

面向 5G 的网络切片管理研究分析

王挺 马超

天元瑞信通信技术股份有限公司, 陕西 西安 710075

[摘要] 本文主要围绕 5G 网络的切片的管理与编排研究分析展开分析。介绍了 5G 网络切片技术的概述, 包含端到端切片的架构和切片的技术标准进展情况; 其次重点对 5G 网络管理编排展开介绍, 分别介绍了切片管理的三层架构、信息模型、模板信息以及切片管理系统与其他管理系统的交互; 并分析了目前网络切片管理编排的关键问题; 最后对本文进行总结与展望, 并对未来运营商部署端到端网络切片提出建议。

[关键词] 5G; 网络切片; 管理与编排; SDN/NFV; 人工智能

DOI: 10.33142/sca.v2i2.315

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

Research and Analysis of 5G-oriented Network Slice Management

WANG Ting, MA Chao

Tianyuan Credit Suisse Communications Technology Co., Ltd., Shanxi Xian, China 710075

Abstract: This paper focuses on the research and analysis of 5G network slicing management and scheduling. This paper introduces the overview of 5G network slicing technology, including the architecture of end-to-end slicing and the progress of technical standards of slicing. Secondly, the 5G network management arrangement is introduced, and the three-layer structure of slice management, information model, template information and the interaction between slice management system and other management systems are introduced respectively. It also analyzes the key problems of network slicing management and scheduling at present, and finally summarizes and looks forward to this paper, and puts forward some suggestions on the future deployment of end-to-end network slicing by operators.

Keywords: 5G; Network slicing; Management and orchestration; SDN/NFV; Artificial intelligence

引言

随着信息产业的发展从有线到无线, 从呼叫位置到呼叫个人, 从摩尔斯码到语音及短信, 从以网络能力提供为主到以用户需求体验为主的移动多媒体业务(视频业务社交媒体, 定位服务, 融合通信等)的发展。数字经济的发展之快远远超出人们预期、全联接世界正逐渐成为现实。数字世界的根基在于网络, 运营商成为数字社会使能者的关键同样在于网络。

通信技术是当前数字化转型浪潮的催化剂, 也是全球国内生产总值增长的重要贡献者。展望未来, 毫无疑问移动通信技术将继续发展, 并涉及汽车、制造、物流、能源以及金融、医疗等行业的各个领域, 以及目前尚未充分利用通信服务的行业。随着移动通信需求的日益增加, 业务的差异化带来了各种完全不同的需求, 例如, 一个业务客户可能需要超可靠的服务, 而其他业务客户可能需要超高带宽通信或极低延迟。实践证明若仍通过同一张通信网络承载垂直行业不同的业务, 则会大大增高网络的建设成本, 降低网络的运营效率。因此, 5G 网络需要被设计成能够提供不同的功能组合, 以满足所有这些不同的需求。

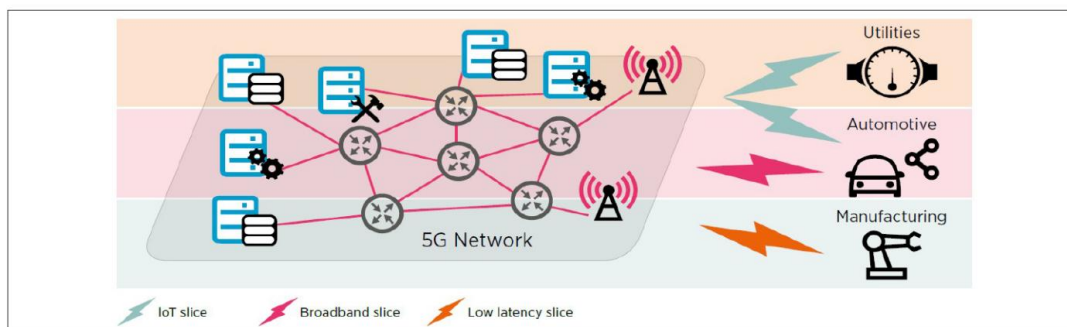


图 1 通过网络切片为不同业务提供服务

如图 1 所示, 5G 网络结合切片技术, 允许用户享受符合服务水平协议 (SLA) 约定的特定业务需求的连接和数据处理。可定制的网络功能包括数据速度、质量、延迟、可靠性、安全性和服务。网络切片技术旨在解决不同行业、不同领域对于网络能力的不同要求, 实现网络的灵活化配置。网络切片是 5G 网络的重要技术, 其概念是通过网络切片技术可以基于一张基础设施网络之上实现多张逻辑专有网络, 实现一个物理网络承载千百行业的目标。同时, 网切片技术也是运营业务革新的重大体现, 基于 SDN/NFV 技术之上, 通过软件交互界面的方式, 给予客户更直接、更简便的按需定制方法, 呈现出一种全新的业务形式。

考虑切片技术的特点及优势, 5G 网络必须从动态切片角度解决网络切片问题, 即可以通过编排器实时调配、管理和优化网络切片, 以满足国际电信联盟 ITU 定义的 5G 3 种典型的类型, 即增强型移动宽带 (eMBB)、超高可靠性低时延业务 (uRLLC) 和海量机器类通信 (mMTC) 等不同应用场景的需求。

1 5G 网络切片技术概述

未来多业务对网络要求差异化巨大 (例如 5G eMBB/uRLLC/mMTC), 网络需要端到端的切片来保障业务的差异化承载。面向综合业务的承载网络将覆盖千万行业, 很多新的行业也需要通过网络切片来进行隔离, 从而减少新的业务上线时对整体网络的影响, 降低试错成本。基于切片的网络架构会是未来承载网的基础能力要求。

网络切片核心诉求为即在一个物理网络中, 将相关的业务功能、网络资源组织在一起, 形成一个完整、自治、独立运维的逻辑网络, 满足特定的用户和业务需求。SDN 和 NFV 技术的出现和成熟应用, 使得网络虚拟化成为可能, 实现虚拟网络和物理网络的解耦。虚拟网络构建的关键技术包括 SDN/NFV 和网络切片。SDN/NFV 实现对资源的虚拟化抽象, 网络切片实现对资源的隔离和分配从而满足差异化的虚拟网络要求。

1.1 5G 网络切片整体网络架构

根据 3GPP SA2 对网络切片的定义, 是基于统一物理基础设施的逻辑网络, 面向不同用户提供定制的网络功能和服务特性。统一的网络基础设施资源, 针对不同的业务场景需求分配不同的虚拟资源, 包含完整的逻辑网络 (核心网、传输网、无线网等), 提供差异化的服务。不同切片相互隔离、互不影响, 可以根据租户需求对网络功能进行定制, 要求网络架构提供非常高的灵活性。网络切片可以独立运营, 运营模式发生改变。

在构建端到端网络切片时, 涉及到的每个域的网络能力指标数据都可以单独设置和按需调整, 从而使得切片端端的网络带宽、服务质量、安全性等资源能得到充分保证。

1.2 现阶段切片技术标准进展情况

3GPP、NGMN、GSMA、ETSI 等的网络切片标准进展在 5G 大框架下满足网络对不同业务灵活支持的需求, 不同标准组织均对网络切片展开了相关研究。

3GPP 从 2015 年开始, 3GPP 启动了 5G 相关的标准研究和制定工作, 并计划在 R14~R16 3 个大版本中完成相关标准的制定, 网络切片作为 5G 的重要技术, 得到了 3GPP 的高度重视。SA1 的场景研究、SA2 的框架制定和 SA5 的网络管理均对网络切片制定了专门的课题。目前 SA2 工作组针对切片选择模块是联合已有模块 (如 AMF) 部署还是单独部署, 正在做进一步的讨论和研究, 对网络切片的管理以及与传输的关联等问题也在做进一步的确认和研究。在网络切片的管理方面, 基于 SA1/SA2/NGMN 等标准组织对切片在管理和配置方面的需求, SA5 工作组研究了对切片的管理和调度方法, 以及跨多合作方、跨多域的切片管理, 自动化地实现并管理不同切片之间资源的隔离。为迎合更灵活的切片网络, SA5 已经明确 SON 也将在 5G 中发挥重要的作用。

NGMN 在 5G 白皮书里介绍了网络切片的概念, 认为该技术可以基于业务的需求来灵活地选择用户面、控制面以及无线侧的模块和资源, 可以优化网络资源分配, 实现最大成本效率, 满足多元 5G 新业务的需求。将网络切片定义为包含业务实例层、网络切片实例层和资源层的综合概念。业务实例层标识这个切片支持的业务, 可以由网络运营商或第三方提供; 网络切片实例层供运营商创建切片实例, 资源层提供共享的资源供各切片实例使用。白皮书指出, 为实现上述灵活的架构性, 必须将用户面和控制面完全分开, 并在各模块之间建立开放连接。白皮书同时指出, 模块以及切片的粒度如何划分是一个复杂的问题, 细的粒度能带来更好的灵活性, 但是也会极大地提升管理和部署的复杂度。

GSMA 作为移动运营商广泛参与的组织, 也非常重视网络切片的相关研究及工业化应用。2017 年 GS-MA 专门成立了 NEST 项目组从事支持车辆应用的网络切片相关研究, 该工作组从 2017 年 3 月开始相关的研究工作, 预计一年时间内深化完成 5G 移动网络如何更好地服务于车辆工业相关应用的研究并形成可供汽车工业参考的切片文档。为完成这一目标, 目前 GS-MA 已经开展了汽车工业的需求收集以及针对性的网络切片参数定义等工作。

ETSI 表示遵从 3GPP 定义的切片管理场景,关注切片管理编排的小组主要有 NFV 和 ZSM 小组。ETSI NFV 发布了 NFV-EVE 012 以及 NFV-IFA 029 报告,阐述了 NFV MANO 系统对切片管理提供支持的增强的目标架构,并计划在 R3 启动切片资源管理研究立项,研究 NFV 架构如何增强支持网络切片以及相应接口规范的增强等。2018 年新成立的 ZSM 小组,旨在实现网络及服务管理和运营的自动化,其中切片管理是其中重要的研究场景,并通过一系列新立项,包括研究 ZSM 的参考架构、端到端网络切片的管理编排等,目前项目均在初始阶段。

2 5G 网络切片管理与编排

随着技术的不断发展和标准的快速演进,切片给网络带来灵活性的同时也增加了管理的复杂性,需要统一的智能化系统实现切片的端到端编排管理。电信级 DevOps 平台跨越切片的设计域和运行域,实现从设计、测试、部署到运行监控,以及动态优化的切片全生命周期管理自动化闭环。平台具备拖拽式的切片设计环境,自动化端到端编排部署, AI 增强的自动运维,通过全流程模型化驱动,实现业务需求和网络资源的灵活匹配,满足客户的快速定制和部署需求。网络切片的管理编排也逐渐成为关注的重点

2.1 5G 网络切片的管理架构

3GPP 管理域中, SA5 在 3GPP TR 28.801 中定义的切片相关的管理系统 CSMF、NSMF、NSSMF 3 个系统节点。

(1) 通信服务管理功能 (CSMF): 在 OSS 系统中用于对接 BSS 系统,完成用户业务通信服务的需求订购和处理,将通信服务需求转换为对 NSMF 的网络切片需求。

(2) 切片管理功能 (NSMF): 在 OSS 系统中对接 CSMF 和 NSSMF,接收从 CSMF 下发的网络切片部署请求,将网络切片的 SLA 需求分解为网络子切片的 SLA 需求,向 NSSMF 下发网络子切片部署请求。

(3) 切片子网管理功能 (NSSMF): 网络切片子网管理功能 NSSMF,在 OSS 系统中对接 NSMF,接收从 NS-MF 下发的网络切片子网部署需求,将网络切片子网的 SLA 需求映射为网络服务的 QoS 需求,向 ETSI NFV 域的 NFVO 系统下发网络服务的部署请求。

根据 3GPP 协议定义,3 层管理实体与其管理对象的对应关系如图 2 所示。其中:

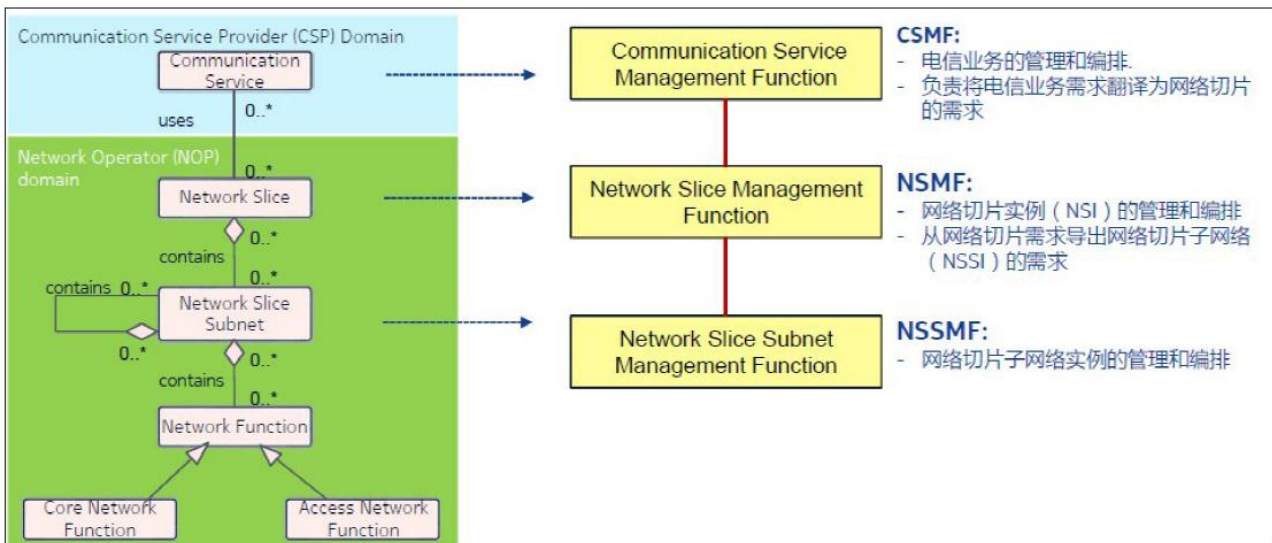


图 2 切片管理系统与对应管理对象关系

a) CSMF 管理对象为通信服务,每个通信服务由 1 个或者多个网络切片功能完成。

b) NSMF 管理对象为网络切片,每个网络切片可以由 0 个或者 1 个或者多个网络切片子网组成。网络切片的部署模板 (即 NST),定义了一个网络切片的结构和配置等。基于 NST 部署的网络切片实例 (即 NSI),它是一系列编排部署和配置的 NFs 以及 NFs 内包含的资源形成的完整逻辑网络,可以满足特定的网络需求^[1]。

c) NSSMF 管理对象为网络切片子网,每个网络切片子网可以是一个基础的子切片,也可以是多个基础子切片组合成的子切片。每个子切片可以包含 1 个或者多个网络功能。网络切片子网的部署模板 (即 NSST),定义了一个网络切片子网的结构和配置等。基于 NSST 部署的网络切片子网实例 (即 NSSI),它是一系列编排部署和配置的 NFs 以及 NFs 内包含的资源形成的完整逻辑网络,可以满足特定的网络需求。

2.2 5G 网络切片模板

目前，在通信服务需求和 ETSI NFV 需求之间，缺少能够创建复杂的映射步骤，需要更多结构化的网络切片需求定义。概括为 4 类需求：通信服务需求、拓扑需求（包括连接需求）、网络能力需求以及 NF 需求其中，通信服务需求是 3GPP 管理系统为特定通信服务创建网络片、网络片子网的输入。通信服务需求派生出网络切片需求，包括 NF 需求、网络能力需求和拓扑需求等。通信服务需求的标准化是必要的，当 3GPP 管理系统接收到通信服务需求时，会创建新的或重用现有的网络切片实例，以满足通信服务需求。通信服务需求可能包括如下内容（通常是通信服务、NF 以及切片拓扑等混合的需求）：区域流量能力、计费、覆盖区、隔离程度、端到端时延、移动性、总用户密度、优先级、服务可用性、服务可达性、UE 速率等。描述网络切片实例的 NST 的基本信息应包括：

- a) 资源模型信息：描述切片的功能组件及静态参数。包括 NST ID，切片类型（如 eMBB 切片等），附加的系统特征（如多播、边缘计算等），优先级，SLA 模型（如带宽、时延、转发能力等），NSST ID 列表等。
- b) 管理模型信息：描述切片生命周期管理的信息。包括配置文件（如应用程序配置参数）等。
- c) 能力模型信息：描述通过 CSMF 可向 CSC 开放的能力。描述切片子网实例的 NSST 基本信息应包括：
 - a) 资源模型信息：描述切片子网的组件以及静态参数。包括 NSST ID，切片子网类型（如 RAN eMBB，CN eMBB），附加的系统特征（如多播、边缘计算等），优先级，SLA 模型（如带宽，时延，签约用户数等），NSD ID 等。
 - b) 管理模型信息：描述切片子网生命周期管理的信息。包括配置文件（如应用程序配置参数）等。

3 5G 切片管理编排的关键问题

5G 切片可以根据垂直行业（如 AR/VR，车联网）、地域（省市、全国或热点区域）、虚拟运营商等维度进行部署划分，而且切片编排涉及到接入网、传输网和核心网等，各网络设备由不同的设备厂商提供，因此，切片的编排、部署和互通都面临着巨大的挑战。

3.1 端到端切片的构建协同

端到端切片涉及接入网、传输网和核心网 3 个子域的协同，在构建端到端网络切片时，涉及到的每个域的网络能力指标数据都可以单独设置和按需调整，从而使得切片端到端的网络带宽、服务质量、安全性等资源能得到充分保证。NGMN 在 5G 白皮书中提到的 5G 切片愿景是端到端的网络切片的实现，不仅包含核心网用户面与控制面的切片，也包含无线侧的切片，只有端到端的切片和网络细化才能满足特殊场景在时延、安全性等方面的特殊要求^[2]。

图 3 描述的端到端切片的构建协同，通过 CSMF、NSMF、NSSMF 和 MANO 实现 5G 端到端切片的订购、编排、部署的自动化。NSSMF 既可以和 NSMF 集中部署，也可以下沉到子切片域进行部署，以适配对不同厂家设备的编排。目前相比核心网切片的研究，无线侧和传输侧的切片研究进展尚处于起步阶段，端到端切片部署尚未成熟，目前还不能很好地满足典型业务场景的差异化需求，距离发挥切片的价值和优势以得到很好地商业

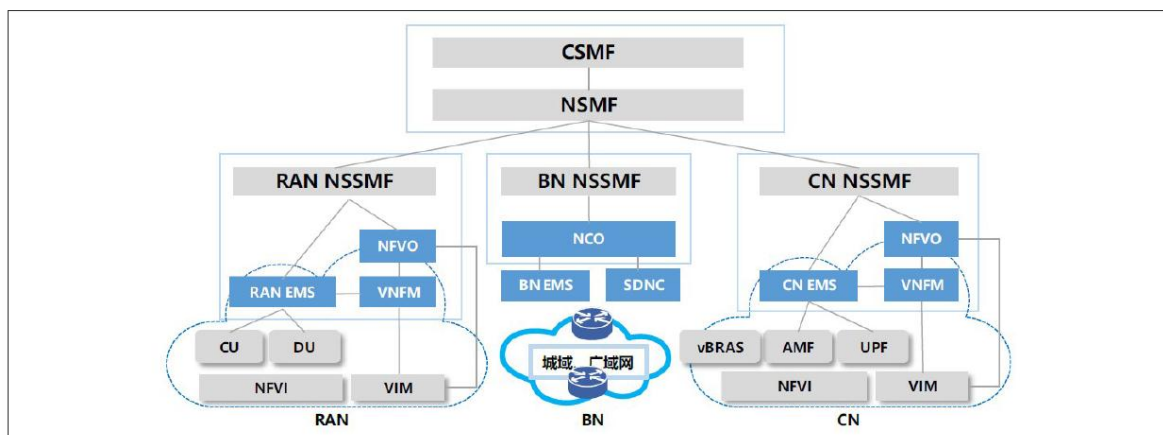


图 3 端到端切片的构建协同

3.2 切片的自动化部署与运维

5G 时代网络切片的种类和数量一定是庞大的，网络切片设计部署运维的自动化程度将直接影响服务推广创新的速度和商业机会的把握。切片给网络带来灵活性的同时也增加了管理的复杂性，需要统一的智能化系统实现切片的端到

端编排管理。智能化是 5G 切片管理系统的重要特征之一，5G 切片管理系统要求集成 AI 和大数据。AI 和大数据采集资源层，网络层，业务层以及用户的信息，进行持续的学习和分析，形成故障根因关联的规则，自动生成网络优化策略，故障自愈策略，并支持策略持续优化。5G 切片管理系统各层管理实体均订阅知识库的策略规则，实现切片的自组织运维。AI 驱动的自动运维，网络切片编排系统具备资源状态感知能力，并根据事先定义的策略，自我决策，真正实现 Zero-Touch（见图 4）。

电信级 DevOps 平台跨越切片的设计域和运行域，实现从设计、测试、部署到运行监控，以及动态优化的切片全生命周期管理自动化闭环。平台具备拖拽式的切片设计环境，自动化端到端编排部署，AI 增强的自动运维，通过全流程模型化驱动，实现业务需求和网络资源的灵活匹配，满足客户的快速定制和部署需求。目前人工智能已成为业界热点，推动网络自动化、智能化运营。在刚结束的上海 MWC2018 上海展上各运营商及厂家均展示了 AI 在网络运维、规划和自动化等方面的应用成果和展望。但是从整体上看，当前网络 AI 仍以概念、前期研发为主，距完全自愈、自治的零接触网络尚有距离，但是已成为多方研究和投入热点，也是实现切片自动化部署运维和管理编排的关键点^[3]。

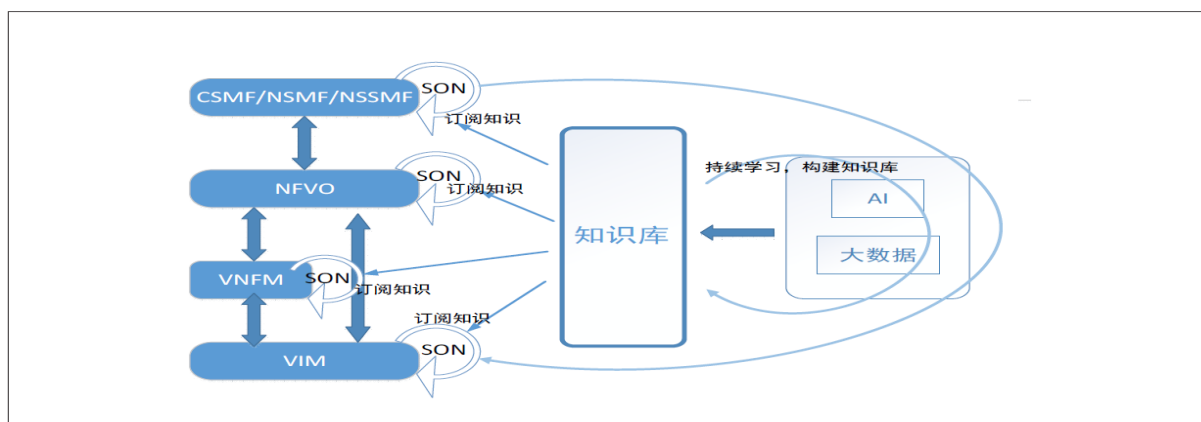


图 4 AI 助力切片自动化部署和运维

4 总结与展望

本文首先介绍了目前 5G 网络切片的概括以及相关标准组织的研究进展，之后针对切片的编排和管理进行详细介绍，最后对目前切片管理编排研究的关键问题进行了分析。

针对端到端切片的管理和编排部署和演进策略，建议分阶段进行逐步实现：第 1 阶段结合 5G 网络部署，初步进行 5G 切片的管理编排部署验证，充分验证 5G 切片对不同场景差异化 SLA 的支持能力；第 2 阶段在前期构建的管理编排系统基础上，增加切片设计、分析、策略等能力，具备对切片的全生命周期管理能力。并持续探索切片运营新模式，包括能力开放等，为切片的商业化运作积累经验；第 3 阶段随着 5G 网络的成熟，切片的自动化和智能化能力增强，在 AI 技术支持下使能切片的按需部署和自优化能力，切片的管理平台逐步完善，与垂直行业应用的合作更加深入，并构建较为成熟的切片管理运营模式，充分发挥 5G 网络切片的价值^[4]。

5G 网络切片是赋予运营商的介入垂直行业市场的机会和抓手，良好的网络部署和目前网络切片定义正在从工程师技术视角定义，向垂直行业解决方案视角定义转变。端到端网络切片的管理编排覆盖切片接入、承载、核心网、应用、安全、管理等多个技术领域，目前相关 SDO 均已启动或者准备发起切片管理编排的相关标准研究。在 SDN/NFV 技术日益成熟下，目前业界对切片业务的功能和网络组建定义、无线专用资源、3GPP 标准等方面的研究尚欠成熟，涉及垂直行业的业务与资源的映射、无线共享资源等仍处于初始阶段，因此面向业务转型的 E2E 网络切片的管理编排需要设备商和运营商一起，吸引重量级垂直行业玩家参与，才能成功切入新市场做大蛋糕。

[参考文献]

- [1]黄艳鹏. 浅谈无线通信技术在车联网中的应用[J]. 计算机产品与流通, 2019(02): 44.
- [2]冯冬明. 物联网无线通信技术应用探讨[J]. 居舍, 2018(35): 162.
- [3]张秩惟, 刘菁. 物联网应用下的短距离无线通信技术[J]. 中国新通信, 2018, 20(20): 107.
- [4]石峰. 探讨 LTE 无线通信和物联网技术的融合[J]. 中国新通信, 2018, 20(21): 21.

作者简介：王挺（1983 年 9 月），学历：本科，职称：中级工程师。