



ZTE中兴



vivo

6G网络架构展望

2.0 版本

A large, complex network diagram composed of numerous blue nodes and connecting lines, forming a spherical shape. The nodes are of varying sizes and are interconnected by thin blue lines, creating a dense web of connections. The background is a light blue gradient with faint circular patterns and scattered blue dots of different sizes.

6G

2024年6月

目录

1. 前言	1
2. 网络服务能力增强	2
2.1. 智能内生能力	2
2.2. 算力内生能力	8
2.3. 感知内生能力	11
3. 网络服务效率提升	14
3.1. 网络功能扩展	14
3.2. 提升数据传输效率	17
3.3. 用户面协议和能力增强	21
3.4. QoS 和 QoE 提升	24
4. 组网能力提高	27
4.1. 简化网络架构	27
4.2. 分布自治组网	29
4.3. 网络平滑演进	32
5. 结束语	35
6. 参考文献	36

1. 前言

回看移动通信网络发展历程，网络架构在业务和技术的双轮驱动下，经历了多次重大技术转变，例如电路交换向分组交换的转变，承载的全 IP 化，网络与业务的分离，控制与转发的分离，服务化架构的引入等，这些转变为网络带来了更丰富的服务能力、更高的网络性能、更灵活的组网方式。面向 2030 年，ITU-R 完成了《IMT 面向 2030 及未来发展的框架和总体目标建议书》，明确了 6G 愿景，这对 6G 网络功能和性能都提出了新的要求，包括通、感、智、算一体化服务，空天地海一体化泛在接入等。网络架构只有不断演进，才能更好的支撑业务的发展。

5G 标准引入了虚拟化和服务化技术，提升了 5G 网络的灵活性，也带来了产业生态的繁荣，代表了网络演进的发展方向。面向 2030 年 6G 商用，本白皮书认为，6G 网络架构应在服务化基础框架下持续演进和增强，进一步提升网络服务能力、提高 6G 网络服务效率、增强组网能力。

提升网络服务能力方面，6G 网络应面向“连接+”，增强感知、智能、计算等服务能力，提升网络 QoS 和 QoE 保障能力。提高 6G 网络服务效率方面，探索引入新的机制和协议，提升数据传输和数据交换的效率；支持网络功能灵活扩展能力，实现新功能快速上线。增强组网能力方面，6G 网络架构应简化网络设计，降低网络部署和运营的复杂度；支持分布式组网提升 2C 网络的鲁棒性；支持网络功能定制，满足 2B 领域个性化的灵活组网需求，支持多接入实现网络从 5G 向 6G 的平滑演进。

网络架构设计是一个系统工程，如何在创新发展、平滑演进以及智简运营等诉求之间取得平衡，是 6G 网络架构设计面临的关键挑战。2023 年初，6G 网络架构展望白皮书 1.0 版本发布^[1]，提出了 6G 网络的逻辑功能设计、数据通道方案等，阐述了架构极简、智能内生、以数据为中心、分布自治等核心特征。

本白皮书为 2.0 版本，对 6G 网络架构方案进行了更新和说明。网络逻辑功能增加 NAU（网络辅助单元，Network Assistance Unit），提供网络分布式部署、能力开放等所需的功能。包括自治域内的服务发现和选择，自治域之间的服务发

现和选择，网络域（核心网、无线网、应用等）之间的服务管理；支持跨域能力开放等服务所需的映射和翻译，以及拓扑连接判断、路由配置等。修订后的 6G 网络架构方案如下图 1-1 所示：

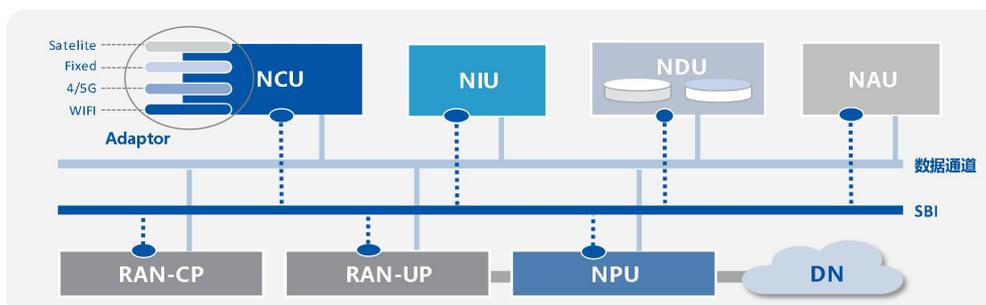


图 1- 1: 6G 网络架构方案

NCU：网络控制单元，Network Control Unit

NPU：网络报文处理单元，Network Packet Unit

NDU：网络数据单元，Network Data Unit

NIU：网络智能单元，Network Intelligence Unit

NAU：网络辅助单元，Network Assistance Unit

RAN-CP 和 RAN-UP 分别为无线网络的控制面和用户面功能。在网络云化和通感算融合的发展趋势下，本白皮书认为 RAN 的服务化可能是一个分阶段实现的过程。未来，基站将具备算力资源，其软件功能逐渐增强，基站将提供感知功能和 AI 功能。对于一些计算量大、实时性要求不高的智能和感知功能及空口高层协议功能，可以先行实现云化和服务化，并与核心网络一样同时支持服务化接口和数据通道。

下面章节将基于上述架构方案，分析如何提升 6G 网络服务能力，提高 6G 网络服务效率、增强 6G 组网能力。

2. 网络服务能力增强

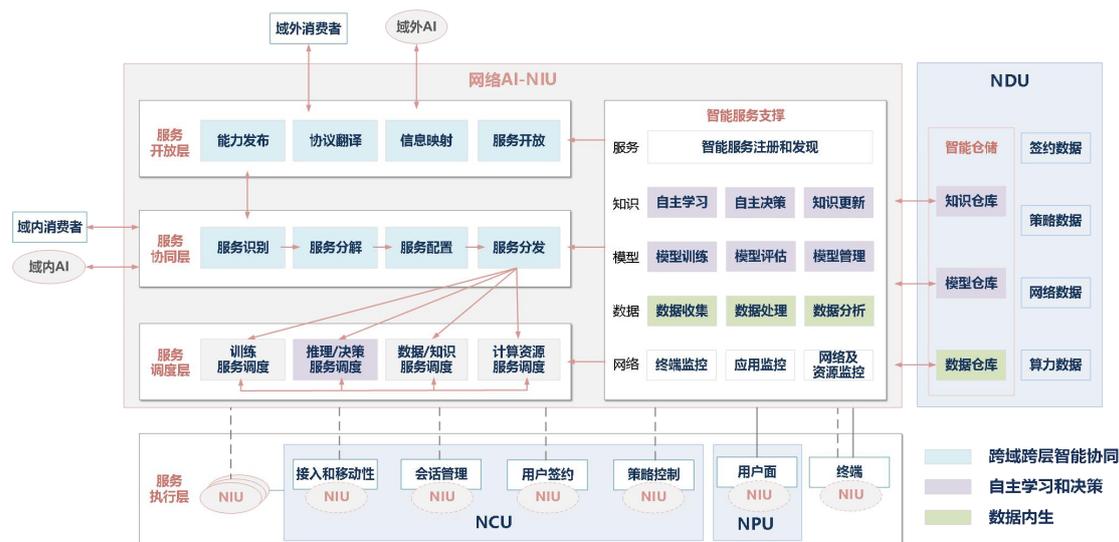
2.1. 智能内生能力

随着市场上网络大模型、AI Agent 等热点技术的涌现，AI 技术与通信网络结合的趋势明显。AI 技术一方面能够增强通信网络自身能力的智能水平、资源弹性和自主性等，另一方面是提升移动用户和应用服务体验的有力工具。

考虑到 6G 高质量 AI 服务要求与通信开销、数据隐私之间的平衡，目前 NWDAF^[2]提供的 AI 服务与网络智能内生的目标仍然存在一定的差距，例如数据集中被动收集效率低、缺少决策反馈机制和知识的运用、域内域间多 AI 节点协同能力弱等。因此，6G 网络的智能内生应重点研究 NIU 从能力上如何满足智能内生需求；同时，考虑如何支持分布式 AI 架构，满足多节点协同要求。

本白皮书提出了 6G 网络 NIU 系统设计，如图 2-1 所示，包括 NIU 的逻辑功能及 NIU 与 NCU、NPU、NDU 的关系。其中服务开放层和服务协同层主要承接域外和域内消费者和 AI 服务的协同需求；服务调度层支持多个分布式执行节点的选择，数据/知识、模型训练、推理和决策、计算资源等多种 AI 服务类型的协同及多类服务调度间的协同；在基础能力上，NIU 通过 SBI 和 DCI 分别与 NCU 和 NPU 之间在数据、隐私、策略、训练和推理等进行交互，支持智能服务的连接。智能服务支撑模块除增加智能服务特定的注册和发现能力外，重点向各服务层提供数据、模型、知识、网络等不同维度的支持。此外，NDU 的智能仓储模块实现数据的聚合视图和分布式管理。

在网络架构层面上，NIU 是一个逻辑功能网元，根据需求和场景的不同，NIU 可以有多种形态的，不同形态的 NIU 的逻辑功能可以不同。网元甚至终端通过内嵌 NIU 能力，与独立的 NIU 共同构建“独立 AI+网元 AI”混合模式的智能体系，支持按需灵活选择集中模式或分布式模式提供智能服务，以保障安全隐私、节省通信开销，提升 AI 服务效率。



图表 2- 1: NIU 系统设计

本章将重点阐述 NIU 设计的三个基本特征：

1. 数据内生：各网元数据与逻辑功能进一步解耦，通过数据通道接口传输大数据，智能预测数据需求，灵活生成和配置数据规则，实现数据内生。
2. 自主学习和决策：为满足高阶自智网络的需求，减少人工参与，需要提供全自动化智能网络、智能业务、智能管理的能力，具有自主学习、自主决策和自我更新的能力，通过多维数据融合训练，实现类似人脑的思考和决策能力。
3. 跨层跨域智能协同：为满足端到端业务体验，解决 6G 网络不同 AI 节点因在数据、资源、功能等方面的差异性问题的，构建智能服务协同的体系，在数据和知识、模型训练、决策和推理、算力资源等多维度全方位实现跨多层多域的智能协同。

特征一：数据内生

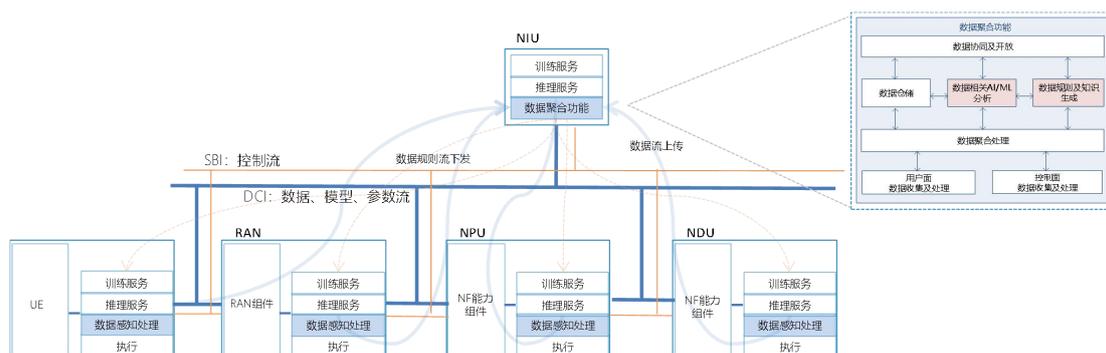
数据作为 6G 内生智能服务的基础，驱动核心网数据与业务逻辑进一步解耦。5G/5G-A 网络中 AI 服务可通过 DCCF/MFAF 提升数据收集的能力，但仍存在一些主要问题：

- 烟囱式数据收集：多个功能（如 DCCF、NEF 等）对应多种数据收集流程的标准化开销大，作为数据源的终端或网元需处理更多的数据收集请求和发送包含相同数据的消息，通信开销大、数据使用效率低；
- 数据传输效率不高：空口传输和网络传输均难以支持大量移动网络内部数据传输以及灵活终结在终端、无线接入网和核心网，传输效率有待提升；
- 被动触发：难以提供历史数据相关支撑或满足分析时效；
- 网元功能与数据紧耦合：较难满足 AI 服务所需的数据灵活处理要求；

6G 网络可具备更灵活、更智能的数据处理机制，本白皮书提出数据内生的设计方案，如图 2-2 所示，主要在以下三方面进行优化和增强。

- 数据聚合功能增强：在保证数据可靠性和安全隐私性的前提下，支持对网络各节点中海量、多态、异构数据的收集、处理、存储等能力，增强数据相关的 AI 分析，预测数据需求；
- 基础网络功能增强：各网络功能增加专有的数据感知处理模块，与转发/控制层分离，增强数据的智能感知、处理能力；
- 数据规则增强：智能生成和灵活配置数据感知和处理规则，与各网元的数据感知处理模块配合，实现数据主动预先感知、按需处理和存储。

其中，数据聚合功能和基础网络功能的数据感知处理模块相互协同，通过预测数据需求、智能生成和灵活配置数据规则，以及 DCI 数据通道的大数据传输，实现数据内生。



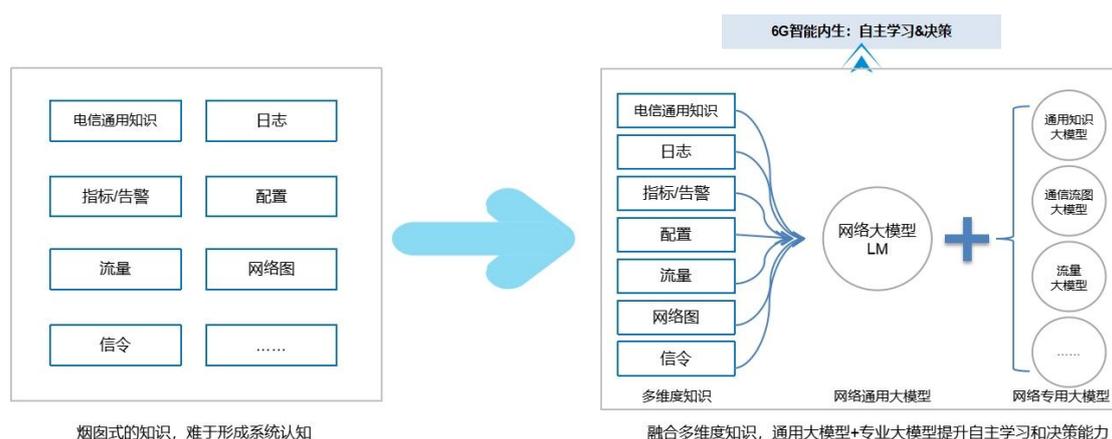
图表 2- 2：数据内生示意图

特征二：认知和决策

在传统的网络架构中，内部知识往往以烟囱式累积，不同类别的知识难以有效整合利用，无法实现对网络整体的深入理解，难以匹配 L4/L5 级别的网络自智水平。网络中智能算法的引入依赖人工辅助，系统还无法做到对业务场景的深入理解，还无法依据场景自动生成智能用例和自动训练智能算法，也无法做到全流程的自动化，而全自动化、不依赖人工辅助是高阶自智的基本要求。

为了实现智能内生，满足网络高阶自智需求，6G 网络需要模拟人类的学习认知过程，能够融合多维度知识，能够理解资源的网络的运行状态、资源的使用情况和用户的业务体验，结合对知识的理解和分析，通过自主决策机制，优化网络质量、提升用户体验，提高资源利用率。

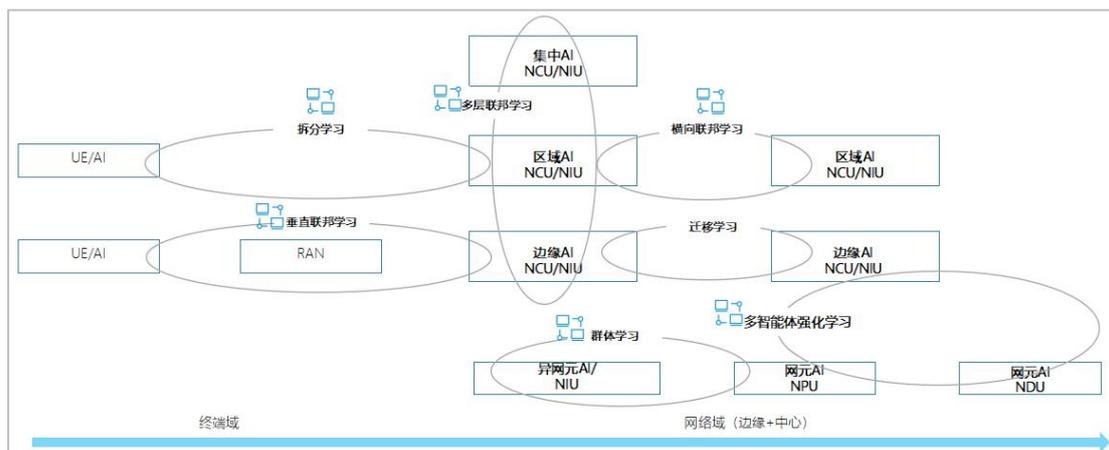
随着大模型和超大模型技术的进步，通用人工智能进一步临近，本白皮书提出，可以利用通信网络的通用大模型与各场景和行业的专业大模型相结合，构建通信网络专业大模型，从而进一步提升 6G 智能内生的能力。通信网络专业大模型可以涵盖知识大模型、流图大模型、流量大模型等多种类型，以支持网络的智能化发展。



图表 2- 3：融合 AI 大模型的 6G 智能内生示意图

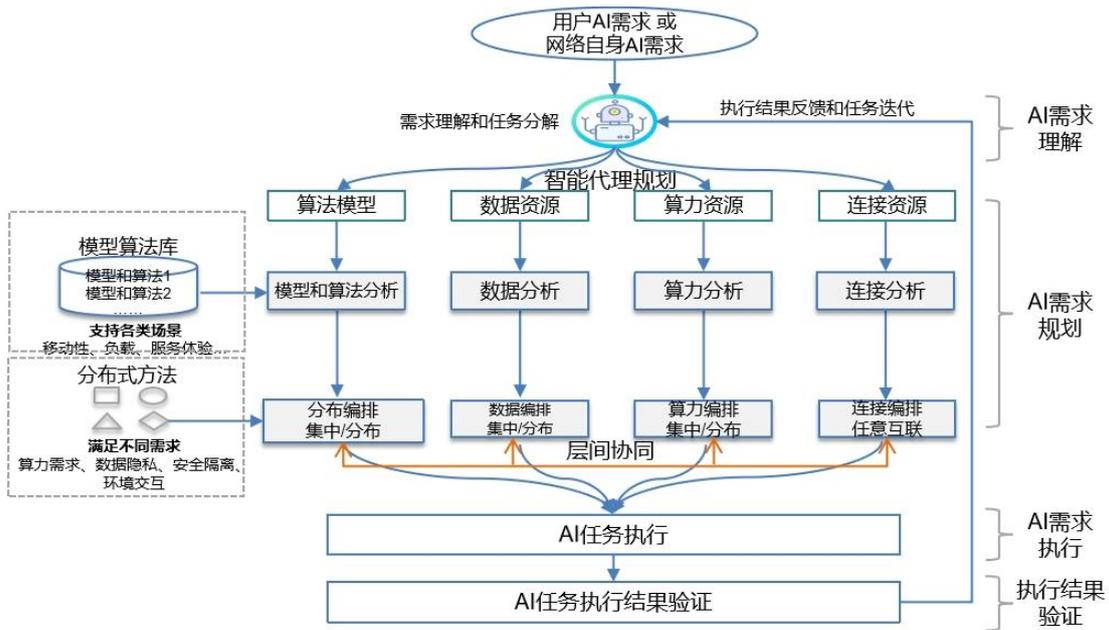
特征三：跨层跨域智能协同

6G 网络中的 AI 资源将以分布式形式广泛存在。为实现端到端体验最优，需要跨多层多域的智能协同，这依赖分布式协同技术，如终端和边缘域的拆分学习和垂直联邦学习、边缘域和中心域的迁移学习和横向联邦学习、多 NIU 之间的群体学习等，如图 2-4 所示。



图表 2- 4: 6G 智能内生分布式协同机器学习算法

在 6G 智能内生的分布式协同环境中，除了云边端网业之间的协同之外，算法模型、数据资源、算力资源和连接资源之间的协同也至关重要。本白皮书提出采用结合意图驱动和闭环反馈的智能体技术，以实现 6G 系统对 AI 需求的深入理解、规划、执行和结果验证的闭环执行。智能体能够理解需求任务需达到的目标，对原始任务进行细化分解，然后协调编排各层资源，还可触发其他网络/网元执行对应的子任务，此外，还可以感知环境变化、验证执行结果，然后采取进一步的行动以更准确、更完美地达成既定目标。随着大模型技术的迅速发展，智能体技术也迎来了快速发展。从时间线上看，大模型和智能体技术的成熟期与 6G 的商用部署时间高度重叠。因此，在 6G 系统的 AI 任务理解、规划、执行和结果验证方面，应充分考虑并整合智能体技术，以确保 6G 网络能够理解并高效并精准地执行 AI 任务。在 NIU 的服务协同层和服务调度层将引入智能体技术以增强 AI 需求的理解和 AI 资源的协同规划和精准执行。



图表 2- 5: 基于智能体的 AI 任务理解、规划和执行

同时分布式协同依赖于多层多域智能服务的开放。6G 网络的愿景之一是提供普惠智能服务，通过智能多要素协同开放，实现 AI4Net/AI4Service 的统一架构。对外开放算法模型服务、算力服务、数据服务、连接服务等，无论是服务于网络本身还是第三方应用或用户，都采用统一架构，简化系统设计。

总之，为了充分利用 AI 技术提升网络智能内生能力，6G 网络将首先构建 6G 数据内生基础，然后让 6G 系统具备智慧的认知和决策能力，最后通过多层多域的分布式协同，完成智能内生对内对外的场景适配和服务保障。

2.2. 算力内生能力

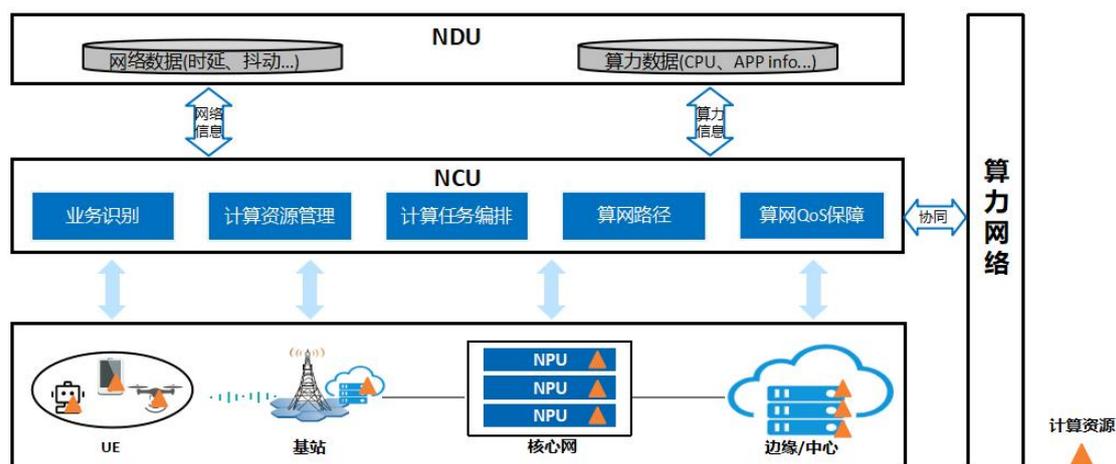
计算和通信的融合是 6G 网络的一个重要研究方向，这种融合使得 6G 网络将超越连接范畴，作为一种创新的平台为未来各种应用场景提供强大的多要素能力支撑。计算和通信的融合是移动网络演进的内在需求，同时也是移动运营商破解管道化的手段。

新型业务对网络能力提出更高要求，例如 XR/元宇宙体验升级要求低时延、异构算力；工业视觉要求大上行、数据隐私、GPU 算力等；无人机图像合成要求广覆盖、GPU 算力。在移动接入场景下，实现云边端算力协同，并兼顾到终端的移动性需求，需要考虑如下的算力资源的统筹：

- 端侧算力：智能手机、XR 头显、网联无人机、车联网等为代表的移动端侧算力；
- 边缘算力：5G 引入 MEC 首次打破计算和网络的边界，并随着边缘业务的拓展将持续演进；
- 网络内生算力：随着核心网云化走向无线云化、外挂智能走向内生智能，未来 6G 基站、核心网等都将具备内生算力；
- 中心算力：移动业务发展由点对点到点/多点到多点、简单任务到复杂任务，需要考虑与中心算力的协同，以达到端边云网业务协同，实现工作负载分布可动态、灵活调整；
- 卫星算力：空天一体化带来网络上星需求，卫星上将具备算力资源；

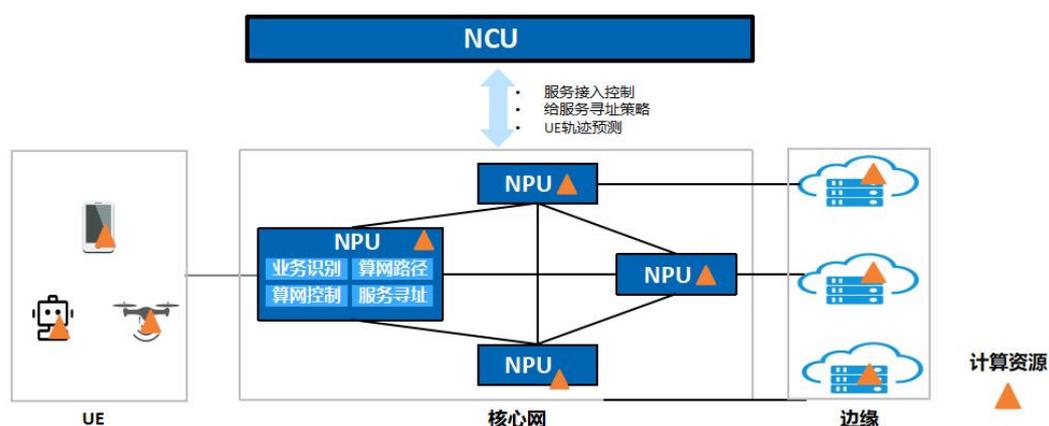
未来，计算资源将持续下沉，形成多级泛在算力。未来统筹使用这些算力资源，需要将 6G 网络内分布的算力进行统一纳管编排和按需调用，实现网内 UE 算力、基站算力、核心网内生算力、边缘算力等计算资源的管理，以及业务负载在云边端动态卸载。聚焦未来新型业务，以业务为牵引，ToC 和 ToB 场景可以采用不同实现方式。

ToC 注重系统效率优化与体验增强，采用控制面方式统筹算网调度，除了移动网域内算力调度还需具备和中心算力协作的能力，以实现端边云的协同。当网络侧收到应用方的算力服务请求时（例如通过能力开放等途径），NCU 能够精准识别服务类型以及对应的算网 QoS，通过查询算网路径图，结合智能的算网调度，在满足算网 QoS 指标的前提下，确定合适算力卸载节点和网络路径。同时在后续业务正常运行过程中，NCU 实时监控算网 QoS，并能够同业务 QoE 联动。当业务质量下降时，重新选择新的算力服务节点或/和网络路径，从而实现业务连续性。此外，NCU 针对超出移动网域内的算力，具备与外部的算力资源协同的能力，确定外部中心算力卸载节点，并进行算力服务路由。



图表 2- 6: ToC 场景算网融合方案

ToB 场景注重快速动态匹配行业定制化的算网需求，要求分布式子网即插即用，针对企业定制化的算网需求，快速构建定制的算网运行环境。采用用户面本地调度，可以达到实时高效的动态算网资源匹配，NPU 本地内生算力，携带轻量化的算网控制功能，增强算力服务路由能力，以及具备在网计算相关业务的能力。NPU 之间相互交互生成本地的算网路径图，当 NPU 通过业务识别，获取业务的算网需求，从本地快速进行一体化算网调度，根据 NCU 下发的算力服务接入控制、算力服务寻址策略等信息，灵活将终端侧业务卸载到 NPU 本地节点或 NPU 后端的算力节点上。



图表 2- 7: ToB 场景算网融合方案

6G 计算与通信的融合将带来前所未有的机遇，推动社会数字化、智能化的发展。6G 网络设计之初就要考虑域内的计算资源整合，实现网络与分布式云的

协同，满足自身无线、核心网通信功能云化动态部署，同时具备将复杂任务灵活卸载到云边端的计算资源进行处理，以达到整体系统的优化。

2.3. 感知内生能力

通信感知融合是 6G 新增典型场景。感知和通信的集成将提供高精度定位、环境重构、成像、识别等多元化能力，极大促进超高分辨率和精度的应用需求，如入侵检测、人体活动识别、目标成像、微形变监测等，广泛用于工业、农业、交通、仓储物流、医疗和健康、娱乐、社会服务、智慧家庭等众多领域。面向 2030 年的信息社会，通信感知一体化将助力实现万物感知、万物互联、万物智能的新时代。

在感知功能的实现方面，业界提出了 SF(Sensing Function 感知功能)服务的逻辑功能，SF-C 即感知控制功能，包括感知服务的认证鉴权等，SF-U 即感知用户面功能，主要执行感知计算功能进而获得感知信息。为了提升感知服务精准性和智能性，增加 SF-I 感知智能功能^[4]，包括感知物体的判断，感知物体运动路径预测等。感知功能相对独立，其实现较为灵活，可以按照场景需求灵活部署。例如，SF-C 可以由 NCU 实现（通过 3.1 节定义的横向扩展方式在基础功能上进行叠加），SF-U 和 SF-I 可以由基站或核心网侧实现，可根据实际应用的服务范围、业务场景等进行部署。

在感知数据传输方面，与 5G 网络核心网网元之间、核心网和接入网之间、UE 和网络之间的消息不同，UE、接入网和核心网之间的感知数据在数据包的大小、生成的频率、传输特征等方面存在本质的区别，例如针对不同精度的车辆或行人感知场景，基站或 UE 所产生的感知数据大小从几十 k~几个 G 不等。根据感知用例需求和终端能力等信息，基站或 UE 所产生的感知数据需要通过数据通道将数据传输到核心网、接入网或 UE 进行处理。在协同感知情况下，还需要考虑多个基站或 UE 数据的联合处理等。

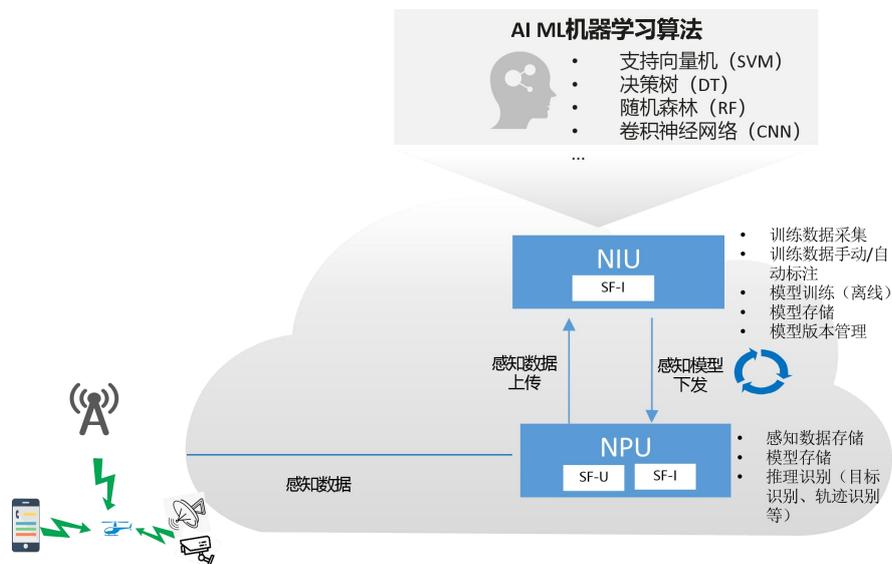
本白皮书认为感知和 AI 的融合将是 6G 通感一体技术的关键特征。6G 网络通过集成感知技术，支持从低空经济、智能交通、智能工厂、智慧生活等多样化场景。这些应用场景对实时数据处理和决策能力提出了极高要求。然而，当前的

感知技术面临以下核心问题，如基站处理能力限制、感知准确性和可靠性不足、适应性和灵活性欠缺等问题。鉴于以上挑战，人工智能的集成显得尤为重要。AI 可以通过以下方式极大地增强 6G 网络的感知能力。

增强数据处理能力方面，AI 技术特别是深度学习，能够有效管理和分析海量数据，提供实时的数据处理能力，这对于需要即时反应的应用场景如无人机导航至关重要。

提高准确性和效率方面，AI 能够通过先进的算法优化识别精度，减少误报和漏报，特别是在识别低慢小目标（如无人机与飞鸟）和进行复杂形态变化监测（如桥梁形变）时。

自我学习与适应方面，机器学习算法使系统能够从历史数据中学习并优化性能，增强系统对新场景和变化条件的适应能力，这在不断变化的应用环境中尤为重要。感知和 AI 的融合实现方式举例如下：



图表 2- 8 感知和 AI 的融合实现方式举例

典型的感知和 AI 融合的处理流程如下：

1. 感知智能功能 SF-I 向 SF-U 订阅/请求采集历史感知测量数据
2. SF-U 根据 SF-I 的订阅/请求，将历史感知测量数据上传至 SF-I，如数据量较大可采用 FTP 等传输协议进行传输

3. SF-I 基于历史感知测量数据等进行模型训练，构建模型来识别、跟踪或检测特定目标

4. SF-I 将训练好的模型和参数下发给 SF-U，以便 SF-U 能够在本地进行实时推理和感知结果生成

5. SF-U 利用来自感知设备的实时数据和 SF-I 提供的分析特征，在本地进行实时推理生成感知结果，例如目标识别，轨迹跟踪，形变检测，运动识别等

6. 如果 SF-U 具备智算能力，SF-I 可以和 SF-U 集成在一起，进行本地训练和推理。

本白皮书认为分布式感知计算是 6G 通感一体技术的另一个重要特征。在 6G 时代，计算资源将广泛分布在终端设备、基站、边缘计算节点及中心机房中，形成多级算力。这种广泛分布的计算资源架构，为通感一体和 AI 的深度融合提供了基础，但同时也带来了对算力资源管理的新挑战。特别是，感知技术与 AI 的结合，对实时性和数据处理能力提出了极高要求，需要智能的算力资源管理策略来优化性能和效率，感知对算力需求的关键挑战如下：

实时数据处理的需求，感知数据的实时处理需求极高，任何延迟都可能影响决策的有效性。例如，自动驾驶车辆需要在毫秒级做出反应以避免事故。因此，有效的算力资源分配策略对于降低感知时延至关重要。通过在更靠近数据源的节点进行数据处理，可以显著减少数据在网络中的传输距离和时间，从而降低总体的感知时延。

算力资源的动态分配，随着感知设备和应用的快速增长，传统的集中式计算资源分配已不再适应现代通信网络的需求。因此，需要开发能够实时感知网络状态和计算需求的动态算力分配技术。这种技术应能够根据实时数据流和网络条件智能调度计算任务，确保算力资源的最优配置，以最大化处理效率和最小化能耗。

计算任务的复杂性，算力的动态感知和决策机制还需要考虑到计算任务的特性，比如任务的紧急程度、计算复杂性和数据敏感性等因素。例如，在处理高敏

感度的医疗数据或个人隐私数据时，可能需要优先考虑安全和合规性，将这些任务分配到更加可靠和安全的计算节点上。

根据本白皮书的算力能力内生解决方案，可以解决感知对算力的关键挑战。通过网络内部算力调度技术，6G 网络可以实现感知计算任务的实时高效匹配。根据当前的网络状态和实时的感知数据，系统能够动态地将计算任务分配至最合适的处理节点，无论这些节点是位于终端、基站、边缘或是中心机房。这种方法优化了数据处理路径，减少了数据传输延迟，特别适用于需要极低延迟的感知应用，如自动驾驶和实时视频分析。

灵活的业务卸载，结合网络控制单元（NCU）提供的算力服务接入控制和寻址策略，6G 网络的 NPU 可以灵活决定是否将任务卸载至本地节点或更远的算力节点。这种灵活性允许根据实时的业务需求和网络条件优化资源利用，提高了感知计算任务的效率和响应速度。

NPU 的本地内生算力与轻量化控制，在 6G 通感一体架构中，网络处理单元不仅承载数据转发功能，还可以集成处理感知数据的算力。这种本地内生算力支持对感知数据的快速处理，减少了对中心数据中心的依赖。同时，NPU 的轻量化算网控制功能，可以实现更精细的数据流管理和服务质量控制，为感知计算业务提供支持。

算网路径图的本地生成，在 6G 环境下，NPU 之间的智能交互能够实时生成并更新本地的算网路径图。这一功能确保了根据感知数据的即时需求，计算资源可以被最优化地分配。当有新的感知任务时，NPU 能够即刻识别并分析这些请求，快速制定出最有效的数据处理和计算调度策略。

3. 网络服务效率提升

3.1. 网络功能扩展

当前 5G 网络引入了 SBA 服务化架构，网络架构和部署的灵活性有了较大提升，但是 5G 网元间的依赖依然很强，存在如下问题需要改进：

(1) 新功能上线慢：5G 当前是先划分网元，再划分服务，网元间依赖强，新功能引入需要修改许多网元，例如 5G LAN，不仅需要修改 UPF，还需要修改 SMF、PCF、UDM 等控制面网元，导致部署周期长。

(2) 协同复杂异厂家对接难：5G 核心网以 AMF 为锚点，中转所有 NAS 消息，简化了与 RAN 交互入口，但是注册、会话等每个流程还是需要多个网元复杂的协同交互，而且消息交互基本上是串行的，流程长。

6G 未来网络从“能力三角”向“能力六角”演进，“能力六角”，包括三极致（沉浸式通信、大规模连接、超可靠&低时延通信）、三融合（天地融合、通智融合、通感融合），新场景、新需求和新技术的引入也对网络的易扩展性提出了更高的要求。一方面，同一个网元 NxU 在不同的组网场景下，可能具备不同的功能，有的场景需要包含全部功能，有的场景可能只需要支持部分功能。另一方面，随着业务发展和网络演进需求，网元功能也需要持续迭代和扩展，不可能一成不变。因此，网元具备更加灵活的扩展能力至关重要。针对上述问题及挑战，本白皮书提出两种网络功能扩展模式，横向扩展模式和纵向扩展模式。

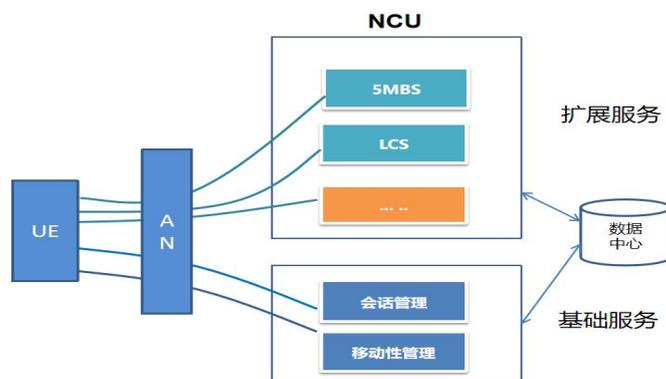
所谓横向扩展模式，如图 3-1 所示，是指核心网划分的服务可以直接与外部系统进行交互，而不需要其他服务或者网元进行中转，而且服务之间减少依赖关系，相互之间只存在数据共享。

服务的横向划分，主要针对相互独立的、依赖性小的业务，例如 LCS、感知功能等将引入全新的流程和服务，进行水平叠加。当前是多个网元串接，流程较长。

横向扩展模式下，以 NCU 为例，可分为基础服务和扩展服务，基础服务针对相对稳定的功能，扩展服务针对不断变化的新功能或新业务。

- 基础服务：提供会话管理、移动性管理、鉴权等基本功能，对基础服务几乎不修改或者修改较小。基础服务之间尽量相对独立，比如会话管理可以直接与 RAN 进行交互，而不再通过移动性管理服务转接。

- 扩展服务：针对每一个新的业务，提供一个全新的扩展服务，例如 LCS、感知功能等，其新服务对 RAN 甚至 UE 感知。但是新扩展的服务之间不存在依赖关系，每个扩展服务相对独立，而且与基础服务不直接进行交互，但是可以通过数据中心，获取相关的上下文信息。

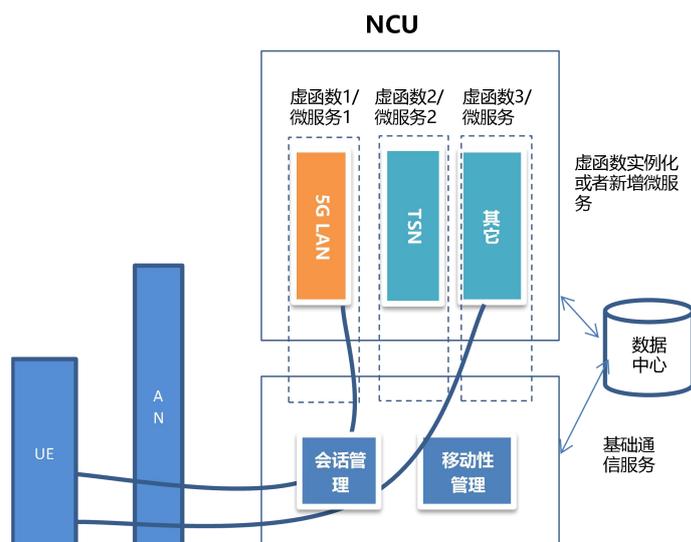


图表 3- 1: 横向扩展模式

所谓纵向扩展模式，是指扩展服务依然依赖基础服务，所有的对外交互都通过基础服务进行。以 NCU 为例，服务的纵向划分，主要是针对很难独立划分服务的新功能或新业务，对基础服务依赖较大，通常需要扩展基础服务的接口参数，例如 5G LAN 等，很难完全进行全水平划分，否则冗余较大，针对这种场景，可以采用纵向划分的方式。

服务的纵向划分，可以考虑多种实现方式，包括但不限于虚函数和微服务方式。

- 虚函数：每个扩展业务通过虚函数的方式进行实现，新增一个业务，实例化一个虚函数，例如 5G LAN、TSN 等。所谓虚函数，主要是提前预定义统一标准接口，在引入一个新功能时，再具体实现对应功能的逻辑。基础服务通过回调的方式，调用实例化的虚函数执行相应的业务逻辑。
- 微服务：每个扩展业务通过叠加的微服务来实现。微服务可以与基础服务部署在一起，也可以与基础服务分离部署。部署在一起的时候，基础服务和微服务之间的消息通过内部通道快速传递，分离部署的时候，可以通过标准化的 SBI 接口进行交互。



图表 3- 2: 纵向扩展模式

除了上述两种方式，网络功能扩展，还可以通过网络可编程技术实现，当前讨论较多的是用户面可编程，NPU 可以通过可编程技术实现网元功能、协议栈、转发路径的定制，本白皮书的 3.3 节也进行了相关论述。

3.2. 提升数据传输效率

6G 网络单元之间的数据交互除 5G 网络中已有的接入能力、实时轨迹等用户数据以及业务策略、用户签约等核心数据等数据外，将新增针对感知、AI、孪生网络等全新的网络能力和服务的数据，网络单元之间交互的数据量将以大大增长。感知和 AI 作为 6G 网络的两大主要新增能力，前者通过传感设备感知网络自身状态、周围环境，以及用户/设备行为等产生的海量数据，后者使用人工智能、数字孪生等技术进行建模分析和自动决策以提升网络运营效率、提升系统性能或为智能应用提供数据服务。与 5G 网络核心网网元之间、核心网和接入网之间的消息不同，感知数据和 AI 数据在数据包的大小、生成的频率、传输特征等方面存在本质的区别，存在一些待解决的问题。

(1) 信令交互和数据传输强依赖：当前 5G 网络网元之间主要通过网元的事件订阅请求接口，使用基于 HTTP/2 协议的信令交互方式传输数据，包括 NWDAF 网元收集数据。使用此方式传输数据时，数据接收方需等待信令交互完成后在下载数据，导致传输如感知、AI 等数据包大、生成频率高的数据时传输

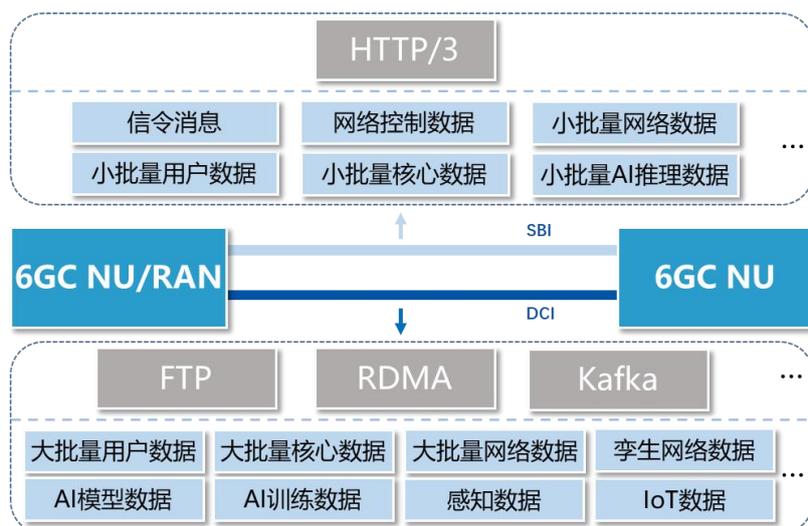
效率低。3GPP 在 R17 定义了 DCCF 以及 MFAF 网元，可通过与消息框架的交互完成数据的采集和处理，但这种外挂型的打补丁方式无法根本解决信令和数据传输的强耦合问题，6G 网络亟需从架构设计层面将信令交互与数据传输解耦，实现信令与数据的异步传输。

(2) 数据传输效率低：根据国际电信联盟（IETF）的 RFC7540 规范描述，HTTP/2 协议的最大帧载荷为 16M。通过 HTTP/2 协议进行感知、AI 等大量数据传输会涉及大量分包分帧操作，导致数据传输效率大幅降低。此外，5G 基于控制面的 UE 和网络之间的定位协议栈也不适用于大量数据的传输。针对上述问题，5G 网络仅对部分特定场景的数据传输进行了初步增强，例如与 ADRF 之间传输 AI 模型时不直接传输模型，而是通过信令交互模型地址。6G 网络应重点针对数据的多样性，考虑数据传输协议的灵活配置，以及 UE 和网络之间空口协议的优化。从而减少对数据的重复操作，例如打包、封装、解包、ASN.1 等。

针对上述问题，本白皮书从网络侧数据传输和空口数据传输两个方面，讨论如何提升数据传输效率。

一、网络侧数据传输

网络侧引入双总线设计，在 SBI 总线的基础上扩展数据通道总线（DCI），实现网络信令和数据的异步传输。其中 SBI 采用 HTTP/3 协议，主要用于网络单元之间信令以及少量数据的交互；DCI 主要用于网络中大量数据的搬运，支持多种数据格式和数据类型的数据传输，为通感、XR、智能等新兴服务提供数据传输管道，同时支持多种的数据传输协议、传输技术、消息中间件、加速和加密方式等。数据发送方与数据接收方先通过 SBI 信令进行协商，交互数据传输任务的数据格式、数据类型、数据存储方式、数据量、业务特性、网络状态等信息，收发双方根据上述信息动态配置数据传输策略，灵活选择合适的数据传输协议或传输方式，例如 FTP、RDMA、Kafka。相比于 5G 网络单一的 HTTP/2 协议，数据通道可实现信令交互和数据传输解耦，提升多样性数据的数据传输效率。



图表 3- 3: 6G 网络双总线互联

● HTTP/3

HTTP/3 在传输层使用了基于 UDP 的 QUIC 协议，学术界研究表明，相比于 HTTP/2，HTTP/3 的连接建立时延低 33%左右^[5]，在网络环境拥塞时请求响应时延低 68%左右，引入 HTTP/3 协议将大幅提升 6G 网络 SBI 传输效率，降低信令交互时延。且 HTTP/3 采用报头加密机制，可增加 6G 网络网元交互的安全性和可靠性。

● FTP

FTP 具有传输速度快、可靠性高、支持大容量文件传输等优势。在 6G 网络数据通道使用 FTP 传输数据时，收发双方无需对数据进行打包、解包等操作，可直接传输文件或整个目录，例如日志文件、KPI 数据文件、告警文件等。数据接收方可先通过 SBI 信令协商获取数据发送方的数据文件目录，选择所需数据并通过 FTP 技术拉取目录中所对应的数据文件，实现数据的高效传输。

● RDMA

RDMA 具备低时延、高带宽的数据传输特性，可有效降低 CPU 负载。RDMA 对网络要求较高，具有一定的区域性，目前主要应用于单个数据中心内。因此 RDMA 更适合于 6G 分布式网络，在一定区域范围内的网络自治域互联或自治域内部的数据传输。RDMA 在数据通道中主要负责低延迟、高吞吐量、大规模的大

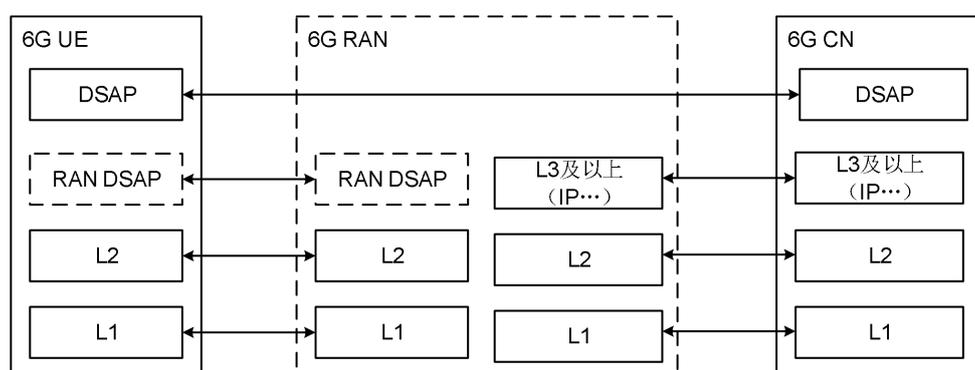
块数据传输，例如 AI 训练数据采集、模型分发、感知数据实时处理等。收发双方预先通过 SBI 信令进行协商，确定双方的 RDMA 能力以及可达性。此外，长距离 RDMA 传输控制方案也取得了一定的进展，未来 RDMA 传输也可能在更广范围使用。

● Kafka

Kafka 是一种专注于高效的数据处理和传输的消息中间件，具有高吞吐、高可靠、高并发的优势。在 6G 网络数据通道中，Kafka 主要用于训练和推理数据的实时采集以及高频订阅数据的共享，可更加灵活高效的实现多节点数据收集汇总，降低数据生产者网元的负载。数据生产者网元可预先配置通过 Kafka 传输的数据，或根据对该数据请求和订阅的频率来选择动态选择 Kafka 平台。

二、空口数据传输

针对 UE 和网络之间的空口协议问题，为了简化协议复杂度和降低终端能耗，引入一种 UE 和网络之间的空口数据传输协议栈（或称为空口数据面协议栈）。为了避免单个用例的碎片化方案和标准化开销，空口数据传输协议栈提供统一的数据框架来满足感知数据和 AI 数据等移动网络内部数据的空口传输需求。同时，空口数据传输协议栈通过引入数据服务应用协议（Data service application protocol， DSAP）和优化下层的传输协议来更好地支持大量数据传输和灵活数据终结点。



图表 3- 4：UE 和网络之间的空口数据传输协议栈

相比于 5G 为 LMF、NWDAF 和 NEF 等各自标准化数据收集和传输流程，空口数据传输协议栈可以满足感知和 AI 等不同用例的移动网络内部数据的收集和

传输需求。另外，5G 中 UE 和 LMF 之间的定位协议栈由 LPP、NAS、RRC、PDCP、RLC、MAC 和 PHY 组成。基于控制面传输的定位数据具有与信令相同的高优先级，定位协议栈不适合传输大量数据和非实时的低优先级数据。UE 和网络之间的空口数据传输协议栈由 DSAP、RAN DSAP、L2 和 L1 组成，其中 RAN DSAP 可以根据核心网需求按需开启或关闭。如果考虑与空口控制面、用户面协议功能复用，那么空口数据传输协议栈 L1 和 L2 的协议层可以在复用 PHY、MAC、RLC 和 PDCP 基础上采用更加适合空口数据传输的配置（如优先级等）。相比于定位协议栈，UE 和核心网之间的空口数据传输协议栈无需 NAS 和 RRC 功能，既减少了 RRC 重复的 ASN.1 处理，也实现了数据传输与信令传输接耦。并且，考虑感知数据和 AI 数据等并不一定是 UE 级数据，也不一定是具有实时性要求的数据。所以，空口数据传输协议支持 UE 粒度的承载和非 UE 粒度的承载，以及与实时性相关的灵活优先级配置。

3.3. 用户面协议和能力增强

移动网络用户面承载着移动网络内数据转发的工作，随着移动应用场景的发展，移动网络承载的内容也在发生着变化。面向 6G，移动互联网应用向着更注重实时性、沉浸式、强互动的云游戏、XR 和体积视频等方向发展。

业务的新变化带来了技术上的新挑战，用户面存在如下问题和演进需求：

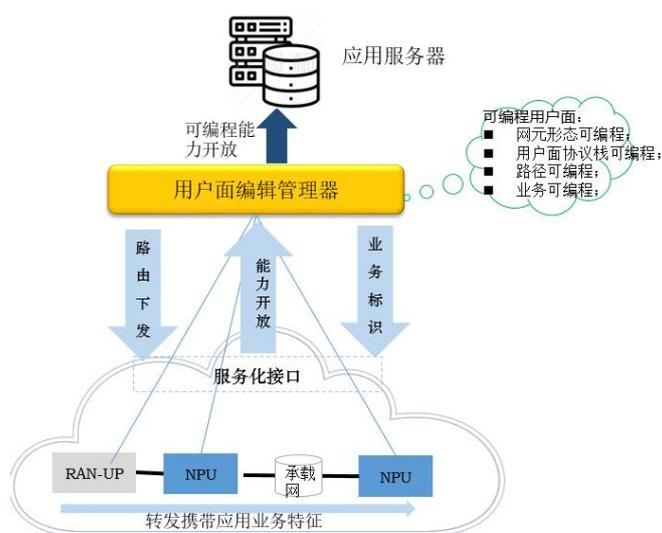
（一）网络对业务不感知导致的端到端转发质量保证问题：在业务处理流程中，移动网络提供的是 Underlay 的“管道”，无法感知业务的具体 SLA 需求，导致运营商不能针对不同的用户或业务提供精细化、差异化的服务。尤其在 5G 发展进入成熟期，主要业务从 to C 为主向 to B+to C 转变，精细化的 SLA 保证需求和差异化承载的能力短缺的矛盾更加凸显。

（二）Overlay 和 underlay 缺乏协商机制的问题：移动网络在用户面转发设备间构建点对点的隧道封装传输协议，用户数据通过隧道封装的方式承载在 IP 网络之上，难以适应未来的云化网络特征。回传网从无线接入网和核心网 N3 接口接收的用户面数据带有隧道封装，这在一定程度上加大了回传网设备识别业务特征的难度，导致端到端的业务转发质量不能得到有效保证。

(三) UPF 下沉、分布式部署内容分发存的瓶颈和本地业务管理问题：边缘网络的部署和数据转发面的下移，实现了分布式的内容分发。如何在满足一定服务质量保障的要求下，实现资源的高效利用问题，以及平衡考虑内容分发存储效率与网络转发资源的问题是移动网络数据转发要考虑的重点。面向 2B 的边缘部署场景，企业需要能够方便地监控其性能、进行日常维护和更新软件，以及本地业务管理也是迫切需求。

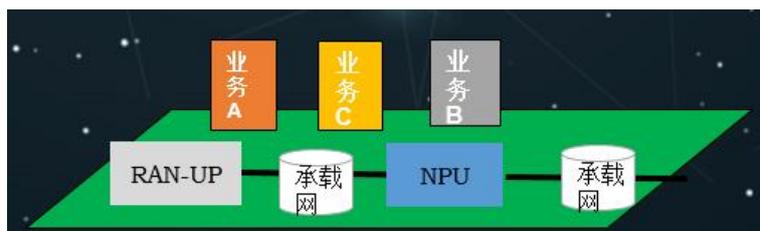
(四) 用户面和控制面之间的传统接口影响灵活访问：5G 控制面实现了 SBA 的服务化的架构，通过微服务化架构的服务注册和服务发现来实现的功能体对外暴露的接口，服务化接口提供了多对一访问的机制。用户面的 RAN 和 UPF 与核心网控制面之间的接口尚未完成服务化，采用的是一对一的接口配置方式，影响了网络访问的灵活性。

为解决上述问题，提升用户面的转发质量，本白皮书建议 6G 采用全云化分布式的用户面架构设计改善分发瓶颈，以云网融合、算网融合为基础，继续推进用户面转发设备的云化，支持转发面设备入云，实现全云化的移动网络架构，与控制面之间的接口服务化，支持移动用户面设备通用化和去管道化，实现用户面网元形态、路径、协议栈、业务转发四个层面的可编辑，提供更好的转发效率，更高的资源利用率，更低的部署成本，如下图所示。



图表 3- 5：可编辑全云化用户面架构

- 用户面控制接口（对应 5G 的 N2/N4 接口）协议服务化：面向 6G DOICT 融合发展的趋势，接口协议要面向服务化继续演进，持续推进用户面和控制面之间接口的服务化和功能的模块化，RAN 的服务化可率先实现无线能力开放 API、无线资源管理 API、本地策略控制 API 等，核心网服务化实现 QoS 管理 API、路径管理 API、算网资源管理 API 等。通过 RAN 和 UPF 的服务化，可以实现本地能力的就近开放，设备的便捷管理，以及灵活的本地业务管理等。
- 用户面转发接口（对应 5G 的 N3/N9 接口）协议转发协议去管道化：为了数据的转发从内到外、从上到下的业务感知和端到端的转发质量保证，移动网络与承载要从协议/转发/设备层面打通，打破固有的隧道模式。可以考虑借鉴分段标签路由协议，实现移动网络无状态的转发，实现网络路径、业务、转发行为三层可编程。
- 基于业务感知的网络转发：业务发展越来越快，协议越来越多样化，加上一些加密技术的使用，传统的网络感知业务如 DPI 检测等方式已经不能满足要求，且带来较大的处理时延。为实现业务从上到下的穿透感知及端到端的基于业务需求的传递，本白皮书提出通过用户面协议栈的外层协议携带业务信息及转发质量的要求，实现业务报文在移动网络和承载网络中有感知的端到端传输。



图表 3- 6：支持业务信息携带的用户面转发

- 用户面可编程：通过协议无关的用户面编程语言，运营商可以灵活定义用户面分组处理逻辑。从功能实现上可分为网元形态可编程、协议栈可编程、路径可编程和业务可编程四个层面。

网元形态可编程：考虑产业应用场景差异化要求，用户面设备定制化能力还有待进一步加强，可通过用户面的可编辑能力实现网元形态灵活组合及多样化，满足行业用户的多样化需求，为他们提供基本服务和可选的增值服务。不同的转

发面网元形态除了基本转发功能外，还可选具备新的转发技术助力转发性能的提升，或网卡卸载提升计算和存储能力，或通过内容入网缩短业务访问路径，或通过管理能力开放提升本地业务的管控能力等。

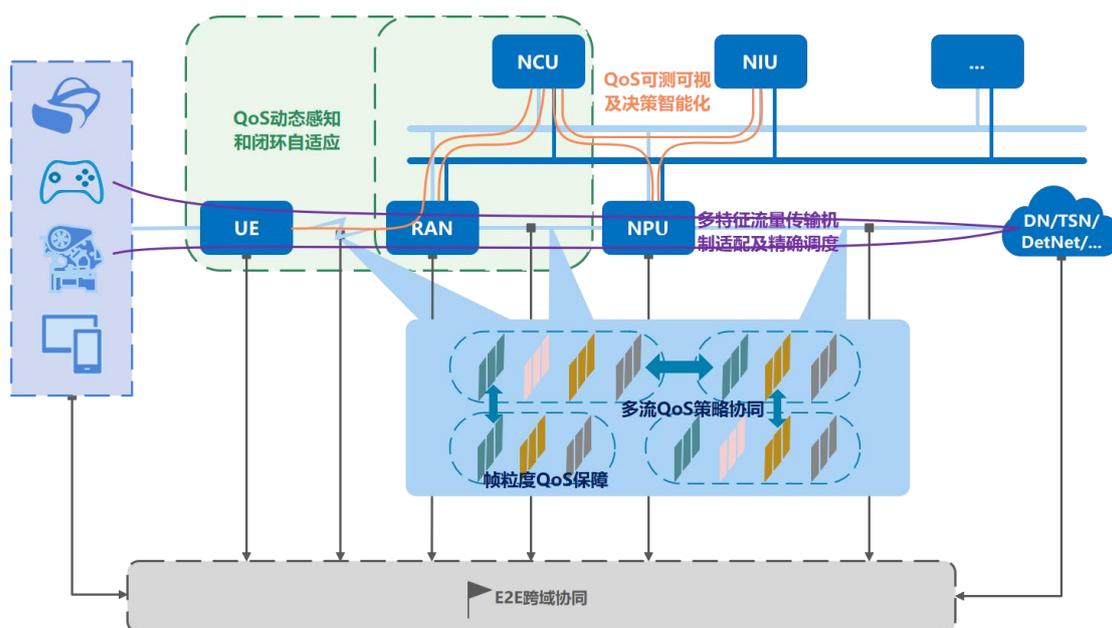
协议栈可编程：当下的网络设备对数据包的处理是固化的（相关程序写入芯片中），在协议方面不支持扩展性。在协议栈功能设计方面，可以考虑组建接口协议栈的组件库，根据业务需求进行差异化的协议功能设计，优化协议功能分布和接口设计，结合 AI 技术进一步增强协议功能。

用户面路径可编程：网络从控制面可编程向用户面可编程扩展，使得支持增强 GTP 或增强的 SRv6 协议的用户面成为可能，用户面路径可编程具有敏捷/简化/可视/提速提效等特点，可基于网络状态/负荷/业务需求动态生成更细粒度的转发路由，由用户面转发设备来完成，从而实现逐用户/业务流/逐数据包的灵活路径转发，实现按需定制、敏捷开发、负载均衡、运维智能化、网络安全等。

业务可编程及 SFC 业务链的管理：SFC（Service Function Chain，服务链）是由一系列业务节点有序构成，各业务节点可对数据流量进行流量检查、处理等操作。利用 SRv6 的路由编排特性实现 SFC，将大幅简化 SFC 逐跳配置的繁杂度，并且也适应新时代大规模网络的发展，实现业务可编程。

3.4. QoS 和 QoE 提升

服务质量（Quality of Service，QoS）作为一种对数据进行差异化转发处理的能力，能为业务流量的转发提供带宽、时延等 SLA 指标的保障。随着 5G URLLC、TSN 等场景的提出，提供超低时延、超低抖动、超高可靠等确定性的保障能力成为网络传输业务流量的关键要求。未来，沉浸式通信、HRLLC 等 6G 场景对未来网络的性能需求愈发严格，也对 QoS 保障机制提出了更迫切的增强要求。



图表 3- 7: QoS 和 QoE 增强要求

面向差异化 QoS 保障需求，网络支持多特征业务流量精确调度，QoS 保障的粒度向帧粒度及以上进一步细化。6G 网络中的业务流量特征更为多样。为满足多种业务流的共同承载，NPU 具备多种流量传输机制，并基于其可编程能力支持不同流量传输机制的切换。例如，对于周期性业务流量，NPU 使用时间感知传输机制，在预设的时间点传输业务流量，保障业务流量传输的确定性；对于突发且低时延要求的业务流量，NPU 使用紧急传输机制，通过对紧急流量执行资源预留或抢占传输等策略，保证其及时性。流量传输机制的选择和参数配置由 NCU 根据业务要求制定并下发给 NPU。此外，为精准满足日益多样化业务流量的 QoS 需求，5G QoS 流粒度的保障机制需要向更细粒度（如帧粒度及以上）增强^[6]。在控制面，NCU 与应用侧协同进行动态的 QoS 需求交互和策略制定，通过服务化接口传递更细粒度的 QoS 配置信息，支持无线侧进行 QoS 帧级别的资源预留和调度保障，从而能够为同一 QoS 流中不同 QoS 需求的关键 PDU、次要 PDU 提供差异化处理，保障 XR、元宇宙等沉浸式通信业务的连续流畅体验。在用户面，通过为 RAN 和 NPU 定义新的服务类型来增强用户面对 QoS 帧的识别、标记、加解密、组合和转发，如业务报文头部扩展携带 QoS 帧策略信息，实现网络对业务的更细粒度的感知。

面向未来多模态业务流, 结合智能化技术实现多流之间的策略关联和高效协同。多模态流的编码时间的变化、网络路由和拥塞、无线侧缓存延迟等产生的任何细微的延迟抖动都会对 QoE 产生非常显著的影响, 需要多模态流之间严格保持一致。对此, NCU 基于所识别的多模态流之间的关联性来制定适用于单终端多模态流的 QoS 策略, 同时协调具有交互需求的多终端的多模态流的同切片传输。NIU 可收集、监控和预测 NPU 中互相关联的多终端多模态流的状态, 针对不同组合的多模态流协同进行 QoS 参数训练和建模, 辅助多 NCU 进行 QoS 策略的智能联合判决、最优路径选择等, 保障多模态业务流的低延迟抖动和业务体验的流畅一致。

网络支持 QoS 的动态感知和闭环自适应, 使能 QoS 策略实时动态地适配频繁变化的业务特征和网络资源分布。6G 业务和网络资源的动态性将更为显著, 尤其在资源受限时, 需要在严格无损的 QoS 保障和连续流畅的 QoE 保障之间进行权衡。当发生网络拥塞或网络资源受限时, NCU、NPU、RAN、UE 等实体之间及时进行资源受限信息同步和 QoS 策略的协商, 如 UE/RAN 与 NCU 进行针对业务和资源状态的预上报和针对 QoS 策略的降级协商, 形成 UE、RAN、NCU 之间的多重闭环 QoS 机制, NPU 和 NIU 分别进行 QoS 实时监控和 QoS/SLA 质量分析以实现 QoS 信息的可测可视和快速调整, 使得 QoS 策略能够与网络资源分布、终端能力等进行自适应匹配, 并通过网业协同来提供最合理的 QoE。

面向端到端广域 QoS 保障, 通过数据传输、网络控制、资源编排等方面的多网络域协同, 适应新兴业务对 QoS 保障能力的极致要求。不同网络域的数据传输、网络控制、资源编排等技术有各自的特性, 需要在多网络域之间协同, 实现端到端 QoS 保障。在数据传输方面, NPU 通过其可编程能力实现不同网络协议的按需转换与转发处理机制的相互适应, 如移动网络和局域 TSN 网络、广域 DetNet 网络协议互通和机制协同, 实现 QoS 的共同保障; 在网络控制方面, NCU 与其他网络域的控制功能实现东西向协同, 如与 TSN、DetNet 的网络控制器, 统一制定 QoS 策略并根据用户面的特性通过南向接口向各网络域映射; 在管理编排方面, NCU 将网络能力开放, 通过北向接口向业务应用提供资源信息, 优化业务部署、准入控制和资源分配等, 支持用户为中心的 QoS 保障。

4. 组网能力提高

4.1. 简化网络架构

5G核心网基于云化架构，将功能划分为不同的NF，NF之间以服务化接口互联，通过新增NF接口及新增NF类型来提供新能力，满足各种应用场景和业务需求。随着场景和需求的不断增加，NF接口和类型越来越多，NF间信令频繁交互，简单叠加导致架构越来越复杂。面向6G，本白皮书认为需要设计一种简化网络架构，在易于扩展新功能的同时，减少异厂商之间的互操作的复杂度。

6G新架构设计从两个维度进行简化：

1、NF整合为NxU，内部实现微服务化，无需标准化定义

在新架构的设计中，对现有的NF进行重构和聚合，原有的功能重新划分为新的NxU，实现功能类型的归一，拓扑结构简单，具有较强的可维护性、可扩展性和健壮性。以NCU为例：将原来AMF、SMF、PCF等NF的功能合并到NCU，原来AMF、SMF、PCF之间交互较多的会话处理、策略获取等流程，在新架构中由同一NCU内部实现，原NF间服务化接口被NCU内部数据访问接口替代，NCU完整的对外提供服务。

NxU内可以采用微服务架构设计，将每个服务分解为松耦合的微服务，每个微服务都围绕特定的业务功能构建，并且可以独立的服务和扩展。本白皮书认为微服务是一种设计理念，而不是一种标准，技术栈由开发层面决定，不必进行标准化定义。NxU内部组件可以相互独立地扩展，直接添加新特性或功能；对不同的组件可以使用不同的技术栈和不同的编程语言；采用微服务架构，新功能上线不再需要关联多个NF的升级，直接对部分微服务进行升级即可，从而提高系统的可维护性、可扩展性和敏捷性，可以快速迭代和独立部署新的服务。

Service Mesh为微服务架构提供了一种细粒度的方式来处理服务之间的通信问题，而不侵入到服务本身的代码中。Service Mesh 技术解决了微服务架构中分布式系统中的一些复杂问题，如网络延迟、服务发现、负载均衡、故障处理等，使得微服务架构中的服务能够更加高效、安全地进行通信。在NxU的设计中，可以利用Service Mesh实现微服务的注册发现、服务代理和安全隔离，解决复杂组

网下各个微服务组件之间，复杂的通信管理和数据共享的问题，从而简化了NxU的运维和开发。

2、适应分布式云原生趋势和分布式组网需求，优化架构设计

基于云原生架构进行核心网设计和部署，可以最大发挥网络优势，无需设计基础设施的建设，自动构建、部署和启动服务，在减轻负担的同时更好地专注于业务功能，达到降低成本、提升效率的目的。分布式云原生技术通过云原生技术统一多云技术栈，以云原生的方式构建分布式云并提供云服务。分布式云原生技术通过对分布在不同地理位置的资源的一体化调度和管理，形成跨域的统一云基础设施，为云应用提供更高的可靠性，更低的响应时延、更好的容灾能力和业务连续性体验。此外分布式云原生技术也为数据的隐私保护、数据共享提供了技术保障。

在移动通信网络领域，组网方式也在从集中部署向集中+分布式部署演进，分布式云原生技术为分布式组网提供了技术支撑和保障。分布式架构相比集中式有很多优点，如分布式网络更敏捷、易于扩展及更好的隔离性。但也存在一些问题，包括数据一致性的问题、网络管理复杂度，并且这些问题随着分布式应用规模变大，会变得更加突出，例如网元之间的连接可能变得非常复杂。

在新架构的设计中，将各NxU的注册管理、服务发现、网络代理和安全隔离等功能融合为独立的NAU，NAU负责自治域内NxU注册发现，实现NxU间的安全互信和感知发现，并且在NxU多实例间实现负载均衡，简化NxU间互联，让NxU专注于功能逻辑实现，简化NxU实现复杂度，易于新功能的上线，提升网络敏捷度；同时，NAU作为对外服务网关，起到域间网络动态发现、安全隔离和可信接入的作用，通过NAU实现网络间的互联互通和即插即用。NAU简化了组网互联架构，将原来的网元发现变为自治域发现，对外屏蔽网络内的拓扑结构，简化域间网元发现过程，降低网络复杂度，便于网络维护。

总之，新核心网架构中，NxU间服务标准化，减少开放的接口和服务的数量，只根据互通要求呈现需要开放、需要异厂商互操作的；NxU内部采用微服务架构，可以基于Service Mesh开发框架，快速构建新的服务以支持新的业务应用。通过

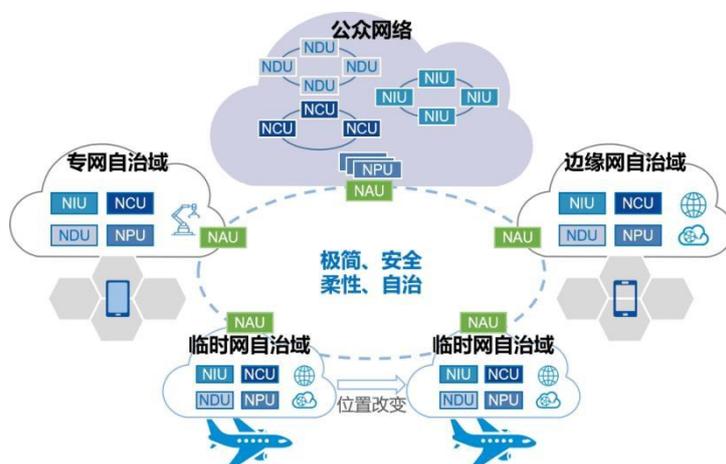
网络架构服务化和网络单元内部微服务设计，新架构支持快速实现各种多样的业务，实现简化网络架构，提升网络易扩展性的目标。

4.2. 分布自治组网

当前国内的 4/5G 网络是网元分布式网络，面向 6G 的未来网络需要满足更大的网络规模、更多的业务场景、更低的业务时延和更高的算力要求，将给现有网络架构带来极其复杂的互联架构，给管理带来极大的困扰，并且还对安全可靠带来隐患，需要网络进行简化，即融合部分不需要解耦互联的 NF，网络-网络间进行分布式互联，降低 NF 全互联的复杂性。此外，以联邦学习为代表的跨层跨域智能协同、以中心和边缘算力为代表的多域算力协同等场景，也均对分布式的网络架构提出了需求。因此，未来的网络需要更简化、更安全、更敏捷、更智能的高效网络架构来支撑这些场景和需求。

为了满足 6G 大规模、多自治域间互联的分布式网络架构（如图 4-1 所示），通过极简、安全、柔性、自治的技术支撑，有助于更好地推动网络由 5G 集中式向 6G 分布式演进，与未来新场景新业务相结合，形成 6G 新生态，提供灵活多样的服务。

- 极简：网元互联 -> 网络互联
- 安全：个体安全 -> 一体互信
- 柔性：人工配置 -> 即插即用
- 自治：集中管控 -> 域内自主



图表 4- 1: 分布式自治网络架构图

(1) 极简：从网元互联到网络互联

当前网络架构中，不同子网的互联采用了各网元间的点对点 Full Mesh 互联互通机制，当子网数量规模大幅增加后，网元间的互联互通也将几何级增加，管理维护非常复杂。

6G 网络中，分布式网间的互联互通可以经由代理网关 NAU 实现互通，此时消费者网元可以借鉴 Service Mesh/Sidecar 机制，仅需关注业务逻辑的处理，无需执行复杂的网元间发现和选择策略，由独立的服务代理实现互联发现功能，从而简化了业务网元的实现复杂度。

(2) 安全：从个体安全到一体互信

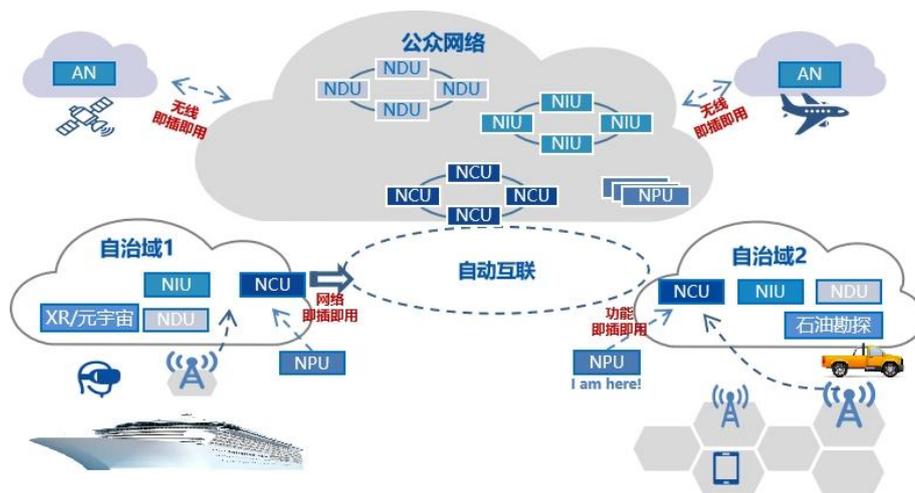
不同网络域间互联互通时，需首先保障自身网络安全、对端可信和业务访问可信，以防止出现非法节点/非法网络入侵造成网络攻击和信息泄露等安全风险。

在当前的服务化架构下，可以采用基于 TLS 的证书认证机制，实现网元间的双向认证。在分布式自治域间，可以引入域间子网的认证互信机制，由各自治域的代理网关之间执行认证，并且提供网间的安全隔离和防护功能，以及网间所有信令消息的访问控制验证。该方式可以简化网间互联互通时的网元间的互联机制，提供统一的认证和授信，并且实现对自身网络的隔离保护功能。

此外，还可以引入基于区块链/联盟链等技术的身份认证机制，通过分布式账本管理用户和自治域子网的身份信息和验证身份所需的密钥信息。在子网间建立连接时，完成子网身份认证，为子网互联提供互信基础；可以解决用户跨子网身份认证，实现分布式网络间安全协作，保证用户敏感信息不出域。

(3) 柔性：从人工配置到即插即用

未来网络是分布式的网络，网络单元或子网或者切片，可能分布在卫星、飞机、轮船、井下等，如果仅依靠人工部署，则时间长、配置数据复杂、运维难，因此，网络或网元需要像 WiFi 一样，“极简部署、即插即用”。



图表 4- 2: 无线、功能和网络即插即用

即插即用是指网络单元/子网在部署的时候，可以自动的连接到网络中，对外提供业务，并且网络单元/子网还可以具有移动性。即插即用包括无线即插即用、网络单元即插即用和网络即插即用：

- 无线即插即用：无线网络部署上电的时候，可以自动下载配置数据，完成自配置、自我管理，在自治域内，无线-核心网相互发现，自动建立连接关系。
- 功能即插即用：核心网各个网络单元，例如控制单元、智能单元、转发单元等，以及组成网络单元的功能模块，在自治域内相互发现，自动连接，实现自我管理。
- 网络即插即用：网络注册发现+可信认证，包括专网与专网，专网与公网自动发现互联。

(4) 自治：从集中管控到域内自主

在未来分布式网络中，公网专网融合、大网子网并存，组网复杂，集中运维管理难度大。因此，需要网络“从集中管控向域内自主”演进，子网域内要具备高度自治的能力，在 AI/大模型和数字孪生的基础上，实现网络域内的自配置、自恢复、自优化、自运行，从而实现“零等待、零接触、零故障”。

- 自配置：域内网元升级更新，可以自动下载更新配置数据，通过灰度升级、业务热迁移等手段，可实现业务不中断在线升级。

- 自恢复：域内网络出现故障，如硬件故障、信令风暴等，可结合 AI 计算模型和专家知识库，可自动诊断、自动隔离、自动检测、自动恢复业务，保障网络的可靠性。
- 自优化：域内网络可根据性能或负荷进行网络自优化，支持网元或服务层面的智能弹缩，可以整合资源，最大程度节能降耗，整个过程无需人工干预，自动优化。
- 自运行：域内网络可不受外部网络影响，保持稳定运行，给用户提供更不中断的服务。

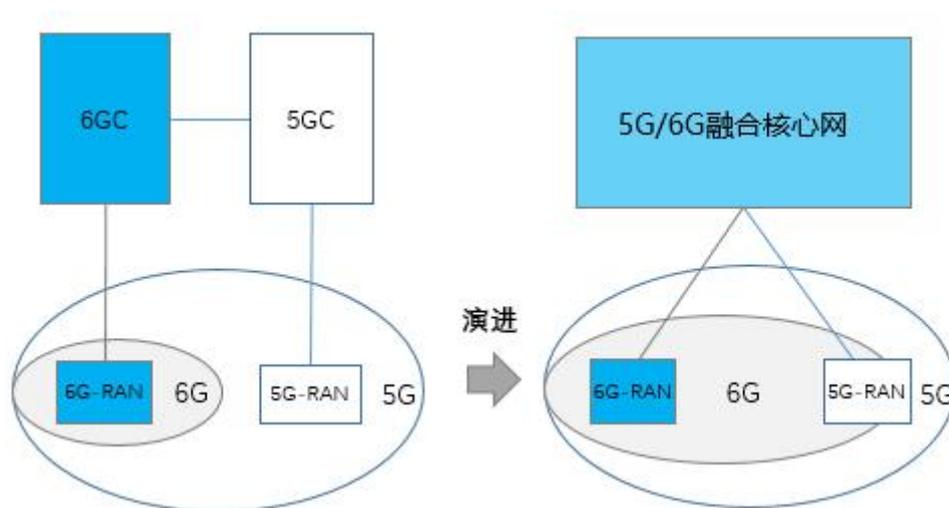
4.3. 网络平滑演进

5G 网络向 6G 平滑演进的能力是 6G 网络需要具备的基础能力之一，一方面可以保障业务在 5G 和 6G 网络间切换时提供无缝的业务连续性，另一方面可以重用 5G 现网投资避免浪费。平滑演进可以有两种技术路线，一种技术路线是基于 5GC 的架构，通过叠加新的 NF 和升级现有 NF 支持新的网络功能，从而实现平滑演进，这种路线看起来演进的过程比较简单，但将导致目标网络更加复杂。另一种技术路线是重构 6G 网络架构，包括重新定义 6G 网元功能、接口以及对外服务，采用更具可扩展性和可定制性的功能设计，来支持 5G、6G 的无线网络的接入，并通过 5GC 网元升级为 6GC 网元的方式实现平滑演进，这种路线下目标网络更加简洁。本白皮书提出 6G 网络架构设想属于第二种技术路线。

选择重构 6G 网络架构的路线主要有如下的考虑：首先，重新定义 6G 网元功能，可以避免 NF 数量以及接口数量的激增，设计方案不局限于当前架构及接口的定义，新功能的开发不依赖于 5GC 产品实现方案，无需兼顾当前网元的设计开发方案，可以采用更优化的软硬件设计思路，实现效率更高、网络架构更简洁的目标。其次，网元之间分工更加合理，NCU 可以更好地体现通感智算一体化的控制，一体化的资源调度和管理，成为通感智算一体化的控制器；NDU 可以基于会话需求，提供全量数据，包括静态签约数据和动态数据，支持无状态设计，也更有利于实现数据价值的最大化；在网络智能方面，NIU 将是多形态的，支持通用智能需求和场景化的智能需求；在用户流量方面，2C 将以流量激增为

主要特征，2B 方面将以确定性和可靠性为主要特征，NPU 将根据场景不同存在多种形态。第三，网络部署层面上，5G 网络向 6G 网络的演进不需要在 5G 网络上进行修修补补，减少对 5G 网络和业务的干扰和影响。

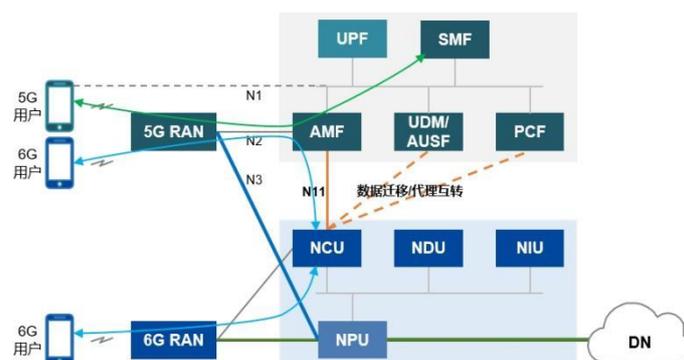
关于网络平滑演进的总体思路是：在 6G 网络建设初期，部分开通 6G 网络的区域可以采用独立的核心网即 6GC，与 5GC 进行互操作，这与 5G 网络初期，5G 网络与 4G 网络的关系类似。随着 6G 网络用户规模和覆盖范围逐渐扩大，以及 5GC 网元升级为 6G 网元或原有 5GC 网元退服，5G RAN 将来作为一种接入方式接入到 5G/6G 融合核心网，融合核心网将同时支持 5G 接入（通过 6G 核心网向下兼容 5G 的接口和基站实现）和 6G 接入方式，演进过程如下图 4-3 所示。



图表 4- 3：网络演进示意图

具体来看，6G 建网初期，为了保障终端在 5G 和 6G 网络间跨网切换时业务不中断，需要将 6GC 作为会话锚点，实现终端的业务流的转发。由于在工程割接操作中，不可能一次性割接所有的 5G 现网基站，因此，可以经由现网的 5GC AMF 接入至 6GC 网络中的 NCU 单元，以避免现有 5G 基站对接 6GC。此时 NCU 承担 5G SMF 网元功能，实现 PDU 会话的管理；此外，5GC 现网中的 UDM/AUSF 和 PCF 网元中的用户数据也不可能一次性全部迁移至 6G 网络中的 NCU/NDU 中，因此，需要 5GC 网络中的连接 AMF 的 UDM、PCF 与 6GC 网络中的 NCU 之间实现直接或间接方式的数据迁移，或者数据互转互通。例如：当 5G 用户首次接入 6G 网络时，6GC NCU/NDU 中没有该用户的签约和鉴权数据，此时，NCU 可以

通知 BOSS 发起将该用户的签约数据从 5GC UDM/UDR 迁移至 6GC NCU/NDU 中，或者 6GC NCU 将相应的消息转发给 5GC UDM/AUSF 中执行相应的鉴权和授权等功能。并且，外部网络（包括：5G RAN、5GC、6G RAN 等）与 6GC 网络互联时可以经由 NAU 互通，以简化网络的互联架构。5G RAN 通过以上互通方案，可降低工程操作的工作量，同时降低 6G 部署期间对现网 5G 网络的稳定性影响。



图表 4- 4: 6G 网络初期 5G 和 6G 网络关系

如果终端处于省间漫游或者国际漫游状态，此时有两种方案实现互通：

方式一：通过拜访地 5GC I-SMF/vSMF 连接至归属地 6GC NCU，用户面经由拜访地 5GC UPF 连接至归属地 6GC NPU；

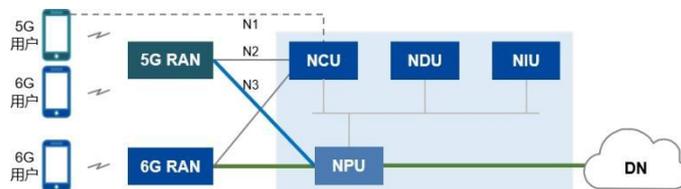
方式二：通过拜访地 6GC NCU 连接至归属地 6GC NCU，用户面经由拜访地 6GC NPU 连接至归属地 6GC NPU。

在拜访地和归属地均已部署 6GC 的情况下，推荐采用方案二，有利于加快现网 5GC 向 6GC 演进的步伐，简化网络互联互通的架构。

5G 网络向 6G 演进过程中，5GC 网元可以逐步升级为 6GC 网络中的 NxU 单元，比如 SMF、PCF 等网元升级为 NCU，UPF 升级为 NPU。通过升级，5GC 的软硬件资源得到重用，不会造成资源浪费。

在 6G 网络发展的成熟期，5G 将作为一种接入方式接入 5G/6G 融合核心网，其中 NCU 兼具 5G AMF 的部分功能，终结 5G 终端的 NAS 协议（N1 接口），并进行协议转换，通过 NCU 与 NDU、NPU 等的交互，完成用户的鉴权认证、会话建立、策略控制等过程。终结 N2 接口，接管 5G 基站，执行 5G 基站偶联管

理，移动管理等功能。在用户面，NPU 将具备 5G UPF 的功能，处理来自 5G RAN 和发往 5G RAN 的数据流量，包括 GTP 隧道管理、策略执行和数据转发等功能，保持 5G 用户体验的一致性。



图表 4- 5: 5G RAN 作为接入方式纳入 5G/6G 融合核心网管理

通过上述的演进过程，可以逐步实现 5G 用户向 6G 网络的迁移和演进。

5. 结束语

本白皮书认为云网融合已经成为网络发展的必然趋势，网络云化、开放解耦将从核心网向无线网络延伸，6G 网络将可能实现从无线网到核心网的全域可编程，提升 6G 网络对不同业务的适配能力。6G 网络架构设计将继承 5G 服务化云化路线，同时进行演进和优化，从这个角度看，本白皮书提出的 6G 网络架构是演进型架构。

6G 网络架构的设计是一个系统性的工程，要兼顾网络服务能力提升、网络服务效率提升、组网能力提升，同时还要兼顾网络架构简化、绿色节能、低成本部署等实际需求，需要在多种诉求之间进行平衡，选择适当的技术路线。在 6G 网络架构设计时，应把满足业务发展需求放在首位，这是 6G 网络的根本价值。同时应考虑运营需求，简化网络架构，提高 6G 网络的易运营性，通过分布式组网技术、网络可编程技术等提升 6G 网络组网灵活性，通过智能内生提升 6G 网络运营智能化。为了实现上述目标，需要汲取 5G 架构设计的理念和经验，同时进行优化和创新。本白皮书认为 6G 阶段应优化标准制定边界和方法，避免标准的复杂性，提升网络功能扩展的灵活性。微服务是一种设计理念，而不是一种标准，技术栈应由开发层面决定。网络单元之间采用标准服务化，网络单元内部采用非标准的微服务/无服务器等技术。

按照最新的 3GPP 标准计划，第一版本的 6G 网络架构标准不会早于 2029 年 Q1，在此期间，6G 网络架构将逐渐清晰，本白皮书还将随着研究的深入逐渐演进。

6. 参考文献

- [1] 中国电信，中兴通讯. 6G 网络架构展望白皮书，2023.
- [2] 3GPP TS 23.288, "Architecture enhancements for 5G System (5GS) to support network data analytics services (Release 17)", v17.7.0, Dec. 2022
- [3] Li, Pengyu; Xing, Yanxia; Li, Wei, Distributed AI-native Architecture for 6G Networks, ICIPNP 2022, doi: 10.1109/ICIPNP57450.2022.00019
- [4] 王全，邢燕霞，樊万鹏，等. 支持通信感知一体化的 6G 核心网关键技术研究[J]. 电子技术应用，2023，49(12): 50-55.
- [5] Wang, X., Sun, T., Duan, X., Wang, D., Li, Y., Zhao, M., & Tian, Z. (2022). Holistic service-based architecture for space-air-ground integrated network for 5G-advanced and beyond. *China Communications*, 19(1), 14-28.
- [6] 3GPP TS 23.501, "System architecture for the 5G System (5GS); Stage 2 (Release 18)", V18.2.2 (2023-07)