

# 6G网络架构研究进展及建议



## 6G Network Architecture: A Survey

谢峰/XIE Feng<sup>1,2</sup>

(1. 中兴通讯股份有限公司, 中国 深圳 518057;  
2. 移动网络和移动多媒体技术国家重点实验室, 中国 深圳 518055)  
(1. ZTE Corporation, Shenzhen 518057, China;  
2. State Key Laboratory of Mobile Network and Mobile Multimedia, Shenzhen 518055, China)

DOI: 10.12142/ZTETJ.202305006

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20231020.1241.002.html>

网络出版日期: 2023-10-20

收稿日期: 2023-08-12

**摘要:** 6G网络架构的研究包括组网生态、面向高性能和能效的软硬件联合设计通信架构、云原生/算力网络和服务架构、新能力(可信安全内生和智能内生)架构4个维度。这4个维度与ITU-R IMT-2030(6G)框架文件中的场景和指导原则密切相关。对中国、欧盟、美国三方的主要研究进展分别做了介绍和对比分析,并给出了一些关于中国6G网络架构研究的建议。

**关键词:** 6G网络架构;生态;性能和能效;云原生;算力网络;服务架构;可信安全内生;智能内生

**Abstract:** The research on 6G network architecture can be classified into four perspectives: the networking ecology, high-performance and energy-efficient software-hardware co-design communication architecture, cloud-native/computing network and service architecture, and new capability architecture (trust&security-native, AI-native). These four perspectives are closely related to the use cases and overarching principles of the ITU-R IMT-2030 (6G) framework. A compact but comprehensive survey on the progress of research on 6G network architecture by China, Europe Union, and USA is introduced, along with some comparison and analysis. Finally, some advice for the research on China's 6G network architecture is provided.

**Keywords:** 6G network architecture; ecology; performance and energy-efficiency; cloud-native; computing network; service architecture; trust&security-native; AI-native

**引用格式:** 谢峰. 6G网络架构研究进展及建议 [J]. 中兴通讯技术, 2023, 29(5): 28-37. DOI: 10.12142/ZTETJ.202305006

**Citation:** XIE F. 6G network architecture: a survey [J]. ZTE technology journal, 2023, 29(5): 28-37. DOI: 10.12142/ZTETJ.202305006

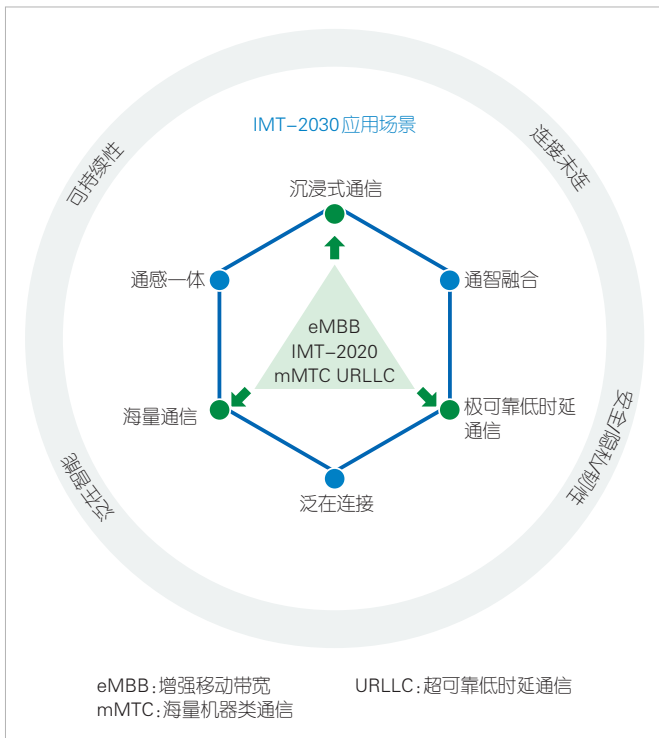
### 1 6G需求和愿景

国际电信联盟无线电通信部门 (ITU-R) 在 2023 年 6 月正式发布 6G 框架文件<sup>[1]</sup>。该文件涉及 6G 场景和关键能力,基本上涵盖了全球各主要国家和主要厂家的观点。如图 1 所示,6G 场景包括 5G 三大场景的扩展:从增强移动宽带 (eMBB) 扩展到沉浸式通信,从超可靠低时延通信 (URLLC) 扩展到极可靠低时延通信 (HURLLC),从海量机器类通信 (mMTC) 扩展到海量通信。此外,6G 场景还包括通感融合、通智融合,以及面向尚未被覆盖或很少覆盖地区的泛在连接。同时,国际电信联盟 (ITU) 还给出了四大指导性原则:可持续性、连接未连(泛在连接场景与此呼应)、安全/隐私/韧性、泛在智能(通智融合场景

与此呼应)。

三大扩展场景涉及对先进性能指标(例如速率、时延、可靠性、连接密度等)及其灵活组合的要求。这对空口、设备软硬件以及网络架构提出了要求:用户面软硬件联合设计、可编排可编程网络、控制与转发分离(控制面/用户面分离)是其支撑技术。新的三大场景中,通感融合不仅为运营商网络、行业网络和终端提供了新的目标识别、检测和成像能力,也为政府、垂直行业 and 用户赋能,其中通感融合架构是其支撑。通智融合以及泛在智能原则包括网络自智和网络的智赋,满足网络的大规模定制、智能供给的需求,其中智能内生架构、数据内生架构、算力内生/云原生架构及数字孪生网络是其支撑。泛在连接/连接未连不仅涉及覆盖能力,还涉及组网生态和商业模式。可持续性除了涉及网络和设备能量效率外,还涉及网络架构和空口制式的演进以及网络的商业模式。安全/隐私/韧性涉及网

基金项目: 国家重点研发计划项目(2020YFB1806700)



▲图1 ITU-R定义的IMT-2030典型应用场景

网络作为数字和信息基础设施对经济、社会和个人的保障和赋能，同时也涉及对通感融合、通智融合及泛在连接场景的赋能，其中内生安全可信架构是其关键支撑。要灵活满足通信、感知、智能、数据、算力、可信的服务及其灵活编排和能力开放的需求，云原生/算力网络和服务架构是支撑。

中国、欧盟、美国三方是6G网络架构的领导者。从2021年至今，三方都发布了一系列的白皮书和研究报告。以企业的视角对6G网络架构研究进展进行分析，能够为全球企业界、学术界、监管部门等提供参考。本文中，我们将网络架构的设计分为组网生态、先进性能和能效的软硬件联合设计通信架构、云原生/算力网络和服务架构、6G新能力（可信安全内生和智能内生）架构4个维度，并从这4个维度对中国、欧盟、美国三方的观点和研究进展逐一进行介绍和分析。

## 2 6G 网络组网生态研究进展

传统的2G、3G、4G网络组网通常比较固定和封闭。随着5G面向To B千行百业的定制化组网以及天地一体等新组网形态的出现，6G网络的组网生态成为了一种赋能通信产业、垂直行业、社会、国家和个人的新范式。因此，我们将其作为观察中欧美三方6G网络架构研究的第一视角。

### 2.1 中国6G网络组网生态研究进展

2021年，中国6G研究组织IMT-2030（6G）推进组在6G发展大会上发布了《6G网络架构愿景与关键技术展望》白皮书<sup>[2]</sup>，在组网生态方面提出“分布式自治网络”，并将卫星、高空、沉浸多感、确定性通信等子网集成在一起，融入智慧内生、安全内生和数字孪生网络。

2022年，中国IMT-2030（6G）推进组发布《6G分布式网络技术的应用场景及需求研究》报告<sup>[3]</sup>，“从业务趋势、网络趋势和网络痛点出发，探讨了6G分布式网络技术的典型应用场景及需求，提出了6G分布式网络的概念、关键特征、要素构成和关键技术需求。”报告指出，分布式网络涉及8项关键技术：云原生、分布式服务框架、分布式智能、分布式数据服务、多方信任框架、分布式近域通信、场景化编排与柔性组装、分布式应用使能。

### 2.2 欧盟6G网络组网生态研究进展

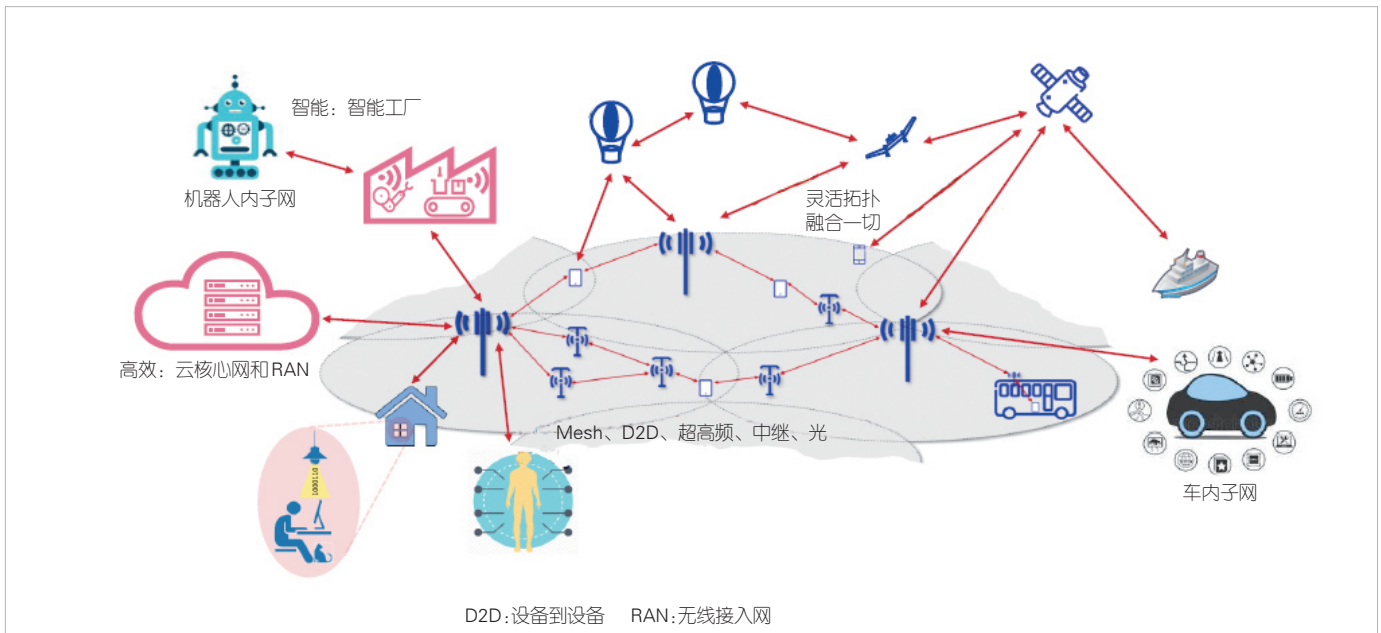
如图2所示，在6G网络研究方面，欧盟启动了6G研究项目HEXA-X，并在2021年底发布《Deliverable D5.1 Initial 6G Architectural Components and Enablers》<sup>[4]</sup>，将网络之网作为6G的组网生态。网络之网和中国的分布式自治网络异曲同工，它整合了卫星、汽车、智能工厂等子网，以及Mesh、设备到设备（D2D）、中继等灵活组网方式。在概念上网络之网更侧重不同子网之间的组网，而中国的分布式自治网络更侧重子网的自治。

### 2.3 美国6G网络组网生态研究进展

和欧盟、中国类似，美国6G研究组织NGA（Next G Alliance）在NextG相关报告<sup>[5-6]</sup>中提出先进拓扑和组网方式，包括用户设备（UE）协作、非地面网络（NTN）、极致组网（车内、机器人内、身体内等）、Mesh网络和side-link，以及嵌入式子网等。除此之外，美国在组网韧性方面的重视度高于欧盟和中国，并发布了可信、安全和韧性白皮书<sup>[7]</sup>。

## 3 6G 先进性能和能效的软硬件联合设计通信架构研究进展

6G不仅要同时满足高峰值速率（50~200 Gbit/s）、低时延（<1 ms）等极致性能需求，还要满足高灵活性和弹性，以及绿色节能和低成本（高性价比）的需求。由于基于通用硬件（CPU）的软件实现在满足高灵活性和弹性需求的同时，难以满足极致性能和绿色节能/低成本的需求，而基于专用加速器的硬件实现在满足极致性能和绿色节能/



▲图2 欧盟HEXA-X网络之网示意图

低成本的需求时，又难以满足高灵活性和弹性的需求，因此要同时满足以上几个方面的需求，软硬件联合设计的通信架构是必要的。

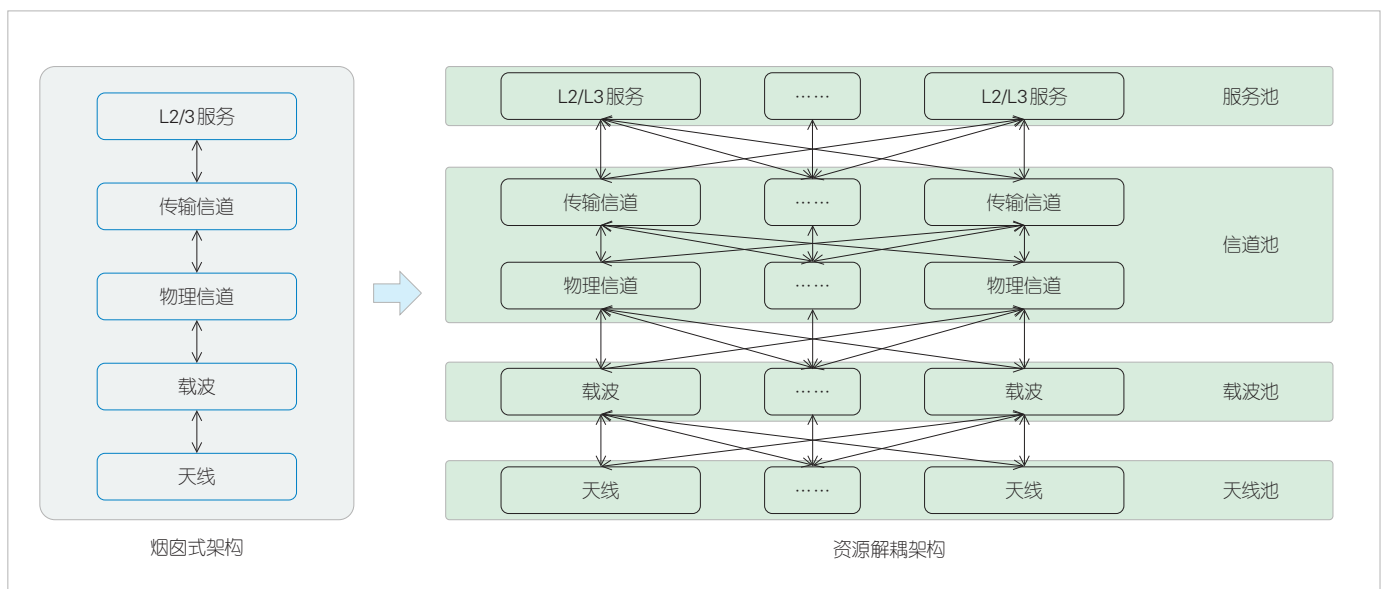
### 3.1 中国相关研究进展

中国IMT-2030（6G）在先进性能和能效的软硬件联合设计方面开展了几个方面的研究：多频段多发射和接收点（TRP）原生组网、可编排无线接入网（RAN）用户面架构、控制和转发分离RAN架构、控制和转发分离的可编程

网络、确定性网络。

#### 3.1.1 多频段多TRP原生组网

2022年发布的IMT-2030《6G无线网络架构和功能研究报告》<sup>[8]</sup>分析了多频段多TRP对空口资源解耦的需求及其影响。如图3左侧所示，当前移动通信蜂窝小区的无线接入网的构建方式是典型的“烟囱式”，表现为：资源与服务紧耦合、上下行传输紧耦合、资源与资源紧耦合。这种紧耦合的方式是一种针对单频段单载波原生的设计，没



▲图3 中国IMT-2030（6G）报告的空口资源解耦全景图

有在一开始就考虑多频段多载波融合组网场景的需求，因而对多频段的支持效率不高，灵活性和按需定制能力不足。这极大限制了移动网络对未来业务场景、需求的适配以及接入网对无线资源的使用效率，还限制了接入网的双向扩展性、易演进性，以及其与AI、大数据等智能化技术的内生式的融合。面向未来的新需求、新技术、新业务和新场景，下一代移动通信蜂窝小区的构建方式，要实现各层之间的“资源解耦”，如图3右侧所示，每层的资源形成“资源池”，每层内的资源之间、层与层的资源之间都满足可灵活编排、可按需定制、可弹性伸缩，以及高性能、高效、低碳等要求。<sup>[8]</sup>这实际上是对5G小区架构的重构设计。

### 3.1.2 可编排RAN用户面架构

IMT-2030 (6G)《6G无线网络架构和功能研究报告》分析了Stack-free协议栈和网络智能可编程。其中，Stack-free协议栈涉及功能组件化、数据包矢量化(VPP)、组件并行化、编排灵活化和组件智能化。这意味着现有5G RAN协议栈被重构，以更好地支持转发功能的硬化和软硬件联合实现，在满足先进性能和能效的同时不失灵活性。

### 3.1.3 控制和转发分离RAN架构

IMT-2030 (6G)《6G无线网络架构和功能研究报告》还介绍了支持多TRP/接入点(AP)分布式组网的以用户为中心的接入网架构，采用了控制面和用户面分离的云化控制单元(CCU)和分布式数据单元(DDU)架构，如图4所示。我们认为，CCU/DDU架构是对现有5G集中式单元(CU)/分布式单元(DU)架构的重构，通过控制和转发分离架构更好地满足控制面云化和转发面(用户面)先进性能与能效的差异化要求。

### 3.1.4 控制和转发分离的可编程网络

在RAN以上的核心网、承载网方面，《6G网络架构愿景与关键技术展望》<sup>[2]</sup>介绍了在控制和转发分离的可编程网络方面的思路，从信息技术(ICT)融合趋势角度考虑了业界成熟的SDN架构，并阐述了近期快速发展的数据处理单元(DPU)/智能网卡芯片和设备进展。这和5G-A的核心网架构发展趋势一致。

### 3.1.5 确定性网络架构

《6G网络架构愿景与关键技术展望》<sup>[2]</sup>介绍了确定性网

络架构思路，整合了接入网、传输网和核心网的通信保障、感知和测量功能，并通过确定性网络调度与控制中心向确定性服务管理功能提供服务。这个思路和5G-A的发展趋势也基本一致。

## 3.2 欧盟相关研究进展

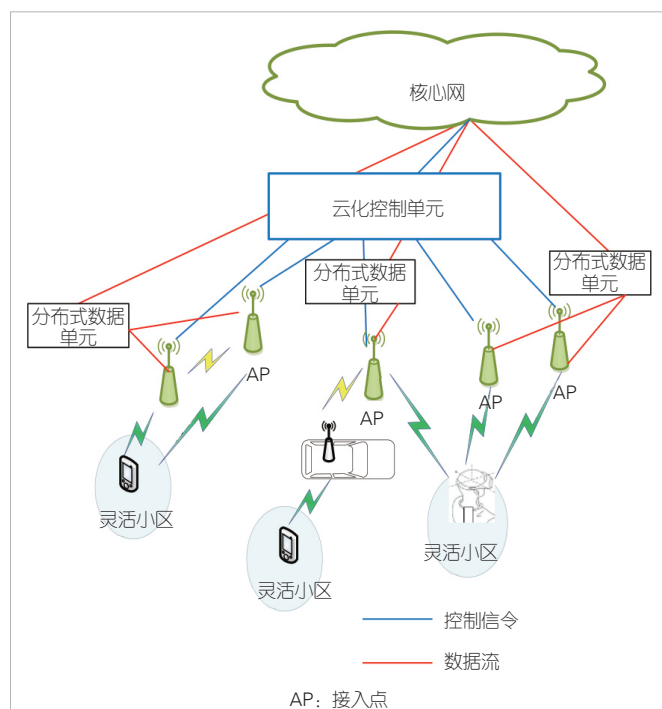
欧盟HEXA-X D5.1<sup>[4]</sup>将先进性能和能效的软硬件联合设计主要归入有效网络的研究范畴，但和智能网络也有部分交集。相关主要研究包括RAN功能重构、网络和UE可编程两方面。其中，RAN功能重构与中国的控制和转发分离RAN架构类似，网络可编程与中国的控制和转发分离的可编程网络类似。

### 3.2.1 多连接

欧盟HEXA-X D5.2<sup>[9]</sup>研究了将现有载波聚合/双连接(CA/DC)架构重构为多连接(MC)架构的必要性，汲取CA/DC的长处，支持上下行解耦，以获得极致的可靠性并有效使用频谱。相比于中国IMT-2030(6G)对空口资源解耦的整体设计，欧盟的多连接思路是对5G-A的改进。

### 3.2.2 用户面协议栈重构

欧盟HEXA-X D5.2<sup>[9]</sup>研究了无线链路控制(RLC)协议



▲图4 中国IMT-2030 (6G) 报告的云化控制单元和分布式数据单元分离架构示意图

栈的ARQ重传以及分组数据汇聚协议（PDCP）按序递交的必要性，并认为这两个功能对TCP传输的性能影响较小，从而使得通过简化协议栈来保持较好的性能成为可能。中国IMT-2030（6G）侧重用户面RAN协议栈可编排的整体性设计，而欧盟的研究则侧重从实证出发，为协议栈的简化和组件化可编排提供支撑。

### 3.2.3 RAN功能重构

欧盟HEXA-X D5.1<sup>[4]</sup>研究了RAN的功能重构，将底层功能（LLF）、用户面的高层功能、控制面功能分离。其中，底层功能需要专用硬件或硬件加速，和射频单元有紧密联系，需要考虑实时性和处理要求，而用户面的高层功能需要适配业务流。

### 3.2.4 网络和UE可编程

欧盟HEXA-X D5.1<sup>[4]</sup>认为，网络和UE可编程将为敏捷交付、灵活性和环境适应性带来价值。智能网卡、软交换机、网络现场可编程门阵列（FPGA）是网络可编程的示例。而可编程UE将为垂直行业专网提供定制化传感器和物联网设备。D5.3<sup>[10]</sup>进一步给出了可编程网络的框架和UE可编程的框架。虽然欧盟将网络和UE可编程归入到智能网络的范畴，但我们认为网络和UE可编程也可归入先进性能和能效的软硬件联合设计范畴。

### 3.2.5 高吞吐低时延

欧盟HEXA-X D5.3<sup>[10]</sup>对同时满足高吞吐量（>0.1 Tbit/s）和低时延（<1 ms）要求的架构进行了数值分析，包括对集成的RAN/CN/server架构和拆分的RAN/CN/server架构进行了时延分析。分析结果表明，集成的RAN/CN/server架构的时延优势更加明显。

## 3.3 美国相关研究进展

美国NGA在先进性能和能效的软硬件联合设计方面的研究，主要涉及多TRP组网<sup>[6]</sup>、简化协议栈<sup>[6]</sup>、网络解耦<sup>[6]</sup>、可编程网络<sup>[11]</sup>等方面。

### 3.3.1 多TRP组网

美国NGA认为，海量分布式多输入多输出（MIMO）通过协同传输和干扰管理，可以有效地提升吞吐量和可靠性<sup>[6]</sup>。但该部署方式对架构的影响并未被深入研究。多频段融合对网络协议栈和架构的影响也未在NGA报告中提及。但是NGA考虑了计算资源和能效的联合优化<sup>[5]</sup>，认为

分布式计算可通过本地的数据处理和节能，降低数据向远处数据中心传输的能耗，并可利用本地的可持续能源。但分布式本地计算在资源池化增益方面存在不足，使得资源利用率和能效不高，因此需要联合优化计算资源和能效。这个思路和中国的多频段多TRP原生组网的资源池化思想相似。

### 3.3.2 简化协议栈

美国NGA认为，需要简化协议栈以满足更严格的吞吐量和时延的要求<sup>[6]</sup>。物理层和用户面协议栈需要联合设计以缓解综合症，简化缓存管理复杂度，降低开销，动态适应环境变化。报告还认为，空口需要感知包级别的服务质量（QoS），应用也需要感知空口条件。相比于中国和欧盟，美国NGA从联合设计的角度提出了一些思路，但尚未给出具体的设计方案。

### 3.3.3 网络解耦

NGA认为，软硬件解耦能够帮助运营商更灵活地根据需求、技术选择或者供应商，来集成网络<sup>[6]</sup>。解耦可以在不同维度上发生：可以在软硬件层面解耦，可以在控制、管理、用户/数据功能之间发生，也可以在RAN的不同层之间发生（例如射频单元/DU/CU）。可以看出，NGA在网络解耦方面并不是主要从性能和能效出发，而是更侧重产业链的重构，其中包括虚拟化/云化、开放化。我们认为，无论怎么虚拟化/云化或者开放化，性能和能效仍是客户关注的关键指标，网络解耦的研究和设计同样需要考虑性能和能效是否有利。

### 3.3.4 可编程网络

NGA介绍了可编程处理器（可编程网络设备）的研究进展，包括基础设施处理单元（IPU）和DPU<sup>[11]</sup>，认为它们可以分担较多的CPU负荷。NGA技术报告<sup>[6]</sup>和广域云（WAC）报告<sup>[11]</sup>指出，系统级的开放可以使能可编程ICT基础设施。

NGA<sup>[9]</sup>认为，传统的基于GPRS隧道协议（GTP）的传输对业务的感知能力很弱，难以适应需要工作链的新的分布式计算时代，因此6G需要对传输协议和相应的控制面功能进行升级。这个方向大致和欧盟以及中国的可编程网络类似。

## 4 6G云原生、算力网络和服务架构研究进展

面向6G丰富的功能、新能力和业务需求，控制面、业

务面（演进的或IP多媒体子系统）和管理面需要将灵活性、敏捷性、开放性作为设计目标，采用通用软硬件平台。相关研究方向包括云原生、算力网络和服务架构。我们认为，6G的服务架构将从5G时代的从无到有发展到服务架构的全生命周期和生态治理阶段，因此在本文中我们谨慎使用了“服务架构”这个说法，而没有直接沿用“服务化架构（SBA）”这一5G时代的说法。

#### 4.1 中国相关研究进展

《6G分布式网络技术的应用场景及需求研究》<sup>[1]</sup>简单介绍了对云原生技术的需求。相比于下文提到的美国NGA在云原生技术和生态体系的研究，中国在云原生以及云和6G融合方面的研究还处于起步阶段。相比而言，中国更期望在算力网络方面发力，构建新的算网融合技术和产业生态。《6G网络架构愿景与关键技术展望》报告<sup>[2]</sup>对算力网络初步做了框架分析，包括算力编排管理、算力路由和算力服务功能。

服务架构可以追溯到IT的面向服务架构（SOA）。发展到云原生时代的微服务架构已经成为应用层的一种功能组合和接口架构的框架。5G将服务架构引入到核心网功能和接口定义中，形成了一套有别于SOA和微服务架构风格的SBA。面向6G，《6G分布式网络技术的应用场景及需求研究》<sup>[1]</sup>简单介绍了分布式服务基础框架，包括增强的通信负载均衡能力、数据访问代理能力和归一化的高可用组网能力。

2022年IMT-2030 6G无线网络架构报告<sup>[8]</sup>初步分析了RAN的服务化需求及其影响。RAN的服务化需要从不同的方面进行具体分析，包括控制面服务化、RAN用户面服务化、多维能力服务化和UE服务化。

#### 4.2 欧盟相关研究进展

欧盟HEXA-X D5.3<sup>[10]</sup>将云原生RAN和核心网，以及它们的流水线和重新设计的架构作为有效网络的主要目标，将服务架构延伸到RAN，进一步考虑功能流程的解耦、信令效率的提升、对新AI/机器学习驱动编排的接口支持、计算即服务（CaaS）的框架、基于微服务的SDN控制器等。

#### 4.3 美国相关研究进展

NGA广域云报告<sup>[11]</sup>和分布式云和通信系统报告<sup>[9]</sup>分别对广域云以及云和通信系统的融合，做了非常全面的分析和研究。从终端设备到接入设备，从站点到城区云、区域

云，都被纳入到广域云的范畴。数据面、通信面和计算面成为自上而下的3层平面。相关报告分析了广域云演进的总体架构、与6G系统的融合、多接入边缘计算（MEC）、设备和网络间/设备间的分布式计算、新的或增强的协议栈、计算和加速的类型、对计算和数据的优化、感知通信的计算编排，以及广域云环境的数据和计算功能的安全隐私。

此外，广域云报告<sup>[11]</sup>还初步给出了6G服务架构。UE、RAN、5G功能、演进的5G功能、数据功能、计算功能以及其他6G功能，都被纳入到服务架构中。该架构考虑了编排、负载拆分、服务功能链、服务网格、数据管理、认证和安全，以及相关的Kafka、Istio等成熟技术框架和生态。

### 5 6G新能力架构研究进展

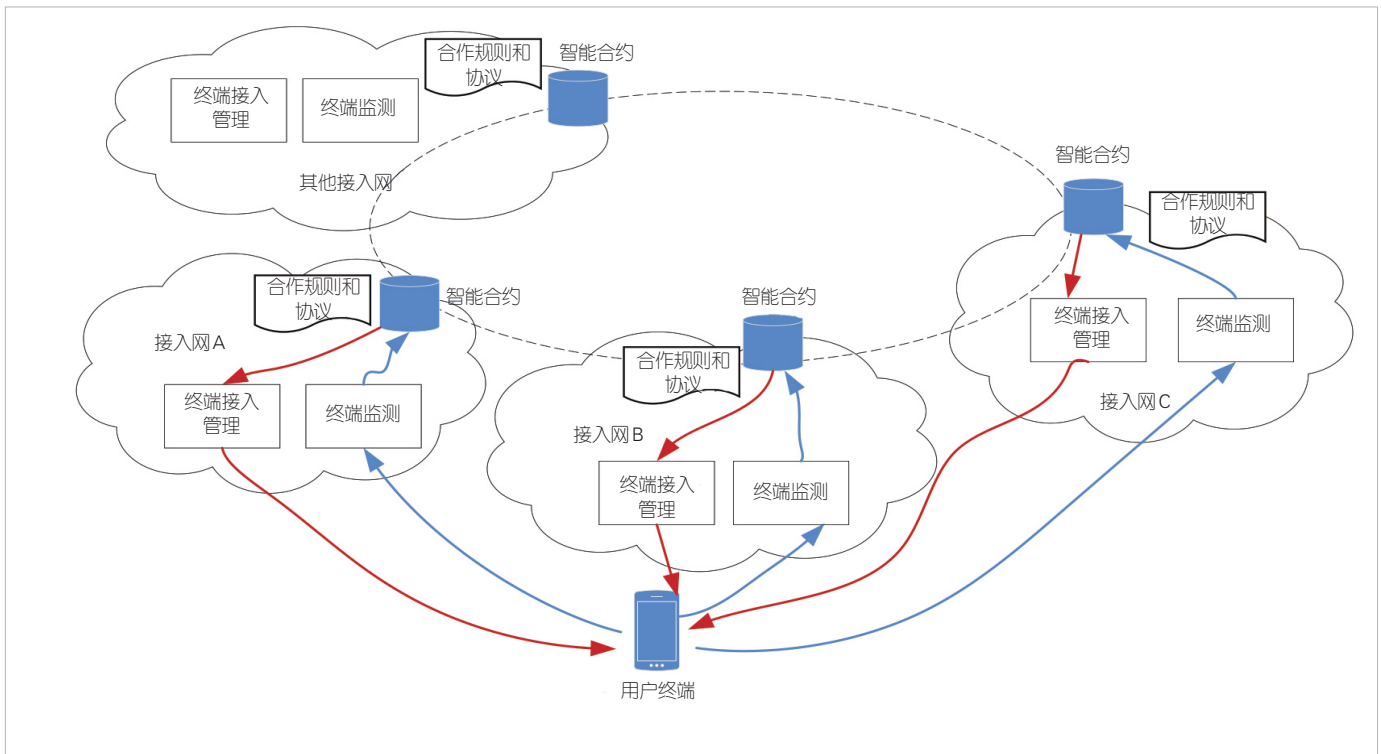
6G新能力主要包括感知、计算、数据、智能和可信五大方面。其中，感知能力和传统的通信、定位能力都涉及空口技术，在架构上也会比较接近通信或定位的架构，因此中国、欧盟、美国三方基本上都没有将感知的架构独立出来进行研究。计算的架构在前文云原生、算力网络和服务架构中已经提到，因此，本章主要涉及数据、智能和可信3个新能力。数据和智能之间有着紧密关系。中欧美三方都将数据和智能联合考虑，并认为智能内生（或原生智能）是6G的特征。因此，我们将数据和智能统一到智能内生架构中。此外，可信和安全的关系也非常紧密，中欧美三方也都把可信安全作为一个合并的研究方向，并且认为可信安全内生是6G的特征。因此，我们也将可信和安全统一到可信安全内生架构中进行介绍。

#### 5.1 中国相关研究进展

##### 5.1.1 可信安全内生架构

IMT-2030（6G）推进组在2021年《6G网络架构愿景与关键技术展望》白皮书<sup>[2]</sup>中对分布式网络及其所需的可信即服务（TaaS）做了初步介绍。区块链被引入并内置于网络功能层，以支持多层链架构。

2022年发布的《6G区块链技术：场景和需求研究》<sup>[12]</sup>进一步对区块链的场景、需求和挑战进行了分析。其中，区块链的场景包括存证审计、动态切片管理、动态频谱管理、泛在接入管理、身份/资产管理、分布式安全协作、区块链在协同边缘计算中的应用等方面。在泛在接入管理中，如图5所示，基于区块链的终端接入管理、终端监测和智



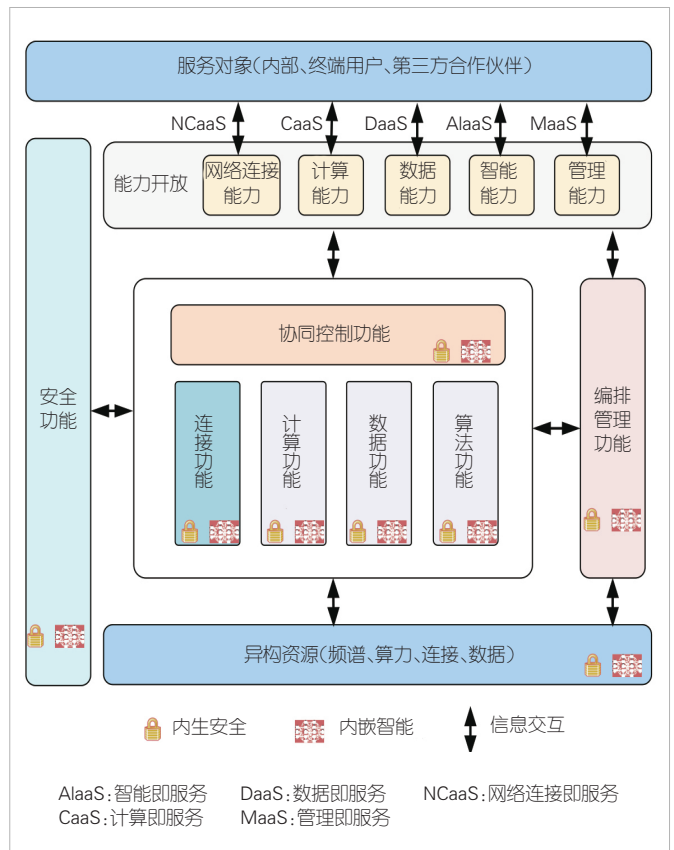
▲图5 中国IMT-2030(6G)报告中基于区块链的泛在接入分布式网络

能合约，将为分布式网络提供泛在接入技术和结算支撑。报告进一步分析了可用于分布式网络中的多链互通、高流量区块链、存储扩展等关键技术。

### 5.1.2 智能内生架构

中国IMT-2030（6G）推进组发布的《6G智能内生网络架构研究》报告对“智能内生的内涵解释如下：6G智能内生是指，在架构层面将网络连接与人工智能要素（算力、算法、数据）深度融合，以构建网络内完整的智能体系。通过智能的分布式部署和协同，按需对内对外提供人工智能即服务（AIaaS），实现智能服务的高效和高质量保障，助力网络实现智能自治，促进智能生态的协同与融合”<sup>[13]</sup>。该报告系统分析了6G智能内生的六大特征，具体包括：分层分布式AI，以任务为中心的资源编管控，网络架构、能力和服务的内生自构建，AI与生态协同及融合，AI服务的QoS保障，数智化服务和能力开放。

如图6所示，中国IMT-2030《6G智能内生网络架构研究》报告<sup>[13]</sup>进一步对智能内生网络体系框架做了介绍。在资源层面，频谱、算力、连接和数据异构资源进行融合。在功能层面，支撑AI服务的算力、算法、数据、连接四要素首先实现协同控制和融合编排，再通过能力开放服务为网络自身和第三方应用提供AI能力和服务。



▲图6 IMT-2030(6G)报告的智能内生网络体系框架

### 5.1.3 数据服务架构

2021年发布的《6G网络架构愿景与关键技术展望》白皮书<sup>[2]</sup>介绍了可信数据服务的初步框架，其中涉及数据源和数据层（包含数据获取、数据处理、分布式数据存储）。该框架可提供数据即服务（DaaS）给AI能力和应用层。

## 5.2 欧盟相关研究进展

### 5.2.1 可信安全内生架构

欧盟在HEXA-X D1.4<sup>[14]</sup>展示了安全架构，其中安全可信功能被集成到网络的各个层和网络设备之中，例如RAN、光设备、虚拟化层等。

### 5.2.2 智能网络和数据服务

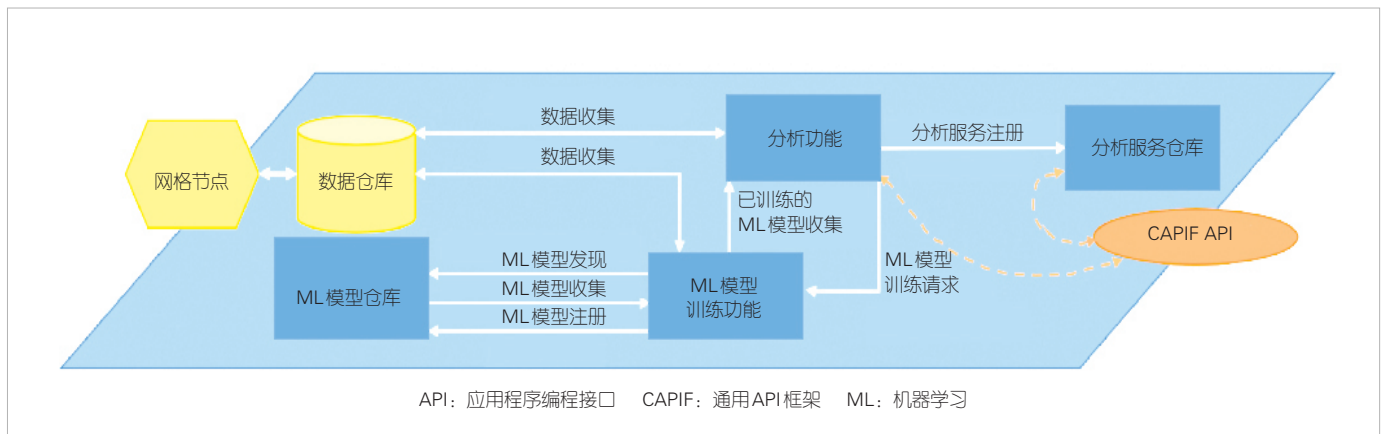
欧盟HEXA-X D5.3<sup>[10]</sup>中的智能网络横跨UE、云化RAN/核心网和应用服务器，集成了数据获取、数据开放、

公用的跨域分析（Analytics）框架，以及它们使能的AIaaS和联邦学习即服务（FLaaS），并支持网络自动化和编排，如图7所示。其中，公用的跨域分析框架可以在跨平面和跨域之间交互数据、知识等。AIaaS框架定义了AI训练功能、模型库功能、AI实体功能和AI监控功能，并支持AI模型的发现、存储、更新、训练、推理、性能评估等服务，如图8所示。通过对比欧盟和中国对智能网络和数据服务架构的设计，可以看出：欧盟通过分析框架对AI模型和数据做了深度融合设计（即以AI为中心的设计），而中国对AI模型和数据的架构设计则更加独立。

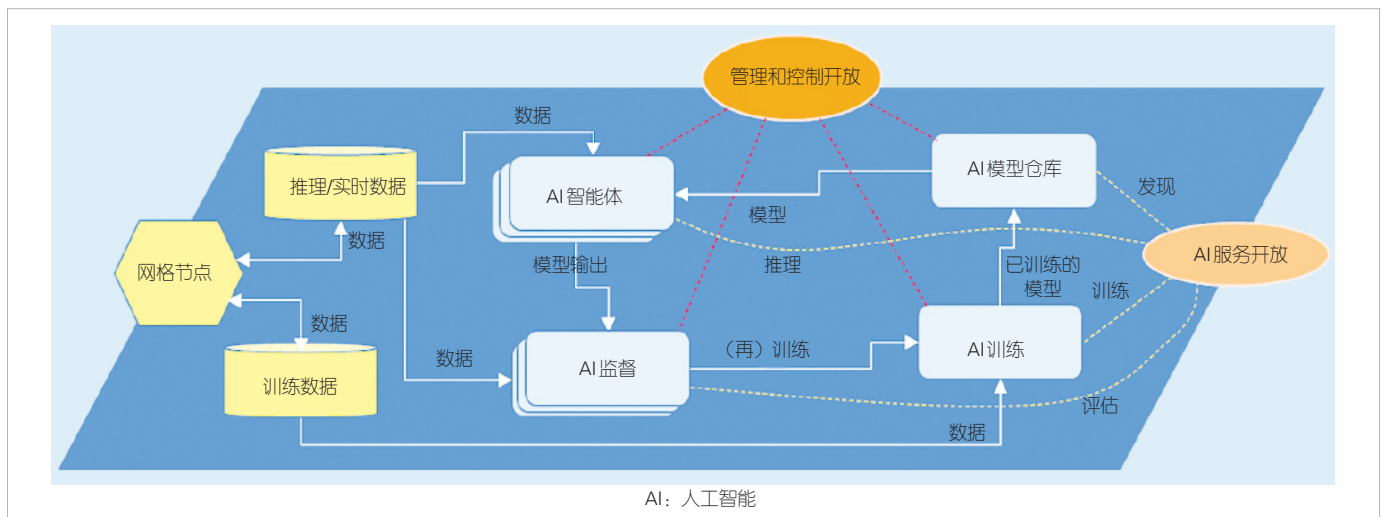
## 5.3 美国相关研究进展

### 5.3.1 可信安全内生架构

NGA可信安全韧性白皮书<sup>[7]</sup>给出了可信网络的生命周期全景图，包括理解风险和威胁全景，并通过开发、部署和



▲图7 HEXA-X D5.3 数据分析框架



▲图8 HEXA-X D5.3 人工智能即服务框架



(重)配置以及运维来应实现,如图9所示。

### 5.3.2 智能内生架构

美国 NGA AI 原生无线网络报告<sup>[15]</sup>给出了初步的 AI 原生无线网络框架,并提出了几个研究方向:1)集成 AI/ML 到网络中;2)支持 AI/ML 的计算架构;3)数据集;4)安全。报告同时指出该框架面临的挑战。非技术层面最大的困难是数据集的获取。技术层面主要的挑战有:1)非确定性的模型需要保底方案,但这将增加系统复杂性;2)分层通信架构和 AI/ML 的集成,但 AI/ML 更倾向于非分层的架构;3)基于电池 UE 的有限资源限制了模型训练和推理的能力。但是 NGA 也表明,基于美国强大的 AI 领导力,NGA 必将成为无线领域 AI/ML 的领导者和技术推动者。

相比于欧盟和中国,NGA 主要对 AI/ML 对架构的影响做了一些分析,例如采用边缘计算、分布式计算、集中计算的利弊,但并未给出任何与架构相关的框架。

## 6 结束语

本文对 2021 年至今中欧美三方在 6G 网络架构方面的研究进展做了综合对比分析。从网络组网生态、先进性能和能效的软硬件联合设计通信架构、云原生/算力网络和服务架构、新能力架构 4 个维度来看,中欧美三方的架构研

究和设计各有所长,值得互相借鉴。从中国的研究来看,在网络组网生态方面可以注意欧盟的网络之网对子网间的组网方面的重视度,注意美国对韧性的重视度;在先进性能和能效的软硬件联合设计通信架构方面,可以学习欧盟和美国从具体实证实例出发研究的方法;在云原生/算力网络和服务架构方面,可以思考美国如何将其强大的云原生、算力和服务架构的技术和产业生态为 6G 所用;在(可信安全内生和智能内生)新能力架构方面,可以借鉴欧盟的中台式的分析/AI 框架和美国的全生命周期视角的安全可信观点。

6G 网络架构的研究和设计已经从发散逐渐进入到收敛阶段,期待国内产业界和学术界能够在 6G 网络架构研究中博采众长,不断精进,谱写新篇章。

### 参考文献

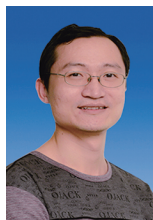
- [1] ITU. Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond [EB/OL]. (2023-06-28) [2023-09-15]. <https://www.itu.int/md/R19-SG05-C-0131>
- [2] IMT-2030(6G)推进组. 6G 网络架构愿景与关键技术展望 [R]. 2021
- [3] IMT-2030(6G)推进组. 6G 分布式网络技术的应用场景及需求研究 [R]. 2022
- [4] HEXA-X. Initial 6G architectural components and enablers [EB/OL]. (2021-12-31) [2023-09-15]. [https://hexa-x.eu/wp-content/uploads/2022/01/Hexa-X\\_D5.1\\_full\\_version\\_v1.0.pdf](https://hexa-x.eu/wp-content/uploads/2022/01/Hexa-X_D5.1_full_version_v1.0.pdf)
- [5] NextG Alliance. 6G distributed cloud and communications system [R]. 2022
- [6] NextG Alliance. 6G technologies [R]. 2022
- [7] NextG Alliance. Trust, security, and resilience [R]. 2022



▲图9 NGA可信网络的生命周期全景图

- [8] IMT-2030(6G)推进组. 无线网络架构和功能研究报告 [R]. 2022
- [9] HEXA-X. Analysis of 6G architectural enablers applicability and initial technological solutions [EB/OL]. (2022-12-31)[2023-09-15]. [https://hexa-x.eu/wp-content/uploads/2022/10/Hexa-X\\_D5.2\\_v1.0.pdf](https://hexa-x.eu/wp-content/uploads/2022/10/Hexa-X_D5.2_v1.0.pdf)
- [10] HEXA-X. Final 6G architectural enablers and technological solutions [EB/OL]. (2021-12-31)[2023-09-15]. [https://hexa-x.eu/wp-content/uploads/2023/05/Hexa-X\\_D5.3\\_v1.0.pdf](https://hexa-x.eu/wp-content/uploads/2023/05/Hexa-X_D5.3_v1.0.pdf)
- [11] NextG Alliance. 6G technologies for wide-area cloud evolution [R]. 2023
- [12] IMT-2030(6G)推进组. 6G区块链技术: 场景和需求研究 [R]. 2022
- [13] IMT-2030(6G)推进组. 面向6G的智能内生网络架构研究报告 [R]. 2022
- [14] Hexa-X. Hexa-X architecture for B5G/6G networks [EB/OL]. (2021-12-31)[2023-09-15]. [https://hexa-x.eu/wp-content/uploads/2023/07/Hexa-X\\_WP1\\_D1.4\\_Summary-slides.pdf](https://hexa-x.eu/wp-content/uploads/2023/07/Hexa-X_WP1_D1.4_Summary-slides.pdf)
- [15] NextG Alliance. AI-native wireless networks [R]. 2023

## 作者简介



谢峰，中兴通讯股份有限公司6G接入网架构负责人、无线预研首席专家，移动网络和移动多媒体技术国家重点实验室学术带头人；先后参与国家项目5项，获得第8届广东专利奖银奖；发表论文10余篇，申请专利100余项。

## 综合信息

## 《中兴通讯技术》2024年专题计划

期次	专题名称	策划人
1	下一代多址技术	上海交通大学教授 艾渤 上海交通大学教授 陈为
2	网络大模型	中国电信IP领域首席专家 唐宏 中兴通讯无线首席架构师 熊先奎
3	6G多天线技术	东南大学首席教授、副校长 金石 上海交通大学教授 章嘉懿 东南大学副研究员 韩瑜
4	6G无线系统技术	中国信息通信研究院副院长 王志勤 中国移动研究院院长 黄宇红 东南大学教授 王东明
5	卫星通信技术	哈尔滨工业大学(深圳)教授、副校长 张钦宇
6	数据通信新技术	中国电信研究院教授级高工 解冲锋 中国联通研究院副院长 唐雄燕