



中移智库



6G 智简无线网络与自治技术白皮书

(2025 年)

发布单位：中移智库

编制单位：中国移动通信研究院、中关村泛
联移动通信技术创新应用研究院

前 言

在 5G 持续发展与 6G 创新布局的关键时期，移动通信网络正面临网络复杂度持续增加、行业应用需求趋于定制化、差异化、碎片化以及人工智能技术与网络融合带来的挑战。在此背景下，中国移动提出 6G 智简无线网络，旨在基于服务化 RAN 功能原子化、按需组合的能力，实现场景定义“简”的网络；同时通过网络自治、人工智能等技术，实现网络“智”的赋能，重塑移动信息网络服务的新范式，推动业界 6G 通感算智融合内生研究。本白皮书阐述了 6G 智简无线网络的设计理念及技术创新，包括在平台、功能、赋能、管理方面如何实现“智简”。

本白皮书的版权归中国移动所有，未经授权，任何单位或个人不得复制或拷贝本建议之部分或全部内容。

目 录

1. 6G 智简无线网络的驱动力	1
2. 6G 智简无线网络设计理念	2
2.1 设计思路	2
2.2 内涵	3
3. 平台“智简”：云化算力统一管理	5
3.1 6G 智简资源管理方案	6
3.2 异构资源管理器	7
4. 功能“智简”：服务化 RAN	8
4.1 原子化拆分	9
4.2 分子化重构	10
5. 赋能“智简”：能力开放与智能编排	11
5.1 能力开放	11
5.2 智能编排	13
5.2.1 服务编排	13
5.2.2 融合调度	15
6. 管理“智简”：网络自治	18
6.1 网络自治框架	18
6.2 网络自治关键技术	19
7. 总结与展望	23
缩略语列表	24
参考文献	25

1. 6G 智简无线网络的驱动力

移动通信网络的发展面临着技术演进与业务需求的双重驱动。网络在满足社会日益增长的连接需求的同时，其自身复杂度也在不断攀升。亿智互联作为 6G 的发展目标，正推动网络向智能化演进。“智简”已成为 6G 无线网络的重要发展趋势，其驱动力主要源于以下三个方面：

一是从现网情况看，5G 网络参数和功能繁多，使得运维和管理工作复杂，网络性能难以得到优化与保证。在实际运营中，常常需要投入大量的专业人力和物力进行繁琐的监控、调整以及故障排查。同时，网络中专用设备堆叠部署，以及由此带来的硬件资源难以跨域共享与按需分配问题，导致网络建设和维护成本居高不下，运营管理流程繁琐，整体能耗效率难以优化，新功能部署往往速度缓慢，难以快速响应市场和用户的需求。这种复杂性已成为网络持续高效发展的瓶颈，需通过架构层面的根本性“简”来破解。

二是面向垂直行业，现有网络解决方案主要依赖专用网络部署或多种标准化产品的组合来满足差异化需求。然而，ToB 行业需求愈发呈现出定制化、差异化和碎片化的特征，对带宽、时延、可靠性、安全性、连接密度以及特定服务能力（如定位、计算）的需求呈现高度个性化与定制化特征。但现有的网络产品形态难以满足这些多样化需求，其架构和功能设计相对固化，缺乏足够的灵活性，难以经济高效地适配碎片化的行业场景，导致客户定制化需求响应速度慢、部署周期长、整体解决方案成本较高等问题。因此，网络需要更深层次的“简”，其核心在于实现网络能力与服务的模块化、灵活组装和按需供给，以敏捷、经济、高效的方式响应千行百业的需求，降低行业数字化转型门槛。

三是人工智能（AI）技术的融合应用同样面临发展瓶颈。AI 在网络中的应用展现出巨大潜力，但目前数据的获取、治理、隐私保护以及跨厂商设备间的互通性制约了 AI 模型训练与部署的效率和效果。面向 6G，“智”的引入不应仅局限于网络运维层面的事后优化（运维态），更需要深度融入网络的实时运行过程（运行态），实现感知、决策、执行的闭环自治。更为关键的是，6G 将超越传

统连接，深度融合感知、计算、AI 等多种能力，简单的外挂和叠加会导致效率低下、部署运维成本高昂以及协同效果不佳。因此，网络需要内生的“智”，实现通感算智等核心能力的深度融合与一体化设计，为未来创新业务提供智能、高效、低成本的平台支撑。

2. 6G 智简无线网络设计理念

行业应用是 6G 研究的重点，6G 网络需要具备灵活适配 ToB 场景极致性能和更加差异化、碎片化、定制化需求的能力，同时避免网络本身功能、能力、管理的堆叠式发展。为此，本白皮书提出 6G 智简无线网络设计理念，以四大转变为设计思路，通过平台、功能、赋能、管理四个维度的“智简”设计实现无线网络下至硬件资源层，上至业务应用层的智简。

2.1 设计思路

为应对当前现网存在的问题、ToB 行业应用需求趋势以及 AI 技术发展面临挑战，6G 无线网络设计需要实现四大转变。

转变 1：烟囱式堆叠到平台化共享。

传统网络采用垂直烟囱式架构，专用设备堆叠部署、硬件资源不共享，导致网络成本高、能耗高，资源利用率低、能耗高、扩展性差，差异化、碎片化的无线算力资源难以匹配低时延、高灵活性 6G 通感算智网络能力需求。为此，需高效整合异构硬件资源，通过异构硬件云化灵活、高效地整合和利用各种异构硬件资源，支撑上层高效通算数智资源按需调度，满足不同场景高实时、弹性部署等需求；向下实现算力池化与统一管理，解决无线算力管理难题。

转变 2：单一式服务到可定制服务。

5G 网络引入服务化架构（SBA）与网络切片技术，实现了一定程度的服务差异化，但其核心理念并未真正引入到无线接入网（RAN）侧，RAN 仅通过频率隔离、空口配置满足差异化场景需求，仍存在灵活性不足的问题。6G 时代，行业

应用的定制化需求更加突出，并将引入通感算智多维网络能力。需要考虑通感算智网络能力如何定义与交互，以支撑服务按需提供。通过端到端服务化实现可灵活组合的网络功能和高效编排，持续满足差异化的端到端服务需求。

转变 3：外挂式 AI 到内生式 AI。

“亿智互联”是 6G 网络的发展目标，智能网联车、智能终端和智能机器人等智能应用需求呈现更加多样化和复杂化的特点。一方面，需要考虑如何依托 6G 网络推动 AI 应用爆发式增长与规模化落地；另一方面，探索如何充分利用 AI 强大的感知、理解、学习能力赋能网络，实现更加高效的通感算智融合设计与运行。未来，6G 网络与 AI 将深度融合，实现内生 AI，在 6G 网络架构内部提供数据采集、数据预处理、模型训练、模型推理、模型评估等 AI 工作流全生命周期的完整运行环境，同时将 AI 服务所需的算力、数据、算法、连接与网络功能、协议和流程进行深度融合设计。

转变 4：事后高成本处理到事前低成本干预。

传统网络运维依赖人工巡检和故障后修复，导致处理成本高且效率低下。例如，5G 网络中基站故障的排查与恢复时间可能需要数小时。面对 6G 通感算智深度融合、AI 原生架构以及空天地海一体化组网所带来的网络更高的复杂性与可靠性要求，亟需更高效的运维模式。网络自治技术可作为低成本预验证的保障环境，实现预测性主动干预，构建低成本虚拟环境，预测未来网络状态，验证 AI 决策。通过预测性维护，在设备性能劣化或潜在故障发生前精准识别风险点，并自动或半自动地执行预防性操作。通过构建动态自治网络，将网络规划、建设、维护和优化工作统一管理，实现从“各环节分开独立”到“数字孪生统一”的转变。

2.2 内涵

基于以上设计思路，提出 6G 智简无线网络，旨在根据多样化业务需求，动态组合网络资源与功能，通过灵活可定制、最小集的网络部署，实现网络能耗成本与性能的折衷。

本白皮书从网络平台、功能、赋能、管理四个维度进行智简的无线网络设计，如图 1 所示，6G 智简无线网络以云化算力统一管理为底座，以服务化 RAN 为内核，以能力开放与智能编排为中枢，以网络自治技术作为低成本预验证的保障环境，实现功能的池化与灵活调用，服务的高效、智能编排管控，适配多样化业务需求。



图 1 6G 智简无线网络内涵

1. 平台“智简”：研发云化算力统一管理框架，有机整合异构硬件资源，通过统一管理与调度，实现异构云化算力资源的全生命周期统一管理，解决无线算力管理难题，为通感算智能力融合提供高效支撑。

2. 功能“智简”：基于服务化 RAN 技术，将通感算智以服务的形式引入，通过 API 按需调用，面向场景进行功能服务的灵活编排，实现功能可插拔、网络可定制，实现多维能力的原子化设计与能力之间的高效协同。

3. 赋能“智简”：基于能力开放与智能编排技术，一方面通过开放应用程序编程接口（API），将网络能力（如 AI、定位、感知）封装为可调用的服务，通过服务化的接口向上开放给应用层，支持第三方开发者快速构建创新应用；另一方面通过内生 AI 赋能网络的编排调度，降低功能拆分与编排的复杂性，实现时变环境下网络能力与业务的最优匹配，提升网络运行效率和用户体验。

4. 管理“智简”：基于网络自治技术，提出一种高度智能化、自动化的自治网络框架，采用“集中式控制+分布式自智”的“全域协同+分域自智”的分层跨域协作的结构，赋能 6G 运行态、运维态和业务态的智能需求解析、网络决策自生成和决策预验证。并通过意图驱动、智能可编程以及数字孪生等网络自治关键

技术，助力 6G 实现运维管理的“简”和 AI 决策预验证的“智”。

通过以上四个维度的“智简”设计，将网络构建成硬件资源可共享、网络功能可插拔的平台。其中，“简”体现在，通过功能和资源的按需编排实现供需动态匹配，为不同用户提供定制化、多样化的“简”的服务，通过网络自治技术解决网络运维管理复杂及 AI 决策存在故障风险的痛点问题，实现“网极简”；“智”体现在，基于内生 AI，在运维态实现智能化管理，提高网络的运维效率和可靠性，在运行态通过 AI 优化网络的编排调度和资源管理，提升网络的性能、资源利用率以及业务体验，实现“智内生”。

3. 平台“智简”：云化算力统一管理

6G 通感算智的内生融合不仅要求网络基于异构硬件提供多种高性能算力的灵活组合，还需实现资源的高效统一管理，以满足各类功能对资源的差异化需求，从而打造云化、灵活、开放的无线网络。

硬件架构方面的主要挑战在于如何满足多样化算力需求。一方面，受限于体积、功耗和成本等因素，无线网络中可部署的算力节点（例如服务器）数量较少。鉴于单一的中央处理器（CPU）架构计算能力局限，在无线网络中基于 CPU 方案的堆叠更是不可持续的。另一方面，由于 6G 智简网络将融合通信、感知、计算、AI 等多维度功能，其对硬件资源的处理需求也更加多样化且动态化。因此，需要更加多样化的异构算力来支持多样化功能和碎片化的应用场景，提供资源保障。

资源管理是另一个核心挑战。一方面，通感算智功能带来的差异化资源需求需要满足动态分配和高效共享。此外，由于无线网络中的多种业务存在资源需求的冲突与抢占，还需要实现资源高效共享，提升资源利用率，从而节约能耗和成本。另一方面，现有大部分高性能计算平台设计多面向集中式云计算数据中心，其中大多集成单一类型的异构资源，例如图形处理器（GPU）、神经网络处理器（NPU）或现场可编程门阵列（FPGA）等加速器，且很少采用来自不同厂家的异构硬件进行异构混合计算。因此，这些平台依赖大规模部署、资源冗余和固定配比。而无线网络中，受限于成本、功耗和部署空间，很难部署类似 NVIDIA DGX 的大型算力平台，集成大量一致性算力，并且由于无线网络贴近用户的特征，实

际算力更加呈现稀疏、碎片化特征，需根据用户需求按需提供某厂商某类型算力。

针对上述挑战，云化技术是一个有效的解决方案。然而，传统云资源管理技术同样面向大规模集中化部署的中心云场景。在无线网络场景中，需要对相关技术进行创新。因此，提出 6G 智简网络资源管理方案，基于云原生实现资源统一管理与高效使用；通过异构资源管理器，实现异构资源生命周期的统一管理，降低管理复杂度，实现平台“智简”。

3.1 6G 智简资源管理方案

6G 智简网络的资源管理是面向异构资源的，从而基于异构资源满足多样化算力需求。异构资源可以体现在多个层面：

芯片级异构：例如通过 Chiplet 等技术集成多种核心，实现单芯片多架构。

节点级异构：例如在单台服务器内可集成 GPU、FPGA、NPU 等加速卡，基于 PCIe、NVlink 等互联技术连接。

跨节点异构：例如在集群中采用不同架构的服务器，既包含通用架构的服务器节点，也包含面向智算需求的高性能服务器节点。节点间通过高速网络技术协同调度，实现互联互通。



图 2 6G 智简资源管理方案示意图

6G 智简网络的资源管理方案如图 2 所示。在底层，由 CPU、GPU、FPGA、NPU、数据处理器（DPU）等多样化算力构成的算力内核，是算力资源的核心部分。在算力形态上，除了常见的云化无线接入网（C-RAN）机房，还需要涵盖边缘机房中的小规格边缘设备。此外，随着物联网的广泛应用，大量泛终端设备也需要纳入

管理范围。在资源管理方面，首先需要实现传统计算、网络、存储资源的纳管，这些资源的云化和纳管将基于云原生方案。对于多种多样异构算力，需要使用专门的异构算力管理框架，实现差异化资源的管理。在无线网络中，资源的调度和编排尤为重要，尤其是有限资源的共享编排以及针对时延、能耗等维度的调度。

3.2 异构资源管理器

异构计算资源是智简网络中实现通感算智深度融合的基础支撑。传统的以节点为中心、以单一设备为单位的资源管理思路，已难以满足 6G 智简架构下弹性异构计算的需求。为此，提出面向未来无线网络的新一代异构资源管理器，构建基于云原生生态的异构资源融合管理范式，重点解决异构资源生命周期的统一管理问题，降低管理复杂度。

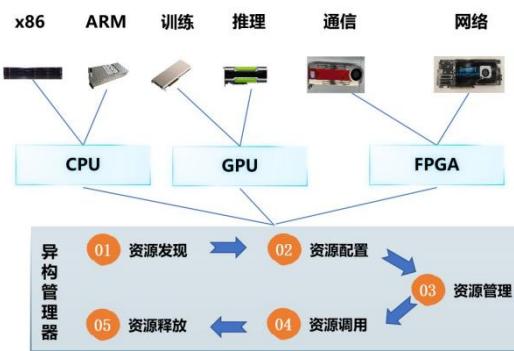


图 3 异构管理器理念示意图

新一代异构资源管理器的核心在于对资源管理边界、颗粒度与决策模式的优化。它以“算力泛在、能力即服务”为理念，致力于打破厂商壁垒，抽象异构能力，重塑资源协同，构建统一的异构资源抽象体系，为上层网络智能与业务敏捷提供支撑。基于这一理念，异构资源管理器具有如下四个特征：

- 1) **统一资源视图：**异构资源管理器不再关注资源具体驻留在哪一台设备、来自哪一家厂商，而是通过抽象映射与模型泛化，构建横跨节点、厂商、生命周期的统一资源视图。每一份异构资源，无论其来源、结构或能力表现，都将在这一视图中被抽象为可编排、可感知、可运维的“能力单元”。
- 2) **策略驱动调度：**在异构资源管理器框架中，资源调度不再是静态资源匹配问题，而是融合业务意图、系统拓扑、能效比、QoS 等多维因子的动态协同优化过程。通过意图识别与策略演化，系统能在复杂环境中实现“意图驱动、

- 策略优先”的智能资源适配。
- 3) **服务化封装：**异构资源管理器倡导以“算力即服务”为基本供给单元，将底层硬件能力封装为标准化服务，提供接口友好、调用敏捷的能力访问模式。面向AI推理、智能检测、协议卸载等多样化业务形态，可无缝支撑多种异构资源的并发调度与复用。
 - 4) **原生云融合：**依托云原生体系，异构资源管理器能够以组件化、可插拔的方式集成进现有平台，无需重构底层架构即可实现异构资源的弹性管控。其设计本身具备自演化、自适应的结构张力，面向未来的新型加速器形态（如DPU、国产AI芯片等）具备天然兼容潜力。

在6G网络碎片化部署、高时延敏感、多任务并发的趋势下，异构资源管理器将不仅仅是资源管理工具，而是面向未来无线网络资源底座架构的治理中枢。通过研究攻关，异构管理器将逐步打通设备感知与服务编排之间的逻辑鸿沟，推动资源管理从“设备思维”转向“能力思维”，从“静态配置”迈向“动态自治”，实现资源发现、资源配置、资源调用、资源释放等云化资源的全生命周期管理，解决GPU、FPGA、DPU以及未来XPU在无线网络中的管理、使用乃至调度编排难题。

4. 功能“智简”：服务化RAN

当前RAN架构多采用以集中单元（CU）/分布单元（DU）为最小部署单元的“黑盒式”网元设计，协议栈功能在软硬件垂直集成中被静态固化。这种模式虽然简化了单体部署，却在多场景自适应、弹性扩展及资源利用率方面暴露出明显不足。服务化RAN技术是应对上述问题的有效解决方案，将传统集成单体基站功能解耦为网络功能与服务，通过服务化接口实现功能服务之间的交互与能力开放，以按需组合的方式提供更灵活、更精简的网络服务能力[1]。

基站功能是影响服务化RAN性能的关键。目前，RAN协议功能拆分高度依赖专家经验，手工解析耗时长、效率低，且不同项目中功能划分颗粒度往往不一致，导致接口冗余与重复实现严重，削弱了功能复用性与网络演进速度。此外，随着3GPP等标准频繁迭代，基于人工经验拆分的协议逻辑容易遗漏隐性依赖关系，

对新版本的增量更新与向后兼容性支撑不足，从而引发升级成本高昂、网络演进受阻的问题[2][3]。

为此，创新提出如下基于“原子化拆分-分子化重构”的服务化 RAN 功能设计：

- 1) **原子化拆分：**在内部实现层面，对网络功能（NF）内部的原子服务链路进行深度拆分，将诸如“头压缩”、“加解密”、“复用”等基础功能抽象为最小粒度的原子服务，并重构为场景化的对内服务链路，实现业务流程的最优执行路径。
- 2) **分子化重构：**在外部部署层面，将若干标准化原子服务（Service 1…Service N）灵活组合为不同 NF 实例（如 NF1、NF2、NF3），精准匹配场景化部署需求，提供轻量化、可编排的网络功能块。

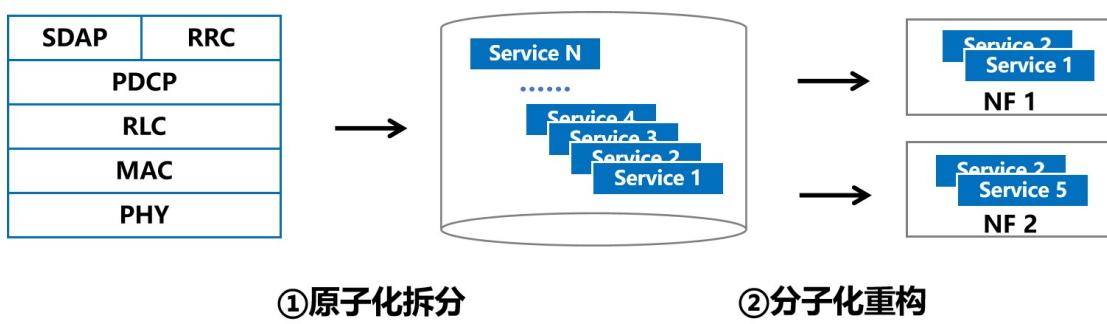


图 4 服务拆分与重构

基于“原子化拆分-分子化重构”，服务化 RAN 可面向场景进行功能服务的灵活编排，解决传统基站功能固化、升级迭代成本高的问题，实现协议功能的“简”；同时，大语言模型与 AI 等技术可赋能拆分和重构，解决基于人工经验拆分重构耗时长、效率低的问题，以“智”的手段进一步促进协议功能的“简”。

4.1 原子化拆分

为实现 RAN 功能的标准化解耦，可基于大模型的进行原子化拆分：首先，开展多模态协议智能解析，采用通信领域知识增强的 AI 模型，对 3GPP/ETSI/O-RAN 等异构协议文档进行结构化处理。通过自然语言处理与语义分析技术，自动提取协议中的状态转移逻辑、时序约束关系及业务规则特征，构建机器可理解的协议知识图谱。然后，构建标准化原子功能库，基于深度语义理解将协议要素转化为

颗粒度统一的标准化、可扩展的功能组件。同时，需要建立增量兼容机制，从而支持协议平滑演进，确保新旧原子功能可协同工作，避免协议升级导致的系统断层。最终实现从人工解析到自动化转换的范式跃迁，彻底消除功能定义颗粒度差异问题，为后续的功能分子化重构与服务智能编排奠定基础。

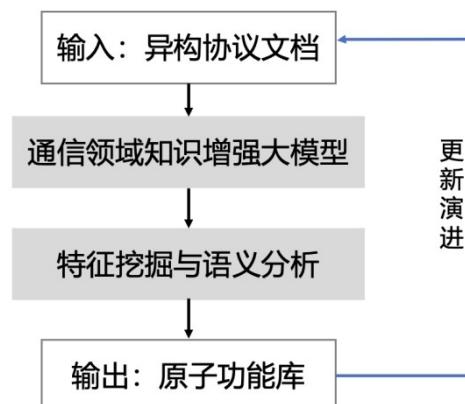


图 5 原子化拆分设计思路

4.2 分子化重构

基于提取后的原子功能库，引入“意图转译 + 动态编排”的分子化重构机制，分别面向控制面与用户面进行按需组合：

针对控制面，首先通过意图转译模块将场景需求映射为功能调用目标，构建原子功能调用关系图谱，量化功能间的关联强度（如调用频率、时延依赖度）；继而设计强化学习决策模型，通过评估组合策略的时延、稳定性及资源开销，动态生成高内聚低耦合的服务组件，实现控制面功能的智能化重组与性能优化。

针对用户面，实施场景驱动的去冗余设计。通过计算文本相似度，识别原子功能间的相似性，针对不同业务场景特征与需求，将业务逻辑相似或冗余的功能模块进行聚类或去冗余，形成精简的服务链路，从而显著缩短数据处理链路，提高处理效率，实现用户面功能的灵活定制和高效部署。

同时，为了实现闭环优化制定评估调整策略，通过运行时数据反馈对组件组合策略进行优化迭代，确保在多变场景下的稳定性与适配能力。最终实现原子功能向可编排服务的高效转化，为 RAN 功能柔性部署与演进升级提供了关键支撑。

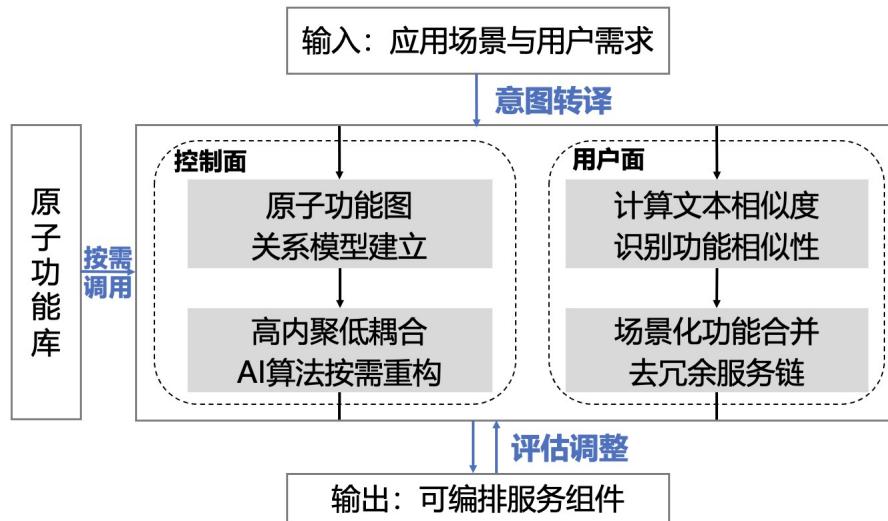


图 6 分子化重构设计思路

5. 赋能“智简”：能力开放与智能编排

6G 智简无线网络以其共享性、灵活性和开放性，突破了传统网络的封闭性，为赋能行业应用奠定了基础。例如，通过将 RAN 能力开放给第三方开发者和企业，第三方可根据自身技术优势和市场需求开发出创新的应用和服务，为激发产业新活力。

能力开放与智能编排是智简无线网络对外赋能的两大使能技术。传统无线能力通常经由核心网网元间接开放，存在开放能力受限、时延较大等问题，难以满足应急救援、无人机、云游戏等新兴业务的严苛需求。为此，提出无线能力开放框架，实现对外开放接口流程的“简”，充分释放网络潜能、高效赋能千行百业；此外，借助 AI 等技术强大的感知、理解、学习与决策能力，实现面向复杂业务“智”的编排和调度。二者的协同作用将重构网络能力供给模式，使网络从静态管道升级为智能、开放的平台，实现网络赋能“智简”的目标。

5.1 能力开放

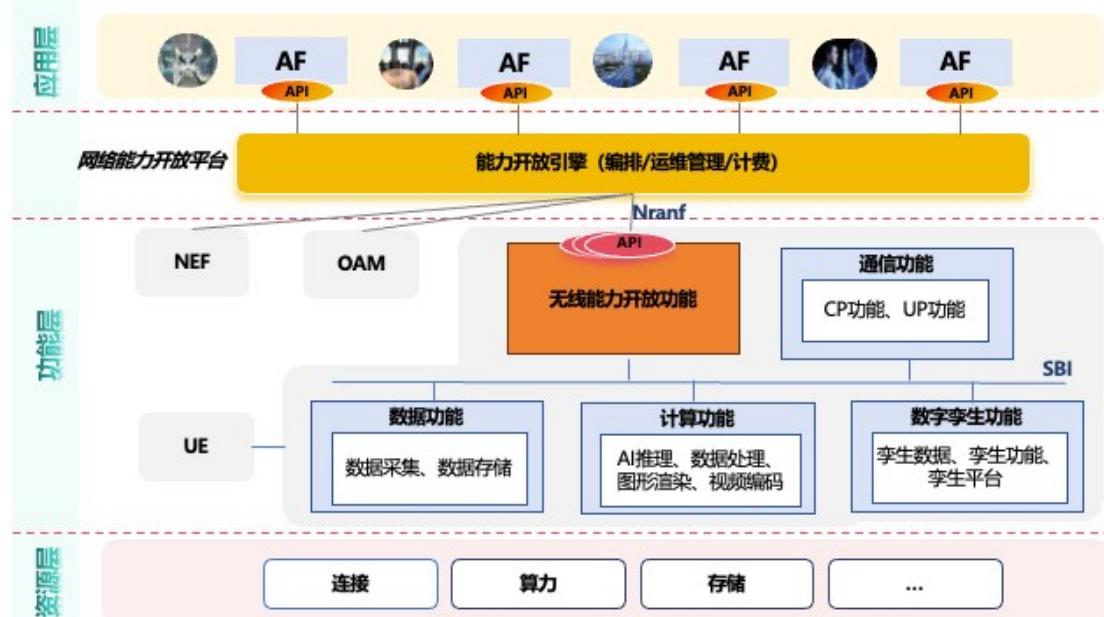


图 7 无线能力开放逻辑框架

对于移动通信网络，能力开放一般是指运营商网络的资源、功能、服务开放给用户、第三方开发者、企业或者其他运营商。对于 RAN 能力开放，是指开放新的无线网络的通信、数据、存储、感知、计算、AI、数字孪生等能力给用户、第三方开发者、企业或者其他运营商。

- 1) RAN 通信能力开放是指第三方应用可以与接入网协同改变基站策略，为终端提供差异化的频谱资源，QoS 保障，无线资源管理策略等。
- 2) RAN 数据能力开放即将无线网络中的数据库，以及数据的采集、生成等能力向第三方开放。
- 3) RAN 存储能力开放是指将 RAN 侧的存储资源开放给第三方用于提供数据缓存/存储支持。
- 4) RAN 感知能力开放是指将 RAN 的独立感知、协作感知能力开放给第三方用于检测物体有无、定位、和环境重构等场景。
- 5) RAN 计算能力开放是指将基础的计算资源以及形成的计算功能开放给第三方，是 AI 能力包含的一种基础能力，但是不限于用于 AI 计算功能，同时可以应用于基础数据处理、图形渲染等。
- 6) RAN AI 能力开放是指将 RAN 侧的算力，模型，数据、通信能力和基于这些

能力形成的 AI 功能向第三方开放。

- 7) 网络数字孪生开放是指通过构建与物理网络实时映射的孪生体, 对第三方开放如数据生成、网络仿真、性能预测、新技术/软件升级前的可行性验证等能力。网络数据孪生开放类型可概况为三种: 孪生数据开放、孪生模型开放和孪生平台开放。

对于网络对外开放的路径, 现有 3GPP 架构主要通过核心网的业务能力开放功能网元 (SCEF) /网络开放功能 (NEF) 、抽象使能层及通用的 API 开放框架 (CAPIF) 功能实现对外开放。相对来说, 无线网络的能力开放则非常有限, 但随着无线 ICDT 能力的持续增强和多种业务的需求, 将有力促进无线网络对外开放。无线能力的开放可以考虑两种方式: 一种是可以延续现有 3GPP 能力开放架构, RAN 的能力通过 NEF 或者抽象使能层对外开放, 这种开放方式避免了更多标准化设计开销, 具有很好的继承性; 另一种是整个智简网络 (核心网+无线网络) 使用一个统一开放平台对外开放, 所有网络能力可根据业务需求任意编排组合, 这种方式集成了网络能力, 使得对外开放更加简易化, 有利于网络的运维和管理。

5.2 智能编排

5.2.1 服务编排

在无线通信领域, 传统无线网络的功能编排主要依赖于人工设计的模板, 其在一定程度上实现了网络功能的自动化和程序化部署, 为网络的稳定运行提供了一定保障。然而, 随着通信技术的飞速发展以及未来网络场景的日益多样化, 传统编排方式的局限性逐渐凸显。

在当今复杂多变的网络环境中, 用户需求、网络流量、设备连接数等因素时刻都在发生变化。例如, 在大型活动现场, 短时间内会有大量用户集中接入网络, 导致网络负载急剧增加; 而在一些偏远地区, 网络覆盖和资源分配又需要根据实际情况进行灵活调整。传统编排方式由于缺乏实时感知和动态调整能力, 难以满足未来 6G 网络场景多样化的需求, 这无疑会限制 6G 网络在智能交通、工业互

联网、虚拟现实等新兴领域的应用和发展。此外，基于服务化设计的无线接入网络在拆分后，其功能数量众多，组合情况极为复杂。采用传统方法人工设计模板，需要投入大量的人力、物力和时间成本。工程师们不仅要深入理解每个功能模块的特性，还要考虑不同功能模块之间的协同工作关系，以及各种可能的组合情况。这不仅增加了设计的难度和工作量，还可能导致设计出的模板在实际应用中无法达到最优效果，进一步限制了网络性能的提升。

为了有效解决传统网络功能编排面临的这些挑战，本白皮书提出了一种面向未来 6G 网络的智能编排方法。其框架（如图 8 所示）主要由四个关键部分组成：用于辅助智能编排的网络知识库、用于分析用户意图的意图解析与转译模块、用于网络编排的服务编排和资源分配模块以及用于质量监测和反馈的实时监控与质量评估模块。

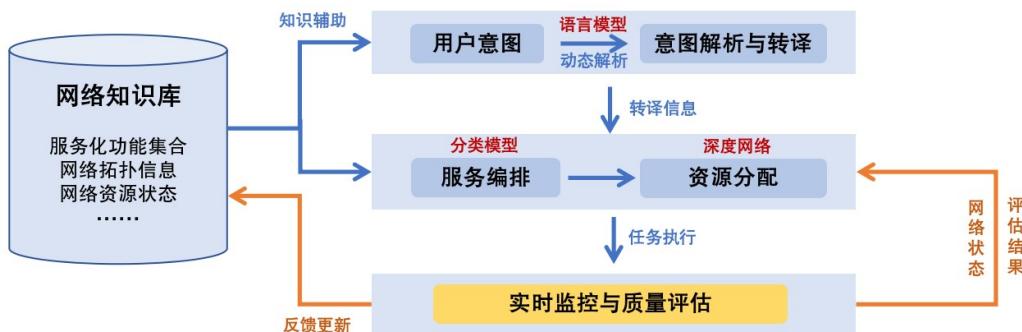


图 8 智能编排框架

智能编排的具体流程如下：首先，在用户发起请求之前，构建用于辅助智能编排的网络知识库。这个知识库涵盖了预定义的服务化功能集合，以及收集到的网络拓扑信息、资源预留状态等重要数据。通过构建全面的网络知识库，为后续的智能编排提供坚实的基础数据支持。当用户发起请求时，系统根据网络知识库，并利用语言模型对用户意图进行动态解析。语言模型凭借其强大的语言理解和处理能力，能够将用户的粗略意图表示精准地映射成详细、准确的网络相关术语。这一步骤确保了系统能够准确理解用户的需求，为后续的网络编排提供明确的目标。考虑到无线网络资源受限，可以选取参数量级较小（100 M 左右）的语言模型进行微调训练，例如基于 Transformer 的双向编码器和早期的生成式预训练模

型。之后，利用参数量级更小且推理过程更快的传统机器学习分类模型对服务功能链进行选择，如支持向量机、随机森林等。这些模型可以根据用户需求和网络状态，从众多的服务功能中筛选出最合适的组合，形成服务功能链。同时，利用深度神经网络（如全连接网络）为每个服务分配计算资源。训练好的全连接网络善于处理不同类型的输入，能够较为准确地找到不同要素与优化策略之间的映射关系，根据服务的特性和网络资源的实时情况进行智能的资源分配，确保各个服务能够高效运行。最后，实时监控用户业务的执行流程，并将网络决策执行后的网络状态和评估结果实时反馈给用户。当评估结果不理想时，系统能够及时对策略进行调整，形成一个闭环的智能编排体系。通过这种智能编排方法，未来 6G 网络将能够更好地适应动态变化的网络环境，满足多样化的网络场景需求，为用户提供更加优质、高效的通信服务。

5.2.2 融合调度

当前 5G 利用移动边缘计算（MEC）/云 AI 为用户提供 AI 服务，网络传输和计算的管理和配置属于不同的系统，通算数智资源协同是非实时且独立的，效率有待提升[4]。因此，6G 需要实现从多要素烟囱式向多要素融合调度的转变，以支撑全局统一的通算数智资源按需调度。在架构设计上，应以任务为中心，融合控制通信、计算、数据和模型等多维度资源，按需保障推理、训练等 AI 任务的执行。

此外，如何在快速移动环境下提供低时延、高可靠的 AI 服务对于扩展现实（XR）实时渲染、机器人实时问答等时延敏感型业务至关重要。当前云 AI 的解决方案中，网络仅作为透明的传输管道，云供应商仅保证计算的质量，当无线信道质量下降时用户整体性能需求难以保证。6G 要保障低时延、高可靠的 AI 即服务（AIaaS）需求，需要实现从尽力而为到服务质量可保障的转变，在架构设计上需要制定统一的 AI 服务质量评估标准和 AI 服务质量的端到端保障机制。

针对上述问题与挑战，6G 需要同时面向网络自用 AI 用例和第三方 AI 应用，设计统一的、以任务为中心的通算数智多维资源融合调度框架[5]。如图 9 所示，

RAN 侧控制面的 AI 任务控制功能根据 AI 服务需求、信道条件和计算资源状态，以系统通算资源综合开销最小化为目标，将用户上传或网络自身的 AI 服务质量（QoAIS）需求按需拆解为通信服务质量（QoS）需求、计算 QoS 需求、数据 QoS 需求和模型 QoS 需求，拆解后的 QoS 需求被转发至各要素资源控制功能，并按需调度通算数智资源，在保障用户 QoAIS 需求的前提下，提高系统单位资源下可以成功保障的 AI 业务数。此外，在 AI 数据传输和推理计算的过程中，无线环境的动态性使得网络当前的资源调度策略往往是过时的，为了在移动环境下仍然能够满足用户的 QoAIS 需求，RAN 侧用户面协议需考虑通、算、智资源实时置换机制，提高多维资源调度策略对于动态环境的鲁棒性。

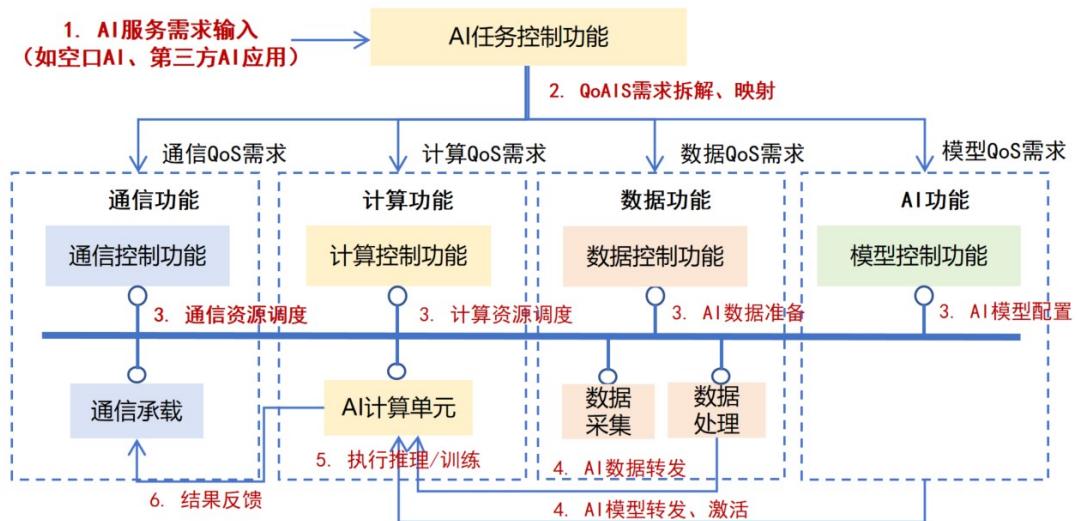


图 9 6G 通算数智多维资源融合调度功能框架

在 AI 异构多维资源融合方面，如图 10 所示，由于通、算、数、智资源之间是强耦合的，AI 准确度与 AI 模型和数据相关，而不同的数据量会导致传输时延的改变，并且数据量和 AI 模型的不同也会导致计算时延的变化。因此，需考虑 AI 资源的多维性和异构性，根据资源之间的相互影响特性来设计分配与置换机制。在多维异构资源承载设计方面，需突破传统仅考虑通信数据无线承载的设计方式，研究 AI 异构多维资源承载建立、配置、维护和释放，以及承载的切换机制，支撑资源的灵活调度和置换，解决复杂情况导致的资源切换问题。在分布式多维异构资源协同方面，涉及跨资源维度和跨节点的融合处理，已经超越现有通信协议栈的范围，因此需增强相应功能模块与处理流程，在实现多维度异构资源

跨节点协同调度与置换的同时，保障整体 AI 服务流程的实时性和灵活性。

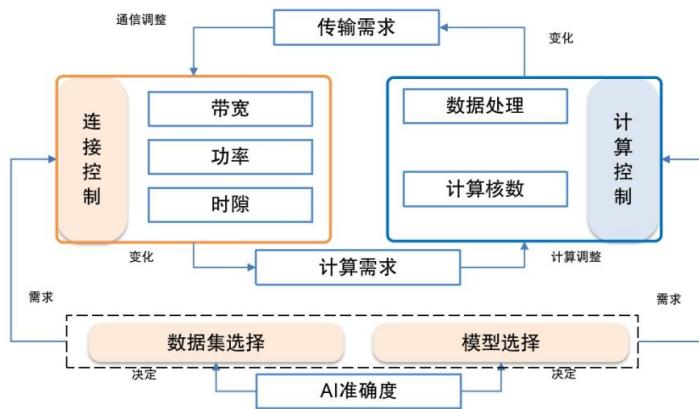


图 10 AI 多维异构资源置换机制

在 QoAIS 指标和保障体系方面，如图 11 所示，6G 需要改变传统仅考虑通信连接指标的 QoS 体系，将 AI 相关指标作为新的评估维度纳入。在 AI 服务层面，部署的服务功能链需要同时满足多个用户或任务的需求，因此需要评估其部署时延、能耗、资源利用率等指标。在 AI 任务层面，AI 任务控制保障的是单个用户的 AI 需求，以 AI 推理任务为例，评估的是端到端的推理时延、推理精度等指标。在多维资源层面，需要突破传统仅考虑通信连接资源的单维评估体系，考虑连接、算力、算法、数据等多资源维度，以保障 AI 任务过程中传输、数据预处理、AI 计算等各环节的质量。基于上述指标体系，提出三层闭环的 AI 服务质量保障机制，引入数据、计算、模型等基本要素 QoS，通过服务-任务-资源的逐层拆解和闭环反馈，实现从用户需求到网络资源的多层映射和细粒度的按需保障，在动态网络环境和有限网络资源的情况下保障差异化、个性化的 AI 服务需求，完成从尽力而为到 AI 服务质量保障的设计转变。

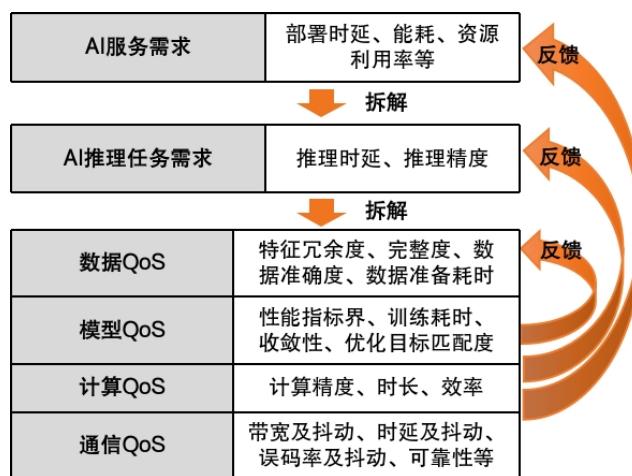


图 11 三层闭环的 AI 服务质量保障体系

6. 管理“智简”：网络自治

为满足 6G 在不同场景下的多样化需求，网络设备种类和数量等显著增加，配置参数呈指数级增长，导致网络在优化、运维和管理过程中面临高度复杂性与高成本的挑战。这种高度复杂的网络环境对传统管理手段提出了严峻挑战，亟需引入更加简化和智能化的网络自治方案，并通过意图驱动、智能可编程以及数字孪生等网络自治关键技术，助力 6G 实现运维管理的“简”和 AI 决策预验证的“智”。

6.1 网络自治框架

为实现网络管理从传统的人工配置和静态策略，向按需驱动、自主决策的智能化管理范式转变，本白皮书提出一种高度智能化、自动化的自治网络框架，如图 12 所示，该框架采用“集中式控制+分布式自智”的“全域协同+分域自智”的分层跨域协作的结构，赋能 6G 运行态、运维态和业务态的智能需求解析、网络决策自生成和决策预验证，从而实现网络闭环控制与资源自主管理和配置等。其框架以意图驱动、智能可编程和网络数字孪生三大关键技术为核心支撑：

- **意图驱动**使网络能够理解用户的高层需求，并转化为明确的网络目标；
- **智能可编程**可根据意图需求转换的网络目标，灵活配置与动态编排，提升服务适配效率；
- **网络数字孪生**可为配置或编排等策略提供精准的预验证及闭环优化的能力，助力 6G 实现预测性维护和主动性运维管理，简化管理操作、降低运维和试错成本开销。

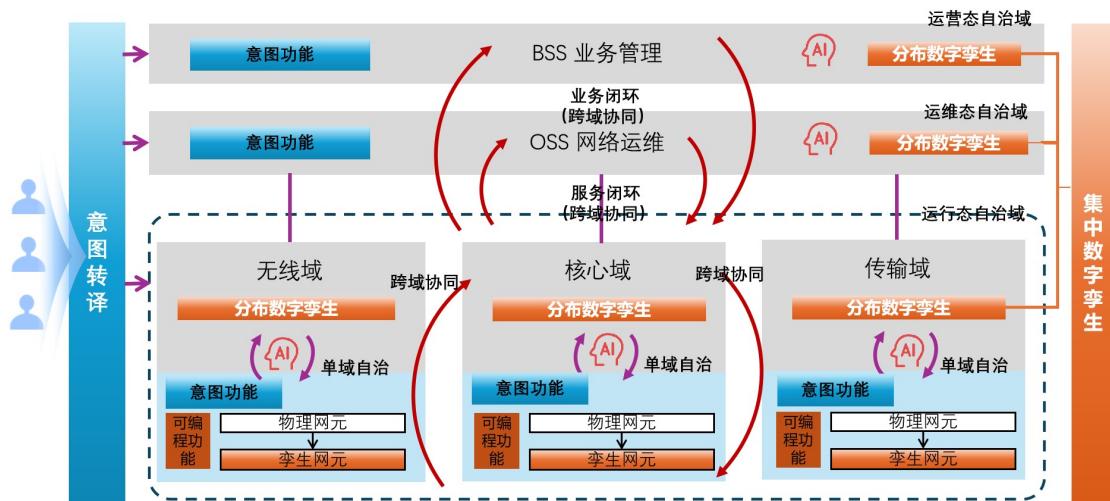


图 12 网络自治框架

三者协同作用，实现从“需求理解”到“策略生成”再到“自主验证和配置”的自闭环网络管理流程，推动网络管理从复杂走向简约，从静态走向智能，使网络实现具有“自配置、自优化、自治愈、自演进”能力的高等级自治。

6.2 网络自治关键技术

1、意图驱动

6G 网络正在向自动化闭环、意图驱动的随愿网络演变。随愿网络使用解耦网络控制逻辑和闭环编配技术来自动化应用程序的意图，可以根据运营商的意图自动进行转换、验证、部署、配置和优化，以达到目标网络状态，并能自动解决异常事件，保证网络的可靠性。

意图驱动网络（IDN）是 6G 随愿网络的典型例子。在 IDN 中，智能软件（如 SDN 控制器）将决定如何把意图转化为针对特定基础设施的配置手段，从而使网络以期望的方式行事。本白皮书提出意图驱动闭环自智网络全场景随愿服务架构，以自然语言理解为基础构建用户意图交互能力，实现用户对网络的适度控制，以及网络侧与用户侧的数据协同；设计意图交互引擎等典型网元功能与接口，形成用户与网络高效协同的网络闭环编排架构，支持秒级网络动态更新和分钟级网络动态生成。

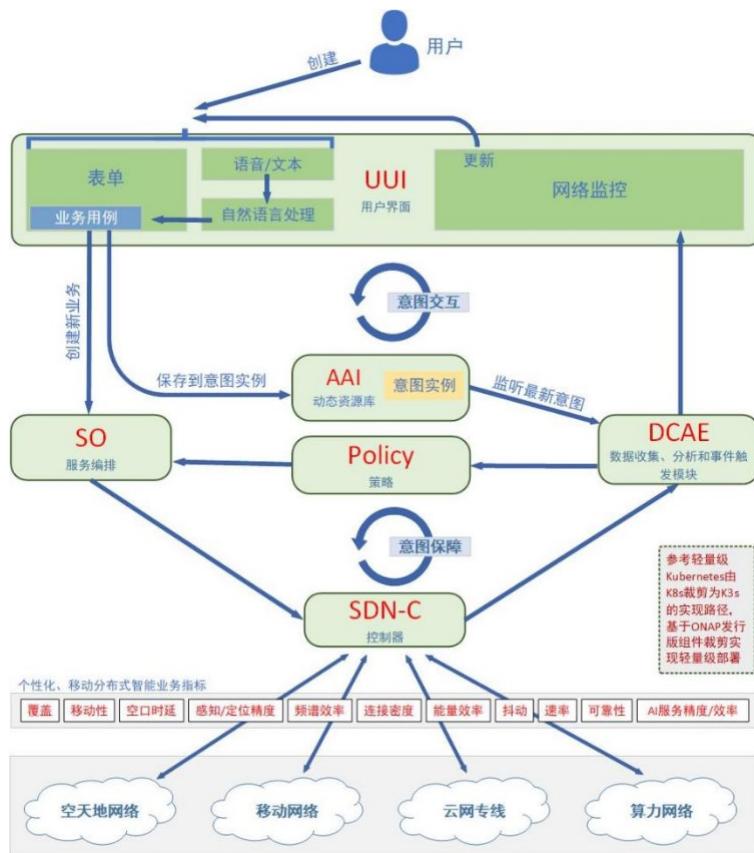


图 13 基于用户意图交互的用户中心网络闭环轻量编排方案

围绕 6G 智能应用需求，提出随愿意图网络双闭环架构方案，实现用户业务交互闭环和网络性能保障闭环。采用自然语言处理技术构建用户侧与网络侧的协同交互机制，借助 AI 算法实现闭环自智网络性能预测与策略保障；实现动态编排管理流程与协议，支持秒级网络动态更新和分钟级网络动态生成；通过裁剪轻量级编排管理平台，进一步优化网络协议和资源配置。

2、智能可编程

智能可编程技术通过对网络功能与行为逻辑的高度抽象，结合运行于通用服务器上的模块化软件组件以及开放的通用应用程序编程接口（API），实现了面向客户需求和业务场景的按需定制与优化。该技术不仅支持网络资源的灵活编排与统一调度，还为 AI 的引入与集成提供了良好的接口与模块化基础，极大提升了网络的智能化能力。通过可编程方式下发 AI 指令，网络能够根据实时感知的多维数据——包括网络数据、业务数据与用户数据等，进行智能化的资源调配与策略调整，满足不同业务场景下的动态需求，推动 6G 网络向“按需组网、智能编排、模块化部署”的方向演进。智能可编程网络由此成为业务场景与网络智能

之间的重要桥梁，使网络具备灵活、高效、自治的运行能力，为实现 6G 时代复杂业务的敏捷响应提供关键支撑。

为了实现“智简”网络自治，本白皮书提出了一种智能可编程架构（如图 14 所示），由多个关键组件组成。其中，智能可编程控制器包括数据可编程控制单元、行为可编程控制单元和参数可编程控制单元，负责整体的网络控制和资源分配。无线网络可编程控制单元部署在 CU-CP 上，包含 RAN 状态收集模块进行实时网络状态采集、本地数据库模块进行数据存储、RAN 自优化场景模块进行优化场景自定义、可编程流程管理模块进行流程管理、以及智能算法模块执行 AI 优化算法。API 接口作为桥梁，连接智能可编程控制器与无线网络可编程控制单元，负责数据和指令的传输。AI 模型交互接口连接无线网络可编程控制单元与 DU，实现 AI 模型与底层网络的交互。

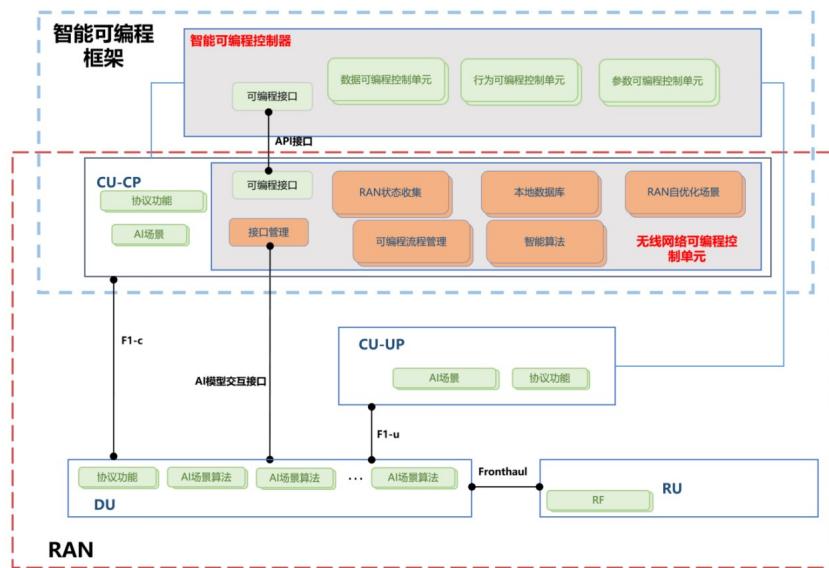


图 14 智能可编程技术框架

该架构实现网络自优化的过程如下：在智能可编程控制器的总体控制下，首先，RAN 状态收集模块采集数据后，通过本地数据库模块存储；然后，RAN 自优化场景模块基于数据自动选择网络优化场景；接着，智能算法模块基于场景选择结果和网络采集数据生成优化策略；最后，可编程流程管理模块执行策略。整个过程通过 API 接口与智能可编程控制器协同工作，最终由 DU 通过 Fronthaul 接口与 RU（无线单元）实现网络调整，从而实现智能可编程。

3、网络数字孪生

网络数字孪生（NDT）是通过数字化技术构建物理网络虚拟镜像，能够实时模拟网络行为和性能，提供网络状态感知与决策预验证等能力。NDT 在网络自治中发挥关键作用，通过预验证网络策略和预测网络故障，实现网络闭环优化和主动运维，显著提升网络管理的智能化水平，减少人工干预和人为故障，从而实现“智”与“简”的目标。

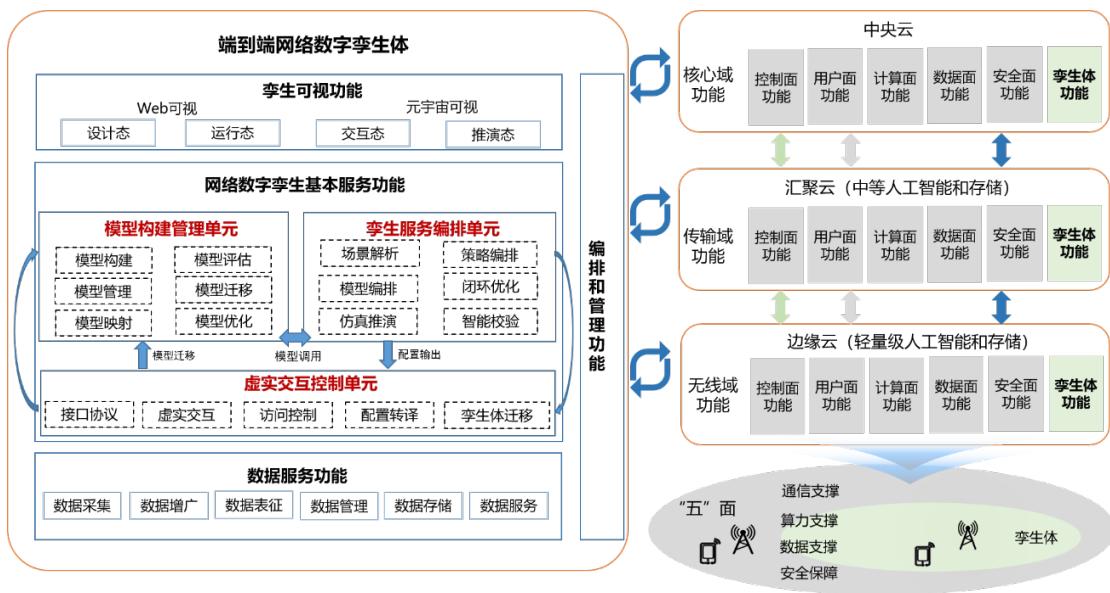


图 15 网络数字孪生技术框架

网络数字孪生具有数据服务功能、网络级数字孪生基本服务功能、网络孪生体编排和管理功能，孪生可视功能。数据服务功能是基于数据面采集的数据，构建统一表征数据集，为孪生建模提供服务。数字孪生基本服务功能是整个数字孪生体的核心，完成孪生体建模，可仿真推演和预验证，生成最优网络规划策略，此功能的精细度及复杂度直接决定着孪生网络对物理网络的孪生与映射能力。网络孪生体管理功能负责数字孪生网络的全生命周期管理；编排功能对不同层域的数字孪生模型进行编排。

基于此构建的数字孪生，可实现其策略预验证、网络自优化、主动运维等核心价值，它通过在虚拟环境中仿真验证配置策略，在实际部署前评估其可行性，从而避免高风险调整。例如，在 6G SBA 架构中，网络数字孪生可验证服务化功能组合是否满足 QoS 需求，分析多场景潜在问题并优化策略，避免资源冲突和性

能瓶颈。在“智简”网络管理中，网络数字孪生通过虚拟环境预验证和闭环优化，实现灵活高效的资源调度和精准策略配置，保障网络稳定可靠。此外，网络数字孪生具备自动预测网络需求和主动运维能力，突破传统 5G 依赖人工被动响应的局限。它通过构建与物理网络实时映射的数字模型，持续监测和预测网络状态，能在故障初期识别并干预，实现提前修复。结合 AI 和大数据分析，网络数字孪生模拟多种运行场景，评估设备性能、网络负载和流量波动，实现故障预测与自动修复，提升网络可靠性和稳定性。同时，根据预测结果动态调整资源分配，确保高峰期网络性能，显著提升 6G 网络运维效率，降低运维成本。

7. 总结与展望

6G 智简无线网络有望重塑移动信息网络服务的新范式，系统性解决传统网络外挂式、烟囱式和堆叠式引入计算、AI、大数据等能力导致的成本、效率和性能瓶颈，推动 6G 通感算智多维能力内生融合。本白皮书立足于解决 5G 痛点问题求及赋能新兴业务，阐述了 6G 智简无线网络的设计思路及内涵，围绕平台、功能、赋能、管理多方面“智简”提出技术创新，为 6G 网络向开放、灵活、自治方向演进提供实践路径。

展望未来，中国移动将聚焦“智简”核心理念，分阶段、有重点地推进技术创新、原型验证及行业试点落地。在异构资源管理方案中考虑兼容现网存量硬件资源，确保技术演进能够有效利旧并降低初期部署门槛，持续攻关服务化 RAN、能力开放、智能编排与网络自治技术的研发与可行性验证。协同产业伙伴共建开放、协同、创新的 6G 生态，为万物智联时代奠定基石。

缩略语列表

缩略语	英文全称	中文解释
AI	Artificial Intelligence	人工智能
AIaaS	AI as a Service	AI即服务
API	Application Programming Interface	应用程序编程接口
AR	Augmented Reality	增强现实
CAPIF	Common API Framework	通用API开放框架
CPU	Central Processing Unit	中央处理器
C-RAN	Cloud Radio Access Network	云化无线接入网
CU	Centralized Unit	集中单元
DOICT	Data Technology, Operational Technology, Information Technology, Communication Technology	数据技术，运营技术，信息技术，通信技术
DPU	Data Processing Unit	数据处理器
DU	Distributed Unit	分布单元
FPGA	Field Programmable Gate Array	现场可编程门阵列
GAN	Generative Adversarial Network	生成对抗网络
GPU	Graphics Processing Unit	图形处理器
IDN	Intent-Driven Network	意图驱动网络
MEC	Mobile Edge Computing	移动边缘计算
NDT	Network Digital Twin	网络数字孪生
NEF	Network Exposure Function	网络开放功能
NF	Network Function	网络功能
NPU	Neural Network Processing Unit	神经网络处理器
QoAIS	Quality of AI Service AI	AI服务质量
QoS	Quality of Service	服务质量
RAN	Radio Access Network	无线接入网
SBA	Service-based Architecture	服务化架构
SCEF	Service Capability Exposure Function	业务能力开放功能网元
VAE	Variational AutoEncoder	变分自编码器

参考文献

- [1]. 中国移动, 《6G 服务化 RAN 白皮书 2.0》, 2023.
- [2]. Yuan C, Lei T, Xue Z, et al. Service decoupling for open and intelligent service-based RAN[J]. Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering, 2025, 26(2):230-245.
- [3]. Lei T, Yuan C, Tian L, et al. Service Based RAN Decoupling Method Based on Graph Theory[C]//2023 9th International Conference on Computer and Communications (ICCC).0[2025-05-30].
- [4]. Boudi A, Bagaa M, Pöyhönen P, et al. AI-based resource management in beyond 5G cloud native environment[J]. IEEE Network, 2021, 35(2): 128-135.
- [5]. 刘光毅,陈天骄,崔莹萍,等.面向 AI 服务质量保障的 6G 无线网络智慧内生架构[J].移动通信,2025,49(01):2-8.

