

10.0C

6G Wireless Intelligent Cloud Network



目录

1. 摘要.....	2
2. O-RAN架构.....	2
3. 6g愿景和设计目标.....	3
4. 关键技术支柱和注意事项.....	4
4.1网络架构考虑.....	
..... 4 4.2基于服务的RAN.....	
.....6 4.3人工智能.....	
.....8 4.3.1 跨域人工智能协作.....	
.....10 4.3.2 大模型.....	
.....11 4.4 频谱共享.....	
. 12 4.5 可持续性与节能.....	14
5. 前瞻性.....	16
参考.....	16
缩写.....	17
作者.....	18

1. 摘要

O-RAN联盟于2018年由AT&T、中国移动、德国电信、NTT DOCOMO和Orange共同创立。自那时起，O-RAN联盟已成为全球移动网络运营商、供应商和从事无线接入网（RAN）行业的研究与学术机构的社区。其使命是重塑RAN行业，朝着更智能、开放、虚拟化和完全可互操作性的移动网络发展。O-RAN利用了3GPP中定义的大部分物理特性，以维护统一和健康的生态系统。O-RAN规范将网络实体进行拆分，并定义了接口，以促进多供应商联合开发和互操作性测试产品。

国际电信联盟定义了IMT-2030框架及相关时间表，行业根据此启动了6G研究。O-RAN也在nGRG中启动了6G研究，旨在标准制定前制定6G相关观点。除了先进特性外，O-RAN的灵活架构能为未来6G网络提供一些独特优势，包括网络智能的可编程架构、基于服务的RAN设计、足够的网络功率优化、灵活的频谱共享等。

本文基于O-RAN nGRG讨论，简要介绍了部分关键的6G技术支柱。为便于读者理解技术问题与考量，本文在第二节介绍了O-RAN架构。我们还在白皮书末尾提供了对6G时代O-RAN的前瞻性展望。

2. O-RAN架构

以下是O-RAN联盟定义的O-RAN架构概述[1]。O-RAN利用3GPP定义的接口，同时也定义了一些新的接口，因为它将RAN功能划分为O-CU、O-DU和O-RU。

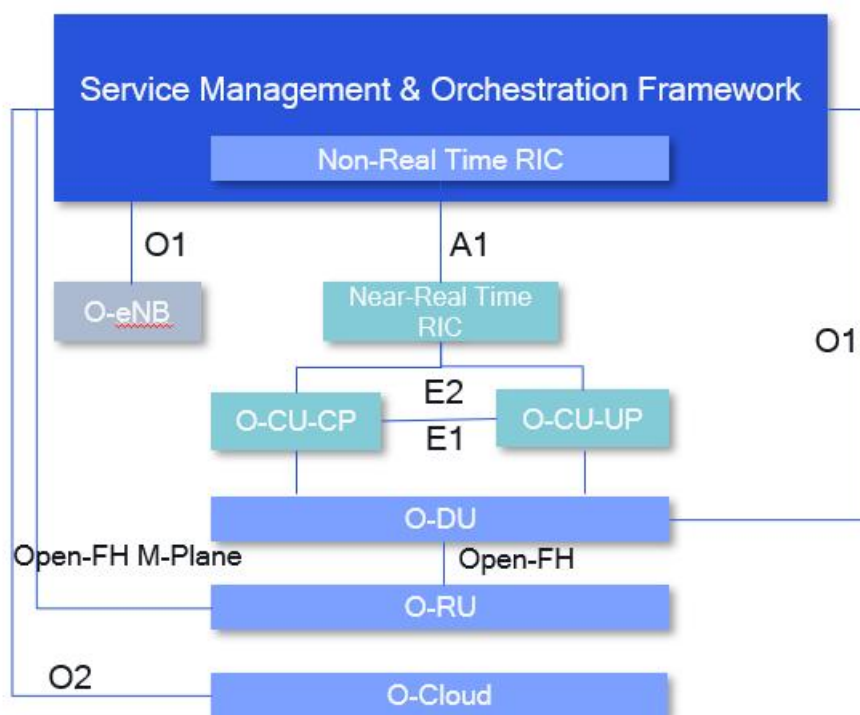


图1 O-RAN架构概述[O-RAN]

在架构中，无线接入网智能控制器（RIC）是用于以近实时或非实时方式启用控制的逻辑功能。网络控制功能根据所需的时间尺度分为两个实体。E2是连接5G RIC和开放5G核心网通用网关的接口，大多数网络智能功能都通过E2连接。开放组网通用数据网关和开放组网无线网关是两个表示网络开放性的重要实体。根据O-RU支持的功能，存在几种拆分选项。运营商可以使用不同的应用程序编程RIC功能，多个应用程序可以灵活地启用不同的网络功能。

3. 6G愿景和设计目标

国际电信联盟-无线电通信部门（ITU-R）定义了IMT-2030框架[2]，该框架包括6G的应用场景和能力。该框架建议是6G最重要的指导之一，将被作为3GPP和其他标准开发组织（SDO）制定6G标准的参考设计指南。

IMT-2030的应用场景预计将在IMT-2020（即推荐书ITU-R M.2083中引入的eMBB、URLLC和mMTC）的应用场景基础上进行扩展，以更广泛的需求，需要演进和新的能力。除了扩展IMT-2020的应用场景外，IMT-2030预计还将启用由人工智能和传感等能力引起的新应用场景，而之前几代IMT并未设计用于支持这些能力。

IMT-2030的应用场景包括沉浸式通信、超高可靠性和低时延通信、海量通信、泛在连接、人工智能与通信、以及融合感知与通信。

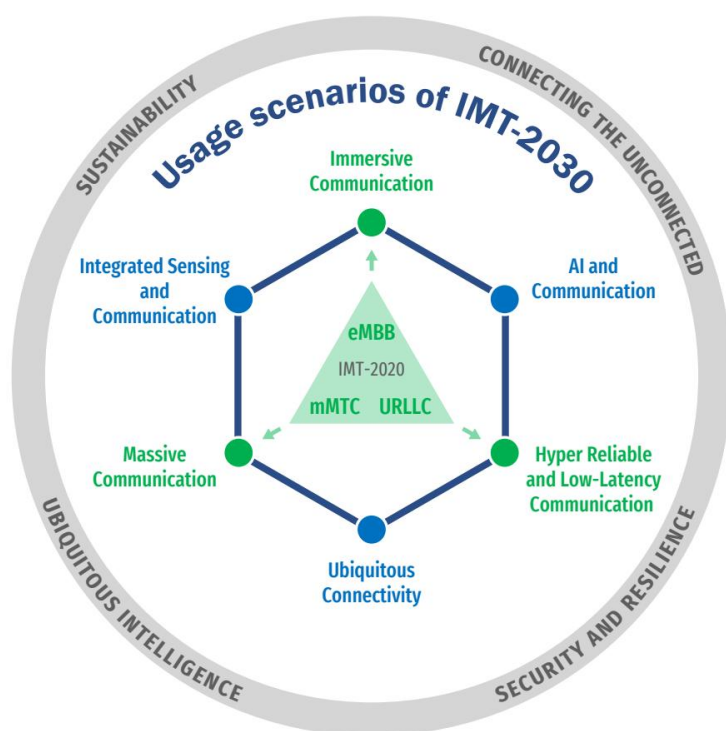


图2 IMT-2030应用场景[2]

O-ran的网络架构通过拆分ran功能并定义标准接口提供了最大的灵活性。与5g相比，6g的使用场景翻倍，O-ran的灵活性将成为进一步创新的良好基础。在论文的第3节，我们讨论了6g设计的一些突出技术支柱，并分析了挑战和潜在的解决方案。

4. 关键技术支柱和注意事项

4.1网络架构考虑

6g网络连接了物理世界和数字世界。越来越多的流量将在6g网络的边缘发生。未来6g网络潜在的特有功能是智能化、可编程性和资源共享。

智能是6G架构的关键使能技术，原生AI引起了学术界和工业界的更多关注。为了实现原生AI，6G架构中应考虑相关接口（例如，E2）和流程（例如，AI/ML流程）。第3.3节详细描述了原生AI。

在6G的背景下，原生人工智能的集成需要一个高效便捷的方法来无缝整合人工智能元素。此外，差异化的6G服务需要不同的网络资源。因此，可编程性成为推动6G架构发展的一个有希望的解决方案。

可编程性包含三个关键组件：参数、数据和算法。可编程参数通过可编程框架和通用接口促进 6G 网络参数的无缝适配。可编程数据涉及为 AI 算法训练构建数据集和探索网络功能中的数据关系。此外，数据可以通过相关安全方法安全地提供给第三方。可编程算法定义不同场景下的输入和输出数据格式。网络功能和第三方可以在上述输入和输出的主题和安全检查下，通过可编程框架嵌入或替换 AI 算法。为促进此过程，需要一个可编程框架来有效部署和管理这些算法。该框架应包含一套全面的可编程接口和功能模块，实现无缝集成和操作。此外，可编程算法确保 6G 网络动态适应各种场景的要求。例如，如果消费者从 RAN 寻求高吞吐量，AI 算法将整合 RAN 切片。类似地，对于优先考虑服务质量 (QoS) 的消费者，AI 算法将集成 QoS 优化。

为了实现可编程的ran，逐步开放ran内部传统上封闭的协议栈至关重要。这包括在协议栈级别增强功能，并标准化和通用化新开放的接口。在原生ai持续演进的大背景下，可编程ran催化了向更开放、更智能的ran愿景的进步。通过采用可编程性，ran能够有效地适应动态网络需求，促进创新，并充分发挥原生ai的全部潜力。

资源池化在6G架构中发挥着重要作用。资源仍然是异构的，它由通用资源和专用资源组成。通用资源是通用的标准化硬件（即基于X86或ARM CPU的工业服务器），以及具有可扩展性的多样化硬件芯片，包括加速器和时钟资源芯片，以及用于AI模型训练的图形处理单元（GPU）。对于无线接入网络（RAN），需要高速处理和大量的专用资源，例如用于编码和解码的现场可编程门阵列（FPGA）。时钟资源用于实现网络元素和用户设备之间的同步精度。专用资源（例如ASIC芯片）为具有大容量和超高性能要求的小部分设施提供专业服务。

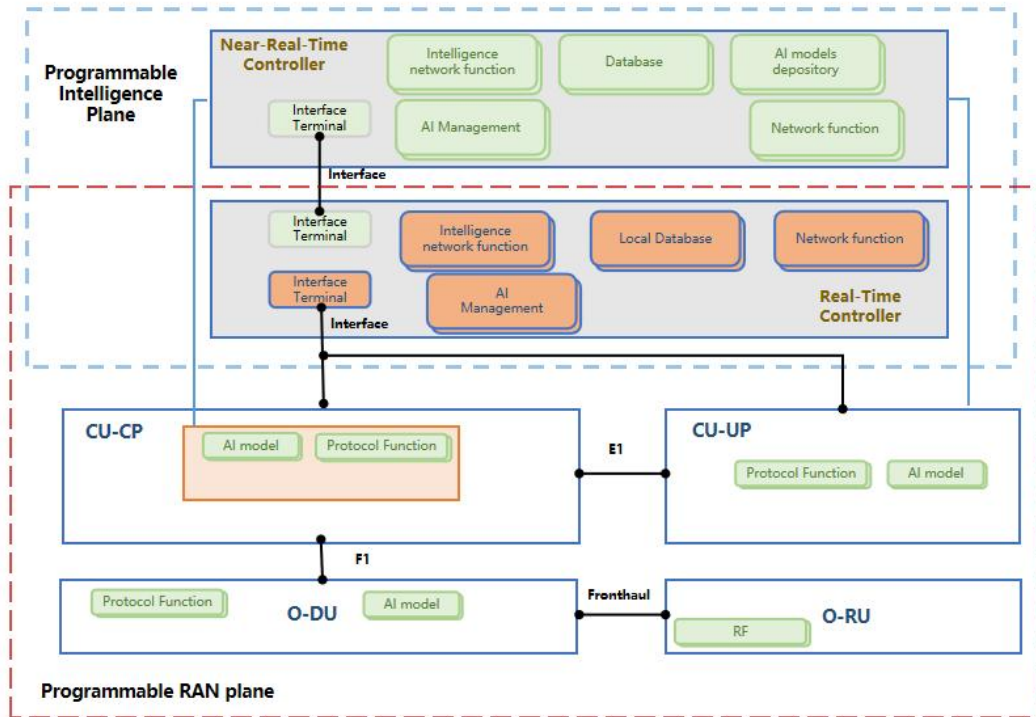


图3 可编程RAN

4.2基于服务的RAN

历史上，RAN架构主要设计用于保障传统ToC业务的连接服务，使用相对封闭的协议但具有专业化的性能优势。随着5G和6G引入更多场景和服务，以及IT技术在移动网络中的集成，RAN架构需要演进以提供更灵活、适应性更强的网络。O-RAN正在定义更开放的架构，构建RAN的统一云平台，标准化更多开放的接口，并引入智能功能。当前云RAN的实施仅改变了软件的运行平台，而非改变了RAN的软件架构。这种RAN架构对云不友好，无法充分利用云原生的优势。

云ran是第一步，ran系统可以进一步演进。5g核心网中的sba可以作参考。服务化ran的目标是将ran功能重构为可组合和可重用的网络服务，并使用与ran内部服务和cn统一的接口，以实现完全的云原生架构。

基于服务的 RAN 的优势包括：

1) 网络功能的灵活和弹性部署，快速升级和扩展网络能力，实现更多业务场景；

2)在不降低影响的情况下，带来新的端到端网络交互方式

跨域新功能介绍于现有服务；

3) 更加及时、多维度地开放无线网络功能；

4) 与CN服务集成管理和编排，降低网络运维的复杂性，提高网络适应新业务的能力。

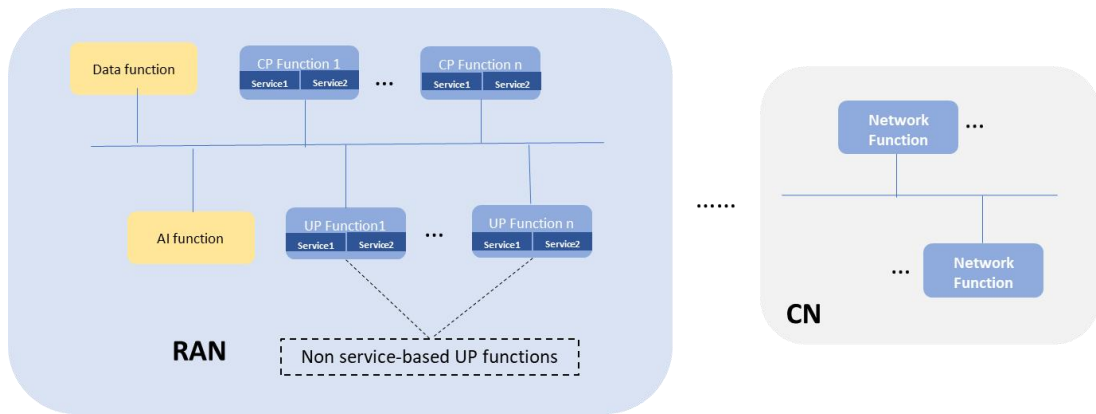


图4 基于服务的RAN概念

基于服务的RAN架构设计需要考虑以下方面：

服务粒度

对于由原始 RAN 功能重建的 RAN 服务粒度至关重要。粒度越小越灵活，但它可能会带来性能和效率问题。5G 核心网服务化架构的实施包括两个层级：NF 和 NF 服务。NF 之间相互通信，内部 NF 服务可以共享数据库，这降低了复杂性，并且与微服务架构也不同。考虑到内部功能关联性和复杂性，RAN 可以最初以类似核心网络的方式重建。

基于服务的 RAN 功能

5g ran可以从功能上分为控制面和用户面，也有控制面和用户面分离的概念，但在部署层，它仍然采用单模方式。控制面主要包括连接管理、会话管理、移动性和测量等功能，用户面则包括数据包的处理。在不同的功能面上有不同的考虑。

对于控制平面，服务化可以将现有的控制面功能根据耦合程度重构为更细粒度的服务，并且不同的服务可以按需组合和灵活地部署在不同的场景和区域。例如，在车联网场景中，移动管理服务适合集中部署以优化移动体验。同时，控制面的基于服务的功能可以实现直接接入核心网控制面，减少不必要的信令转发，与其他核心网服务的交互可以从串行交互变为并行交互，优化控制面的信令处理过程。

优化信令流程有助于提升网络性能，例如延迟和效率。另外，对于特定服务的极端需求，它也有助于RAN和CN在边缘集成，简化部署复杂性并提升性能。最后，对于未来网络更复杂的功能配置和参数配置，基于服务的控制平面可以以更小的粒度执行和更新，而不会影响其他服务的运行。

对于用户面 传统的移动通信协议都遵循OSI分层协议设计概念。每一层接收由下层提供的服务，并负责上层。上下层之间根据接口协议进行交互，同层之间根据协议进行交互。这种分层设计概念的问题在于协议和服务模型是固定的，无法实现灵活的跨层信令交互和跨层功能组合。未来应用的多样化特点将导致数据包处理差异更大，例如工业控制的小数据包，需要更高的可靠性，需利用用户面中的PDCP复制功能；沉浸式交互应用对I帧、P帧的处理要求不同。用户面需要为新QoS保障进行功能组合和编排。除现有应用类型外，传感、AI等新应用也带来了新的数据包模型，要求用户面能够匹配不同数据包的处理，以及转发。基于服务的用户面在灵活组合、部署和快速更新方面具有优势。对于需要不同用户数据包处理要求的场景，可优先考虑基于服务的用户面。

此外，未来的无线系统将提供人工智能、计算、感知等新服务。一方面，这可以实现对现有功能平面的增强，例如为感知和计算能力引入控制功能，并在用户平面引入新的用户数据包处理模式。另一方面，RAN还可能引入新的功能平面，例如数据平面，从而带来新的功能交互方式，这将对网络灵活性和快速更新提出更高的要求。在这些方面，基于服务的架构具有一定的优势。

基于服务的接口

目前，RAN和核心网通过点对点N2接口进行交互。对于基于服务的RAN，可以考虑基于服务的N2接口，RAN仍然是一个独立的整体，RAN服务可以通过内部高效接口进行交互。这种方法相对容易实现，可以在服务导向的初始阶段采用。另一种方法是在RAN内部服务和核心网之间使用一致的接口，RAN服务和核心网服务处于对等地位，可以实现直接交互，这种方法有更多优势，但同时也将带来更多与网络安全、生态变化相关的问题。

4.3AI

人工智能（AI）被提议为最具 powerful technologies之一。

通过分析收集并由自主处理的数据，可以产生进一步的见解，从而提高系统性能并使无线通信网络中的新功能得以实现。

3gpp将一个新的逻辑功能实体，命名为nwdaf，引入到5gc中以提供多种类型的网络数据分析服务。网络数据分析服务包括：

观测服务体验相关网络数据分析，提供观测服务MoS的平均值和/或观测服务MoS的方差，以指示音频视频流等服务以及非音频视频流服务（如V2X和网络浏览服务）的服务MoS分布；

□ NF□□分析，以提供NF□□例的平均□□；

网络性能分析，以提供目标区域内的基站状态信息、资源使用情况、通信性能和移动性能；

- 与用户体验相关的分析，提供用户体验移动性分析、用户体验通信分析，预期UE行为参数相关网络数据分析及异常行为相关网络数据分析；
- 用户数据拥塞分析，以提供在传输过程中所经历的拥塞控制平面或用户平面或两者的用户数据；
- QoS 可持续性分析，以提供 QoS 变化统计或可能性某个区域内的某个分析目标周期的QoS变更。

在ran中，3gpp也对人工智能赋能的网络进行了多项研究。在17版本中，3gpp对人工智能赋能ran智能进行了研究，该研究定义了一个参考功能框架，并确定了一套高级原则以指导标准工作。人工智能赋能ran智能的研究重点关注了三个用例：

- 网络节能，通过预测下一期的能源效率和负载状态来优化节能决策（例如，小区激活/去激活）；
- 负载均衡，通过收集来自用户设备（UE）和网络节点的各种测量值和反馈来提供更高质量的用户体验并提高系统容量；
- 移动性优化，减少与移动性相关的非预期事件的概率，预测用户设备（UE）的位置、移动性和性能，并引导流量以实现高效的资源处理。

在版本18中，3GPP对NR空中接口的AI进行了研究，以探索针对每个目标用例在性能、复杂性和潜在规范影响等方面的AI空中接口3GPP框架。NR空中接口AI的研究也采用了以用例为中心的方法，重点关注三个选择性用例，即CSI反馈增强、波束管理和定位精度增强。在版本19中，3GPP对移动性AI进行了研究，通过预测小区级测量、切换失败/无线链路失败和测量事件来提高切换和/或RRM性能。

在o-ran架构中，ric的引入是一个重要的发展，使得基于ai的解决方案能够应用于广泛的使用场景。实现ai驱动网络需要在架构蓝图上实现范式转变。在6g中，需要考虑的三个人工智能重要特征是：原生ai、跨域ai和网络大模型。

原生AI是指将AI嵌入到网络架构中各种节点/端点以及接口所支持的功能中[8]。考虑到AI的四个关键组成部分，即计算能力、数据、AI算法和功能，原生AI网络应采用混合集中式/分布式AI架构。集中式AI实体用于编排、管理、部署和控制所有分布式AI实体，例如在与其他领域特定AI实体交互的SMO平台上。分布式AI实体用于服务于本地网络的功能并接收来自集中式AI实体的命令，例如在CN、TN、BS和UE上分别运行。

6G无线网络将原生集成通信能力与人工智能。一方面，端到端的人工智能可能利用空中接口和网络产生的大量数据来优化6G网络，并为消费者提供定制化的网络服务。另一方面，随着基础设施和终端设备的计算能力增强，未来的网络将能够提供人工智能的分布式部署环境，在网络边缘为用户提供更加灵活和实时的服务。首先，在设计网络架构时，从一开始就考虑对人工智能的支持至关重要。这种考虑必须确保传统通信交互的无缝集成，同时将人工智能的训练和推理指标汇聚到控制和数据流中。人工智能内部的合作也是一个需要考虑的关键因素。这包括集中式和分布式人工智能部署之间的合作，大型网络模型与其他专业模型之间的合作，以及RAN、CN和管理系统之间的跨域人工智能合作。因此，从人工智能编排和管理、数据交互、分布式学习算法和计算能力调度的角度来看，设计高效的人工智能合作机制势在必行。最后，人工智能安全问题持续成为人工智能技术应用的主要障碍，需要在可信人工智能、数据安全和隐私方面提供保障，以确保6G人工智能应用的可靠性和安全性。

4.3.1 跨域人工智能协作

跨域人工智能是指跨不同领域的人工智能功能协作与集成，这些领域可以映射到网络领域（例如，RAN、CN、TN、网络应用、网络数字孪生）或其他领域[8]。为了实现不同网络领域的协同人工智能能力，集中的人工智能实体（例如，在SMO平台上）应处理端到端的人工智能管理和编排能力，例如跨域数据布局和映射、人工智能任务识别和分解、将人工智能任务与计算资源映射。

图3提供了一种本域和跨域AI的潜在架构，其中集中式AI实体位于管理域。对于端到端智能场景，应在SMO中添加一个跨域AI管理功能，作为一个集中式AI实体来

协调整合其他领域的AI能力。该模块用于处理AI服务编排、网络计算资源管理、模型存储和管理、跨域AI生命周期管理以及其他相关功能。

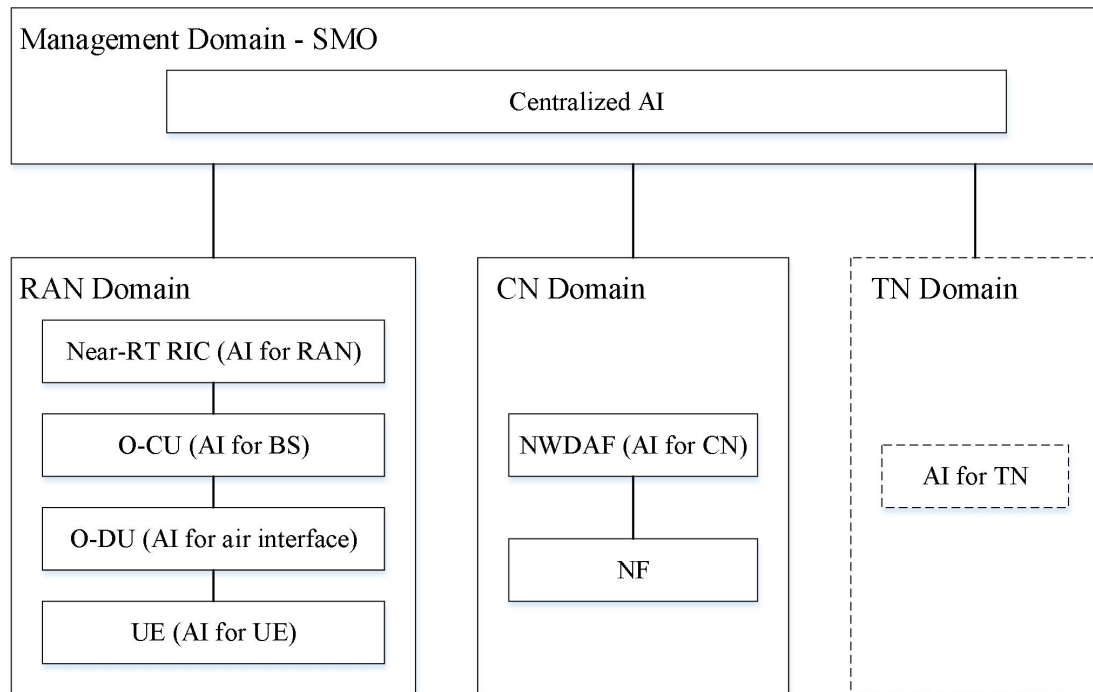


图5 原生和跨域AI网络架构。

对于本土和跨域人工智能网络架构而言，不同网络域之间的协作控制是一项新挑战[9]。首先，位于集中式人工智能实体的协作控制功能将意图分解为演进网络域的服务需求，服务需求将影响连接需求、人工智能算法需求、数据需求和计算需求。基于服务需求，位于网络域中的分布式人工智能实体将服务需求分解为网络功能需求、连接需求和资源需求。其次，为了提供更实时化的管理能力，实时性要求高且复杂性低的服务将由分布式人工智能实体处理，而实时性要求低、覆盖面积大且复杂性高的服务将由集中式人工智能实体处理。因此，应考虑协作控制方法，例如联邦学习、拆分学习和迁移学习。

4.3.2 大型模型

作为人工智能技术的一项突破性发展，网络大型模型（NetLM）已同时吸引了科学界和工业界的关注。与传统在预定义操作下优化网络的AI模型相比，NetLM利用生成式人工智能算法，例如生成对抗网络和Transformer，自动且创造性地生成定制化网络解决方案。例如，对于联合通信与感知，NetLM有助于生成相关的射线（例如，生成节点发射出的射频波束的方位角和仰角的正确分布），以捕获和感知周围环境。另一个例子是用于数字孪生的NetLM，其中

NetLM能够仅用少量样本学习训练数据集分布的尾部行为，并基于所生成与现实一致的新行为。

由于NetLM通常包含数十亿个参数，因此由于计算、通信和存储资源有限，难以直接在边缘部署NetLM。此外，在核心网络中部署NetLM也会由于需要收集和训练的庞大而分布式的云端数据而导致巨大的传输延迟。因此，NetLM的部署将强调不同规模NetLM之间的协作，包括协同训练和推理。需要定义标准化的协作机制，例如包含新型网络元素的网络架构、大规模数据分布式存储和实时提供机制，以及基于模型的协同接口。

4.4 频谱共享

从4G时代起，移动运营商共同部署RAN网络以扩大覆盖范围。这可以大幅减少CAPEX，并成为5G时代的主要趋势。在中国及其他地区/国家，运营商共享频谱并合作建设RAN网络。CMCC与CBN共同在n28频段部署5G NR网络，CT与CU共同在n79及其他频段部署5G NR网络。

3gpp规定了ran共享机制，该机制被称为mncn，代表多运营商核心网。在一个mncn架构中，一个无线接入网为多个运营商的网络提供服务。每个运营商运行自己的核心网，但无线接入网（包括载波信号）在特定区域内对所有合作伙伴是相同的。一个缺点是只有拥有ran网络的运营商可以根据服务特征优化调度器&配置，而其他运营商则没有这种灵活性。如果其他运营商的新用例（例如xr）与原始优化不同，他们将不得不忍受无线链路的性能下降。

O-ran定义了O-cu/O-du/O-ru之间的标准接口。一个基于运营商之间共享O-rus进行频谱共享的框架，该框架建立在O-ran开放前端的固有共享O-rus能力之上，解决了上述跨运营商共享问题，并解决了许多这些局限性以及与未授权频谱或3gpp ran共享相关的缺点。在新共享框架下，与未授权频谱共享不同，功率限制可以放宽，并且可以为每个运营商优化服务质量。结果是用户体验与独家授权频谱部署相当。

一种“中立主机”的O-RU部署可以支持通过标准前传接口动态访问的多个独立O-DU的共享使用。此外，它保留了Open RAN系统基于云的完整、集中控制功能。这包括O-DU、O-CU、RIC的所有功能以及O-RAN架构中固有的高级网络自动化功能。

共享的 O-RU 架构依赖于资源的优先使用来保证服务质量，并允许运营商和其他频谱利益相关者之间的流量统计复用。

导致频谱资源得到更高效的整体利用。

为了使该方案能够有效地為所有合作频谱用户工作，效率的提升关键取决于共享O-RU程序在频谱用户之间分配闲置资源时的速度快慢。所提出的共享O-RU频谱共享框架适用于公共、私人及政府频谱用户之间的共享。此外，它对无线电技术是中立的，即合作系统无需部署相同的3GPP无线电技术版本，非3GPP无线电技术也有可能使用相同的基于O-RAN开放前传的共享O-RU机制进行兼容。具有频谱共享功能的共享O-RU可以为下一代网络创造新的频谱机会。此外，它还可以带来运营商可持续性提升以及CAPEX和OPEX的降低。

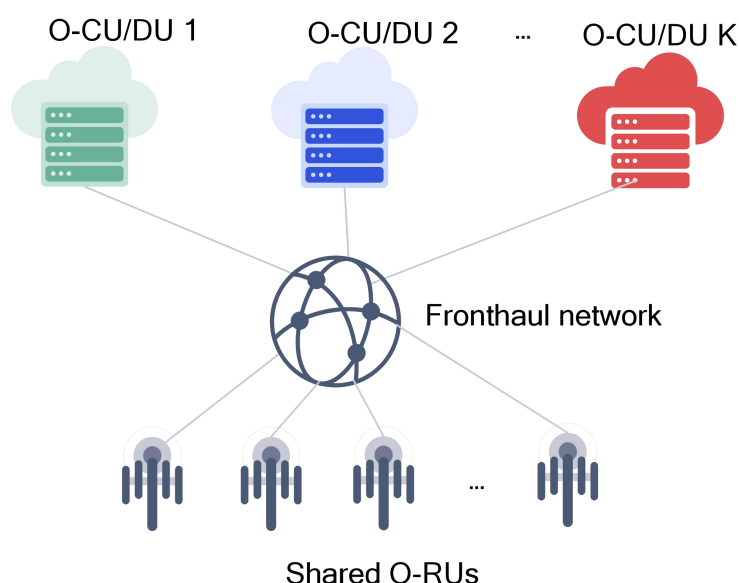


图6 共享O-RU网络架构。

基于O-RU的频谱共享方案能够满足本地网络的需求，本地网络通常部署在有限区域内，并且有时具有不同的频谱接入优先级。一个例子是工业区的频谱，其中少数公司需要具有不同用例和网络需求的独立网络，而政府用户具有更高的频谱接入优先级。

共享 O-RU 频谱共享需要管理频谱资源协调优先访问权。如图 6 所示，O-RU 能够协调访问，因为它通过低延迟前传网络连接到多个 O-DU。虽然共享 O-RU 是管理协调访问最合适的节点，但只要所有 O-DU 的低延迟链路可用，协调可以在网络中的其他地方执行。执行协调功能并不意味着 O-RU 必须负责复杂的无线电资源管理和调度决策。相反，在基于优先级的许可模式下，O-RU 的角色可以仅限于简单的资源访问仲裁功能，该功能根据

分配的策略。该策略可以由O-RU的主要所有者或管理者的事务与网络自动化系统（动态地）进行编排。一个典型的基础规则是始终授予优先频谱许可证持有者的访问权限，而只有在优先许可证持有者未使用它们时（根据业务协议），才会授予二级许可证持有人/用户资源。如图6所示，基于共享O-RU的频谱共享不仅限于一个主要用户和一个二级用户。随着运营商数量的增加，频谱和O-RU共享的效益会提高。因此，基于共享O-RU的频谱共享的O-RAN程序的可扩展性需要考虑。

4.5 可持续发展和节能

在 [IMT-2030框架] 中提到，“可持续性未来IMT系统的基本愿望。IMT-2030预计将有助于满足对环境、社会和经济可持续性增长的需求。IMT-2030的实施预计将设计为以最小的环境影响和通过最小化功耗、高效利用能源和减少温室气体排放来高效利用资源。”

可持续性，或更具体地说环境可持续性，是指网络和设备在其整个生命周期内最小化温室气体排放和其他环境影响的能力。在可持续性的因素中，能效是一个可量化的指标。它指的是单位能耗下传输或接收的信息比特数量，通常用 bit/Joule 来衡量。随着容量的增加，预计能效将得到适当提高，以最小化整体功耗。

大约2010年，中国移动和其他主要运营商共同分享了关于移动网络能耗的观察结果。该观察结果揭示了一半的能量消耗在空调和其他设施上。他们进一步提出了集中RAN设备以减少能耗的方案，这被称为集中式、协作式、云和清洁RAN（C-RAN）。

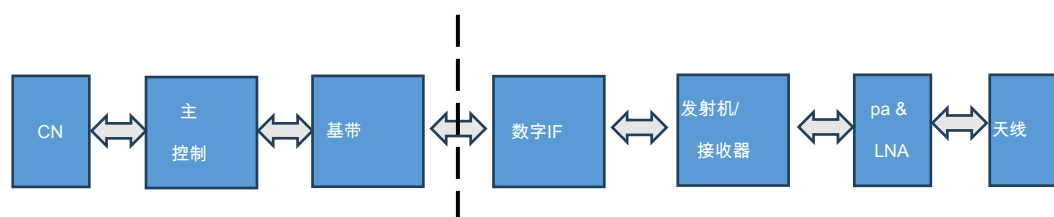


图7 云无线接入网split功能

基于CMCC的分析[5]，C-RAN是一种环保的基础设施。首先，由于C-RAN架构的集中处理，基站站点的数量可以减少几倍。空调和其他站点支持设备的功耗可以大幅降低。其次，由于协作无线电技术可以减少RRH之间的干扰，允许RRH更高的密度，因此RRH与UE之间的距离可以减小。可以部署功率较低的更小小区，同时网络覆盖质量

不受影响。信号传输所用的能量将减少，这对降低RAN的功耗和延长UE电池待机时间特别有帮助。最后，因为BBU池是众多虚拟BS共享的资源，这意味着可以更高效地利用处理资源并实现更低的功耗。当虚拟BS在夜间空闲且大部分处理能力不需要时，可以将其选择性关闭（或切换到较低的功耗状态），而不会影响7x24的服务承诺。

O-ran继承了c-ran的优势，定义了o-cu/o-du/o-ru的开放接口，这为分析不同网络实体的功耗提供了足够的灵活性。

爱立信的报告[6]表明，“对于大多数移动网络，超过80%的能源消耗在无线接入网络，其余部分消耗在核心网络、支撑系统和相关云基础设施。”并且，“在那估计的80%被RAN使用的能源中，大约80%用于为无线电供电，其余20%用于分布式单元（DU）——这代表了网络总能耗的一个主要百分比。”

通过微睡眠Tx等新技术的适应，包括多频段无线电组件设计与集成，无线电能耗可以大幅节省。同时，云DU基于高性能通用处理器构建，优化了能耗并良好支持软件开发生态系统。为充分发掘潜力，SMO/RIC的软件已精心设计。rApps满足自动化非实时网络管理的需求，可用于降低运营成本、提升网络性能和减少能耗。

在3GPP中，Release 18研究了网络节能，该研究对系统能耗进行了建模，并确定了几个可以减少特性级别功耗的可能候选技术。[10]作为后续工作，3GPP批准了Release 19工作项的以下工作范围。[11]

□ 在□域，SCell无需一直□□SSB。□于□接模式并配置了SCell的UE□在需要□才可触□按需SSB。UE可能会触发并使用SCell SSB进行至少SCell时频同步、L1/L3测量和SCell激活，并在非共享□□的FR1和FR2中得到支持。□ 在□域，按需SIB1可□□于空□/非活□模式的UE□□一定的能耗降低。UE可通□上行□醒信号使用□有信号/信道来触□SIB1。□ SSB、PRACH和□呼的信号通常在时域和空域中统一配置。自适应周期性可减少网络能耗，但周期性需要研究以避免性能损失或延迟增加。

3gpp优化指出了优化ran能耗的潜在方向，而o-ran架构通过拆分网络实体和可编程rapp提供了最大的灵活性。通过o-ran架构和新能源的结合

保留特性，预计在6G时代将有一个光明的前景。

5. 前瞻性

O-ran是为了改革生态并促进网络开放而成立的。通过充分利用分割的网络实体和标准化接口，O-ran可以大幅提高网络的灵活性，并为人工智能、服务型网络、可持续性和节能等6G使用场景提供服务。根据本白皮书的分析，我们可以预见开放网络架构在6G时代的独特优势。

除了新技术之外，未来网络的一个重要议题是O-RAN与3GPP之间的互动。在5G系统中，3GPP定义了通用网络实体和功能，O-RAN对RAN实体进行进一步拆分并定义了接口。一旦6G研究开始，生态系统应该讨论和定义这两个组织之间的工作分工，特别是3GPP是否能在网络开放方面承担更多角色。

参考

[1] O-RAN联盟，O-RAN架构描述，版本11.00

[2] 国际电信联盟-无线电通信部门，建议书“ITU-R M.2160 未来IMT 2030及以后发展的框架和总体目标”，2023年11月

[3] TR 25.927, UTRA节点B节能解决方案，版本13。

[4] chih-lin i, jinri huang, ran duan, chunfeng cui, jesse jiang, and lei li, c-ran 中心化和云化最新进展, iee access, 2014

[5] cmcc, c-ran 绿色ran之路

[6] 爱立信，开放RAN架构：拥抱能效 - 爱立信

[7] nGRG-RR-2023-03，关于本土和跨领域人工智能的研究报告：现状和未来展望。

[8] nGRG-RR-2023-02，“O-RAN原生ai架构描述”研究报告。

[9] 3GPP TR38.864, 对 NR 网络节能的研究, 版本 18, 2023 年 3 月. [10] 3GPP RP-234065, 新 W ID: 增强 NR 网络节能, 2023 年 12 月.

缩写

5G	第五代移动通信
6G	第六代移动通信
O-CU	打开中央单元
O-DU	开放分布式单元
O-RAN	开放式 RAN
O-RU	打开无线电单元
RIC	ran智能控制器
SMO	服务管理与编排
MOCN	多运营商核心网

作者

这份白皮书由 CTC、CUCC、CMCC、联想和高通联合编写，并得到了 Chih-Lin I 博士的宝贵指导。