



5G 网络面向垂直行业业务模型

肖子玉, 韩研, 马洪源, 杨旭, 赵远, 苏坚, 邵永平
(中国移动通信集团设计院有限公司, 北京 100080)

摘要: 结合 5G 标准产业进展和网络能力, 分析了垂直行业应用场景需求, 提出 5G 第一阶段部署场景预判。通过分析各标准组织的网络能力需求研究、产业白皮书和仿真数据, 提出 5G 业务模型取定的方法论, 指导后续网络部署。

关键词: 5G; 应用场景; 业务模型; MEC

中图分类号: TN911

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2019163

Business service model of 5G network for vertical industry

XIAO Ziyu, HAN Yan, MA Hongyuan, YANG Xu, ZHAO Yuan, SU Jian, SHAO Yongping
China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Beijing 100080, China

Abstract: Based on the progress of 5G standard, industry and network capability, the application requirements of vertical industry scenarios were analyzed and the scenario prediction of 5G first-phase deployment was proposed. By analyzing the network capacity demand research, industry white paper and simulation data of each standard organization, the methodology of 5G service model determination was proposed to guide the subsequent network deployment.

Key words: 5G, application scenario, business model, MEC

1 5G 标准产业进展

3GPP 标准 R15 为 5G 第一阶段, 聚焦在 eMBB, 主要进行 5G 全新网络架构的定义, 包括网络切片、服务化架构、边缘计算架构、移动性管理和会话管理分离、基于流粒度的 QoS 设计等。其中三大网络架构将在 R15 完成, 即: 基于 4G 核心网 (EPC) 的 LTE-NR 双连接架构 (R15 NR NSA)、基于 5G 核心网 (5GC) 的独立组网架构 (R15 NR SA) 和基于 5GC 的 NR-LTE/LTE-NR 双

连接架构 (R15 Late Drop)。R15 NR NSA 和 R15 NR SA 标准均已于 2017 年 12 月和 2018 年 6 月冻结, R15 Late Drop 版本的冻结时间推迟到 2019 年 3 月并已冻结。

3GPP 标准 R16 为 5G 第二阶段, 聚焦垂直行业的 uRLLC 和 mMTC, 在 5G 第一阶段架构基础上进行增强, 包括 ETSI、V2X、uRLLC 等。R16 标准预计于 2020 年 3 月冻结。

按照 IMT-2020 和 3GPP S1 工作组对 5G 技术能力和需求的定义, 5G 技术提供的网络能力将满

足三大极限业务场景业务需求, 5G R16 版本将满足全部业务需求。5G eMBB (enhancement mobile broadband, 增强移动宽带) 提供最高可达 10 Gbit/s 的高速率、高带宽业务能力, 可支持超高清 3D 视频、VR、AR 等业务。5G mMTC (massive machine type communication, 大规模机器型通信) 提供低功耗、高达 100 万/km² 的连接密度能力, 可支持监控、传感器、智慧城市等应用。uRLLC (ultra-reliable and low latency communications) 提供 1 ms 的超低时延、高可靠性通信能力, 可支持自动驾驶、远程医疗、智慧工厂、人工智能等应用。因此 5G 技术应用领域广泛, 可促进各行各业的智能化和自动化通信需求。5G 提供的技术能力将融入各行各业, 改变社会生活和生产方式, 带动智慧化社会的发展。图 1 和表 1 给出了 IMT-2020 愿景^[5]及 5G R15 现阶段满足的应用场景和网络能力示意图和关键能力指标。

全球主要运营商普遍计划在 2020 年规模商用 5G, 大部分运营商部署初期倾向于采用 NSA 模式组网, 主要面向个人移动用户和固定用户。而 5G

是推动社会和垂直行业数字化转型的重要技术基础。2018 年国家发展和改革委员会 (以下简称发改委) 已启动 5G 应用示范项目, 围绕增强型移动宽带、低时延高可靠、大连接广覆盖三大应用场景, 积极推进 5G R15 SA 和 R16 产业成熟, 探索面向垂直行业的 5G 创新业务和应用。

本文将结合 5G 业务场景需求和网络能力支持情况, 分析 5G R15 架构满足垂直行业的业务模型和指标要求。

2 5G 第一阶段 R15 应用场景和业务特征

2.1 业务需求

2.1.1 沉浸式视频应用 VR/AR

虚拟现实 (VR) 与增强现实 (AR) 技术把语音和视觉通信扩展到多感官通信领域, 是颠覆传统通信内容和人机交互形式的变革性技术。这类通信是人与环境或人与人之间进行的互动和反馈, 依赖于视听反馈。3GPP TS22.261 对 AR/VR 应用场景的网络需求给出了建议, 除了要求用户的数据传输速率保证在 1 Gbit/s 外, 为保证用户与

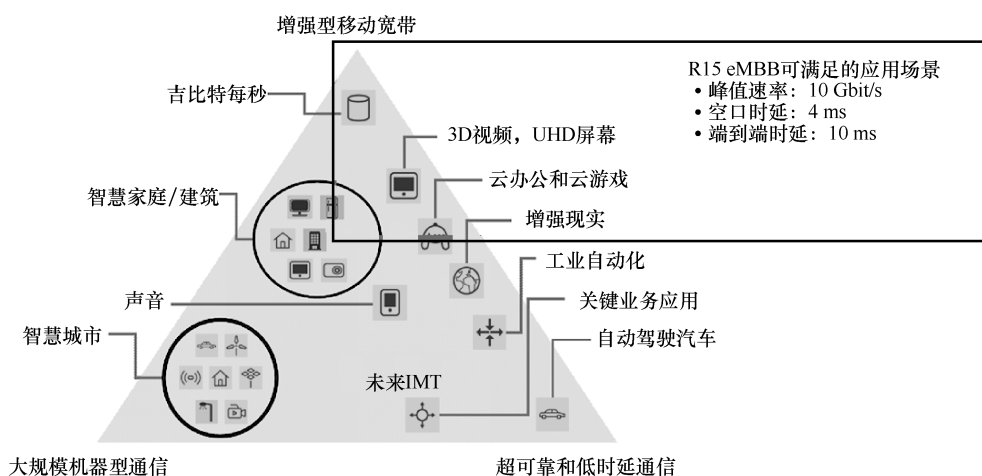


图 1 IMT-2020 愿景和 5G R15 现阶段满足的应用场景和网络能力示意图

表 1 5G 网络能力关键指标^[5]

网络	流量密度	连接数密度	时延	移动性	能效	用户体验速率	频谱效率	峰值速率
5G 目标	10 Mbit/(s·m ²)	100 万/km ²	空口 1 ms	500 km/h	100 倍	0.1~1 Gbit/s	3 倍	20 Gbit/s
5G R15	1 Mbit/(s·m ²)	1 万/km ²	空口 4~6 ms	350 km/h	3 倍	√	2 倍	10 Gbit/s



环境的互动体验，5G 网络需满足从感知用户头部运动到视觉反馈时延为 7~15 ms 以及从感知用户头部运动到听觉反馈时间不大于 20 ms 的要求。由于语音互动的网络时延要求在 100 ms 以内，在进行 VR 通信时，视频和语音需要同步，同步范围要求声音延迟在 5~125 ms，声音超前在 5~45 ms。5G 网络第一阶段提供的网络能力基本可以满足 VR/AR 对通信高带宽和低时延的要求，VR/AR 将会是 5G 网络的杀手级应用。

高质量 VR/AR 内容处理走向云端，在满足用户日益增长的体验要求的同时降低了设备价格。目前正在快速商用化的应用场景是广播、社交网络和内容提供领域，在体育赛事直播和现场活动直播互动的 VR 已经突破了传统业务体验。而在游戏、视频和广告领域也有越来越多的尝试。

2.1.2 智慧交通和辅助驾驶

智慧交通系统包含多种与通信有关的应用，旨在提高旅行安全性、减少对环境的影响、改善交通管理，并最大限度地提高商业用户和公众的交通效益。路边基础设施，如交通灯控制器和交通监控等，均需与交通控制中心无线连接，以达到管理和控制的目的。路边基础设施和交通控制中心之间的回传通信需要低时延、高可靠和高容量连接，通过在路边部署 5G 基站，沿城市街道和

高速公路每 1~2 km 部署，可满足智慧交通基础设施的要求。智慧交通无线路边基础设施要求见表 2。智慧交通系统的高可靠性和高可用性要求 R16 进行增强支持。

在辅助驾驶汽车方面，5G 网络可满足未来车与车、车与人、车与交通基础设施之间的通信需求，并保证车辆在高速行驶中的安全性。3GPP 需求组从无线通信角度为 5G NR-V2X 业务场景定义了相应的 5G 网络需求，具体见表 3。

从表 3 可见，5G 第一阶段网络能力可以满足车辆编队和低速远程驾驶需求场景中通信时延、传输速率和通信距离要求，但对可靠性的要求还有待 R16 技术来满足。

2.1.3 智能制造和工业控制

传统的智能制造和工业控制依赖于有线连接，有线连接具有速度快、支持高带宽和可靠性高的特点，但物理线路容易撕裂和磨损，且有线连接影响机器的机械设计。5G 网络提供的高可靠性、低时延、高上行带宽的无线连接能够满足工业控制应用的要求。智能制造和工业控制的业务需求可以涵盖原料的采购、搬运、质检，产品的生产，产品的质检验收，设备的维护和监控等多个环节。如果制造企业要充分利用工业物联网，就需要实施涵盖供应链、生产车间和整个产品生

表 2 无线智慧交通基础设施（ITS）应用场景和性能需求

应用场景	最大端到端时延	通信存活时间	通信服务可用性	可靠性	用户体验速率	消息大小	流量密度	连接密度	服务区域
无线路边基础设施	30 ms	100 ms	99.999 9%	99.999%	10 Mbit/s	小到大	10 Gbit/(s·km ²)	1 000/km ²	沿路 2 km

表 3 5G V2X 业务场景对 5G 通信的要求

场景	通信时延要求/ms	传输速率要求/(Mbit·s ⁻¹)	通信距离范围/m	可靠性要求
车辆编队	10~25	50~65	80~350	90%~99.99%
远程/遥控驾驶	5~20	上行：25；下行：1	无限制	99.999%或更高
先进的驾驶	3~100	10~53	350~700	90%~99.999%
扩展传感器	3~100	10~1 000	50~1 000	90%~99.999%

命周期的端到端解决方案。5G 第一阶段网络能力可以按需满足智能制造和工业控制的部分需求。

2.1.4 无人机业务

联网无人机可应用于农场,实时调查田野和农作物的状况。无人机和遥控器都与移动网络相连,通过 5G 网络可以控制无人机,也能够实时分析从无人机摄像头和传感器回传的视频和红外成像信息,为灌溉、肥料和农药分配的决策提供所有必要信息。

联网无人机还可以应用于现场直播,如使用无人机直播马拉松、F1 赛车等户外赛事。高质量的实时视频(如全高清、4K)通过移动网络从无人机回传到电视台。

联网无人机可以应用于各行各业。无人机在低空飞行时,需要保持与移动网络的连续连接,这就要求网络在低空飞行场景中支持连续的无线覆盖,无人机的远程遥控要求端到端时延在 10~30 ms,5G 第一阶段网络能力可以满足。

2.2 5G 满足垂直行业业务需求

从 5G R15 的网络能力和实际网络部署情况看,网络侧端到端时延除了从用户终端到无线 NR 基站

的空口时延(4~6 ms)外,规划部署时还需考虑传输接入或汇聚节点、传输距离、组网设备、边缘计算系统的理论时延,并留有一定冗余。因此通常认为 5G R15 无法满足网络侧端到端时延低于 10 ms 的业务需求,且无法满足超高可靠性专网业务需求。从应用行业、场景及 5G 网络能力总结出 5G 第一阶段商用网络满足的典型业务类型,如下所示。

- 5G 主要用于高清视频、VR/AR 类业务,如 4K 高清视频/VR/AR/MR 监控、直播、培训、交互式通信、游戏娱乐,可应用于各个行业。
- 5G 可用于远程操控无人机或机器人,无人机和机器人作为高清视频的载体,完成设备巡检、监控、远程医疗等的视频回传。
- 5G 可用于中低速(如低至 20 km/h)的远程驾驶、固定路线或封闭道路的自动驾驶业务,车辆低速时对远程控制通信的时延要求大大降低。

针对以上典型应用场景,以 VR 和无人机的业务指标要求为例说明,VR 业务的类型和网络指标需求见表 4,无人机通信网络指标需求见表 5。

5G R15 可满足大带宽的应用场景,为用户提

表 4 VR 业务的类型和网络指标需求^[1]

标准	入门级 VR	高级 VR	终级 VR
用户平均体验时间/min	<20	20~60	>60
视频分辨率	全视图 8K 2D (full frame resolution 7 680 dpi×3 840 dpi)	全视图 12K 2D (full frame resolution 11 520 dpi×5 760 dpi)	全视图 32K 3D (full frame resolution 23 040 dpi×11 520 dpi)
单镜头分辨率	1 920 dpi×1 920 dpi	3 840 dpi×3 840 dpi	7 680 dpi×7 680 dpi
帧率/(帧·s ⁻¹)	30	60	120
典型带宽	100 Mbit/s	418 Mbit/s	1 Gbit/s
典型网络 RTT/ms	30	20	10

表 5 无人机通信网络指标需求^[2]

无人机参数	参数要求和说明
指挥控制	遥测、自主无人机操作的路标更新、实时驾驶、身份标识、飞行授权、导航数据库更新等;单向时延 50 ms;上下行数据传送速率 60~100 kbit/s;分组丢失率<10 ⁻³
应用数据	视频流、图像、传感器数据等,上下行数据传送速率达到 50 Mbit/s
高度和速度	目标达到 300 m;水平速度达到 160 km/h



供更高速率和更好的业务体验。相比 4G 网络，5G 可提供 360° 视频、4K/8K 高清视频的直播娱乐节目和体育赛事；高速或中低速移动的交通工具上的信息服务；虚拟现实（VR）、混合现实（MR）、增强现实（AR）应用。为支持语音会话过程中的交互任务，5G 系统将支持交互式会话服务的低时延语音编码（100 ms，单向口对耳），涉及场景包括密集城区、重要体育、娱乐场所、会议中心等。网络可为用户提供的单用户体验速率见表 6。

5G R15 可满足端到端时延大于 10 ms 的低时延业务需求，可满足部分工业制造、智慧园区、监控专网等的应用需求。应用场景涉及工业制造和园区中的流程自动化控制，端到端时延要求

50 ms，如炼油厂的流程控制等；监控专网中的配电网络 and 智能交通系统，端到端时延为 10~25 ms。其中工业和园区应用场景只需局部无线覆盖，配电网络 and 智能交通系统需要广域无线覆盖。而对于工业制造中的运动控制，如对机械臂的操控，端到端时延要求在 1 ms 左右，R15 网络无法满足业务需求。低时延场景业务需求见表 7。

2.3 5G 第一阶段应用场景总结

从行业需求的角度看，网联无人机应用渗透到多个行业，高清视频应用已成为各个行业的工具，工业机器人应用于智慧工厂和园区，如图 2 所示。

综上所述，在 4G 到 5G 网络的革新和演进中，

表 6 5G eMBB 应用场景单用户体验速率需求^[3]

场景	体验速率 (DL) /(Mbit·s ⁻¹)	体验速率 (UL) /(Mbit·s ⁻¹)	全量用户密度	激活比	吞吐量/(Gbit·s ⁻¹)
城市宏区	50	25	10 000/km ²	20%	100
热点场馆	25	50	500 000/km ²	30%	750
密集城区	300	50	25 000/km ²	10%	750
高速公路	50	25	4 000/km ²	50%	100

注：吞吐量=全量用户密度×体验速率×激活比。

表 7 低时延场景业务需求^[3]

场景	端到端时延/ms	服务可用性	用户体验速率/(Mbit·s ⁻¹)
过程自动化远程控制	50	99.999 9%	1~100
电力分配（中电压）	25	99.9%	10
智能交通基础设施	10	99.999 9%	10



图 2 垂直行业业务需求归纳总结

用户增加、终端改进、资费下降、应用和内容更加丰富、技术进步等多因素将驱动数据流量增长。同时 5G 关键技术面向垂直行业连接和控制需求,将有效推动社会生活和工业生产的智能化进步。本文基于前期研究,提出 5G 一阶段主要面向的应用场景,具体如图 3 所示。

5G 网络的业务定位是满足热点区域大带宽需求和面向垂直行业的数字化、智能化的连接需求。

3 5G 面向垂直行业业务模型

根据以上分析,提出以下业务应用场景和模型。

3.1 业务应用场景

(1) eMBB 大带宽典型业务

- 360° 视频、4K/8K 高清视频业务;
- 虚拟现实 (VR)、混合现实 (MR)、增强现实 (AR)。

(2) eMBB 低时延典型业务

- 无人机指挥控制;
- 工业机器人远程控制;

- 低速远程驾驶。

(3) eMBB 主要应用行业和场景

- 娱乐节目、会议和赛事直播;
- 政府、交通、工业能源等行业的巡检、监控、维修等视频回传;
- 政府、教育、医疗、交通、工业能源、娱乐等交互。

3.2 业务模型分析

3.2.1 业务模型整体架构

5G 业务模型的关键要素包括各业务带宽、各业务时延、用户峰值速率、用户平均数据流量、小区峰值速率、小区均值速率。5G 网络的部署依赖于业务模型的确定。5G 移动网络和业务端到端组网示意图如图 4 所示。

本文重点关注 5GC 核心网、MEC 业务模型的分析 and 取定。典型业务的模型和无线网网络能力作为输入。

3.2.2 5G 第一阶段典型业务模型参数

根据以上分析的 5G 第一阶段典型业务场景

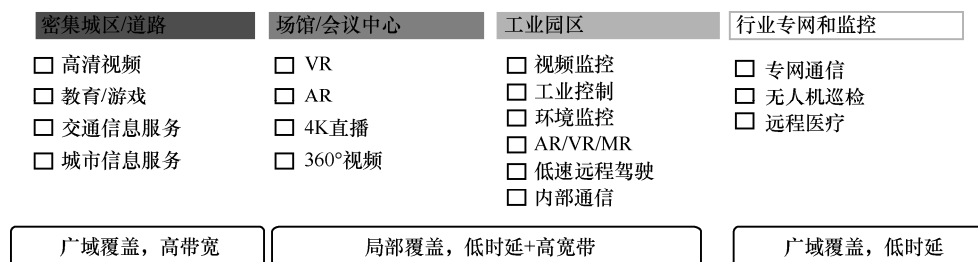


图 3 5G 第一阶段应用场景预判

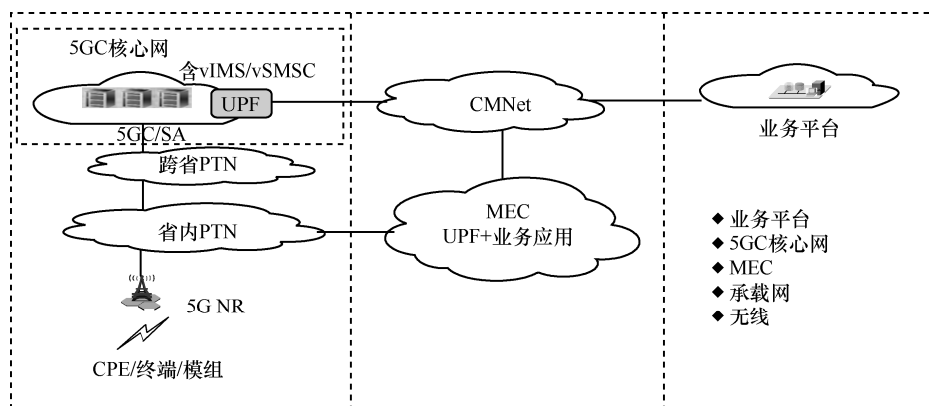


图 4 5G 移动网络和业务端到端组网示意图



和业务特征,提出 5G 第一阶段典型业务参考业务模型,见表 8。

表 8 5G 第一阶段典型业务参考业务模型

典型应用	接入带宽需求/ (Mbit·s ⁻¹)	端到端时延 要求/ms
4K 高清视频	25	300
VR/MR/AR	100	20
无人机应用	50	30
机器人应用	50	20
低速远程 驾驶 (<20 km/h)	50	20
Internet 上网	10	--

3.2.3 无线基站网络能力模型

无线基站网络能力模型包括小区峰值速率、单站速率和无线空口时延。

(1) 速率

根据无线网络在 3.5 GHz 频段上的 100 MHz 频段,天线采用 64T64R, UE 采用 2T4R 的仿真结果,确定 5G 单站吞吐量业务模型,见表 9。

表 9 单站吞吐量业务模型

参数	数值
小区峰值速率	6.8 Gbit/s
小区平均速率	814 Mbit/s
单站吞吐量(三扇区)	8.4 Gbit/s

单用户终端峰值速率可达 1.3 Gbit/s。

(2) 无线空口时延

从 UE 到 NR,采用 3.5 GHz 频段时,现阶段 R15 的空口时延为 4 ms;采用 2.6 GHz 频段时,空口时延为 6 ms。

3.2.4 核心网业务能力模型

5G 核心网业务模型主要实现两个目标,第一是根据业务的时延要求进行边缘计算系统的部署位置和部署规模分析;第二是根据用户平均数据流量确定核心网的建设规模。

(1) 各业务到 N6 接口的时延

各业务到 N6 接口的时延要求见表 10。

表 10 各业务时延预算^[4]

分组时延预算	业务
5 ms	远程控制
10 ms	智慧交通
10 ms	离散自动化控制
10 ms	低时延 AR
50 ms	实时游戏, 自动化监控
50 ms	V2X 消息
75 ms	紧急一键通话
100 ms	语音通话, 交互式游戏, 一键通话
150 ms	视频通话
200 ms	紧急数据通信
300 ms	非交互视频, TCP 业务

各业务用户面及 MEC 部署策略建议:对于时延预算为 10 ms 的业务,可部署 MEC 在骨干汇聚机房节点或以下,传输路由长度不超过 100 km;对于时延预算为 20 ms 的业务,视机房条件和未来发展空间可部署 MEC 至骨干汇聚机房节点或本地网核心机房,传输路由长度不超过 300 km;对于时延预算在 50 ms 或<100 ms 的业务,建议部署于本地网核心机房或省中心核心机房,传输路由不超过 500 km;对于时延预算要求≥100 ms 的业务,时延预算已不再是瓶颈,可依业务发展需求按需部署。

(2) 用户平均数据流量

2020 年 5G 商用初期用户平均数据流量预计达到 50 GB DOU。另外,网络呈现出的忙时正在趋于延长,忙时集中系数的取值范围已扩展为 10~16。真正驱动 5G 数据流量增长的是高清视频、VR 类大流量业务,从密集城区和热点场馆的吞吐量需求来看,网络吞吐量需求达到城市宏区的 7.5 倍,这些局部区域将会为网络贡献更高的流量峰值。对于热点事件或可预测的流量峰值转发需求,可采用临时部署的网络切片或 MEC 系统实现疏导和本地卸载。

综上所述,核心网流量模型应关注忙时平均流量需求,同时关注峰值流量的变化。单用户忙时转发速率=DOU/忙月集中系数(取定为:20~30)/忙时集中系数 $\times 8/3\ 600$ 。

3.2.5 5G 面向垂直行业业务模型总结

业务—核心网—无线接入网的业务模型关联关系如图5所示。

以上模型已完成业务定义、业务模型和网络能力模型,对于5G网络面向场景化、切片化和全生命周期的设计,还需要商业模式、质量要求等SLA的输入,结合网络切片部署策略形成功能模型、容量模型、流量模型、部署模型、可靠性模型、配置模型、监控模型。

面向5G网络规划的设计模型和方法概述如图6所示。

4 结束语

本文结合5G网络部署需求及5G业务场景分析,提出5G第一阶段业务特征和网络能力需求,进而给出5G部署场景预判和5G业务模型取定的方法论,指导后续网络部署。5G除满足手机用户增强型移动互联网需求外,未来作为满足多样化

垂直行业数字化转型的基础通信网络,将面临多样性终端接入、多种商业模式需求、多样化服务和质量需求。网络将引入网络切片,通过面向编排的设计态模型进行网络设计和实例化部署,未来还需要大量场景和模型的探索。随着5G标准和产业进一步推进,5G网络能力必将推动整个社会的数字化转型。

参考文献:

- [1] Huawei. White paper on the VR-oriented bearer network requirement[R]. 2016.
- [2] 3GPP. TSG-RAN2 meeting #98R2-1706013, RAN2 agreement on UAV requirements[Z]. 2017.
- [3] 3GPP. Technical Specification Group services and system aspects; service requirements for the 5G system; stage 1(Relase 15): TS22.261, V15.0.0[S]. 2018.
- [4] 3GPP. Technical Specification Group services and system aspects; system architecture for the 5G system; stage 2(Relase 15): TS23.501, V15.0.0[S]. 2018.
- [5] ITU-R. IMT 愿景——2020年及之后IMT未来发展的框架和总体目标[Z]. 2015.
ITU-R. IMT vision-the framework and overall goals for IMT's future development in 2020 and beyond[Z]. 2015.
- [6] 杨旭,肖子玉,邵永平,等.面向5G的核心网演进规划[J]. 电信科学, 2018, 34(7): 162-170.
YANG X, XIAO Z Y, SHAO Y P, et al. Core network evolution

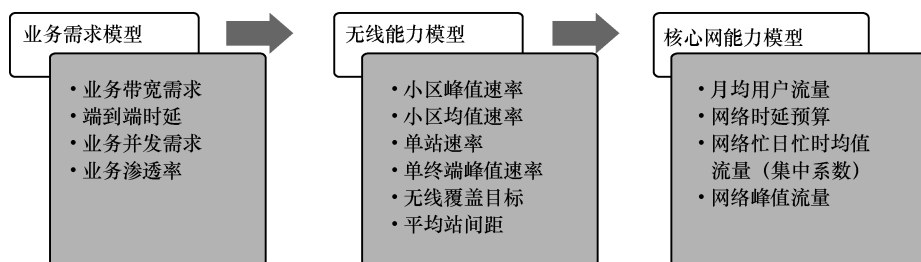


图5 业务-核心网-无线接入网业务模型汇总

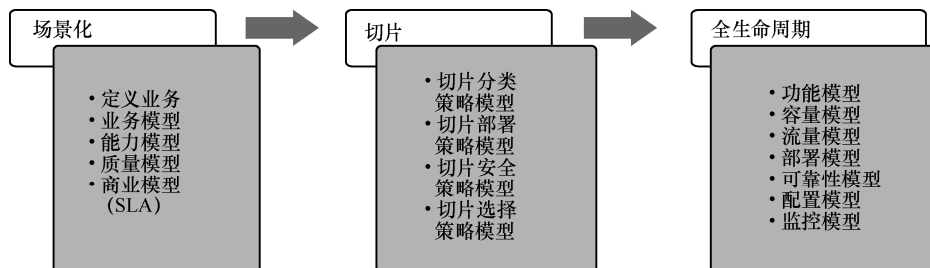


图6 面向5G网络规划的设计模型和方法概述



planning oriented 5G[J]. Telecommunications Science, 2018, 34(7): 162-170.

- [7] 周恒, 畅志贤, 杨武军, 等. 一种 5G 网络切片的编排算法[J]. 电信科学, 2017, 33(8): 130-137.

ZHOU H, CHANG Z X, YANG W J, et al. An orchestration algorithm of 5G network slicing[J]. Telecommunications Science, 2017, 33(8): 130-137.

[作者简介]



肖子玉（1969-），女，中国移动通信集团设计院有限公司网络所总工程师、教授级高级工程师，中国通信学会信息网络专业委员会委员，美国北卡罗来纳州立大学访问学者，主持完成 IMS 核心网、国际通信网、NFV、5G 等多项重点工程研究、咨询和设计项目。



韩研（1978-），女，中国移动通信集团设计院有限公司高级工程师、设计咨询总监，主要从事通信工程咨询、设计和研究工作，主要研究方向为移动通信核心网、国际业务网络、信息安全、5G 网络。



马洪源（1984-），男，中国移动通信集团设计院有限公司高级咨询设计师，主要研究方向为移动通信核心网。

杨旭（1985-），男，中国移动通信集团设计院有限公司工程师，主要研究方向为 5G 核心网、NFV、分组域核心网、物联网等。

赵远（1986-），男，中国移动通信集团设计院有限公司工程师，主要从事通信工程方面的咨询、设计和研究工作，主要研究方向为核心网 5G、NFV、CS/IMS、RCS、全业务、智能网、信令网等。

苏坚（1984-），男，中国移动通信集团设计院有限公司高级咨询设计师，主要研究方向为移动通信核心网、5G 架构演进、网络安全等。

邵永平（1978-），男，中国移动通信集团设计院有限公司高级工程师，主要研究方向为移动通信核心网、NFV、网络和信息安全等。