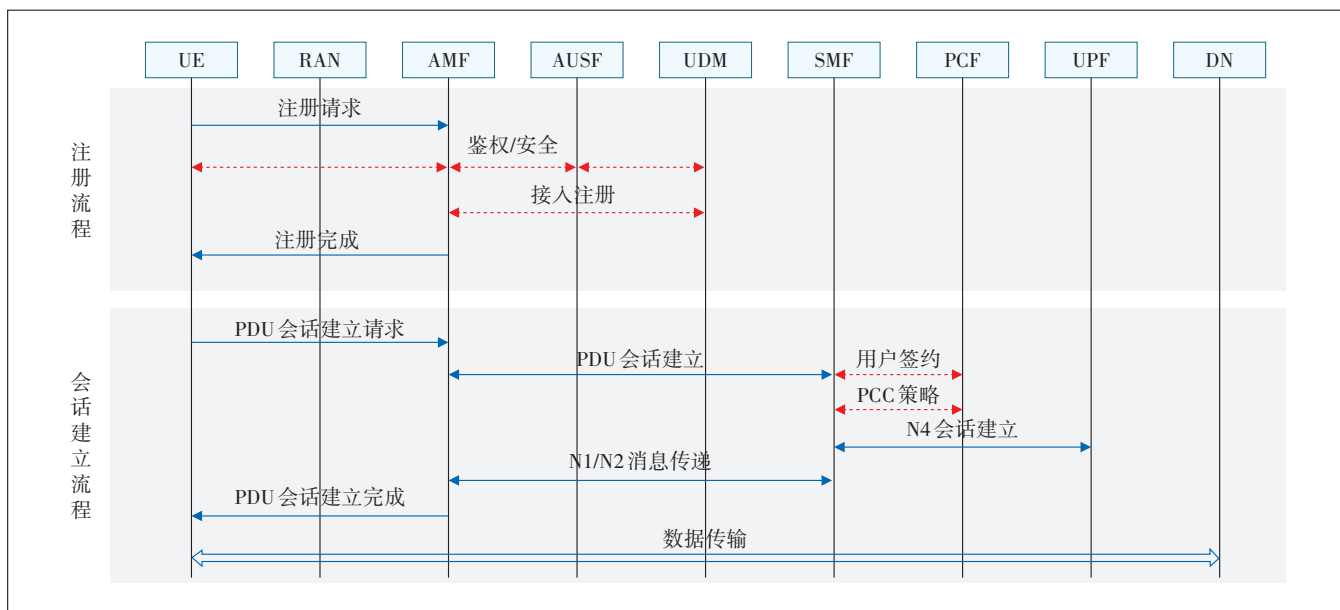


图5 5G注册和会话建立流程

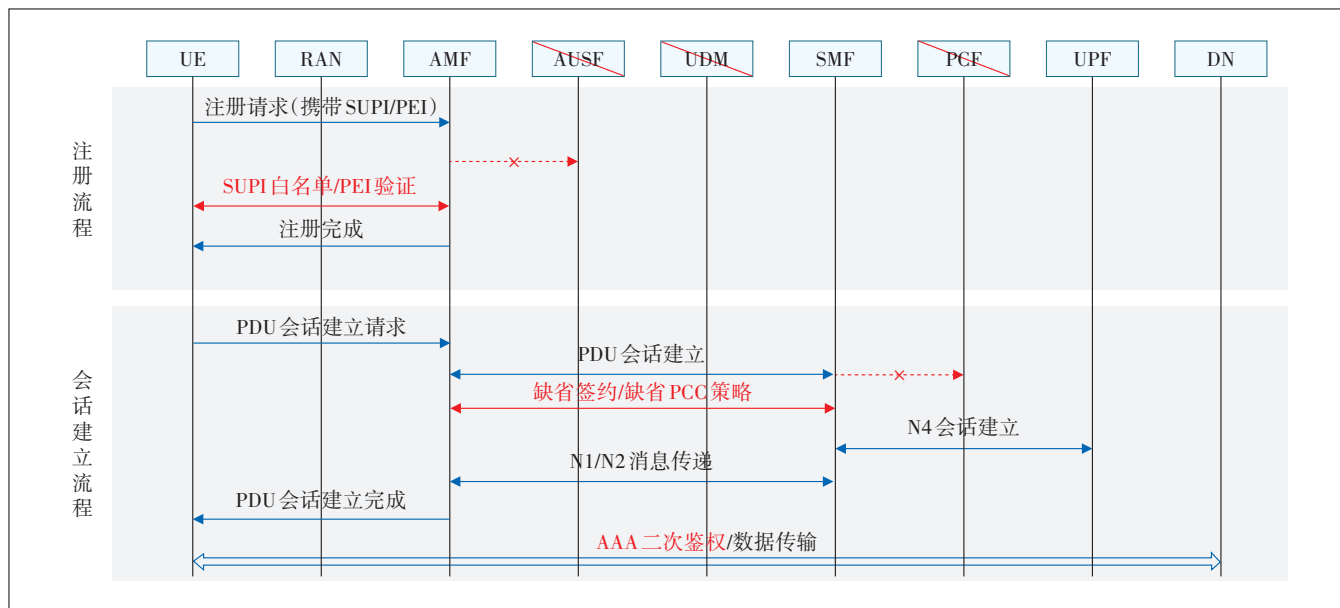


图6 紧急注册和安全接入流程

术之一,主要面向企业云接入、智能制造等领域,实现终端的灵活分组管理、点对点通信和组播通信。

此外,某些行业应用场景还存在一些特殊的二层组网接入需求,例如在较大规模的企业中,除了总部以外还有多个地理位置分散的生产办公地点,需要移动网络提供类似L2层局域网或L3层VPN功能,以支持大量跨地域用户之间的企业内部远程通信业务,同时保证业务连续性。此场景需要为总部和各分部的UPF引入5G LAN功能以构建企业广域“局域网”,支持

终端随时随地无缝接入企业网络。

5G轻量化核心网借助5G LAN技术,支持在一组接入终端间构建二层转发网络,并通过SMF与UPF的交互实现终端组内数据交换和用户面路径选择。5G LAN提供了分组管理服务,支持第三方(AF)创建、更新和删除组,以及修改网络中的5G虚拟网络(VN)配置数据和组成员UE的配置。轻量化核心网5G LAN技术应用场景如图7所示。

3.2.4 一体化云网融合

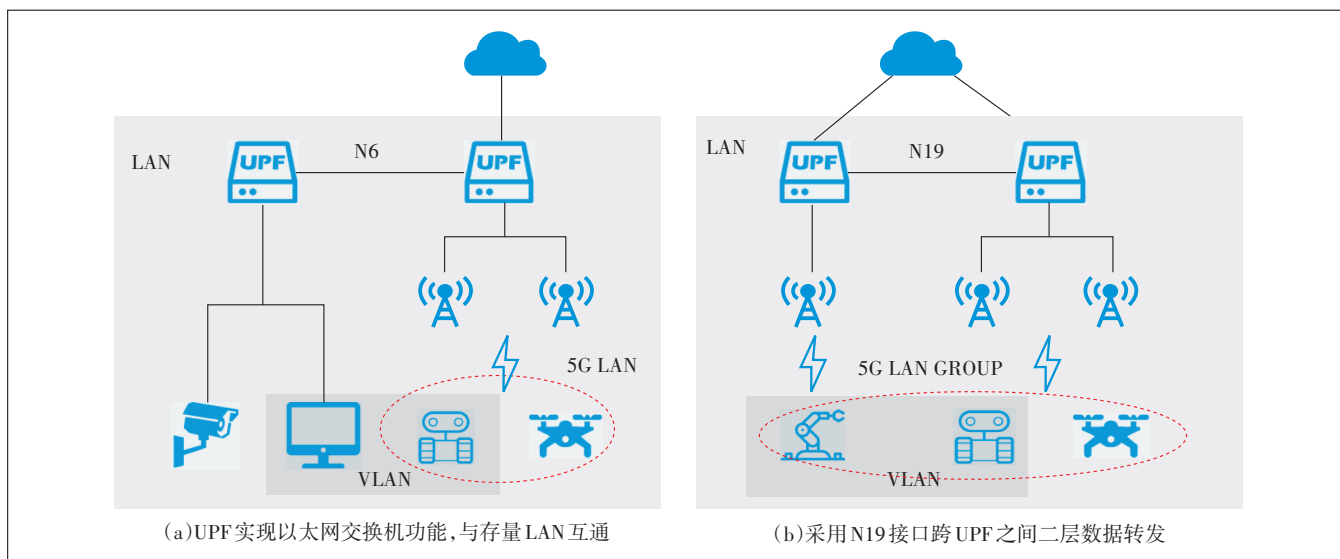


图7 5G LAN应用场景示意图

网络切片和边缘计算是5G的两大“杀手锏”级的关键技术,能赋予垂直行业更多创新应用。轻量化核心网在一定程度上已经实现了专网的资源独享,在提供5G高速数据连接通道的时候,可与MEC边缘计算平台融合部署,打造面向专网市场的一体化云网融合解决方案。基于轻量化核心网与边缘计算的一体化云网融合架构设计如图8所示。

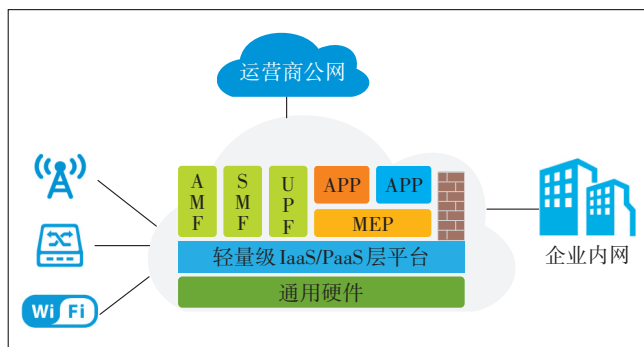


图8 一体化云网融合架构设计

面向行业客户定制的5G轻量化核心网采用通用硬件资源底座,融合MEC边缘计算平台,通过开放各网络的管理系统和数据库的标准接口,实现5G专网与企业内网之间的数据交互和业务协同。同时,5G轻量化核心网还可以集成接入网关功能,支持多种接入方式的统一管理和统一认证,兼容有线固定终端和无线移动终端,以降低终端访问系统的复杂性,减少冗余网络功能,实现真正意义的“多接入”边缘计算。此外,轻量化核心网还可以在标准的UPF功能上集成IP-Sec、NAT、防火墙等能力,从而实现高可靠高安全的云

网融合架构设计。

4 结束语

本文通过对轻量化核心网在行业5G专网中的应用研究,提出契合行业专网需求的核心网特殊业务流程设计思路和增强功能定制化开发建议。运营商建设行业5G专网既有优势也有挑战,随着5G网络标准的完善和技术的逐渐成熟,5G专网将为垂直行业提供更具竞争性的个性化网络服务。利用虚拟化技术成熟的契机,业内已经有多家企业开始进入核心网产品的研发和制造领域,相信轻量化核心网凭借自身灵活机动、易于部署的特点,将在5G专网市场迎来更广阔的发展机遇。

参考文献:

- [1] System architecture for the 5G System (5GS): 3GPP TS 23.501 [S/OL]. [2021-08-24]. [ftp://ftp.3gpp.org/Specs/](http://ftp.3gpp.org/Specs/).
- [2] Procedures for the 5G System: 3GPP TS 23.502 [S/OL]. [2021-08-24]. [ftp://ftp.3gpp.org/Specs/](http://ftp.3gpp.org/Specs/).
- [3] 张宏宇. 5G核心网网络架构及关键技术[J]. 通信技术, 2019, 52(9): 2177-2183.

作者简介:

陈丰,毕业于暨南大学,工程师,硕士,主要从事5G新技术研究和5G专网产品规划工作;刘子建,毕业于北京邮电大学,工程师,硕士,主要从事5G新技术研究和5G专网产品规划工作;郭春旭,毕业于内蒙古农业大学,工程师,学士,主要从事5G新技术研究和5G专网产品规划工作。