中国移动王晓云团队：6G的“智慧觉醒”——当移动网络把AI刻进“基因”

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/43059.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

中国移动王晓云团队：6G的“智慧觉醒”——当移动网络把AI刻进“基因”。
中国移动通信集团有限公司王晓云研究团队在中国工程院院刊Engineering发表题为A Task-Driven Design Approach for 6G AI-Native Architecture的研究文章，系统性地提出了面向6G的AI原生架构设计方法论，从系统论出发首创任务驱动的四步设计法，构建了连接－计算－数据三要素深度融合的6G AI原生架构，并基于Free5GC平台完成实验验证，为移动通信网络从信息传输管道向移动信息服务平台的范式转型提供了理论基础与技术路径。

6G的时代之问：AI为何必须从外挂变原生？

5G时代，AI与网络的结合已迈出第一步。国际标准组织3GPP在核心网和管理域分别引入网络数据分析功能和管理数据分析功能，实现网络分析与优化。但这种模式更像是打补丁：AI作为独立功能模块外挂于现有网络架构之上，虽能优化部分性能，却无法实现真正的全自动。

与此同时，社会正从信息时代迈向智能时代。国际电信联盟发布的IMT-2030框架已将AI与通信列为6G三大新兴场景之一，3GPP也正式将移动通信网络与AI的深度内生化融合列为6G基础需求。这意味着6G不仅要让AI赋能网络——提升网络自智水平与性能指标，更要让网络赋能AI——作为基础设施为外部AI应用提供泛在服务。二者的双向奔赴，最终指向同一个目标：AI原生6G。

如图1所示，从1G到6G，移动通信经历了三次服务范式跃迁：2G到3G，从电路交换走向分组交换；4G到5G，从服务个人走向服务行业；而5G到6G，将引入AI域作为与分组域并列的基础域，让6G从通信平台进化为智能服务平台。这一跃迁的核心命题，就是回答：AI如何真正长进网络的基因里，而非贴在网络的表面上？

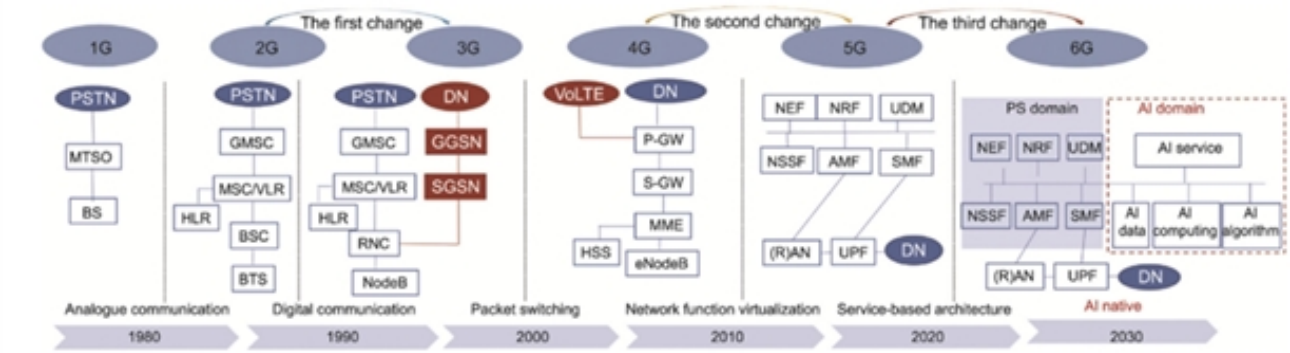


图1.移动通信系统演进图。

三大顶层设计原则：实用、简洁、灵活

为回答上述命题，需要架构设计方法论层面的突破。研究团队基于系统论，提出了三大设计原则：实用优先于完美，遵循帕累托法则，瞄准覆盖80%业务需求的核心场景，剩余20%的长尾需求作为可选，避免过度设计，确保快速大规模部署；简洁优先于复杂，遵循奥卡姆剃刀——如无必要，勿增实体，简化网络结构与逻辑，实现更高效率、更低成本、更高稳定性；灵活优先于一刀切，基于商业领域的灵活性法则——系统适应变化的速度决定其生命力，网络功能与服务需具备动态灵活性，构建开放、可扩展的服务化架构。

基于这三大原则，团队提出任务驱动的四步设计法：任务定义→要素定义→层次定义→连接定义，通过迭代优化形成最优架构方案。这种方法的核心逻辑是：从业务场景出发识别任务，围绕任务抽象功能要素（连接、计算、数据），根据任务需求和资源分布确定要素部署位置，最后设计要素间的接口与协议。它不是从技术出发找应用，而是从任务出发设计系统——这正是AI原生架构不同于传统架构的本质特征。

四大核心挑战：能力、质量、效率的三角博弈

将AI刻进6G基因，必须正视四大核心挑战。能力泛化方面，6G需同时面对AI赋能网络和网络赋能AI两大场景，前者要求毫秒级的频谱效率优化、信道信息获取，后者要满足智能机器人低于10 ms的决策延迟、数字孪生超过1 Gbps速率等极端需求，宽谱服务对象使传统架构难以兼顾。质量保障方面，AI天生具有不确定性——数据质量参差不齐、深度学习模型黑盒特性，与移动网络高可靠、确定性的要求存在天然矛盾，而移动网络区别于云服务商的独特优势正是提供用户级服务质量保障的实时AI服务。效率优化方面，AI模型训练与推理消耗巨大的计算资源，数据采集、处理与传输亦需大量存储与带宽，与网络可持续发展的核心目标存在本质冲突。更为棘手的是三者的平衡难题——能力越强资源消耗越大，质量越高流程越复杂，效率越高可能牺牲性能，三者的内在冲突构成复杂的系统优化问题，这正是架构设计需要解决的核心。

6G AI原生架构：当网络长出中枢神经

为应对上述挑战，研究团队设计了全新的6G AI原生架构（如图2所示），将网络解构为三大核心功能模块。服务功能是网络的大脑皮层，核心是AI服务编排与规划功能，负责分析AI服务逻辑，基于实时网络资源状态动态生成自适应任务策略。控制功能是网络的中枢神经，下分四层协同——任务协同控制负责协调多个AI任务共享网络资源，连接控制增强管理网络会话与带宽，计算控制负责计算资源的智能分配，数据控制管理数据采集、处理与分发。执行功能是网络的手和脚，将控制指令落地为物理执行——连接执行负责高效路由转发，计算执行承担AI模型训练与推理，数据执行完成数据采集、处理与存储。

在物理部署上，该架构采用分布式AI执行+分级集中协同控制的统一框架。分布式AI执行遵循按需、就近、协同三大原则，将数据采集与AI推理等功能部署到服务发生的位置，尽可能靠近服务需求以降低端到端时延、保障数据隐私、减少传输开销，并分布在具有协作关系的节点之间。分级集中协同控制则让核心网负责全局AI服务的请求、认证与编排，无线接入网负责区域级别的实时控制——包括通信、计算、数据、AI资源的实时调度，多用户终端设备与基站间的集中协同，以及对空口动态变化的毫秒级适配。

在无线接入网侧，该架构在传统xRU、xDU、xCU等连接功能基础上，将数据执行与AI推理能力内嵌其中，信道编码、调制、信道获取、MIMO预编码等物理层处理均增强AI推理能力，数据采集、存储与处理支持物理层多模块联合优化。在用户终端设备侧，AI推理、数据采集、存储与处理功能同样原生支持，且随着终端计算能力提升，AI训练能力将持续增强。增强后的无线接入网通过服务化方式与核心网对接，实现功能要素的协同控制与执行。

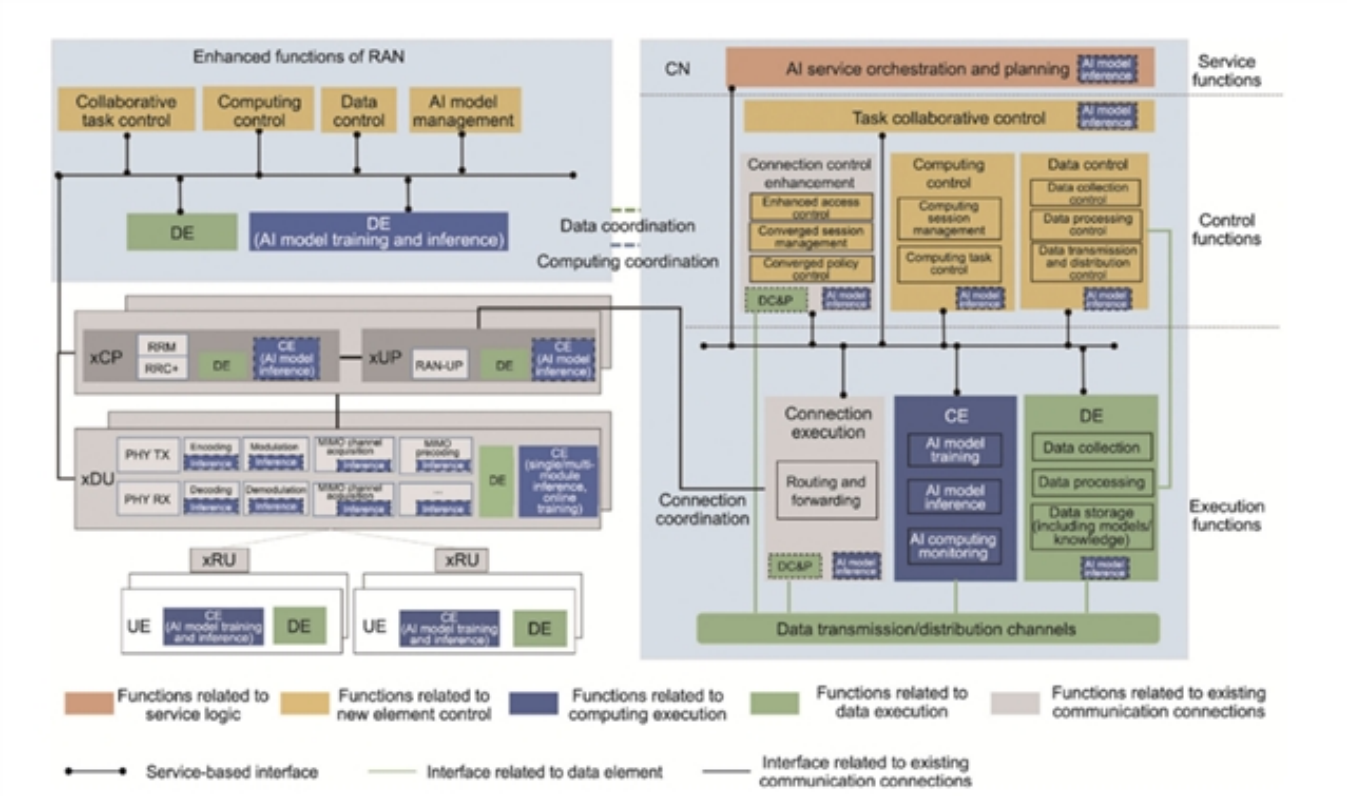


图2.移动通信系统演进图。

为什么协同的节点群比单点天才更重要？

为验证架构可行性，团队基于Free5GC平台搭建了实验原型系统，面向网络原生AI计算服务场景开展验证。用户终端设备通过NAS信令向增强的接入与移动性管理功能发起AI计算请求，由后者完成服务准入控制；新引入的服务编排与管理功能解析服务需求，生成编排策略；策略触发增强的会话管理功能，扩展5G会话管理以管控连接－计算融合会话的全生命周期，并协同计算管理功能分配计算资源；计算执行功能执行分布式计算任务，增强的用户面功能为AI数据传输进行优化。

实验场景为AI驱动的视频目标检测任务。用户终端设备向核心网发起请求，核心网基于实时连接与计算资源可用性执行AI任务编排与调度。当计算或网络资源发生动态波动时，服务编排与管理功能动态制定新编排策略，将AI工作负载在云、边缘、用户终端设备节点间重新分配。实验结果表明，连接与计算融合管控的架构满足设计需求。这一验证揭示了一个核心洞察：一群普通节点联手协同，远胜单点系统独斗——AI原生的本质，不是让某个节点变得无所不能，而是让整个网络具备协同智能。

从架构设计到标准落地还有多远？

尽管AI原生架构蓝图令人振奋，但通往标准化的路上仍有三大险阻。

第一，范式转型的挑战。5G时代AI是后加的——网络数据分析功能及其功能模块作为独立单元存在于现有网络功能之外，而6G要求在架构设计阶段就实现原生AI设计，这意味着对现有网络功能、接口、流程的全面重构。

第二，跨域协同的硬骨头。AI标准化需在用户终端设备、无线接入网、核心网、网络管理域之间实现标识、数据格式、模型接口、AI服务编排的全面统一。

第三，标准推进的节奏。3GPP已于2024年9月正式启动首个6G需求研究项目，将移动通信与计算、AI的融合列为核心需求场景之一；ITU-T已发布分布式核心网标准，正在推进分布式智能协同、分布式数据面、网络与计算协同等系列标准。

本文讨论的不是某一项单一技术，而是6G网络架构的范式革命。其核心价值在于通过任务驱动的设计方法论和连接 – 计算 – 数据三要素深度融合的架构设计，让AI从5G时代的外挂功能变成6G网络的原生基因。与Hexa-X架构的对比进一步凸显了本文方案的特色：Hexa-X通过AlaaS框架以API形式提供AI服务，优势在于对网络改动小、后向兼容，但解耦式设计限制了连接与AI功能的架构级融合；而本文方案通过系统性地将AI功能解构为计算、数据、模型、连接四大核心要素，并在服务、控制、执行三个层面进行分解，实现了多要素联合优化的统一编排与汇聚控制，为AI-连接协同优化的原生服务提供了架构基础。

实验验证表明，该架构在Free5GC平台上的核心构想具备工程可行性。从更广的意义来看，这项研究的价值不只在于技术设计，更代表着一种范式转变：未来的移动网络将不再是仅负责传数据的通信管道，而是一个能自主感知、实时决策、协同执行的智能服务平台。对沉浸式通信、自动驾驶、工业互联网等关键领域而言，6G提供的不仅是连接，更是理解与响应的能力。也正因此，从架构设计到标准落地再到规模部署的跨越，不仅是工程问题，更是下一代信息基础设施能力建设的重要命题。（来源：EngineeringJournals微信公众号）

相关论文信息：https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809925005673

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发