



中国移动
China Mobile

研究院
CMRI

6G 至简无线接入网白皮书

(2022)



中国移动通信有限公司研究院

前 言

本白皮书旨在提出中国移动对于 6G 至简无线接入网的驱动力分析、架构设计，关键技术和面临的挑战。希望能为业界 6G 接入网架构和协议栈功能设计方案提供参考和指引。

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白皮书之部分或全部内容。

目 录

| | |
|-------------------------------|----|
| 1 背景..... | 1 |
| 2 6G 至简无线接入网的驱动力..... | 3 |
| 2.1 从“先建后用”到“按需部署”..... | 3 |
| 2.2 从“高能耗”到“绿色网络”..... | 3 |
| 2.3 从“三大场景”到“碎片化场景”..... | 4 |
| 2.4 从“平面网络”到“立体网络”..... | 4 |
| 2.5 从“专家经验运维”到“高水平网络自治”..... | 5 |
| 3 6G 至简无线接入网的架构..... | 6 |
| 4 6G 至简无线接入网的关键技术..... | 8 |
| 4.1 信令与数据分离..... | 8 |
| 4.1.1 数据小区按需开启..... | 9 |
| 4.1.2 数据小区辅助接入..... | 10 |
| 4.1.3 数据链路建立和切换..... | 10 |
| 4.2 至简网络功能..... | 10 |
| 4.2.1 闭环 QoS 管理，敏捷适配业务需求..... | 11 |
| 4.2.2 智能资源控制，筑巩网络高效决策..... | 12 |
| 4.2.3 灵活链路适配，保证用户极致体验..... | 13 |
| 4.3 网络管理与编排..... | 14 |
| 5 未来展望..... | 15 |
| 缩略语列表..... | 17 |
| 参考文献..... | 18 |

1 背景

随着网络规模的快速扩展以及业务需求的日益提高，网络的架构越来越复杂，成本和功耗都是潜在需要解决的问题。为了解决这一问题，第六代移动系统（6th Generation Mobile Networks, 6G）网络设计思路必将走向一种大道至简的方式，采用轻量化的网络架构。我们希望未来网络更尽可能的简洁，支持即插即用，动态开关从而节省功耗和成本。在本白皮书中，从 6G 至简接入网的驱动力、架构和关键技术等方面进行了研究分析。

6G 至简无线接入网的驱动力一方面来自于现有网络的潜在问题，另一方面需要解决随着发展引入的新需求和新场景。无线网络的成本和能耗是无线网络建设的瓶颈问题，在第五代移动系统（5th Generation Mobile Networks, 5G）中该问题已经开始显现，而面向 6G 该问题会越来越突出。6G 要考虑灵活动态的网络，探索即插即用的使能技术。信令和数据解耦作为其中的潜在技术被研究，通过低频段信令小区进行广域的信令覆盖，保证控制面的可靠性，例如可靠的移动性管理和快速的业务接入；另一方面，采用通过动态的数据小区加载，提高网络的数据传输能力、降低小区间的干扰。在网络应用新场景方面，随着网络泛在连接以及空天地一体和差异化的新型使用场景的引入，沿用现有的协议架构必然导致复杂度增加。至简无线接入网通过采用统一的无线协议架构、功能设计和流程框架来实现多种空口技术的统一接入，达到简化网络的目的[1]。社会发展的数字化、智能化衍生出一系列的新的业务需求，例如全息通信、通感互联、智慧医疗、智慧工厂等，业务需求定义也从时延、带宽、连接数三个维度扩展到多个维度[2]。传统面向连接的通信方法和以数据传输和处理为主的设计思路可能无法覆盖 6G 的所有需求。网络可以借助数据技术、运营技术、信息技术和通信技术（Data, Operation, Information and Communication Technologies, DOICT）等新手段，通过功能的至强来实现协议设计的简化，实现高效的数据传输，鲁棒的信令控制，按需网络功能的部署，以及实现网络精准的服务，达到“能力至强，结构至简”的效果。

即插即用的网络建设方式可以依据业务的发展而动态增加，在热点地区通过开启更多的数据小区为用户提供更好的服务，在业务需求较低的区域可以关闭部

分数据小区以节省网络的能耗，直接减少建网成本、降低网络能耗和规模冗余，从而实现成本和功耗的节省。

图 1 给出了一个至简网络的示意图，通过云端对接入点的精准管控、结合链路管理实现接入点的自发现自添加等功能，实现覆盖的灵活扩展、节点的即插即用[3]。

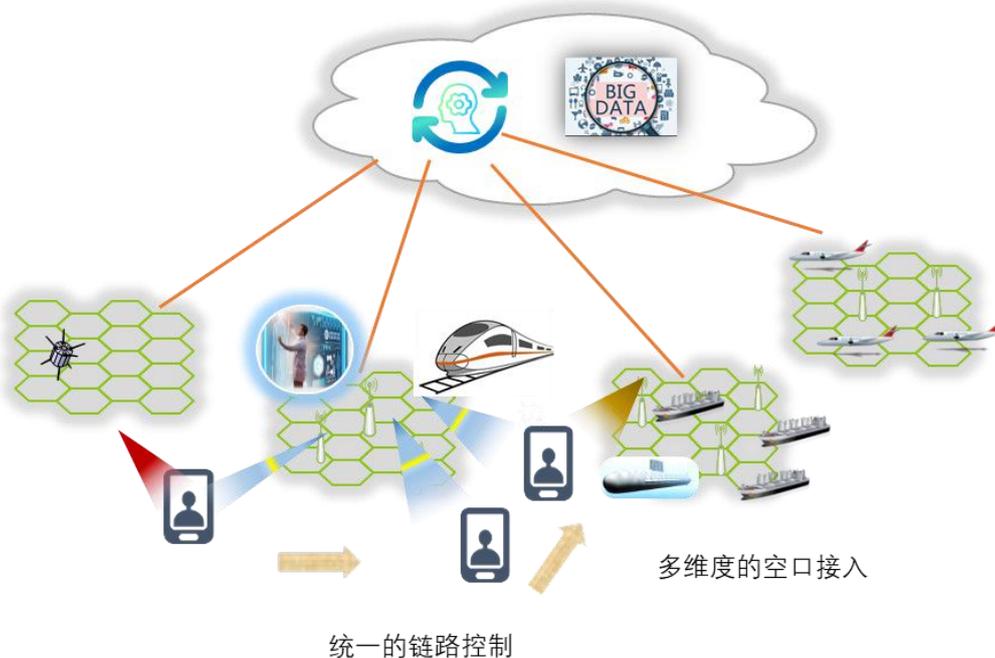


图 1：至简网络示意

2 6G 至简无线接入网的驱动力

2.1 从“先建后用”到“按需部署”

高质量的通信网络是新型应用发展和繁荣的重要基础保证。按照以往的经验，超前建设为应用的创新提供了重要的平台支撑。网络建设采用先广度覆盖、后深度覆盖的原则，不断提高用户的体验。截至 2021 年 8 月，我国已累计建成 5G 基站超百万座，占全球 5G 基站总数超过 70%。5G 网络已覆盖全国所有的地级市，以及 95% 以上的县城城区和 35% 的乡镇镇区，5G 用户突破 5.39 亿，渗透率超过 35%。随着网络规模的快速扩展以及业务需求的日益提高，延续当前网络建设方式会导致网络的成本越来越高。随着频段升高，在同等网速和网络质量要求下，基站建设会更加密集。考虑到可用的频段越来越高，如果继续沿用“先建后用”、“先广度后深度”的思路，6G 需要密集地部署大量基站才能满足广域覆盖和深度覆盖的要求，直接导致 6G 网络成本进一步提高。如何在不影响用户体验的前提下，通过架构设计等技术手段节约网络成本是在 6G 建网初期就需要考虑的问题。轻量化的网络架构和按需灵活的网络部署被认为是 6G 网络部署的潜在方法。通过低频段实现广域的覆盖，通过按需添加小区灵活动态支持热点深度覆盖。采用即插即用的方式保证网络的按需灵活扩展，实现网络以建促用、边建边用、以需促建。

2.2 从“高能耗”到“绿色网络”

随着技术的发展，5G 的单比特能耗是 4G 的五分之一，但是因为 5G 基站的比特率大，速度快，单站的功耗达到了 4G 的 4 倍。现如今 5G 的能耗问题受到了业内的广泛关注，据统计到 2023 年，5G 基站耗电量预计将占社会用电量的 1.3%，到 2026 年，5G 基站耗电量更将上升至全社会用电量的 2.1%。按照已有网络发展趋势，6G 网络的复杂度将呈几何级增长。现有的网络形式单一，基站都是全功能的，网络的资源存在忙闲不均的情况，这些都可能进一步导致能耗的增加。为了实现绿色网络，降低能耗是 6G 时代必须要考虑解决的重要问题。通

过信令功能和数据功能的解耦，信令小区采用低频部署实现广域覆盖，动态开启的数据小区功能按需定制，减少网络能耗，从而提高网络使用率，实现节能降耗。

2.3 从“三大场景”到“碎片化场景”

网络发展的驱动力是不断提升人类福祉。社会发展的数字化、智能化衍生出一系列的新的业务需求，到 2030 年将会涌现更多的应用以支持整个世界的数字化，例如全息通信、通感互联、智慧医疗、智慧工厂等。典型应用场景也将从“三大场景”变成更加碎片化的应用场景。如图 2 所示，6G 业务需求定义也将引入新指标，例如 AI 能力、感知计算能力。业务指标将从单点性能需求扩展到更多样化的极致性能需求。6G 网络要有足够的灵活性和扩展性来支撑随着社会快速发展涌现的各类不可预见的新需求。

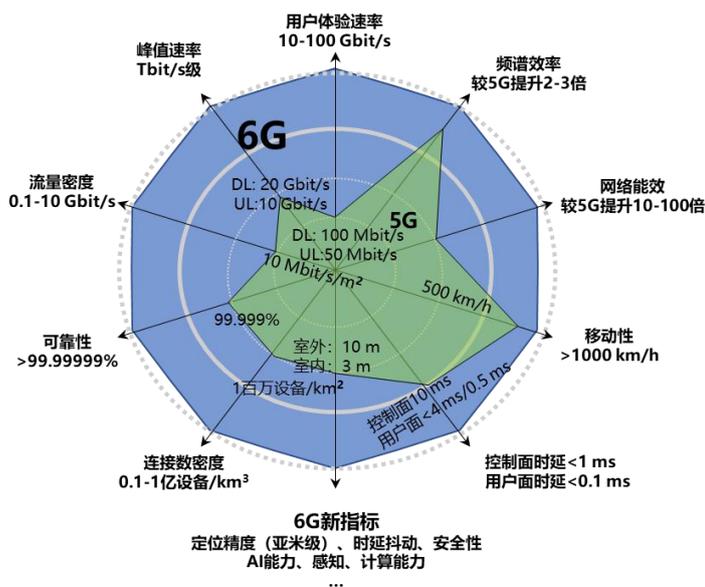


图 2: 6G 场景化的关键性能指标[4]

2.4 从“平面网络”到“立体网络”

从人类无处不在的连接需求出发可见，未来的移动通信技术也正在迈向海空天地全覆盖，实现网络更大范围的协同控制连接。从社会发展趋势而言，尽管从 4G 到 5G 网络发展越来越极致，覆盖越来越广，但是某些特定区域的覆盖率依然较低，例如为更好地满足环境监测、野外救援、远洋探索的需求，通信网络要具备超越陆地、跨越海洋的连接能力，使之分布在人口稀疏的无人区或者半无人

区。可见融合统一的空天地一体化无线网络也是至简无线接入网中的一部分。空天地一体化网络通过使用多种技术手段，对地面网络和非地面网络进行融合，为用户提供了更好的服务质量。近地卫星和各种飞行器组成的非地面网络，可以为偏远地区（如：海洋、山区等）提供立体的网络覆盖能力，有利于帮助地面网络实现全域泛在化覆盖；地面移动网络提供基础的大数据存储与处理能力，并可以提供较高的传输效率。二者相辅相成，可以实现从“平面网络”到“立体网络”的转变。

2.5 从“专家经验运维”到“高水平网络自治”

截至 2021 年 6 月末，中国移动已开通基站达 528 万个，基站总数位居全球第一，基站规模大、多模共存、网络参数多、场景多样化均对网络运维提出了高要求。面向 6G 更多维的场景，更多样的业务类型，更多的参数配置，网络运维方式将迈向高水平网络自治。基础设施的虚拟化和服务化为资源层弹性分配，网络层功能按需生成，网络灵活编排等提供了基础，也加剧了网络管理的难度。编排与管理是保证用户的多样化业务体验至关重要的一环。高效的编排管理可以将资源层的资源（包括无线资源、计算资源、存储资源、部署空间资源等）和网络功能相匹配，实现使用效率最大化。随着网络功能越来越灵活，原有的人工运维方式对运维人员的要求变得越来越高。接入网域的管理，无线参数的配置随着网络功能的灵活将日趋复杂，通过专家经验进行接入网域的管理将会成为网络运维和管理的瓶颈。6G 至简无线接入网也需要探索基于人工智能和数字孪生的自优化、自演进、自生长的高水平网络自治运维方法，以解决网络潜在的效率、成本与用户体验等问题。

3 6G 至简无线接入网的架构

为了实现成本降低、能耗减少、适应新场景和需求的目标，6G 无线接入网需要从架构设计上突破，探索新型的灵活架构来适应未来变化的需求。

● 控制面和用户面分离

网络在控制面和用户面的要求是不同的，控制面需求包括满足尽量多的用户接入，提升单位面积的用户密度，提升用户移动性的性能，减少特定范围内的切换次数，提升可靠性等。用户面需求包括提供更高的峰值速率、用户体验速率和流量密度等。传统的基站功能固定，采用超密集组网提升用户面性能通常会带来切换、负载均衡和干扰问题。6G 至简无线接入网络通过低频的信令小区实现广域的覆盖，中高频的数据小区实现网络按需的数据传输，结合对业务需求的感知，按需开启和关闭数据小区，实现网络功耗的降低。

● 服务化架构

在服务化架构中，基站的功能可以灵活搭配，从网络灵活扩展考虑，通过重构服务功能和多个服务的组合，提供完整的网络功能，灵活支持不同的业务场景和需求。新涌现出的业务具备明显的个性化需求，网络需要具备灵活适配业务需求的能力。网络功能设计需要探索一种开销较小、实时性能较好、适应各种业务需求的网络功能服务定义。通过服务化架构实现网络功能按需定制，资源按需配置，功能动态生成，为至简无线接入网提供架构支撑。

● 融合多种空口接入的统一架构

面对陆海空等差异化的应用，6G 的无线接入网将按照统一的架构进行设计，通过接入不同的制式的融合的无线接入网实现包括地面、水下、卫星的多网融合统一的接入，通过空口的统一控制实现终端无差别的网络接入，降低终端接入网络的复杂度。

● 支持即插即用

随着新兴业务的蓬勃发展，网络的需求持续增加，在一些业务突发的区域，通过即插即用的方式，提供按需扩展的网络覆盖。即插即用可以实现网络边建边用、以需促建，从网络架构设计角度减少网络的成本。

为了支持以上特性，无线网络功能可以按照空口技术的依赖度进行划分：

表 1 网络功能与空口技术的依赖度

| 空口技术依赖度 | 网络功能 |
|-----------|---|
| 与空口技术紧密相关 | 物理层处理，介质访问控制（Medium Access Control, MAC）中的调度与资源分配 |
| 与空口技术有关 | 无线资源控制 |
| 与空口技术相对独立 | 高层数据包处理，如加密，完整性保护、排序等 |

结合不同网络功能的特点，网络功能划分为无线资源控制、高层数据包处理、空口适配和物理层处理四部分。至简无线接入网架构采用云-边-端协同形式，通过编排管理，按需动态分配无线、计算、存储等资源，生成网络功能。高层数据包处理和无线资源控制可以部署在云端，充分利用 DOICT 的优势，结合智能化手段，对网络状态和业务模型进行分析，具备业务包类型感知能力，实现网络控制自优化。基于数据包类型分析结果，结合业务的需求，选择合适的数据传输链路。通过空口适配，网络根据高层数据包处理的要求，选择合适的物理层处理，实现网业适配和多种空口接入的融合统一。空口适配也包括网络对边端设备功能的管理，通过云端对边端设备的自配置，实现边端设备的即插即用。通过对网络资源使用情况、网络状态以及用户和业务的情况进行检测，结合人工智能等技术，网络编排管理针对网络状态和可能发生的性能恶化进行提前预测，提前进行网络编排管理策略更新。图 3 中给出至简无线接入网的可能架构，在服务化架构的基础上，通过网络功能按需产生和部署，控制面和用户面分离设计，边端设备的自我管理，实现多种空口接入的融合统一和即插即用。

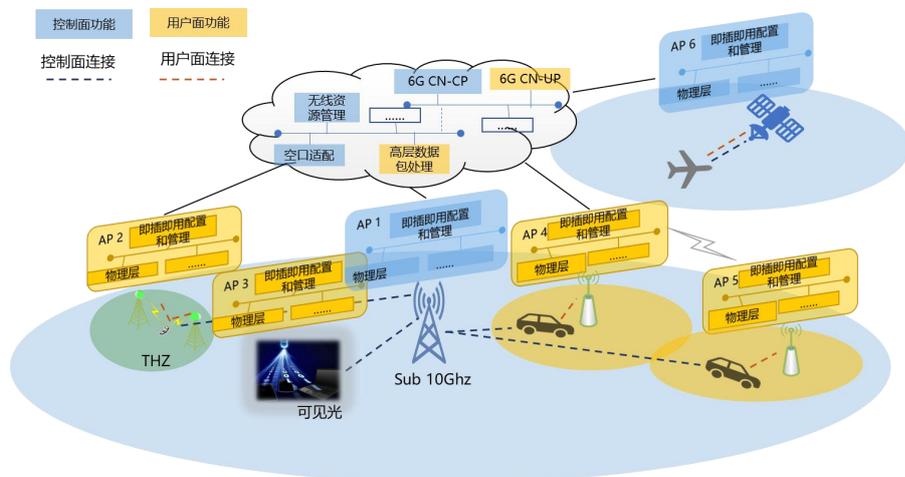


图 3：至简网络的架构

4 6G 至简无线接入网的关键技术

6G 至简无线接入网从降低成本、功耗，提升新业务新场景的适应性出发，提出了灵活可扩展的接入网架构。同时，至简无线接入网还需要一系列的关键技术与此架构相配合来实现网络建设形式的突破，灵活按需满足极致业务需求，实现空天地海的立体全覆盖，降低网络成本和能耗，实现网络高水平自治。信令与数据分离、至简网络功能设计和网络管理和编排是其中最重要的三方面。传统的网络部署下，信令和数据通过同一个基站下发，基站功能统一无差别。在信令和数据解耦中，按照基站的功能分为独立的信令基站和数据基站。通过信令基站实现广域覆盖，数据基站实现按需的深度覆盖，为降低网络成本和功耗提供技术保障。在至简网络功能方面，智能化的快速发展为协议栈设计引入了新的思路。在服务质量可靠性、链路适配、数据包特征挖掘、无线资源控制方面均可以借鉴智能化经验，探索智能化对标准和协议功能设计的影响。在网络管理与编排方面，通过即插即用的链路控制技术快速识别出新加入节点，自动建立连接，依据业务的发展而动态扩展，有效地降低网络的成本、能耗和规模冗余，从而实现成本和功耗的节省。

4.1 信令与数据分离

传统的网络拓扑相对静态，随着使用频段的增高，网络更加密集，成本也随之上升。面对无线网络成本和能耗的急剧增加，信令与数据分离将改变网络建设的方式，网络将从高耗能向绿色节能转变。与传统的 CU-DU 架构将网络功能进行横向切分不同，信令基站和数据基站的架构切分是按照具体的功能进行纵向切分。信令基站执行信令面功能，通过低频段信令小区进行广域的信令覆盖，保证控制面的可靠性，例如可靠的移动性管理和快速的业务接入。一个信令基站可以对应多个信令小区。信令小区聚焦于信令面处理，是无线资源控制（Radio Resource Control, RRC）功能的锚点。数据基站执行用户面的操作，负责数据的传输，可以通过即插即用的方式，快速升级网络的数据处理能力。负责数据传输的小区被称为数据小区，一个数据基站可以对应多个数据小区。数据小区聚焦于

数据的处理。通过不同的频段承载数据和信令的解耦，可以实现信令的广域覆盖和数据面的深度覆盖，减少切换的次数。另一方面，数据小区功能可以按需生成，动态的开启和关闭，灵活的数据基站加载可以在保障网络数据传输能力的前提下，减少网络的能耗。这为网络部署提供了新的思路，根据网络的情况动态地调整网络的能力，达到网络能力和实际需要的匹配。

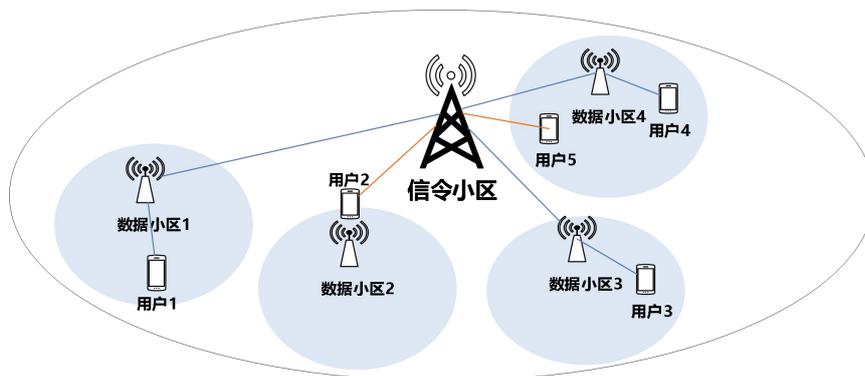


图 4：信令小区和数据小区的示意图

4.1.1 数据小区按需开启

潮汐效应普遍存在于办公楼、学校、居民区等区域，在不同区域和时间段，小区的忙闲程度不同。网络数据业务的分布也不均衡，大量的数据业务发生在小部分的区域。为了适应业务的增长，数据小区可以通过动态的按需开启来保证热点区域的覆盖。通过对业务需求和网络状态的实时感知，在热点区域开启更多的数据小区为用户提供更好的服务，在业务需求较低的区域关闭部分数据小区以节省能耗。在信令与业务分离的情况下，按需开启数据小区既保证了连接的可用性，同时又减少了不必要的功耗，实现网络和业务的灵活匹配。从业务的需求出发，结合数据小区的拓扑连接，产生数据小区按需开启的策略，从而在满足用户需求的基础下，进一步降低能耗。此外，数据小区功能也可以按照场景定制化，根据不同类型业务的需求灵活配置数据小区的功能，例如按需灵活配置物理层带宽、数据包处理方式等，更好地匹配当前的业务类型与特征。通过对网络算力、无线资源、硬件资源等共享资源和网络功能的统一编排管理，进一步做到网络成本和能耗的降低。

4.1.2 数据小区辅助接入

信令小区作为信令面功能的锚点，负责用户接入、RRC 连接状态管理、切换等信令面功能处理。用户通常通过信令小区进行接入，但是信令小区的接入用户容量受限于接入资源等物理资源。为了更进一步提升接入网的接入容量，探索通过数据小区资源辅助的用户接入。通过数据小区配置的随机接入资源，更多的用户可以借助数据小区中的资源进行随机接入，数据小区将随机接入相关的信令转发给信令小区，由信令小区进行 RRC 连接控制。相应的，系统信息的发送机制也可以进一步简化，例如按需的数据小区的系统信息获取方式。

4.1.3 数据链路建立和切换

数据小区加载后需要与信令小区建立握手，同时将数据小区的配置发送给信令小区，信令小区应该保存其覆盖范围内的数据小区的配置。服务数据小区的选择是终端在进行数据传输前需要进行的重要步骤。网络需要制定统一的数据小区选择策略，例如随着用户在信令小区的覆盖范围内移动，用户的信令面锚点没有发生变化，但是其服务的数据小区可能会发生变化，数据链路需要支持自适应切换来保证用户一致的体验。

4.2 至简网络功能

社会的发展衍生出用户对时延、可靠性、移动性等方面更高的需求。传统面向连接的通信方法和以数据传输处理为主的设计思路可能无法覆盖随着社会发展衍生的多维度需求，因此需探索至简网络协议功能的增强设计。在 DOICT 等新技术驱动下，6G 协议体系的设计思路必将走向至简和智慧相结合的方式，采用轻量化的网络架构并根据网络状态智能地调整网络能力，达到网络能力和实际需求相匹配。至简网络功能设计包含闭环服务质量（Quality of Service, QoS）管理、智能的资源控制和灵活的链路适配三部分。闭环 QoS 管理面向网络新需求，通过闭环的 QoS 状态上报灵活适配业务需求，通过 RAN 感知的 QoS 状态，灵活调整网络资源调度，满足业务需求。智能资源控制在传统的专家经验基础上引入人工智能优化网络控制的方法，降低网络控制的复杂度，实现网络自优化、自控制。

灵活的链路适配简化无线链路设计，通过智能分析数据包特征，实现业务需求和无线链路的灵活按需匹配。

4.2.1 闭环 QoS 管理，敏捷适配业务需求

6G 时代将是高度数据化、智能化的时代。全息影像、XR 业务、虚拟空间感知与交互等新业务都对 6G 网络的业务质量保障提出了更多的极致要求。QoS 保障的瓶颈在于空口能力，如何做到空口能力和业务需求相结合的 QoS 保障是无线侧 QoS 保障的核心问题。业务服务特性不同，用户对 QoS 能否满足的体验也不同。例如，对于自动驾驶类业务，一旦 QoS 不能得到保障，用户体验将急速恶化；对于视频类业务，QoS 暂时得不到保障，用户的体验不会带来急速的恶化。

传统的 QoS 架构中，网络协议包（Internet Protocol, IP）流首先映射到 QoS 流，空口通过到无线承载上发给对端[5]。接入网完成 QoS 流到 DRB 的映射，如图 5 所示[6]。由于空口环境和网络状态的变化，QoS 的满足情况是动态变换的过程。通常基站将 QoS 需求接近的数据包映射到相同的无线承载上，通过对数据承载的优先级调度来满足用户 QoS 需求。

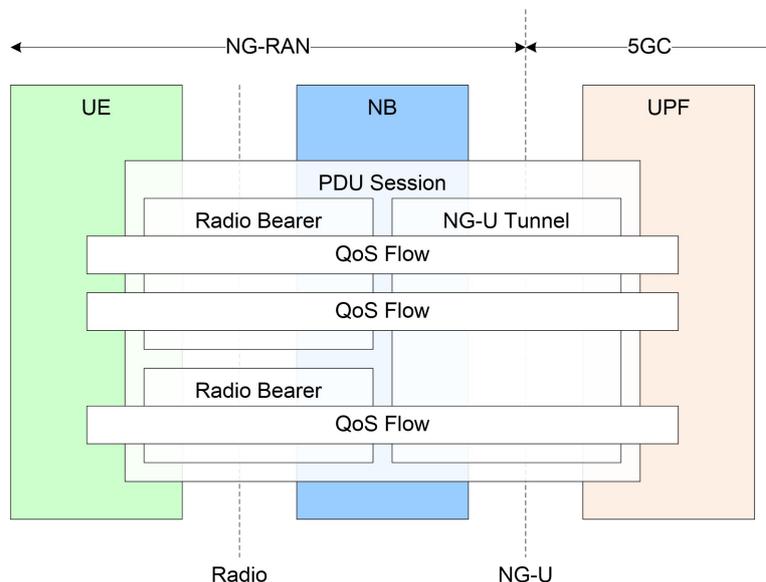


图 5：5G QoS 架构

面向 6G 新业务，灵活极致的业务需求需要设计新的 QoS 机制来保障。闭环 QoS 控制是基于端到端 QoS 约束，参照终端反馈的服务体验，根据实时的空口传输特征，使用相对有限的空口资源，实现按需空口服务和高效网络能力的关键技

术。如图 6 所示，网络通过灵活的 QoS 探测机制，结合人工智能（Artificial Intelligence, AI）/大数据技术，实现对承载业务的 QoS 探测和建模，进行自适应调整。接入网结合 UE 反馈的业务体验，智能地判断后续的服务体验变化趋势，并给予 QoS 保障提前干预。

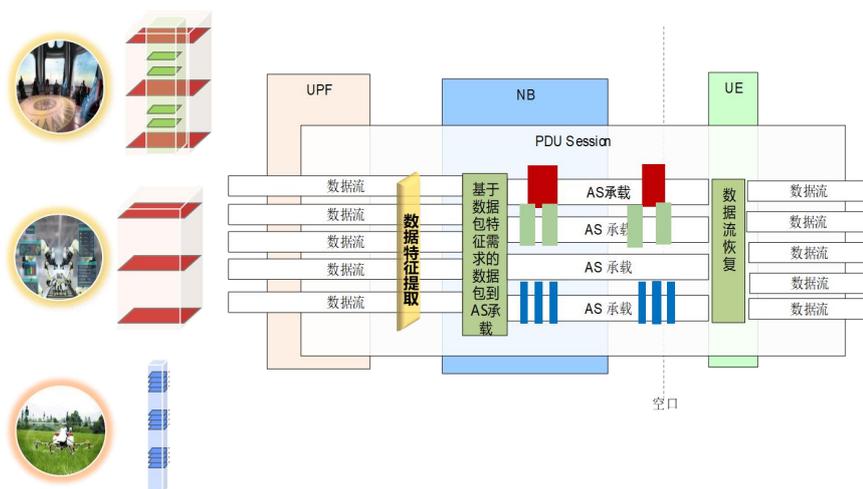


图 6：结合数据特征和 QoS 反馈的闭环架构

4.2.2 智能资源控制，筑巩网络高效决策

为满足用户在全息通信、通感互联等 6G 新场景中的多维需求，6G 网络需要更高效的资源控制来保证用户的极致体验。资源控制通过 RRC 配置来进行物理资源、数据承载、RRC 状态、切换等相关的控制。网络参数的配置直接决定了网络的性能。传统的资源控制方法是在专家经验的基础上进行的，然而随着业务类型的增加和网络规模的扩张，传统基于专家经验的资源控制呈现出精确度不够、耗时长、成本高等问题。为了解决该问题，AI 技术的引入提供了有效的技术手段。智能资源控制通过采集物理环境、用户状态和业务相关信息，结合 AI 和专家经验，产生智能的决策下发。智能资源控制利用数据采集、训练、推理、验证的闭环机制，结合性能评估体系，将以往的专家经验控制系统，进一步延伸为自优化自治的智能控制系统。结合故障分析和根因定位等手段，网络智能控制可以及时发现控制流程中的潜在问题，实现闭环管控。智能网络控制可以用在切换、接入控制、链路控制、节能等多种场景下，通过智能决策赋予网络新能力。以切换为例，智能网络控制可以依据用户环境、移动轨迹、业务特性进行智能分析，产生

适合的切换策略。网络参考空口环境和不同业务的切换时延、可靠性等要求，综合确定切换策略。通过监测切换性能，网络不断优化智能切换策略，实现智能控制策略的自优化。

4.2.3 灵活链路适配，保证用户极致体验

6G 多样化的业务需求对网络无线链路的灵活性提出了更高的要求。以 5G 下行数据为例，如图 7 所示，数据包通过 QoS 流映射到无线承载、无线链路控制 (Radio Link Control, RLC) 信道、逻辑信道最后到传输信道[6]。载波聚合和多连接分别在逻辑信道到传输信道以及无线承载到 RLC 信道进行了一对多的映射。网络通过终端的业务和空口状态，通过 RRC 或者 MAC 动态调整无线承载、RLC 信道和逻辑信道的配置。在该数据处理流程中，针对每个业务的 IP 包要经过每个协议层的处理后产生对端对等层可以理解的数据包，然后对端协议层接收来自对等层的数据包，处理后交给上层进行该层的处理。这种处理方式最直接的结果就是经过多层的处理导致较大的时延，层与层之间的功能冗余也降低了处理效率。

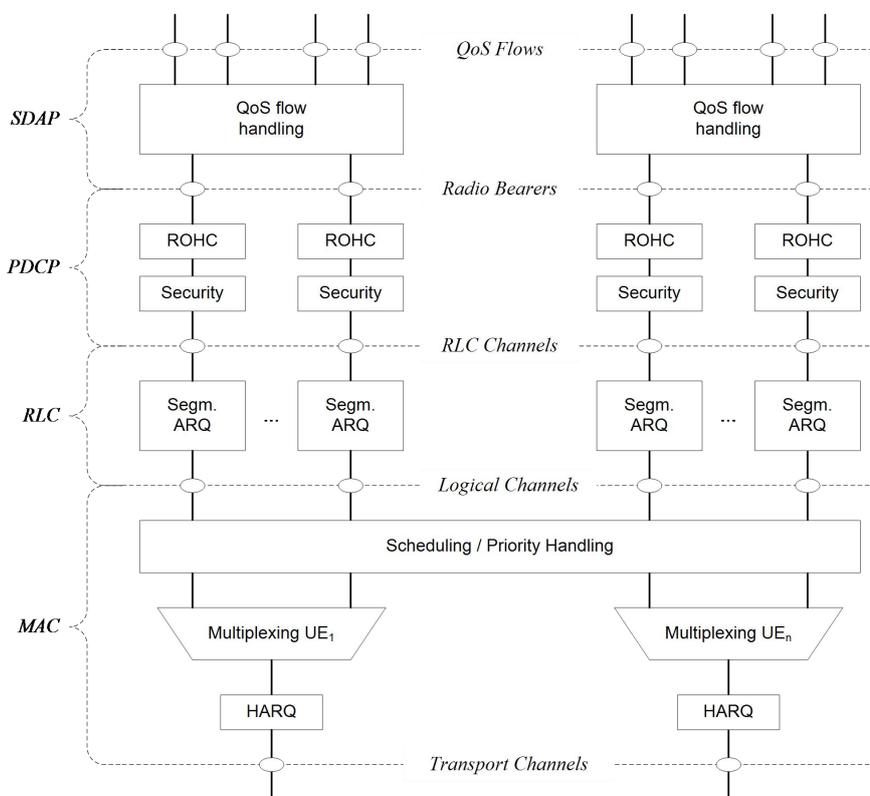


图 7：下行数据映射示意图

面向 6G，为了更好地适应业务类型变化，提高网络的灵活性，避免网络频

繁地进行链路配置的更新，数据链路可以进一步分为上层数据链路和低层数据链路，上层数据链路靠近业务服务，低层数据链路跟空口更相关。每一个低层数据链路可以同时承担多个上层数据链路的数据发送和接收，每一个上层数据链路可以同时映射到多个低层数据链路上，从而实现上层链路和低层链路的灵活映射。网络为每个用户配置满足其所有可能业务 QoS 需求的低层链路集合，借助智能，依据业务 QoS 特征值从底层链路集合中选择合适的低层链路。网络可以在上层链路、低层链路之间进行灵活的映射选择，实现链路动态加载和删减。在图 8 中，依据业务流 QoS 需求、业务特征包括包大小，业务周期，传输速率和时延要求等，底层链路的空口状态例如链路拥塞情况、空口质量等，网络确定业务对应的上层链路以及低层链路集合中的一个或者多个低层链路。低层链路可以承载来自不同用户和业务，具有相近 QoS 需求和业务特征的数据包。网络可以动态更新上层链路与低层链路的映射关系，以实现适配空口环境和业务需求的按需链路适配和链路选择。

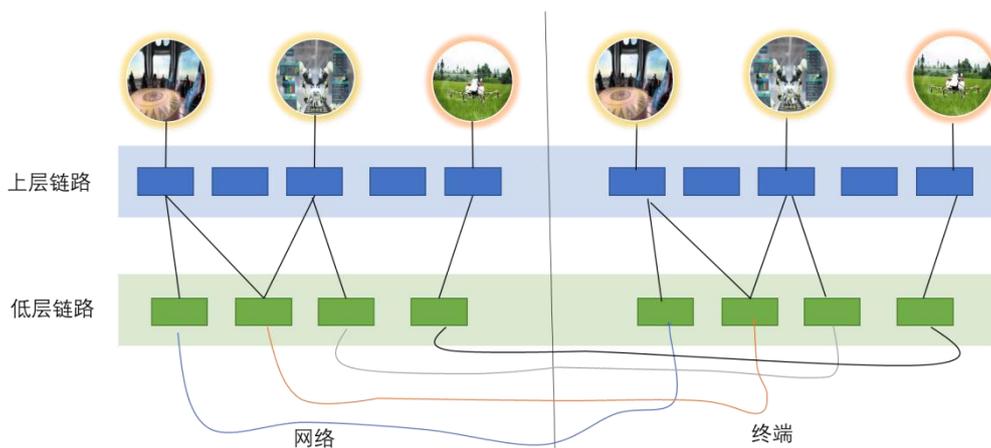


图 8：灵活链路适配

4.3 网络管理与编排

为了更好地完成立体全场景的覆盖，6G 无线接入网需要具备即插即用、自优化自生长的能力。6G 至简无线接入网需要具备高效的网络管理与编排能力。网络编排通过为网络分配适合的算力、存储、无线等资源，配合按需生成的网络功能，基于人工智能和数字孪生，实现自优化、自演进、自生长的高水平网络自治运维方法，以解决网络潜在的效率、成本与用户体验等问题。当新的网络节点加入网络时，能够快速握手、即插即用，实现覆盖扩展和按需的网络功能部署，

从而有效地降低网络能耗和功能冗余，节省网络成本。面向即插即用的网络节点的网络管理主要体现在三方面：接入点感知、接入点的自配置和自优化以及云边协同控制。接入点感知是指在多种接入节点类型并存的情况下，针对不同的接入节点，感知各种类型的接入请求，并启动合适的握手及控制信令流程。对于不同种类的接入点，需要准确识别，快速完成接入实现覆盖的灵活扩展。接入节点的自优化和自配置是在接入点新加入网络时能够自动完成配置实现自生成；当接入点运行时，根据实时场景进行参数调整、自动优化，按需改进服务，以更好地满足用户的需求。云边协同控制指云端和边端接入点的协同管控，首先，云端对边缘接入点的灵活精准管控，包括诸如接入控制、自动分配带宽资源、链路间协调。边缘接入点按照云端的配置进行范围内的资源控制。此时，云和边之间需要高速高效的传输通道以及大带宽高实时性的传输带宽来确保即插即用接口间的信息实时交互。

5 未来展望

回顾过去一年，面向 6G 网络的产学研生态呈现出了欣欣向荣的局面，中国移动在 2020 年提出 6G 网络特征之一至简网络。本白皮书从 6G 至简无线接入网的驱动力出发，介绍了至简无线接入网的架构以及 6G 至简无线接入网涉及的关键技术，展望未来至简接入网还需要考虑以下几个方面：

➤ 标准与产品生态

技术的发展离不开完整健康的标准和产品生态。至简网络提出了网络功能定制化的信令基站和数据基站、智能化驱动的协议功能设计理念以及高水平的网络自治技术。借助 AI 等新技术增强协议栈设计的同时，高质量的数据集、选择适合的模型、异厂商间的共享模型是借助 AI 等新技术增强协议栈设计的关键所在，它们与健康的开源生态密不可分。如何打造标准和开源相结合的全新的产业生态是后续需要解答的问题。

➤ 网络部署

6G 网络的吞吐量和时延要求更高，6G 至简无线网络云边协同之间需要高速高效的传输通道以及大带宽、低时延、拓扑灵活的传输网来确保即插即用接口间

的信息实时交互。网络部署需要云端-传输网-网络接入点统筹一体化设计。信令和数据分离需要统筹 6G 可用频段，充分发挥广覆盖与业务灵活加载的优势。此外，如何灵敏的网络、准确的感知能力，保证网络节点和功能动态、快速的唤醒，也是我们后续需要考虑的。

➤ 算力处理能力

至简无线网络通过至简的架构和智能化手段来满足 6G 极致业务需求。至简网络的设计对网络和终端的算力和存储提出了新的要求，进一步也对芯片提出了新的需求。无限制的增加算力需求，尤其是终端算力需求，反而会增加网络的成本和功耗，如何在算力需求和智能化之间找到平衡点是后续技术方案设计中需要面临的问题。

5G 已在全球开始大规模的商业部署，全球产业正在围绕 2B 和 2C 开展业务和应用的孵化和培育。5G 的经验和教训都将成为 6G 研究非常重要的创新源泉，6G 必将进一步继承和发展 5G 中已经验证可行的技术和理念，同时，6G 也需要往前看，在需求方面，6G 面临的应用场景会更加复杂，需要在网络设计之初考虑到更灵活的适应性。未来的 6G 网络需要尽可能地简洁，支持即插即用，支持功能、资源、能力的动态开关，从而节省功耗和成本。至简的 6G 网络支持分布式的空天地一体化，通过分布式、统一的核心网，融合统一的接入机制和协议流程，终端可以接入不同的制式，包括地面、水下、卫星等系统，实现用户体验的无缝衔接和切换，保证随时随地的 6G 覆盖。至简网络也需要协议尽量简化，支持数据和信令链路解耦的网络部署，比如用低频段去做信令覆盖，简化移动性管理、保证用户的实时接入，高频段按需开启来支持高速率业务的承载；云化的硬件可以在多个频段和多个基站之间共享，或者在通信功能和 AI、感知之间的共享等，由此降低网络整个功耗和成本。因此，我们既要脚踏实地，也要仰望星空，产、学、研、用协同推动 6G 至简无线接入网的发展，一起探索 6G 高效网络解决方案。

缩略语列表

| 缩略语 | 英文全名 | 中文解释 |
|-------|---|---------------------|
| 4G | 4th Generation Mobile Networks | 第四代移动通信 |
| 5G | 5th Generation Mobile Networks | 第五代移动通信 |
| 6G | 6th Generation Mobile Networks | 第六代移动通信 |
| AI | Artificial Intelligence | 人工智能 |
| DOICT | Data, Operation, Information and Communication Technologies | 数据技术、运营技术、信息技术和通信技术 |
| IP | Internet Protocol | 网络协议 |
| MAC | Medium Access Control | 介质访问控制 |
| QoS | Quality of Service | 服务质量 |
| RLC | Radio Link Control | 无线链路控制 |
| RRC | Radio Resource Control | 无线资源控制 |

参考文献

- [1]. 2030+技术趋势白皮书[R], 中国移动研究院, 2020.
- [2].China Mobile Research Institute, “White Paper on Vision and Requirements for 2030+,[R]” Nov. 2020.
- [3].2030+网络架构展望白皮书[R],中国移动研究院, 2020.
- [4].刘光毅, 王莹莹, 王爱玲.6G 进展与未来展望[J].无线电通信技术, 2021,47
- [5].3GPP TS 23.501, “System architecture for the 5G System (5GS)[S].”
- [6].3GPP TS 38.300, “NR; NR and NG-RAN Overall Description[S].



数字孪生 智慧泛在