

2030 移动信息网络 十大趋势白皮书

全 域 覆 盖 · 场 景 智 联



中信科移动通信技术股份有限公司
无线移动通信全国重点实验室（中国信科）

2030移动信息网络十大趋势 白皮书

本白皮书版权专属中信科移动通信技术股份有限公司(以下简称“中信科移动”)所有，并受法律保护。如需基于非商业目的引用、转载、传播或以其他方式合理使用本白皮书的全部或部分内容，应完整注明来源。违反前述声明者，中信科移动将追究其法律和商业道德之责任。



CONTENTS

目 录

一	多维多模沉浸式全新体验，扩展虚实交互业务空间	01
二	数字化转型与智能创新应用，引领工业价值链升级	03
三	空天地一体全域覆盖，提供无所不在的宽带服务	05
四	以用户为中心的服务化架构，实现按需定制弹性网络	07
五	通感算智深度融合，构建综合信息通信服务能力	09
六	无线技术多维度发展，提供更高性能和更好用户体验	11
七	全频段高性能融合基站，打造全业务接入与服务	13
八	AI 赋能通信网络，迈向全场景高阶自智时代	15
九	主动免疫可信架构，构筑网络安全底座	18
十	高效低碳化信息通信网络，赋能社会绿色发展	20

引言

展望 2030 年，人类社会将迎来全新的科技革命，虚拟现实、人工智能、脑机接口、3D 打印、量子计算以及纳米技术等前沿领域将迎来爆发式增长，预示着一个全新数字智能时代的到来。作为支撑数字化智能化社会的重要基础设施，移动信息网络呈现十大发展趋势。

沉浸式体验融合了多维感知和多模交互构造虚拟现实多元情境空间，是未来个人 2C 领域最重要的应用趋势。而数字化转型和智能创新应用是新工业革命的必由之路，也是促进信息通信技术和产业发展演进的核心驱动力，对通信性能、融合能力和建设运维都提出了新的要求。

空天地一体化无线信息网络提供空天地多层次立体协同覆盖的宽带网络，并融合 AI、感知定位和算力等形成更多维度的信息通信服务。全频段高性能融合基站，支撑全场景的业务接入并提供灵活定制的能力，支持更多场景和服务。AI 与网络深度融合，迈向高阶的网络自智时代。

未来网络使用统一架构适配多场景和用户，实现以用户为中心的分布式网络架构，并具备多模态数据协同感知和动态重构的能力。无线技术呈现多维度发展趋势，满足业务应用对无线空口更高的性能要求，为网络提供更高的且均匀一致的用户体验。

安全的内涵更加丰富，外延进一步扩展，网络安全面临着前所未有的挑战。主动免疫可信架构为未来网络构筑安全底座。绿色低碳是未来信息通信网络发展的必然要求，不仅网络和设备采用多种技术提升能源利用效率，同时信息通信也推动整个社会建立绿色智慧的数字生态文明。

移动信息网络是推动未来社会发展的主要驱动力之一，也是构建未来智能世界的基石。中信科移动期待与学术界和产业界伙伴携手合作，打造精品无线网络，共创繁荣社会价值。





多维多模沉浸式全新体验 扩展虚实交互业务空间

01

多维多模沉浸式通信业务（简称沉浸式通信）是一种融合了视频、音频、触觉等多维空间媒体感知及通过眼动、语音、表情、姿态、脑电等多模态交互，形成 6 维度（3D 空间 + 3 维姿态）的沉浸式用户体验。

在这个由多维多模感知所塑造的虚拟世界里，用户能够在多维空间中自由驰骋，尽享多模交互所营造的超真实情境，轻松穿梭于多个虚实空间之间，仿佛置身于一个与现实世界平行却又充满奇幻色彩的全新宇宙。沉浸式通信是未来多元媒体交互的趋势，需要大宽带、低时延、低抖动、高可靠网络技术的全面支撑，对整个通信行业及相关上下游产业有变革性的影响，是未来通信业务的重点发展方向之一。

众多头部企业纷纷加大在技术研究、设备开发、内容创作、业务拓展与生态建设等方面的投入力度。与此同时，多个标准组织也积极行动起来，如第三代合作伙伴计划 3GPP，国际电信联盟 ITU，运动图像专家组 MPEG，电气与电子工程师协会 IEEE 等，都在制定沉浸式通信相关标准，为沉浸式通信制定规范框架与技术指引，确保全球范围内的技术兼容性与协同发展。此外，生成式 AI 技术近年来异军突起，用户借助这些工具，能够便捷地生成具有个性化、短时长的沉浸式业务内容，极大丰富沉浸式通信的内容创作与产业生态，促进沉浸式通信产业发展。

沉浸式通信业务发展需要一些关键技术的支撑：

大空间 6 维度编解码技术是实现精准多维场景呈现的关键。通过对 6 维度场景内容进行高效编码和解码，能够提供精确的用户交互位置与姿态下的场景表达，实现高效内容创建、存储与传输；多模感知技术是基于视频、音频、触觉等多模态信息的感知与融合，为用户打造全方位的感官体验。触觉反馈技术能够精确模拟出物体的纹理、硬度和温度等物理特性，配合高清空间视频和音频，使用户仿佛身临其境，虚实融合，具身交互；多维媒体实时驱动与渲染技术根据用户的多维多模交互操作实时生成并渲染虚拟场景，确保多维内容的流畅性和逼真度。借助强大的图形处理单元（GPU）和先进的算法，能够实现复杂场景的快速渲染，对用户视角变化实现毫秒级响应，提供无缝的虚实体验；空间定位与映射技术通过多种传感器实现用户及控制器在虚实大空间中的厘米 / 毫米级精确定位与映射，为游戏、远程协作等应用提供了稳定可靠的交互基础；AI 生成沉浸业务技术利用深度神经网络或大模型生成沉浸式通信内容，极大丰富了沉浸式通信的内容创作空间，用户可以嵌入式生成虚拟数字人或全真数字人等个性化内容。

多维多模感知沉浸式业务也对网络提出挑战。沉浸式通信要求网络同时具备极大带宽、低时延、低抖动、高可靠性、快速感知与渲染等能力，特别是在大量沉浸式业务用户同时接入网络时，对网络的整体性能提出了极高要求。





数字化转型与智能创新应用 引领工业价值链升级

02

新工业革命已成为全球竞争的焦点，也是信息通信技术和产业发展演进的核心驱动力。而数字化转型和智能化应用是新工业革命的必由之路，牵引通信和其他信息技术的进步和融合。在未来 5-10 年，全球主要国家各行业将实现全面数字化转型，智能化技术和应用将深度融入生产业务全环节，数智化的业务创新引领整个社会发展和全价值链升级。

机器人和信息传感技术的应用将实现无人化生产和服务，提升生产效率和生产能力；柔性制造、工业现场协同操作、大型机械远程控制、工业数字孪生等将在未来 5-10 年广泛应用；新型工业控制向网络化、智能化、协同化和开放化方向发展，传统工业控制方式将逐步被取代；基于数据和大模型的边云协同为行业提供了工业智能化，提升整个生产环节的分析和决策水平。人工智能与工业深度融合是数智化的核心，围绕研发、设备、工艺、质量等领域不断实现创新的智能化应用。



随着数字化和智能化程度的不断深入，对网络提出更高能力的要求。为满足安全可靠情况下的生产和运营活动，网络需要满足确定性的通信性能要求，确定性网络包括确定性的速率、时延和高可靠性通信服务。对于机器视觉、全息呈现、虚实交互等场景，需要高的传输速率；对于远程控制、现场操作控制、运动控制等实时性要求较高的场景，需要确定性的业务时延；而对于某些行业，例如电网控制、生产控制等场景，要求有高可靠性保障，以满足安全生产和控制的要求。下一代网络需要为行业提供确定性的高质量通信服务，赋能行业数字化转型和智能化应用。

未来行业网络将呈现出异构网络协同、内外网络协同、虚拟网络与物理网络协同以及算网协同等特征。同时，行业要求网络具备更高的敏捷性、灵活性和多模态适应性，并实现对远程边缘设备和物联网等设备的“零接触”开通上线，即插即用。这使网络运维管理域在纵向和横向维度进一步延展，

但同时需要大幅降低网络运维管理的复杂度。采用面向行业的网络智能化技术来减少对专业运维人员的依赖，提升运维效率成为必然趋势，对于行业来说，简单、智能的网络运维是工业网络的基本要求。

网络介入行业的核心业务环节的程度越深入，行业对网络的管理、运维、安全以及与业务融合的要求也会越高。同时，由于行业的个性化与差异性，对网络可灵活定制的需求越来越高，成为行业网络发展的必然趋势。行业用户根据自身对网络能力、成本和安全可控等方面的要求，灵活按需定制网络以满足自身生产经营的需要，是未来行业网络的主要特征之一。此外，网络与行业的生产和经营活动密切相关，网络也必将和行业的应用平台对接，在实现通信的同时，为行业提供更多的数据服务。特别是随着通感算智的融合，要求网络在一定程度进行开放，使网络能够为行业用户提供综合性的信息服务，赋能行业的生产和运营平台。



空天地一体全域覆盖 提供无所不在的宽带服务

03

随着社会和经济发展对通信覆盖范围和服务质量要求的不断提高，空天地一体化通信成为解决全球无缝覆盖和泛在服务难题的必然方向。

地面移动通信持续演进，提供更高的频谱效率、更大的连接密度、更低的端到端时延等能力，并从地面向低空、航空等更多场景延展；以无人机、热气球、航天器为代表的空中平台不断发展，支撑特定场景下的地面及空中用户的连接；航天技术的进步带动了卫星通信的快速发展，支撑地广人稀区域及立体空间的通信。手机直连卫星的兴起，进一步让卫星通信从传统服务于行业迅速拓展到服务于个人通信。虽然目前的手机直连卫星以提供短信、语音及低速数据等窄带业务为主，但随着卫星技术和终端技术的进步，未来将可提供数十Mbps甚至更高速率的宽带服务。

未来的移动通信服务将不仅面向地面覆盖，还将延伸到千米低空、万米高空，再到数十公里高度以上的临近空间，满足从小型无人机到低空载人飞行器到万米航空飞行器，甚至到低轨航天飞行器的宽带连接需求。未来的移动通信网络将是由地面基础设施、卫星、空中无人平台等组成的空天地一体化网络。地面公众移动通信网络将继续强化对地面深度和广度覆盖的同时，从城市、郊区、乡村等人口稠密的地区逐步拓展到对低空的覆盖，

以及通过 ATG 实现对部分万米高空航道的低成本覆盖；高 / 低空无人平台实现局部区域的特殊覆盖需求或者热点补盲；高 / 中 / 低轨结合的卫星网络实现对地球表面和立体空间，尤其是对广阔的海洋、高原、草原、少人区和无人区的全面覆盖。这样编制一张由地面和空天交织的宽带通信网络，形成空天地多层次的立体协同覆盖，为人类新生活、万物智能化提供无缝服务。用户可以通过终端直接连接地面或空天节点，或者通过车载、船载、机载等移动或固定平台连接空天节点，享受立体空间的互联网连接便利。此外，移动通信网络将从传统以提供通信为主的数据传输业务，扩展为包含定位、感知、控制、监管等多种业务的综合服务能力，促进空天地一体化网络提供更广阔的价值空间，实现通信与业务的深度融合。

空天地一体化网络面临着提升空天节点的宽带服务能力和系统容量、支持通感控管等多种能力的系列挑战，需要协同空天地节点使用统一的网络架构和标准体制，使用统一的无线接入、传输和网络技术。此外，空天地节点的无线资源分配与业务管理需要协同，频谱能够灵活共享，

干扰能够动态管理，从而满足天基、空基、海基和陆基用户随时随地的通信需要，保障广大用户的业务连续性，可获得一致性的业务体验。空天地一体化网络的产业生态需要融合发展，以便空天节点的设备开发能够充分利用地面移动通信的产业基础，实现高效快速开发以及规模经济下的低成本发展。

面向 2030 年，基于空天地一体的移动通信网络将以更高的性能服务千行百业，促进“全域覆盖、万物智联”的愿景实现。





以用户为中心的服务化架构 实现按需定制弹性网络

U4

在数字化、智能化时代，从城市密集区到偏远地区，从工业生产线到家庭娱乐，未来网络需要覆盖每一个角落，满足各种场景下的通信需求。



未来网络不仅要具备广泛的覆盖能力，还要能够根据场景的特点，提供定制化的网络服务。例如，在工业自动化场景中，网络需要具备低时延、高可靠性的特点；而在家庭娱乐场景中，则更注重大带宽、高速率的传输能力。无论是超高清视频传输、远程医疗、自动驾驶，还是虚拟现实、增强现实等应用，都对网络提出了截然不同的要求，传统的通信网络往往针对特定的业务类型进行设计，难以满足未来的业务需求。

为了满足复杂多变的业务场景和业务需求，未来网络应该具有极高的灵活性和可塑性，网络必须具备快速部署和灵活配置的能力。通过敏捷部署技术，未来网络能够在短时间内完成网络的搭建和配置，迅速响应业务需求。同时，定制化网络能够更加贴合用户的需求，提供个性化的通信方案。未来网络使用统一架构适

配多场景和用户，通过网络高效协同，确保用户在不同场景下都能获得一致且优质的体验，实现以用户为中心的网络架构。

随着业务类型和应用场景的不断丰富，在未来的通信网络中，业务需求将呈现出更加多样化和动态化的特点。为了满足这种变化，未来网络根据业务需求的实时变化，灵活调整网络的结构和配置。这种动态重构不仅体现在网络拓扑的调整上，还包括对网络资源、传输协议、接入技术等多个方面的优化和重构。通过动态重构技术，未来网络将能够更加高效地利用资源，满足业务需求的多样化和动态化特点。

数据作为未来网络最重要的资源之一，数据的类型、格式和来源将呈现出更加多样化的特点。为了充分利用这些数据资源，未来网络需要具备多模态数据协同感知的能力，能够实时获取、处理和分析来自不同来源的

数据，并将其融合为有价值的信息。这种多模态数据的协同感知不仅有助于提升网络的智能化水平，还能够为各种应用场景提供更加精准和全面的数据支持。

随着网络规模的不断扩大和业务类型的日益增多，网络的复杂度也在不断增加。未来网络将通过智简化设计，针对用户所处的环境和业务需求，基于人工智能实现网络的智治，使未来网络能够更加高效地运行和管理，提升网络的可靠性和稳定性，保证用户体验的一致性，实现网随用户动。同时在今后的通信网络中，场景将呈现出更加多样化和分布式的特点。为了满足这种需求，未来网络将采用分布式的架构设计，将网络的功能和资源分布到不同的节点上，实现网络的灵活扩展和高效协同。通过分布式的设计，未来网络将能够更好地适应未来场景的变化，满足用户在不同场景下的通信需求。



通感算智深度融合 构建综合信息通信服务能力



未来通信网络向通信、感知、计算和人工智能等信息通信技术深度融合的趋势演进，呈现出跨学科、跨领域、跨维度的发展特征。网络具有通信能力的同时，也融合感知、计算和智能的能力，以提供更多领域、更多维度和更全面的服務。通感算智融合后将成为超级通信基础设施平台，是包含通信、分布式感知、泛在算力和人工智能的综合网络。

低空经济、河海航道、无人驾驶、安全监管等领域存在明确的目标和环境感知需求，无处不在的无线通信网络为无线感知提供了新的思路 and 手段。通信和感知在系统设计、资源共享、信号处理和硬件能力等方面通过联合设计，一套系统同时满足通信和感知需求，可以有效降低成本，提升无线频谱效能。通感融合网络可以提供定位、测速、测角等感知功能，同时感知信息可以辅助基站 / 终端进行网络优化等，提升通信系统性能。多模态融合感知是感知技术重要的发展趋势。融合无线系统和雷达、摄像头、超声波以及各种传感器的信息，通过融合感知算法，可以有效提升感知精度和感知范围。充分融合不同技术的特点和优势，避免单一技术的局限性，有效丰富感知应用场景。

AI 技术在不断发展演进，已经在逐步重塑生产和生活各个方面。AI 与通信网络融合包含 AI 技术服务网络（AI4Net）和网络支撑 AI 业务发展（Net4AI）两个方面。AI 技术在无线网络的网络优化和维护方面发挥了越来越重要的作用，在移动性管理、资源分配、负载均衡、网络 / 用户节能等方面也体现了越来越重要的价值。未来网络将是一个大数据驱动的网络，AI 技术将从业务应用到网络优化，再到接入网调度，自上而下地深入，不断提升网络的智能化水平和性能。

AI 技术及其应用都依赖于算力的支持。算力与网络的融合为 AI 应用提供了必要的算力资源，并且实现了算力资源的调度和共享。系统架构朝着分布式云边端高效协同的方向发展，根据数据量和时延需求选择合适的处理节点：高实时大流量业务更倾向采用本地化处理，可以极大降低网络传输带宽，缩短时延；非实时业务的可以集中云平台处理。云、边缘节点和端节点都需要算力的支撑，形成一个云、

边、端协同的分布式算力网络，可以根据业务需要灵活调用算力资源，共享算力基础设施，提升算力的使用效率。

随着通信、感知、AI 和计算等技术的发展和融合应用的不断深入，通感算智会进一步深度融合，促进网络成为一个提供超大容量接入和通信能力、支持多种 AI 模型、提供多种算力资源、具备高度自智能能力、提供高精度感知和定位服务的超级网络基础设施平台。



通感算智一体化将提升信息通信网络支持业务创新的生态构建能力，提供更多维度的信息通信综合服务，推动产业数智化转型升级。



无线技术多维度发展 提供更高性能和更好用户体验

06

面向 2030 年,无线技术呈现多维度的发展趋势。未来无线技术将在通信速率、容量、时延、稳定性、智能化程度、应用场景拓展、能源利用与设备设计等多维度多方面产生显著且积极的效果。

这有赖于无线空口技术，包括调制、编码、多址技术、超大规模天线、无线 AI、感知、RAN 新架构、卫星通信等技术的创新和演进。无线技术多维度的发展进步，实现业务应用对无线空口更高的性能要求，包括提升用户体验速率、区域流量和峰值速率，为网络提供更高的且均匀一致的用户体验。

无线空口技术将覆盖所有典型场景，包括传统地面通信、卫星通信、感知通信等。以现有帧结构为基础，提供简洁、高效、节能的信号和信道设计，支持更高的带宽，并提供更为灵活有效的频谱使用方式。编码、调制、多址等作为无线空口的基础技术，朝着多样化类型发展，能够更为灵活地适配多样化应用场景，起到增强传输可靠性、提升频谱效率、增大接入用户数、降低接入时延等作用。

超大规模天线技术持续发展，提供复杂度性能和开销更平衡的传输和反馈设计，支持适配不同场景、更大范围基站协作的分布式方案，突破节点间同步、校准等技术难题，灵活有效地匹配用户的收发需求，达到 2-3 倍频谱效率提升。未来对频段的扩展也会持续，也会支持新频段以及更高的单载波带宽，在高频段仍然会有更多的应用探索。

AI 与通信技术融合发展，在通信网络内高效实现 AI/ML 生命周期管理 - 数据收集、模型训练、模型推理等。支持快速在线 AI 功能部署，提供具有普适功能的智能 RAN 架构和空口设计，通过层出不穷的 AI 用例带来明确增益 / 收益。感知与通信技术融合发展，支持可融合于通信系统的感知信号，实现感知的信号收发，数据处理，资源分配等功能，准确检测和追踪目标，达到分米级的感知精度要求。

新一代的无线网络在 2030 年左右全部部署时就采用独立组网方式，直接与面向新应用的增强功能和新功能的核心网连接，逐步通过核心网聚合，重耕现有频谱以及争取更多新频谱的方式，支撑新业务的发展。未来移动通信在提升技术指标的同时，为保证无线技术的可持续性发展，将提升能效、降低硬件设备功耗。除了传统的基站关断策略，进行系统消息的周期优化以及按需分发外，开发既适应低功耗需求又能满足高性能指标的空口架构也将是未来无线空口的设计趋势。低功耗广覆盖的物联网设备与消费类或者更高阶设备设计在统一的接入网框架下，提升物联网设备通信数据容量，并借助产业链降低成本、扩大规模效应。





全频段高性能融合基站 打造全业务接入与服务

07

移动信息网络接入网产品在未来 5-10 年面临全方位的升级需求，需要具备高效高容量通信能力、高弹性服务化网络架构、通感算融合平台能力和空天地海环境适应性。

同时，接入网产品的应用场景跨度非常大，对产品的功能、性能、灵活扩展和重构、环境适应性有极大的差异化需求，接入网产品在架构上支持软

硬件的开放性、模块化、服务化以提升灵活定制的能力，支撑全场景的业务接入。预计未来的接入网具备以下的能力：



频段能力

从低频段（sub1GHz）、中频段、中高频段到毫米波等全频段协同，适应不同的业务场景需求；宽频、多频能力进一步提升；射频单元的软件定义能力逐步增强。



感知与计算能力

接入网产品作为信息接收和汇聚、转发、处理的综合节点，具备主动感知的能力，其中感知和计算等新元素将成为基站价值提升的关键，AI和算力内生也会成为接入网产品的基本要素。



天线配置

多天线技术仍将是频谱效率和网络能力提升的主要贡献技术，超大规模天线、分布式超维度天线、RIS 新型天线等技术进一步提升天线的数量和灵活形态，对于接入网产品尤其是射频单元的产品形态有决定性影响。



软硬件架构

硬件开放化、模块化，可拼装重构增量式升级演进，同时芯片化、极致集成化，实现高效率、低成本、低功耗；软件通过虚拟化和服务化，提升灵活重构、资源共享、差异化定制能力，并支撑网络与业务的跨层优化和融合。



通信能力

接入网单点的吞吐量达到 Tbps，频谱效率提升 2-3 倍，接入能力、网络容量、一致性服务质量（用户为中心的网络架构）等实现量级的提升，同时时延和可靠性的能力进一步得到保障。



环境适应性

除传统的地面部署，未来需要支持车载、升空、星载、工业现场等场景，在温湿度、压力、防爆、离子辐射等方面有新的挑战，需要从芯片、模块、板卡、单元、整机、软件等方面综合提升产品的环境适应能力。

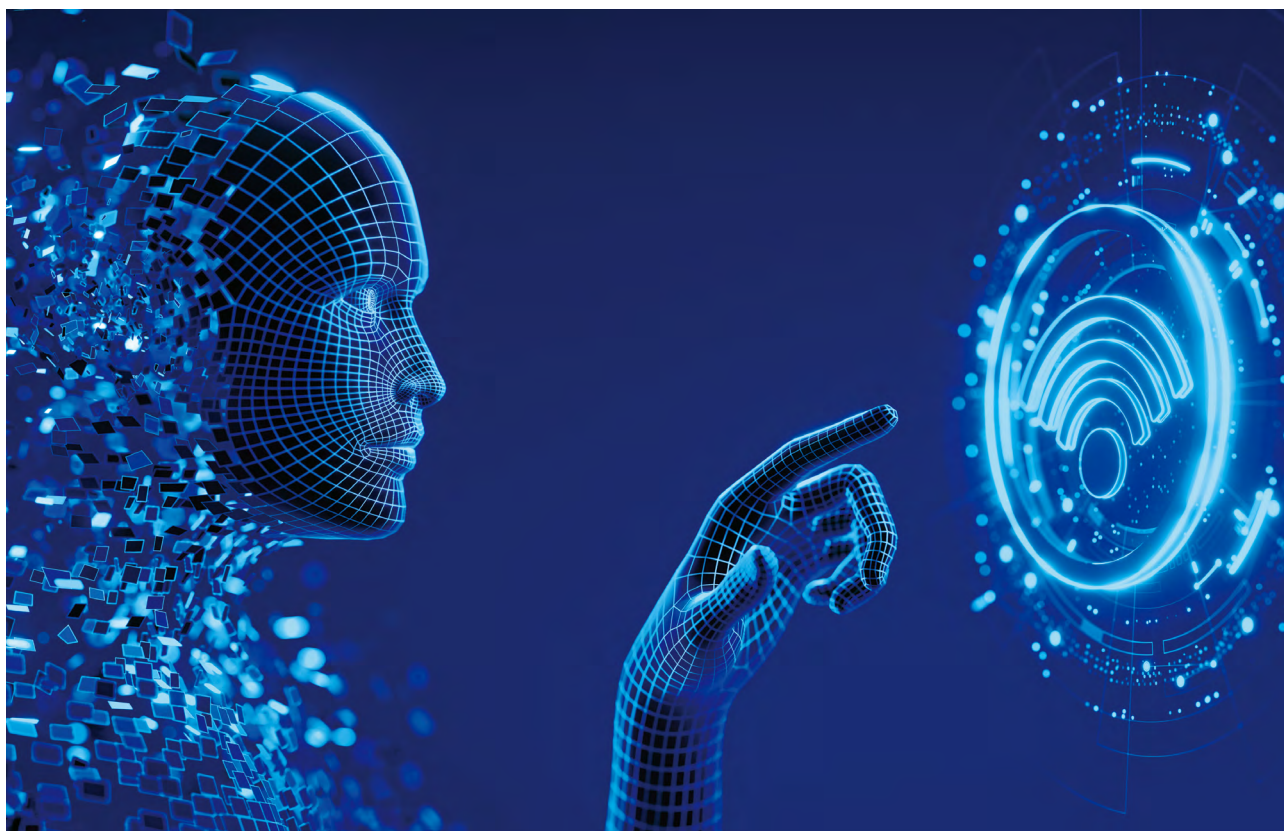
产品能力需要产业链的支撑，对核心芯片和器件能力提出进一步升级的要求。接入网产品高度依赖核心芯片和器件的工艺和性能，需要产业协同推进。接入网产品的整机与产业链相互牵引，相互支撑。需要对接入网基站产业做顶层设计，协同业务应用、网络部署、设备制造、产业支撑的整体发展路径。



AI 赋能通信网络 迈向全场景高阶自智时代



面对无线通信场景的日益复杂、网络架构的持续演进、连接数量的急剧增加以及网络流量的爆发式增长，无线网络正面临规模和复杂程度的严峻挑战。网络智能化成为未来网络发展的关键趋势，AI 与网络技术的深度合作已经形成业界共识，被视为无线通信领域发展的关键驱动力。



经过多年探索与实践，业界逐渐形成具有基本共识的自智网络发展路线。得益于大模型技术、数字孪生技术以及智能网络的日益发展，未来自智网络形成了从数据智能分析到自主管理、优化与决策

的闭环系统。预计至 2030 年，自智网络将普遍迈入 L4 第二阶段，实现通信业务全场景端到端闭环，从而大幅提升网络运营效率。

大模型成为自智 网络基础技术

在多模态 +RAG+Agent 的技术路线加持下，大模型正从以 copilot 与单场景 Agent 部署为主的 L4 第一阶段，向 Agent 规模部署与多智能体协同的第二阶段过渡，重点攻克多域端到端（E2E）复杂场景的智能化难题。大型模型凭借强大的数据分析和意图识别能力稳步迈向更高层次的确定性应用场景，如网络运维、网络优化，以及故障预警与快速响应等关键领域。这些应用不仅可以极大提升无线通信网络的运营效率与稳定性，更为无线通信技术的革新与发展注入了强大的动力，为构建更加先进、可靠的通信网络基础设施奠定基础。

数字孪生助力网络快速精准调优

未来无线网络的组网应用与运营将促进数字孪生技术发挥优势。数字孪生技术通过精细网络模拟与优化，为自智网络提供网元孪生、环境仿真与行为预测等虚拟场景，可以有效解决数据短板、压缩算法迭代周期、提升资源配置效率。数字孪生结合大模型等先进技术的应用，将更高效地助力自智网络在个性化资源分配、精准性能优化等方面发挥关键作用，打造高效训练与部署、精准优化、多场景赋能的网络服务能力，为网络规划、优化和决策提供科学依据，应对复杂多变的网络需求，推动无线网络技术持续创新。

分级协同成为未来主要架构

AI 与网络结合的模式将逐渐演进，网元内生 AI、网络分级协同及业务智能编排等理念将在智能网络上规模应用，实现网络内部自闭环的智能管理。网元内生 AI 赋予网络单元自主决策与自我优化能力，实现基于用户体验与环境感知的网络性能增强和效能提升；网络分级协同机制促进不同层级网络单元的有效分工，提升整体效能与稳定性；业务智能编排技术为跨域网络智能互联与高效协同提供支撑，通过统一跨域接口实现无缝对接与数据共享，推动真正跨域自智网络的形成，标志着网络内部自闭环智能管理体系的日益成熟。

自智网络蕴含着巨大的机遇，也面临着不容忽视的挑战。在复杂多变的网络环境中，需要确保 AI 模型能够稳定、高效地运行，避免其误导性与算法偏见导致决策失误，影响网络性能和用户体验。算力与算法之间的平衡也是一大难题，在保证性能的同时降低功耗等成本开销，在有限资源下实现最

优性能是技术突破的关键；最后，开放程度与数据安全性的平衡也是商业决策中的重要考量，面对网络兼容性和互操作难题，需要运营商与设备厂家紧密合作，共同探索解决方案，以确保自智网络的成功实施，并持续推动网络在智能化时代的创新发展。





主动免疫可信架构 构筑网络安全底座

09

随着网络功能的日益复杂和应用场景的不断拓展，网络安全面临着前所未有的挑战。未来网络作为空天地一体全域覆盖、通感算智多要素深度融合的新一代移动信息网络，其网络架构更加复杂、多样和动态，导致安全暴露面显著增加，面临更大的安全挑战。

随着工业互联网、智能家居、智慧物流等行业应用与未来网络的深度融合，未来网络需要在接入设备、行业用户、运营商之间进行认证，建立多方信任模型。而且未来网络架构动态变化，连接方式和业务模式灵活多样，增加了网络管理的复杂性，也带来了新的安全挑战。随着量子计算技术的发展，现有的加密算法可能面临被破解的风险，导致敏感信息泄露。网络与人工智能的深度融合，黑客可能利用人工智能技术实施更加复杂的攻击，如自动化的网络钓鱼、智能恶意软件等，带来了新的安全风险。

为了应对这些挑战，未来的安全理念将发生深刻的转变。首先在未来网络中安全将不再是网络的附加品，而是成为网络不可或缺的一部分。网络架构在设计之初，就将安全性纳入考虑范围，确保安全功能与网络功能的深度融合。这种内生性的安全

设计，能够从根本上提升网络的安全性，减少安全漏洞的产生。其次，未来的网络安全将不再仅仅依赖于事后的响应和处置，而是更加注重事前的预防和预警。通过网络监测、行为分析、异常告警等手段，及时发现网络中的异常行为和潜在威胁，从而提前采取措施，将风险扼杀在摇篮之中。这种主动性的安全策略，能够显著提升网络的防御能力，降低网络遭受攻击的风险。最后，未来的网络环境将更加复杂多变，威胁态势也将不断演化。因此，安全策略必须具备动态调整的能力，能够根据网络环境和威胁态势的变化，实时调整安全策略，确保网络安全的持续有效。这种动态性的安全策略，能够增强网络的适应性和灵活性，使其能够更好地应对各种未知的安全威胁。

可信内生安全架构

是一种将安全功能集成到网络架构各个层面的全新安全模式。它通过网络架构的内生性设计，确保安全功能与网络功能的深度融合，实现安全与网络的一体化。

可信内生安全机制

通过在网络架构的各个层面嵌入安全功能，实现主动防御。例如，在网络层，可以通过加密技术、身份认证等手段，确保数据的机密性和完整性；在链路层，可以通过链路加密、访问控制等措施，防止未经授权的访问和数据泄露；在应用层，可以通过应用安全审计、漏洞扫描等方式，确保应用的安全性。这些安全功能的嵌入，使得网络在提供服务的同时，就能够具备强大的安全防御能力。

安全策略动态调整技术

根据网络环境和威胁态势的变化，实时调整安全策略，确保网络安全的持续有效。例如，当网络中出现新的安全威胁时，动态安全策略可以迅速响应，调整相应的安全措施，防止威胁的扩散；当网络环境发生变化时，动态安全策略也可以根据实际情况，调整安全策略的参数和配置，确保网络安全的适应性。通过各个安全设备之间的信息共享和协同作战，共同构建一个安全可信的通信网络。



高效低碳化信息通信网络 赋能社会绿色发展

10

未来十年，智慧内生、数字孪生、全域覆盖、通感一体、沉浸式云 XR、全息通信、感官互联、智能交互等新业务不断涌现，将促进无线网络越人跨物，迈向万物智联，网络流量将爆发性增长。为了避免移动网络的功耗随流量增长过快，绿色低碳是未来信息通信网络发展的必然要求。

以基站、核心网、云计算和数据中心等网元构成的移动通信网络会产生大量碳排放，因此提升能源效率至关重要。采用更先进的制程和更高集成度的节能芯片、设计和优化高效能的网络架构、研发硬件智能休眠和无损动态降耗等技术以及引入大模型算法进行网络优化和资源管理，都是提高能源利用效率的有效手段。

构建灵活、智能且节能的网络架构是构建绿色网络的发展趋势，比如软件定义网络和网络功能虚拟化技术，能够实现网络资源的灵活调配和优化，根据实际业务需求动态分配网络资源，提高资源利用率，降低网络运营成本和能耗。

利用可再生能源，减少对传统能源的依赖，降低碳排放也是通信绿色发展的重要手段，未来将探索太阳能、风能等可再生能源规模应用于通信设备供电的方向。同时，克服其功能不稳的弊端，研究可靠稳定的能源存储技术，确保通信网络稳定运行。

完善绿色产业链，产业链上下游深度合作，协同开展绿色产品设计、生产和使用，从原材料采购、产品生产到设备应用的整个产业链环节，注重低碳节能，采用低能耗、环保的原材料和生产工艺，减少隐含碳排放。

绿色信息通信业发展的主要特征是设备高集成化、站点部署极简化、网络能效智能化、生命周期低碳化等内容。在网络建设和运营中，绿色通信技术创新是绿色低碳网络可持续发展的关键要素。绿色技术创新将是伴随未来通信全周期的长期使命。数字经济时代，智算已成为促进信息通信业新质生产力发展的强劲引擎，是未来绿色通信技术创新的典型方向。解决通信业智算增长和能源消耗的矛盾，源网荷储一体加速，算电协同发展是必由之路。

未来的信息通信网络将持续促进社会数字化转型，提升社会运行效率和资源利用率，为绿色生产和生活提供基础支撑，赋能社会绿色可持续发展。未来企业生产可通过信息通信技术，收集各种生产数据，如原材料库存、设备运行状态、订单需求等内容。引入后台或云化的智能算法根据收集数据进行精准的物流和生产调度，订单化低库存柔性生产，提质增效。

未来信息通信行业作为促进社会全面绿色转型的基础性和先导性产业，将加快数字赋能，深化人工智能等数字技术应用与创新社会数字化治理相结合，推动整个社会向绿色、高效、智能的方向迈进，建设绿色智慧的数字生态文明。





中国信科



中信科移动

中信科移动通信技术股份有限公司
CICT Mobile Communication Technology Co., Ltd.

网址: <http://www.cictmobile.com>