



5G

5G-Advanced 网络技术演进白皮书2.0（2022）

——面向万物智联新时代



简介

5G 网络商用正在全球加速推进，从产业发展驱动角度看，5G 通信被认为是个人消费体验升级和行业数智化转型的关键，全球的主要经济体均明确要求将 5G 作为长期产业发展的重要一环。从业务上 5G 将要进入千行百业，从技术上 5G 需要进一步融合 DOICT 等技术。因此本白皮书提出需要对 5G 网络的后续演进——5G-Advanced 进行持续研究，并充分考虑架构演进及功能增强。

本白皮书首先分析了 5G-Advanced 的网络演进架构方向，包括云原生、边缘网络和网络即服务，同时阐述了 5G-Advanced 的技术发展方向包括智慧、融合与使能三个特征。其中智慧代表网络智能化，包括充分利用机器学习、数字孪生、认知网络与意图网络等关键技术提升网络的智能运维运营能力，打造内生智能网络；融合包括行业网络融合、家庭网络融合、天地一体化网络融合等，实现 5G 与行业网协同组网、融合发展；使能则包括对 5G 交互式通信和确定性通信能力的增强，以及网络切片、定位等现有技术的增强，更好赋能行业数智化转型。2021 年 12 月 3GPP SA 全会确定了 R18 版本的立项范围。因此本白皮书刷新为 2.0 版本以包含最新的技术研究内容。

参编单位

中国移动，中国电信，中国联通，中国广电，SK Telecom，中国信息通信研究院，Etisalat UAE，du UAE，Omantel，STC KW，Zain
华为，爱立信（中国），上海诺基亚贝尔，中兴，中信科，三星，亚信，vivo，联想，IPLOOK，紫光展锐，OPPO，腾讯，小米

（排名不分先后）

贡献人员

中国移动：王丹、李永竞、李爱华、史晓楠、王玮
中国电信：陈卓怡、刘佳一凡
中国联通：任驰、马瑞涛
中国广电：李爽、张莹莹
SK Telecom：DongJin Lee、JoongGunn Park
中国信息通信研究院：张晶、王海梅
Etisalat UAE：Ayman Magdy Abousenna
du UAE：Ayman ElNashar
Omantel：Bernhard Merwe、Sudhir Kumar Tripathi
STC KW：Mohamed ElWakiel
Zain：Mohammed Almurshed、Mordi Alrashed



华为：阮韬、杨晓华、朱奋勤、伍勇、相建亭
爱立信（中国）：王春萌、王全波
上海诺基亚贝尔：晁华、陶涛
中兴：朱进国、周建锋
中信科：艾明、王胡成
三星：许丽香、Sangsoo Jeong
亚信：王淑玲、王达
vivo：吴晓波、谢振华
Lenovo：Dimitrios Karampatsis、唐廷芳
IPLOOK：王丹、周远长
紫光展锐：朱春晖、潘振岗
OPPO：卢飞、许阳
腾讯：张卓筠、雷艺学
小米：沈洋、刘建宁

（排名不分先后）

目录 CONTENTS

1 产业进展概述	01
1.1 5G 产业发展现状	01
1.2 5G 网络演进驱动力	01
1.2.1 产业发展驱动力	01
1.2.2 网络技术驱动力	03
2 5G-Advanced 网络演进架构趋势和技术方向	04
3 5G-Advanced 关键技术	06
3.1 智能化网络	06
3.1.1 网络智能化关键技术	06
3.1.2 网络支持 AI/ML 业务	08
3.1.3 智能网络应用场景	08
3.2 行业网融合	09
3.3 家庭网络融合	10
3.4 天地一体化网络融合	10
3.5 交互式通信能力增强	11
3.6 确定性通信能力增强	13
3.7 用户面演进	14
3.8 网络切片增强	14
3.9 定位测距与感知增强	15
3.10 组播广播增强	15
3.11 策略控制增强	16
3.12 邻近通信增强	16
3.13 移动算力感知及调度	17
3.14 无源物联网	17
4 总结和展望	18



01 产业进展概述

▶ 1.1 5G 产业发展现状

5G网络的全球商用部署如火如荼。截止2021年底，全球已经有78个国家和地区中的200个5G网络商用发布^[2]。在此基础上，已有上千个行业5G网络项目签署了商用合同，体现出5G在行业市场的快速发展。据GSMA预测，在未来5年中5G连接数将从2020年的2亿增加到2025年18亿^[3]。

整体而言，全球的5G产业仍然处于网络建设早期。而业界普遍认为，未来的6G技术至少将至2030年才会开始应用。因此无论从业务场景、网络技术，还是产业进程、部署节奏等各方面而言，未来3~5年仍将是5G发展的关键时期。

为此，3GPP在2021年4月举行的PCG #46^[1]次会议上初步确定以5G-Advanced作为5G网络演进的理念。后续，电信产业各方面将从R18开始逐步为5G-Advanced完善框架和充实内容。

而在端到端5G-Advanced网络演进过程中，核心网

的演进有着举足轻重的作用。一方面，核心网上接各种业务和应用，是整个网络业务的汇聚点和枢纽，也是未来业务发展的助推器；另一方面，核心网下连各种制式的终端及接入网，是整个网络拓扑的中心，牵一发而动全身。因此，基于实际业务需求推动5G核心网技术发展及架构演进，将有助于帮助运营商提升投资回报，有助于帮助行业用户更好地利用5G网络实现数智化转型。

2021年12月3GPP SA2全会通过投票确定了R18版本的28个研究课题，参与方包括运营商、网络设备商、终端及芯片厂商，充分体现出产业界对5G-Advanced核心网的广泛参与及高度关注。其中XR与媒体服务，边缘计算增强，网络智能增强分别代表了对5G新业务、网络架构与网络数智化的期望。

按3GPP后续工作计划，R18版本将在2023年底冻结第三阶段。因此预计5G-Advanced最早将在2024年开始商用部署。

▶ 1.2 5G 网络演进驱动力

1.2.1 产业发展驱动力

与前几代通信网络不同，5G被认为是行业数智化转型的基石。全球的主要经济体均明确要求将5G作为长期产业发展的重要一环。例如欧盟提出2030数字罗盘（Digital Compass）计划，明确制定了商业数字化转型、公共服务

数字化等纲要，并采用5G作为工业4.0发展的基础。作为最早部署5G的国家，韩国进一步加强5G+融合生态系统的构建，推进5G融合服务的发展。日本则持续推进B5G（Beyond 5G）对民生、社会的价值体现。中国也提出了

以坚持科技创新为牵引的、面向2035年的远景目标，并将持续深化“5G+工业互联网”作为当前的重要目标。

因此，5G-Advanced需要充分考虑架构演进及功能增强，从当前仍然以消费者为中心的移动宽带（MBB）网络成长为真正的工业互联网的核心。当前虽然可以利用网络切片、MEC（Multi-access Edge Computing）、NPN（Non Public Network）等功能为行业服务，但无论是网络部署形态、业务SLA（Service Level Agreement）保障能力、易运维能力、以及行业需要的一些辅助功能，5G网络当前的能力还有所不足，因此需要在3GPP R18及后续版本继续增强。

首先，未来XR（Extended Reality）将成为网络承载的业务主体，不但XR的清晰度将从8K向16K/32K甚至更高升级，面向行业应用的AR（Augmented Reality）业务场景也将从单终端通信演进到多XR协同交互，并在2025年左右得以快速发展。届时由于业务流量和业务特征的影响，XR业务对网络容量、时延、带宽等SLA保障将提出更高的要求。与此同时，基础电信业务仍然有着较大的发展空间。以远程办公为代表的多方视频通话、虚拟会议等将成为常态。在业务形式上，当前固定接入+视频+通话的会议方式，将转变为移动接入+富媒体+实时互动的多方远程协

作，例如企业员工在家可随时以虚拟形象接入企业办公环境并与同事进行高效沟通。因此，5G-Advanced需要提供新的话音网络架构和交互式通信能力增强，以满足现有以清晰话音为主的通信方式向全感知、交互式、沉浸式通信方式演进的业务发展需求，使能个人消费体验升级。

其次，行业数智化带来了远比消费者网络更为复杂的业务环境。工业互联网、能源互联网、矿山、港口、医疗健康、交通等不同行业的业务不但需要网络为它们提供差异化的业务体验，并且更需要对业务结果提供确定性的SLA保障。例如工业互联网需要上下有界的确定性通信传输时延，智能电网需要高精时钟同步及高隔离、高安全，矿山需要在地表下提供精准定位，港口需要远程的龙门吊控制，医疗需要实时的诊疗信息同步并支持超低时延的远程诊断，交通需要低时延的通信传输来支持远程驾驶和车辆编队等场景。因此5G-Advanced需要充分考虑对行业业务的确定性体验保障，包括实时业务感知、测量、调度并最终形成整体的控制闭环。针对不同行业，5G需要采用公众网络、本地专网、以及多种混合组网模式满足行业所需的业务隔离和数据安全需求，因此5G-Advanced应该从整体网络架构、组网方案、设备形态和服务支撑能力上匹配多样性的复杂业务环境。



1.2.2 网络技术驱动力

5G-Advanced演进在技术上呈现为ICT技术、工业现场网技术、数据技术等全面融合的趋势。

4G之后的通信网络充分引入IT技术，普遍采用电信云作为基础设施。在实际的电信云落地过程中，NFV（Network Functions Virtualization）、容器、SDN（Software Defined Network）、基于API（Application Programming Interface）的系统能力开放等技术都得到了实际的商用验证。

另一方面，网络边缘是未来业务发展的中心，但其商业模式、部署模式、运维模式、尤其是资源可获得性以及资源效率均与集中化部署的云计算存在较大的差异性。Linux基金会提出，在将Cloud Native理念引入边缘后，也需要结合边缘的各种特征而形成边缘原生（Edge Native）^[4]的应用形态。因此，5G-Advanced的演进中需要综合云原生与边缘原生的特点，通过同一个网络架构实现两者的平衡，最终走向云网融合、云网一体的长期演进方向。

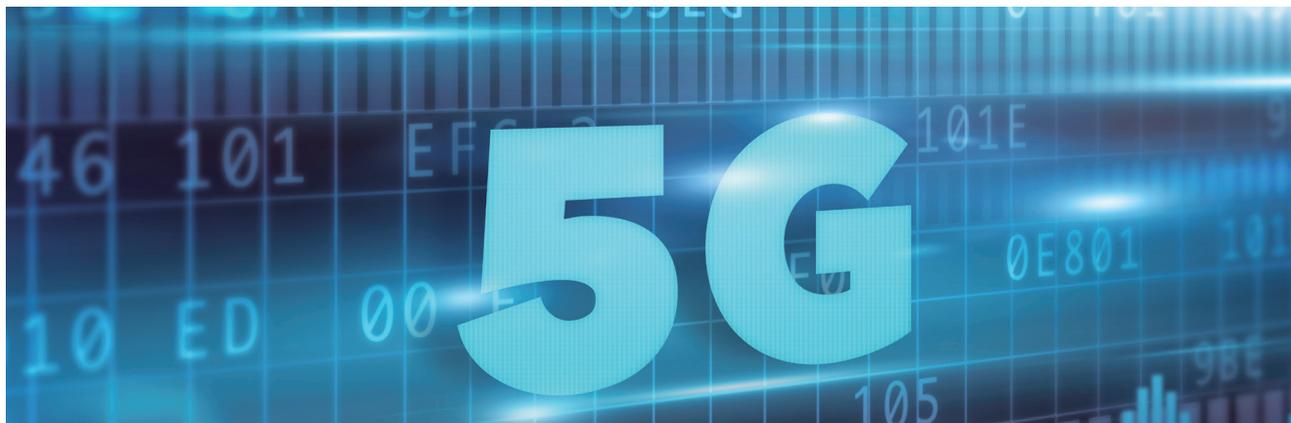
对于CT技术本身，5G-Advanced需要进一步发挥网络融合的能力。这些融合包括对不同代际、NSA/SA不同模式的融合，也包括对个人消费者、家庭接入与行业网络的融合。此外，随着卫星通信的演进，5G-Advanced核心网也将为面向地海空天一体化的全融合网络架构做好准备。

除ICT技术外，未来将有更多的来自生产运营的需

求，并通过OT技术（Operational Technology）为移动网络带来新的基因。例如面向工业制造的产业互联网与传统消费互联网不同，其对网络质量有着更为严苛的需求，需要考虑部署极简高效的5G网络。基于机器视觉的质检场景需要网络同时支持大带宽和低时延能力；远程机械控制需要网络支持确定性传输、可保障可承诺的连接数以及带宽；面向柔性制造的智能产线还需要网络提供精准定位，数据采集等能力。为此，无线接入网络需要具备媲美有线接入的可靠性、可用性、确定性和实时性。在CT的OT中引入IT和DT以及AI，实现CT的OT与IT、DT以及AI的融合。将成为移动网络发展的一个重要方向，5G-Advanced网络将成为构建工业环境下人、机、料、法、环全面互联的关键基础设施，实现工业设计、研发、生产、管理、服务等产业全要素的泛在互联，是工业数智化转型的重要推动力。

此外，DT(Data Technology)技术也将为网络演进注入新的动力。数字经济的发展基础是海量连接、数字提取、数据建模和分析判断。5G网络与大数据、AI（Artificial Intelligence）等技术结合，可以实现更加精准的数字提取，基于丰富的算法和业务特征构建数据模型，基于数字孪生技术做出最合适的分析判断，并反向作用于物理实体，从而充分发挥数智化效应，进一步推动网络演进。

综上，DOICT的全融合将共同驱动网络变革和能力升级，助力全社会全领域的数智化发展。





02 5G-Advanced 网络演进架构趋势和 技术方向

为了满足个人消费者体验升级和行业数智化转型的需求，5G-Advanced网络需要从架构层面和技术层面持续演进，以满足多样化业务诉求，提升网络能力。

在架构层面，5G-Advanced网络需要充分考虑云原生、边缘网络、移动算力感知及调度以及网络即服务理念，持续增强网络能力并最终走向云网融合、算网一体。

-云原生（Cloud Native）是在电信云NFV基础上的进一步云化增强，以便更快的实现5G网络的灵活部署和功能的灵活开发和测试。云原生需考虑通过软件优化提高对硬件资源占用效率，考虑引入云化的安全机制实现基础设施内生安全，同时兼顾电信云资源的可管可控和可维护性，保障电信云的健壮性。

-边缘网络是分布式网络架构与边缘业务相结合的高效部署形态。

-移动算力感知及调度通过加强5G网络对算力的感知，实现5G核心网与边缘计算，边缘计算间的协同，为用户及业务提供最优路径及最佳体验效果，形成算网一体

化服务。

-网络即服务(Network as a Service)模式使5G系统变得高度灵活，可以适配垂直行业需求的各种定制化方案，其具体实现形态可以是5G网络切片，也可以是独立部署的网络。5G核心网的SBA服务化架构设计深入网络逻辑内部，有助于运营商全面掌控网络，贴合“网络即服务”的5G网络发展目标。SBA的设计使得5G网络功能(NFs)可以进行无状态开发。它允许对NFs进行模块化、灵活和以应用程序为中心的更高效通信。SBA的一个重要特点是，通过使用基于请求/响应和订阅/通知的方法，有效地管理和控制NF服务之间的各种通信。SBA架构允许对NF服务进行具备鲁棒性的伸缩、监控和负载均衡。

运营商以SBA为网络基础、以网络切片为服务框架、以网络平台为核心、以关键网络功能API为抓手，构建敏捷定制化5G能力，帮助用户深度参与到网络服务的定义和设计中，提供差异化的业务体验及更高的业务效率，使得联接与计算共同成为5G服务行业发展的强大助推器。



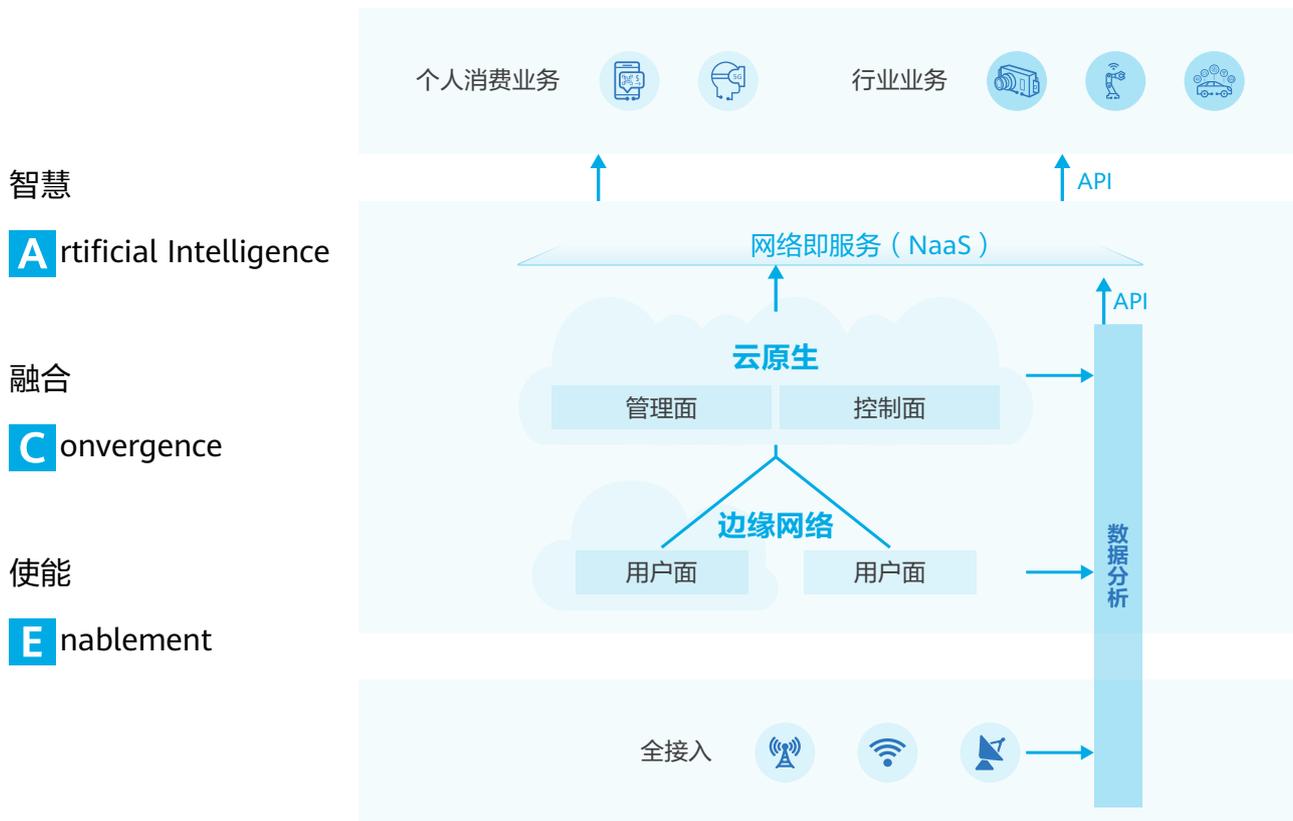


图 2.1-1: 5G-Advanced 网络架构

在网络特征与网络功能层面，未来用户对网络有着越来越复杂多样的需求，基于此，5G-Advanced需要具备智慧（AI）、融合（Convergence）和更丰富使能（Enablement）的特征，即ACE。

-智慧（AI）：随着5G网络在行业网络中的应用发展，网络规模日益扩大，业务场景日益丰富，网络功能和管理变得愈加复杂。传统网络需要大量手动配置和诊断，带来较高的管理开销，因此需要引入智能化来协助提升从网络功能到网管协作的各个层面的服务能力和服务质量。

-融合(Convergence)：多种接入方式融合、多张网络融合是5G-Advanced网络演进的大趋势。在5G应用于

行业之前，各个行业经过漫长的应用与演进，形成了彼此独立的网络，出现了多样化的终端、接入方式与传输方式。网络的通用性极差，导致了新功能迭代时间长、设备价格高昂、技术发展缓慢等问题。因此，天地一体化、工业互联网等多行业多协议融合的下一代网络成为新趋势。

-使能（Enablement）：随着5G网络在行业中的应用，网络能力持续丰富和提升，并逐渐由基础设施向业务使能者的角色演变。网络确定性、定制化、面向行业需求的自演进等新能力的引入，都将助力5G-Advanced更好地为行业用户提供按需定制的网络，真正实现网络即服务。



03 5G-Advanced 关键技术

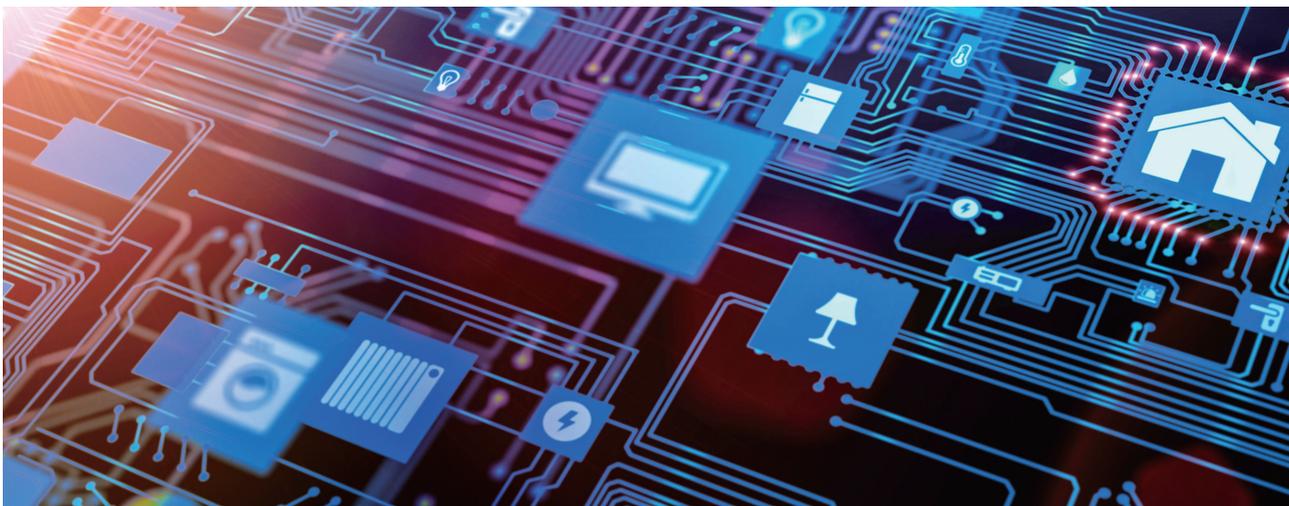
▶ 3.1 智能化网络

3.1.1 网络智能化关键技术

网络资源虚拟化、业务多样化、以及网络切片、边缘计算等5G新能力的不断引入，给5G运营和商用带来挑战。通过智能化技术在电信网络中的应用和融合，可提高网络效能，降低运维成本，提升网络智慧运营水平。

从3GPP Rel-16开始，为了推动网络智能化，在网络基础架构（SA2）和网管（SA5）技术标准化层面开展了持续推进。NWDAF是3GPP SA2在5G引入的标准网元，是AI+大数据的引擎，具备能力标准化、汇聚网络数据、实时性更高、支持闭环可控等特点。3GPP不但定义了NWDAF在网络中的位置以及和其他网络功能的交互协同，也定义了NWDAF部署的灵活性。NWDAF可以通过

功能嵌入的方式部署在特定的网络功能单元，也可以独立部署。通过网元内生智能结合独立NWDAF的跨网元协同，完成网络智能的闭环操作。同时，NWDAF还将构建AI模型在网性能的自评估、自优化机制，这将为AI与网络的深度融合提供了重要的落地支撑。MDAS是3GPP SA5正在研究的服务能力，是网络和服务管理与编排的自动化和认知的一个使能器。它与人工智能（AI）和机器学习（ML）技术相结合，为网络服务管理和编排带来了智能化和自动化。MDAS基于网络管理数据的数据处理和分析功能，可实现对网管领域数据价值挖掘；可结合AI/ML技术对网络管理数据进行处理和分析，进而输出分析报告及



相应的网络管理操作建议，以促进网络管理及编排的智能化和自动化，实现网管域的闭环管理。NWDAF与MDAS可相互协同，尤其在跨域和端到端领域，NWDAF可为MDAS提供数据和本地化分析结果，助力MDAS进一步构建端到端的智能能力。

随着5G网络的演进，网络变得越来越复杂，网络运维的复杂性也相应增加，这就要求网络是一个高度智能化，高度自动化的自主网络。一方面网络需要根据自身和环境的变化，自动调整以适应快速变化的需求；另一方面，网络也需要根据业务和运维要求，自动完成需要的网络更新和管理。为满足这些需求，以下人工智能领域技术可为5G-Advanced网络智能化发展提供参考：

-机器学习作为网络智能的基础技术，可广泛地分布于5G网络中各节点及网络控制管理系统中。基于5G系统生成的丰富的用户和网络数据，并结合移动通信领域的专业知识，可以构建灵活多样的学习框架，形成一个应用广泛、分布与集中相结合的网络智能化处理体系。

-以认知技术为基础，将移动通信领域的专业知识内置到算法，充分利用5G网络生成的大数据，增强网络运

营智能化程度，以实现复杂多样的业务目标。

-意图驱动网络使得运营商能够定义期望的网络目标，系统可以自动将其转化为实时的网络行为，通过意图维持对网络进行持续地监控和调整，从而保证网络行为同业务意图相一致。

此外从架构层面，5G-Advanced网络可进一步优化5G网络生成的大数据的应用，具体通过支持如下的增强实现：

-分布式可信AI架构：例如通过联邦学习来支持多个网络功能之间、终端之间、网络功能与终端之间、网络与行业应用的AI单元之间共同学习训练。这样既能有效增强训练效果，又保护数据隐私。此外，NWDAF可服务拆分、分层部署，灵活地构建分布式智能网络体系，更好地应对差异化的业务需求。

-使能层的数据分析框架：除了分析核心网域的大数据，还包括管理域、应用域的大数据分析以优化实现业务目标。

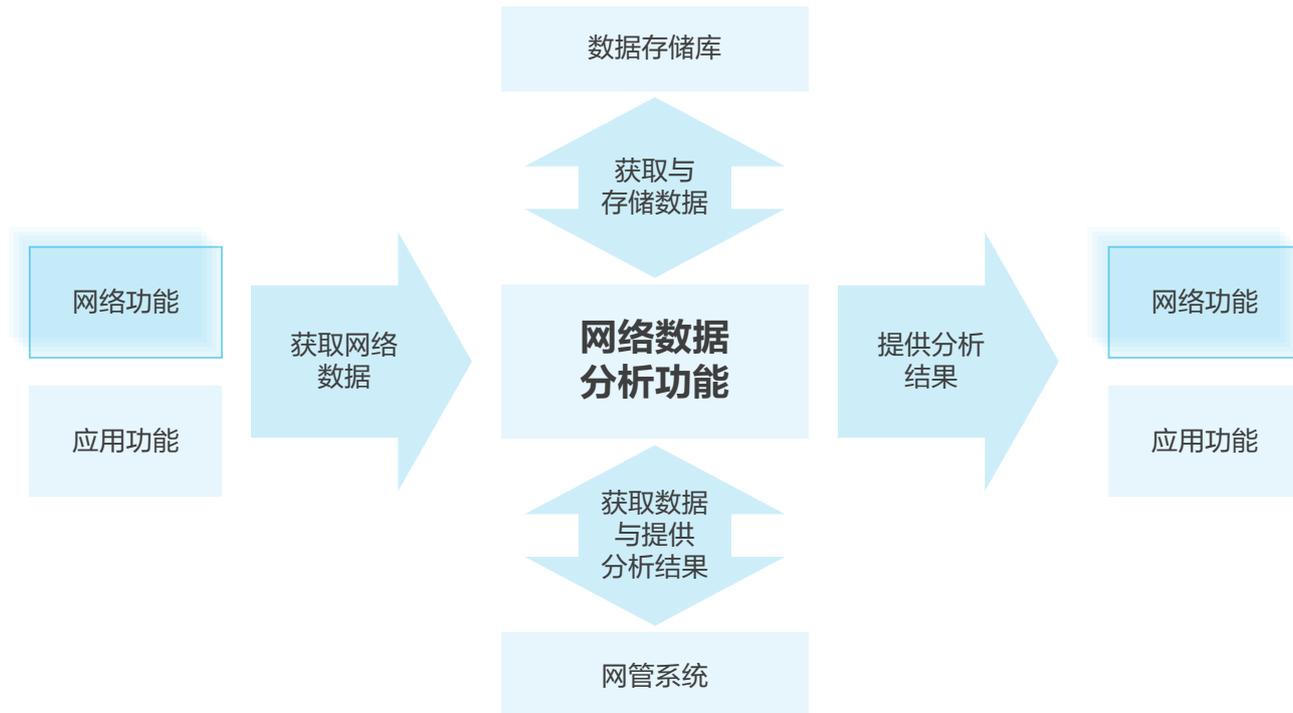


图 3.1.1-1: 基于 NWDAF 的 5G 网络智能架构^[5]

3.1.2 网络支持 AI/ML 业务

利用AI/ML技术更好的实现如自动驾驶、健康监测、语音交互等智能化应用是未来的发展方向。5G-Advanced网络可以为AI/ML业务提供良好的管道能力、按需的信息开放能力和高质量的信息共享能力，从而实现高效的模型推理、模型训练和下载以及分布式/联邦学习等业务。

具体来说，1) 对于AI模型推理，由于算力和隐私限制，5G-Advanced网络与AI/ML应用可以通过有效的协商交互以达到AI/ML业务体验不受影响的目的。2) 对于模型训练和下载，在成千上万的AI模型适配到各种各样的场景中，终端需要按需获得适配当前场景的AI模型。由于5G-Advanced网络具有全局性的优势，可以对任意终端

按需进行评估，提供高价值信息以便辅助应用层模型训练的快速完成；并且帮助应用及时感知终端行为，及时将适配场景的模型发送给终端使用。3) 对于分布式/联邦学习，为了打破终端的数据孤岛问题，充分利用大量终端本地数据形成有效全局数据集，高效完成模型训练。5G-Advanced网络支持应用层分布式/联邦学习有助于算力分担、隐私安全、无线资源高效利用等诸多方面。

5G-Advanced网络将有助于打破通信网络和上层应用之间的资源隔离，形成优势互补，对于提升AI/ML业务的效率做出有效贡献。



3.1.3 智能网络应用场景

为实现智能网络构建，赋能各行各业数智化转型，5G网络需要在网络各领域不断引入AI技术。对内可服务网络、安全、管理等领域，将云网的大数据资源通过人工智能算法转化为云网的智能规划、业务分析、故障诊断、动态优化能力。5G网络通过引入AI技术，可实现完整的业务体验优化闭环，包括对用户体验进行智能的评估与监测，需结合业务需求、网络能力进行智能综合分析，通过业务体验反馈机制，进行策略的调整和闭环跟踪，包括引导用户接入网络的方式和接入频段等，实现网络成本和业务体验的最优匹配。例如通过智能数据分析，建立用户体验指标与QoS指标的关系模型，并基于该模型实时评估和监测

当前业务的用户体验质量；分析挖掘用户的通信习惯，通过网络智能识别用户当前在使用的业务，从而形成最佳匹配于用户/业务与网络的差异化QoS参数；通过联邦学习等隐私计算方法，面向网络KPI与应用体验数据进行数据不出本地的联合建模，实现网络服务质量的智能对账；使用强化学习等优化决策算法对切片资源和用户进行综合调度和优化，实现切片资源和用户的智能调度，保障切片业务的体验质量；基于AI的多接入协同，保障多接入资源得到充分利用的同时提高用户体验。

网络智能技术对外可以充分支持自动驾驶、AR/VR、智能定位和感知等多类型AI/ML业务。通过开放智能QoS

预测能力，可以使应用及时调整操作方式以更好的适配网络，比如对于V2X应用，当收到网络的预测QoS无法满足自动驾驶要求时，及时调整为辅助驾驶。同时，充分利用电信行业的算力、数据和场景优势，重新定义端管云生态，构建电信行业的新商业模式。在许多特定的应用场景需要云边端协同工作，通过数据采集、模型训练、智能模型推理，可以实现灵活的资源编排和调度，完成特定的业务逻辑。

云网边端的可用计算能力状况和网络状况是实时动态变化的，在引入人工智能技术对计算负载和网络负载进行合理预测的基础上，运营商可以对云网边端中的算力、存储和网络连接等多维资源进行联合优化调度，实现云网边端资源的一体化调度和动态分配，在满足业务服务质量要求并取得资源效率全局优化的前提下，使业务负载在云、网、边、端全域异构资源上合理、灵活地部署和迁移。

▶ 3.2 行业网融合

5G与行业网融合将会成为5G-Advanced网络面向垂直行业客户的一个重点场景。5G网络在行业网络中，凭借无线化、移动性等优势，能带来更多的业务价值，如人员保护、生产柔性化等。从组网角度，不仅能大幅降低有线组网的复杂度和人力成本，更能帮助行业客户实现“一网到底”的理想。例如，在工业制造领域的现场与车间组网中，5G可在垂直层面简化多层次的有线网络层次实现网络扁平化；基于5G确定性能力的差异化保障，5G可以实现现场网络的IT网络（如设备运维数据采集）与OT网络（如PLC控制）合一。

行业专网的特点在于为第三方客户在自身的运营管理范围内提供灵活按需的定制化网络。5G行业专网可将企业自身的网络体系与5G网络融合，构建统一管理、无缝切换的融合行业网络。

融合的行业网络主要分为以下几方面增强：

1) 网络组网互通增强：

5G-LAN技术可利用5G网络代替当前工业领域的局域网，解决在当前的工业网络中线缆移动性限制，光纤铺设成本高的问题，为行业用户提供了快速灵活组建移动专网的能力。5G-LAN通过组的概念定义了虚拟网络，支持组内点对点和对多点的通讯。5G-LAN组可以部署一个UPF，也可以部署多个UPF，支持UPF内的本地交换，也支持跨UPF的组内通讯。通过开放API接口使得第三方能够灵活的创建或者修改通讯组，从而实现组的动态管理。5G-Advanced对5G-LAN可以在以下方面进行的技术增强：

-进一步研究工业网络中的新需求，在移动网络二层数据传输方面进行增强，扩大5G-LAN在工业网络中的应用场景。例如，工厂场景需要网络间具有服务连续性的组

通信、5G LAN中的动态组通信、5G-LAN组QoS支持。

-目前5G-LAN只支持一个组由单个SMF服务，未来将扩展到一个组跨多个SMF，从而实现广域范围的互联互通。

-固定网络和移动网络的融合，5G-LAN需要和传统工业有线局域网进行互通和融合。

此外在5G行业专网组网中，企业可对于终端地址进行统一管理。通过构建N3IWF网络功能，还可支持实现行业现有网络与5G专网的融合覆盖与切换。

2) 网络管理增强：构建面向企业的统一网管监控体系，简化网络管理流程，打破烟囱式管理模式；

3) 网络安全增强：由运营商部署运维的行业网需要在安全和可靠性方面满足企业要求。行业网与公网按需实施有效的隔离，其中一个可能的方式是支持行业专网（如PNI-NPN等）。安全保障能力包括：接入终端与卡号鉴权、拓扑隐藏等，企业甚至会对行业专网接入的所有数据进行防火墙过滤，从而确保敏感数据不出园区；可靠性能力包括：接入可靠性、资源按需占用性和连接的可靠性。



▶ 3.3 家庭网络融合

家庭网络会成为5G-Advanced网络覆盖的一个重点场景。运营商发现用户晚间在家时，会出现移动数据流量高峰。如果消费者使用新业务如手机游戏或高清移动电视时，这种情况更加明显，因为这些服务需要更高的数据速率。

高数据速率服务如交互式应用，未来可能在更高的频段承载以获取更多的带宽。然而这些较高频段如何为室内提供覆盖正在成为网络发展的一个挑战。室外基站可能无法提供足够的室内覆盖，可考虑引入中继或室内基站，来为消费者提供无处不在的覆盖体验。

家庭网络有其自身特点：设备移动范围较小；接入数量较多，且接入设备类型较多；对网络的可靠性要求不高，但是对协议转化要求较高；对带宽需求明显；可能有很多近距离通信需求。

面向未来的家庭智慧物联，入网的终端将会多种多样，采集到的数据也是多样化的。如何实现这些多样化采集数据的同步传输，并结合AI算法，更加准确的判断出人员行为、预测设备状态、进行智能调控，会成为下一阶段家庭网络技术研究的重点。



▶ 3.4 天地一体化网络融合

5G网络不仅提供更高速的数据传输服务，更将提供无处不在的移动网络接入。然而，在偏远地区，例如山区、沙漠、远洋等，5G网络建设和维护的成本极高，因此无法通过传统地面5G基站在偏远地区提供无缝的5G网络覆盖。随着航空航天技术的发展，宽带卫星通信已经可以地面蜂窝网络难以比拟的成本优势来实现广域甚至全球

覆盖。因此，5G网络应充分融合卫星通信，取长补短，共同构成全球无缝覆盖的天地一体化综合通信网，满足用户无处不在的各种业务需求。

目前5G网络已支持基站采用5G NR空口制式，允许终端通过卫星基站接入统一5G核心网，支持卫星工作在

透明转发模式，但在语音业务、传输时延等方面存在一定的局限性。未来支持天地一体化网络融合的5G-Advanced网络将具备如下特点：

-支持不同轨道高度的卫星网络与地面5G网络的融合，如低、中、高轨不同的移动性管理策略。

-卫星提供无线接入时，可工作在弯管模式或再生模式，分别提供数据透明转发功能和星上信息处理功能，支持星地或星间组网，支持终端同时使用卫星接入和地面接入，以优化业务数据传输，支持卫星接入或者地面接入属于一个或者多个运营商。5G核心网应能够针对通过卫星接入的终端，采用增强的移动性管理机制，例如支持基于终端位置的接入控制，支持终端在卫星接入与地面接入之

间无缝切换，基于卫星接入的类型进行策略与QoS控制，以及支持非连续卫星覆盖时的寻呼增强和终端节电增强。支持基于网络的定位来满足非GNSS终端定位需求。

-基站使用卫星网络提供的回传服务时或者星载基站，核心网应能够感知卫星网络的特征（例如时延、带宽等），并在考虑卫星移动和整个星座系统情况下，进行策略与QoS控制，以及向应用层开放回传能力以辅助应用层的适配。

-在主要业务应用上星的情况下，支持UPF上星，使卫星可以提供边缘计算服务，以减少传输时延和回传资源；支持通过星上UPF完成UE间通信数据的本地交换，减少通信的端到端时延，提高通信效率。

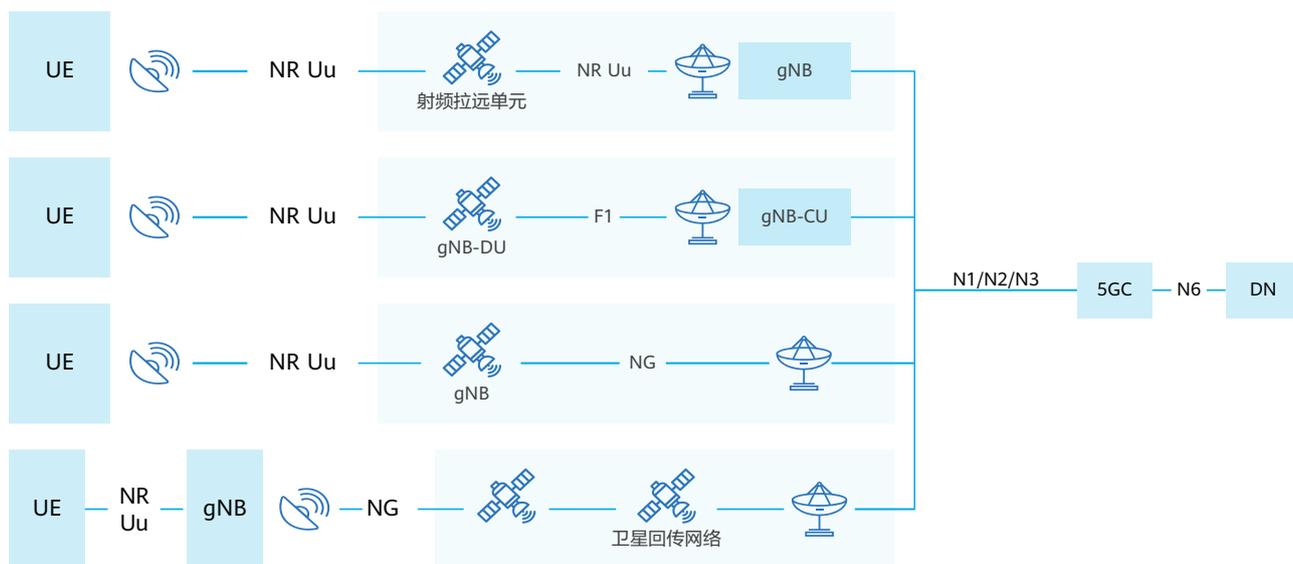


图 3.4-1：融合卫星系统的 5G 网络

▶ 3.5 交互式通信能力增强

随着5G网络实现连续覆盖、智能终端大屏化和AR/VR/XR等新媒体终端的成熟，用户实时通信的诉求不再局限于音视频。触、摸、拖、拽等操作的互动，针对同一事务共同协作，使沉浸式视频通信等成为可能。实时通信将向高清化、交互式、沉浸式及开放性的交互式通信演进^[6]。

交互式通信在实时通信的基础上搭载新的数据传输通

道，为用户提供除音视频之外的更丰富的实时交互服务。不仅提升消费者通信体验，如个性呼叫、远程协作、AR社交、VR通信等；而且提升企业沟通效率，如企业名片提升外呼电话可信及接通率，可视菜单提升选择效率和客服满意度；同时提供了更开放的网络能力，使能更丰富的行业应用场景。如打车应用、企业园区通信及互动远程教育等。

3GPP Rel-17针对云游戏和XR等交互式业务定义了新的5QI和QoS参数等，而在5G-Advanced阶段，交互式通信还需要如下关键技术支撑：

-IMS Data Channel: 通过建立与音视频通话同步的数据通道，在音视频通话中实现屏幕共享，叠加AR，甚至是听觉、视觉、触觉、动觉、环境信息等同步的全沉浸式体验。

-分布式、服务化融合媒体: 构建统一的融合媒体面，同时支持音视频、协作、AR/VR等媒体，分布式部署，就近调度，满足此类业务的低时延及上行大带宽需求。研究媒体控制接口服务化，以灵活满足不同业务的差异化需求，如转码、放音、Data Channel等，提升媒体资源分配效率，缩短新业务上市时间。

-通话应用可编程: 终端除了需要支持IMS Data Channel，还需要支持通话应用可编程，支持Web引擎实时处理数据通道的业务数据并实时在用户UI呈现，可以灵活扩展业务。

-第三方ID可信接入: 企业服务电话经常被当做骚扰电话拒接，导致沟通效率低下。需要定义运营商与企业的联合认证机制，能够在呼叫接续时携带经过认证的主叫身份和呼叫意图信息，确保企业服务电话是可信的，提升呼叫接通率。

-全新QoS机制: 网络侧针对多流业务进行分层编码和分层传输，并提供不同的5QI进行QoS保障；识别不同的数据包并以更细粒度实施QoS控制（例如，延迟，或可靠性）；引入新的QoS参数（例如新的等待时间要求，可靠性，带宽）以支持触觉数据或传感器数据传输；支持感知媒体业务特征的QoS机制，基于业务特征信息对业务流的不同数据包提供差异化QoS调度；面向XR业务的端到端时延保障机制及去抖动机制。

-增强多媒体数据流协同: 触感通信可支持多维数据采集，从而用于全面表征业务特征。这种新的通信模式需要实现多业务流间的传输协同和统一的调度，保障数据包同步到达处理服务器或终端。

-增强的网络能力开放机制: 针对AR/VR等强交互性业务场景，5G系统可通过开放更多更实时的信息来支持更好的用户体验以及更高效网络资源利用。

-增强的移动性管理和节能机制: 面向XR和多媒体业务的新型移动性管理和能耗优化，提升终端的待机时间和业务体验，让用户在移动场景下更好享受沉浸式的多媒体服务。

-为确保XR业务体验, 可考虑针对占用网络资源较高的多媒体业务提供资源保障能力。



▶ 3.6 确定性通信能力增强

3GPP自R15开始定义确定性通信的能力，并在R16及后续标准从空口、核心网、组网与集成、SLA保障架构、URLLC等不同维度持续增强。3GPP R16定义了较为完整的5G集成外部TSN网络的组网模式，也称TSN Bridge集成模式。3GPP R17开始定义了5G独立组网模式的确定性通信架构，以适应更多的组网场景。但目前系统级的确定性保障网络架构仍不够完善，难以实现SLA/QoS的端到端确定性保障。5G-Advanced中，确定性通信能力增强需要覆盖确定性网络服务的管理与部署、度量、调度与协同保障等端到端领域和流程。

1) 增强确定性网络服务的管理与部署能力：实现行业客户业务场景KQI需求到网络KPI需求的完整转换，并将网络KPI需求进一步完整分解映射到各网络子域的KPI与确定性能力需求。基于建模仿真功能，预测并验证特定网络中上述的转换、映射与分解结果能否满足业务需求；并提前对网络部署和配置进行对应的修正和调整，该机制可大幅避免业务上线过程中的复杂度和降低潜在的后带来的业务损失风险。

2) 增强确定性网络的度量能力：当前网络KPI数据基于统计周期平均值，难以匹配高确定性应用低至毫秒级别的发包周期需求。因此，5G-Advanced网络需要实现时延、带宽、抖动等相关KPI的精确度量，基于此才能进行有效增强调度和保障。

3) 增强确定性网络的调度与协同保障能力：突破5G单域系统的边界，提升系统级确定性传输能力，实现SLA/QoS可预测，可承诺。5G-Advanced 将在下面几个方面不断增强：

-完善应用感知：基于应用主动通知、网络深度感知业务数据特定格式与编码等方法，实现5GS对于应用以及多业务流的特征和优先级感知。不仅感知周期性业务，也支持非周期业务感知。

-丰富调度手段：基于应用感知，可使得能流级调度、业务内流间调度、业务级调度等多种调度模式。

-网络与应用协同：基于感知业务的发送特征和优先级，构建包括应用以及E2E网络在内的闭环确定性协同。通过双向接口，实现应用数据发包与端到端网络调度的同步，通过反向调整应用，规避多业务并发导致的拥塞。

-E2E 5G网络各域内部协同：基于CN与AN协同，支持RAN实现最优差异化调度，确保整体QoS最佳。该机制可提升URLLC空口容量，同时降低调度等待时延，如上行时延。

-网络与终端协同：按需提供多终端多连接的主备连接、双方选收等增强模式，提升传输链路可靠性。

4) 根据产业需求，5G-Advanced网络按需对5G支持TSN做进一步增强：

-在支持IEEE TSN全集中式配置模型基础上，扩展支持其他TSN配置模型（例如分布式）。提升灵活组网和创新应用部署的能力，提升业务部署的动态控制和可扩展性。

5) 目前对精准时间同步有要求的行业大多依赖全球导航卫星系统（GNSS），为解决恶意攻击、空间电磁干扰、室内信号弱、接收机耗电等问题，5G系统需要提供定时服务，并在极端情况下作为GNSS系统的备份或补充系统，为公网和垂直行业用户持续提供精准的时间同步服务。



▶ 3.7 用户面演进

UPF应能够支持来自eMBB、URLLC、mMTC的不同类型的5G服务。由于UPF与控制平面功能分离，UPF目前聚焦于包处理优化。

随着5G网络部署，垂直行业对边缘场景下的5G需求越来越明确。5G UPF可根据市场需求下沉部署，并按需进行能力扩展，这就要求5G UPF具备灵活开放的能力，

支持功能按需定制并能够快速上线。通过SBA设计支持其他网络功能对用户面能力的调用。针对行业客户关注的如高精度位置信息、用户面负载情况、网络时延、网络切片信息、计费等特定信息可按需通过5G UPF进行开放。为了将UPF更好地纳入5GC SBA整体框架，R18版本支持通过NRF发现和注册/注销UPF能力开放服务。该服务可以开放UPF自身信息给需要的网络功能。



▶ 3.8 网络切片增强

网络切片是一种按需组网的技术。网络切片技术在统一的基础设施上隔离出多个虚拟的端到端网络，以适应各种各样的业务需求，是5G SA最关键的显性特性之一。标准上多个相关标准组织例如3GPP/ITU-T/ETSI/CCSA等都针对网络切片进行了相关的标准化工作，网络切片相关的功能和技术规范已经基本成熟。为了让网络切片具体落地商业应用于千行百业，还需要在网络切片功能演进，智能化配置，能力开放，与垂直行业的结合等方向继续完善：

-网络切片功能演进：网络切片功能的进一步演进，以满足新的需求，例如：当前切片无法满足PDU会话的需求时如何保证业务连续性；如何支持漫游用户基于网络切片的PLMN选择；如何增强网络对终端使用网络切片的控制机制；如何增强切片机制以支持本地业务部署等。

-智能化配置：目前网络切片相关的配置在标准上

已经逐步完善，例如3GPP定义了NSMF以及各个子域的NSSMF相关的参数和接口。目前针对这些参数的控制仍然以手工为主，如何实现自动化的闭环控制以满足SLA保障，如何提高智能化水平等问题还需进一步研究。

-SLA保障：标准上定义了切片使用者可以向网络管理者订购切片的流程。在提出订购切片后，如何保证服务质量，以及切片使用者如何获知网络切片的资源使用情况等，需要开放给切片订购者，这些问题需要进一步解决。

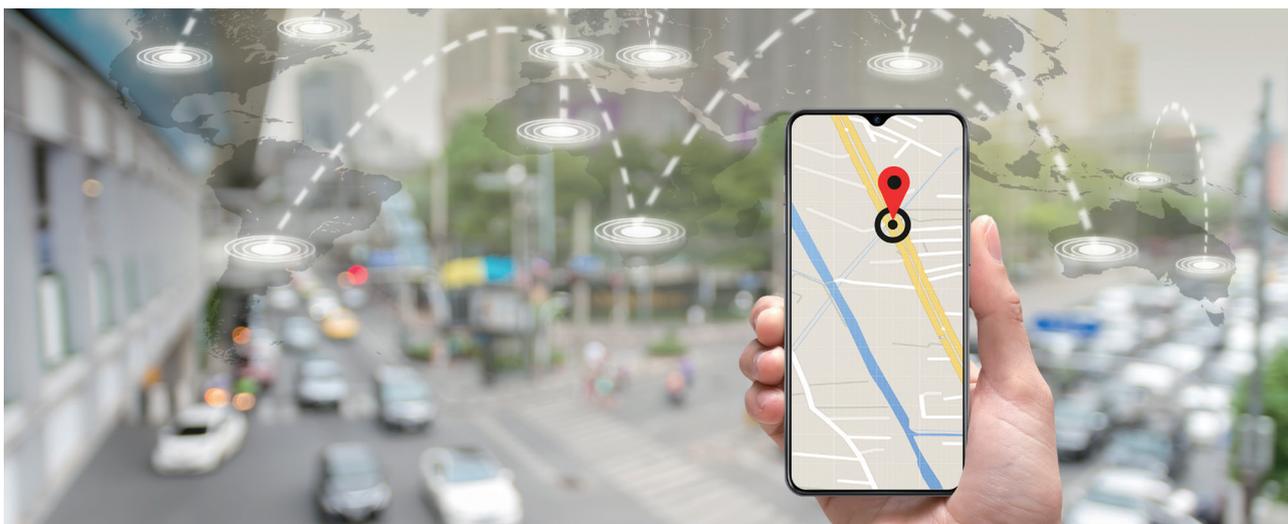
-与垂直行业结合：利用网络切片服务于垂直行业，还需要考虑到垂直行业自身一些特点，比如行业客户对切片的自管理（例如监控，查询等）的需求，或者在垂直行业已有独立专网情况下，当用户通过5G网络切片接入之后，需要路由回自己的专网，如何协同配置现有专网和用户接入的5G网络切片等，均有待继续增强。

▶ 3.9 定位测距与感知增强

5G定位可以提供对人员及车辆定位管理、物流跟踪、资产管理等场景的支持。随着后续业务的发展，在网络边缘提供低时延高精度的定位能力尤其重要。未来的网络场景如车联网要求定位精度达到厘米级，且其置信度在90%以上；企业工业园区场景要求位置数据不出园区，且进一步降低定位时延。目前业界已经在进行相关研究并向3GPP提交标准提案，一方面基于MEC部署LMF/GMLC/NEF，降低定位信息传输时延，另一方面通过增加参考UE以提供视距信息，并消除基站间的定时误差，以此提高定位的精度和置信度。针对室内定位场景需要同时满足终端低功耗和高精度（LPHPAP）定位的需求，将通过接入网与核心网联合优化的方法，延长需要定位的低复杂度IoT设备的电池使用寿命。

随着5G网络发展，基于测距的新型网络能力需求正逐渐涌现。例如在智慧家庭、智慧城市、智慧交通、智慧零售以及工业4.0的某些场景中，获取物体间相对位置和角度，以及测算目标对象的距离、速度和形状等信息的需求逐渐显现。为了满足这些业务需求，5G-Advanced网络需要具备授权和策略参数的预配置以及协助无线接入网络进行测距。

下一步网络需增强核心网独立的感知分析的能力，实现多维多粒度的环境感知和目标感知，满足在目标识别、状态监测等方面的需求，为5G-Advanced网络后续通信感知一体化打好基础。



▶ 3.10 组播广播增强

5G组播和广播服务可将多媒体流或数据传输到各种类型的通用5G设备，有利于提高无线资源效率和实现创新服务，NR MBS对实现AR/VR广播组播、公共安全、V2X应用程序、透明IPv4/IPv6组播传输、IPTV、无线软件传输、物联网应用等业务非常重要。

5G网络需考虑通过5G NR-MBS在单播和广播/组播服务之间灵活和动态地分配资源，这在系统效率和用户体验

方面能够提供实质性的改进和新的能力。此外采用人工智能技术可以根据实际用户体验实现高效的资源分配。5G网络可以支持灵活的终端接入广播服务机制。

此外，5G组播和广播业务还将支持用户设备在无需建立空口连接情况下接收组播MBS数据的场景，从而兼顾传输效率和能效。同时考虑支持多PLMN的接入网资源共享。

▶ 3.11 组播广播增强

5G通过引入UE策略和基于用户的接入与移动性管理功能，支持实现灵活的策略调整。该功能现阶段已经可为UE提供如用户路由选择、接入网络发现等能力；为网络提供如无线接入方式、频率选择优先级（RFSP Index）、接入区域限制、UE的聚合最大比特率（AMBR）、切片最大比特率（MBR）、SMF选择等控制。

在面向5G-Advanced网络的研究中，运营商需进一步探索在UE策略和移动性管理策略方面的市场应用前景。例如考虑在漫游情况下支持用户策略与接入策略控制；策略控制可以通过使用细粒度的QoS监控来支持更好的QoS管

理，或者使用指定的流量分类手段来更有效地提高了UE会话的服务保障；每个切片特定的QoS控制有助于高效的带宽管理，以支持各种网络部署如B2B和B2C；在4/5G互操作情况下，需要保证用户在4/5G系统间的策略一致性。为了更好地应对行业应用高精度，低时延等需求，现有策略管理参数的粒度和下发流程等需要进一步的优化。另外，运营商还会关注核心网如何验证下发至用户的策略被有效执行以进一步优化策略的方案。

▶ 3.12 邻近通信增强

在AR/VR、公共安全等业务需求日趋增长的环境下，5G邻近通信增强通过使用PC5-NR通信技术使能UE与UE之间的直接通信，或远端UE通过中继UE接入5G网络。这不但有利于降低端到端之间通信的时延，也有利于为运营商实现5G网络覆盖增强提供了新方法，同时有利于增强5G网络对远端UE接入方式的控制，从而提高业务体验。

5G-Advanced网络为了更好地提供业务服务，需要进一步完善5G邻近通信。例如除UE直连基站外，也支持UE通过中继UE连接到基站并接入5G网络，使5G网络有效地提高了UE接入网络的可靠性和数据速率。



▶ 3.13 移动算力感知及调度

算力感知及调度是未来算网融合的主要方向。5G-Advanced在网络架构不进行重大调整的前提下，各网络子域可聚焦业务场景分别构建移动算力网络相关能力。例如1) 当前分布式MEC主要支持视频、云游戏及部分行业应用的本地部署，但并未考虑多站点及本地计算能力的特征差异，资源利用率差异，及多边缘站点资源互补可能性。为了进一步丰富场景、优化业务体验及提升资源效率，算网融合将成为解决这一问题的潜在方案，即5G网络感知算力资源情况，对业务应用进行灵活调度，实现多站点间算力互助，确保业务在合适站点获得匹配的资源。

2) 云手机场景：通过网络向云手机提供算力扩展，进一步增强手机业务的处理能力，降低手机功耗压力。3) 数字孪生及智能处理将成为网络的关键内生业务，将产生海量的数据并对业务处理、数据传输带来更低时延、更高性能、更高可靠的需求。因此需要推动计算进一步接近数据源，在网络中形成分布式的计算资源。算力编排是算力资源管理的核心技术，将整个网络资源和算力资源统一调度管理，结合人工智能（AI）、数字孪生、大数据处理等技术，实现面向全业务能力需求的资源统一编排、智能调度、精准配置和动态优化。

▶ 3.14 无源物联网

无源物联网利用反向散射及环境能量采集等技术，实现目标节点在免电池且极低复杂度的情况下实现信息的高效传递，具有零功耗、低成本、易部署的显著优势，可广泛应用在智能仓储，智慧物流，智慧农业，工业无线传感网络，智慧交通，智慧医疗等领域，有望成为万物互联的基础性使能技术。而传统的无源物联网技术，如RFID，由于系统自身干扰问题，且仅为单点通信，因此存在覆盖距离短，系统效率低，难以实现自动化管理的问题。

面向5G网络的演进，将无源物联网技术引入到5G-Advanced系统，推动无源通信设备与蜂窝通信设备结合，通过极简网络架构、极简网络协议、轻量化安全认证等技术，不仅可以实现室内外连续覆盖，同时通过网络的管理与协调，实现快速组网，提升网络覆盖，降低系统部署成本，满足物联网终端无源、极低成本和超大规模接入要求。





04 总结和展望

移动通信始终处于不断革新和发展的状态。在5G的第一阶段标准已开始商用的今天，5G技术还在不断向前发展，3GPP在2021年4月27日会议上正式将5G演进的名称确定为5G-Advanced。12月的会议则确定5G-Advanced在R18中的研究课题。5G-Advanced将为5G后续发展定义新的目标和新的能力，通过网络演进和技术增强，使能5G产生更大的社会和经济价值。在这个承前启后的时间点上，产业伙伴共同撰写本白皮书，希望为5G-Advanced网络发展提供参考。

本白皮书重点介绍了面向5G-Advanced的网络架构及关键技术，为5G网络的下一阶段演进提供指导。在网络架构方面，5G-Advanced网络将沿着云原生、边缘网络以及网络即服务理念发展，满足网络功能快速部署、按需迭代的诉求。在网络技术方面，5G-Advanced网络能力将沿着“智慧、融合和使能”三个方面持续增强。其中“智

慧”将聚焦提高网络智能化水平，降低运维成本，进一步促进智能化技术在电信网络中的应用和融合，开展分布式智能架构，以及终端与网络协同智能的研究。“融合”将促进5G网络与行业网络、家庭网络和天地一体网络融合组网，协同发展。“使能”将继续助力5G网络服务垂直行业，在完善基础的网络切片、边缘计算标志性能力的同时，将支持交互式通信、广播通信等让网络服务“更多元”；在端到端质量的测量和保障、方案简化方面让网络质量“更确定”；在时间同步、位置服务等方面让网络能力“更开放”。

后续基于3GPP R18标准版本的推进，5G-Advanced工作重心也将逐渐从需求及场景定义走向业务设计。运营商与厂商在携手引入新业务和新能力的同时，也需要关注应用生态与内容的建设，并继续把5G-Advanced打造成高稳定高质量的精品数据与语音网络。



缩略语

缩写	全拼
AF	Application Function
AI	Artificial Intelligence
AM	Access and Mobility
AMBR	Aggregate Maximum Bit Rate
API	Application Programming Interface
AR	Augmented Reality
B5G	Beyond 5G
CT	Communication Technology
DOICT	DT, OT, IT, and CT
DT	Data Technology
E2E	End to End
GMLC	Gateway Mobile Location Center
GNSS	Global Navigation Satellite System
LMF	Location Management Function
LPHAP	Low-power Consumption and High-accuracy Positioning
MBB	Mobile Broadband
MBS	Multicast and Broadcast Services
MDAS	Management Data Analytics System
MEC	Multi-access Edge Computing

缩写	全拼
N3IWF	Non-3GPP Inter Working Function
NF	Network Functions
NFV	Network Functions Virtualization
NPN	Non-Public Network
NSMF	Network Slice Management Function
NSSMF	Network Slice Subnet Management Function
NWDAF	Network Data Analytics Function
O&M	Operation and Maintenance
OSS/BSS	Operation Support System/ Business Support System
OT	Operational Technology
PLC	Programmable Logic Controller
QoS	Quality of Service
RFSP	Radio Frequency Selection Priority
SBA	Service Based Architecture
SDN	Software Defined Network
SLA	Service Level Agreement
V2X	Vehicle to Everything
XR	Extended Reality
5G-LAN	5G Local Area Network

参考文献

- [1] https://www.3gpp.org/ftp/PCG/PCG_46
- [2] GSA 5G Market Snapshot, December, 2021
- [3] GSMA Global 5G Landscape Q1 2021
- [4] LF Sharpening the Edge: Overview of the LF Edge Taxonomy and Framework
- [5] TR23.791 Study of Enablers for Network Automation for 5G
- [6] 5G VoNR+ Whit Paper, China Mobile Research Institute, November, 2020

面向万物智联新时代