



**全域覆盖·场景智联**  
—— 6G愿景与技术趋势白皮书 (V.2020)

大唐移动通信设备有限公司  
无线移动通信国家重点实验室

# 6G 愿景与技术趋势白皮书 ( V.2020 )

## 版权信息：

本白皮书版权专属大唐移动通信有限公司( 以下简称“大唐移动” )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，  
大唐移动将追究其法律和商业道德之责任。

# CONTENTS 目录

序	01
<b>1 从 5G 到 6G</b>	02
<b>2 6G 的总体愿景和需求</b>	03
<b>3 6G 场景与应用概述</b>	04
· 全覆盖移动宽带场景	05
· 智能跨领域场景	05
<b>4 6G 典型场景和应用展望</b>	06
· 空天地立体全覆盖	07
· 深度覆盖	08
· 全息通信	09
· 增强扩展现实	10
· 探测感知	11
· 公共安全	12
· 智能移动载人平台	13
· 医疗健康	14
· 智能工厂	15
· 数字孪生社会	16
<b>5 6G 能力</b>	17
· 基础通信能力	18
· 智能化能力	19
· 无线感知能力	19
· 网络算力	20
· 网络安全能力	20
<b>6 6G 技术趋势分析</b>	21
· 超维度天线技术	22
· 空天地融合技术	23
· 智能无线技术	24
· 通信感知一体化技术	25
· 演进的多址接入技术	26
<b>结束语</b>	27

## 序

随着 5G ( IMT-2020 ) 技术国际标准的正式发布以及市场的快速推进, 通信学术界、产业界以及标准化组织均启动了新一代移动通信(简称“6G” )在愿景、需求和技术上的研究。2020 年 2 月, 国际电信联盟无线电部门 5D 工作组 ( ITU-R WP5D ) 召开了第三十四次会议, 暨本年度世界无线电通信大会 WRC-19 后的第一次会议, 正式开始面向 2030 及未来 ( 即 6G ) 的研究工作, 并于同年 10 月向各大外部组织发送联络函, 征集业内相关机构对于 6G 技术发展趋势的观点。

工信部于 2019 年成立了 6G 研究组, 并在 2019 年底正式更名为 IMT-2030 推进组, 推动 6G 相关工作。中国信息通信科技集团大唐移动通信设备有限公司也于 2019 年初组建面向 6G 的专家团队, 联合无线移动通信国家重点实验室 ( 电信科学技术研究院 ) 开展对于 6G 愿景、需求、能力与关键技术的系列研究。

6G 是什么? 对于 5G 市场应用仍感到困惑的人们, 6G 会如何展开新的无线通信发展的画卷呢?

# 1 从5G到6G

在过去的几十年期间，移动通信的演进升级深刻地影响着人类社会与技术的发展，为发达国家与发展中国家的经济和社会进步做出了卓越的贡献。不可否认，在当今时代，移动通信与整个人类社会的日常生活息息相关。人们期待以十年标志一代的移动通信技术演进，能够与社会发展趋势契合，并更好地奠定未来社会（2030年及以后）的发展基础。

移动通信发展从1G的语音、2G的语音和文本，到3G的多媒体、4G的移动互联网，再到5G的场景连接。展望6G的前景，将会是在5G规模发展的基础上，网络的覆盖和智能得以升级换代。相应的基础技术、主要业务和网络系统，也从1G/2G的电路域、电话和短信、基本连接蜂窝网络，到3G/4G的分组域、移动互联网、规模高效连接网络，再到5G/6G的场景适应与智联、智能化场景服务、紧耦合信息网络空间。

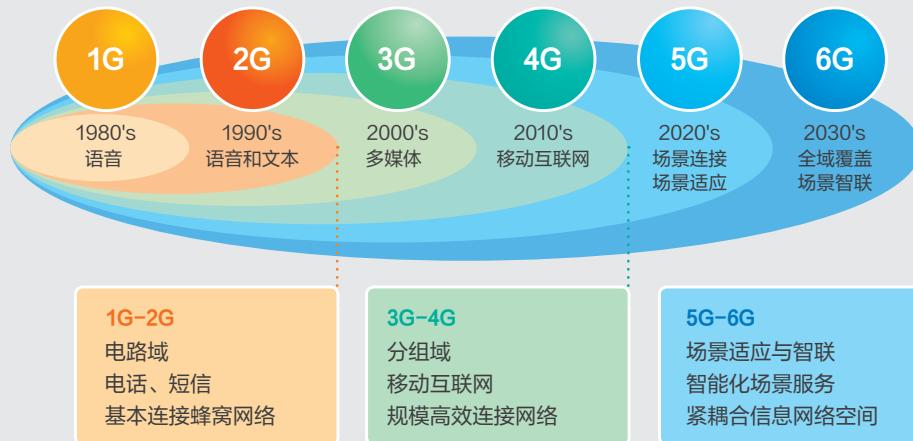


图 1-1 移动通信的演进升级

在5G阶段，移动通信已经从主要服务于人-人连接的移动宽带系统向物-物、人-物连接的物联网扩展，从主要服务于个人公众向服务于垂直行业拓展。例如：大规模机器连接场景，应用于智能抄表、物流等行业；低时延高可靠场景，应用于网联汽车、智能生产等行业。进入后5G以及面向未来的6G研究阶段，可预测将出现更多的新应用、新场景、新需求以及新的发展趋势。

随着移动互联网与物联网的持续升级和泛在化，网络渗透到各行各业，改变着人类社会的生活和生产方式，网络空间与人类社会及物理世界将深度耦合。新一代的移动通信系统将深度融合到人类生活以及社会生产的方方面面，形成无所不在的智能移动网络。

6G 通信网络将实现全球立体深度覆盖，将空间、陆地以及海洋紧密无缝连接，即不仅提供陆地通信服务，还将提供空间通信，设备和设备间的短距离通信，以及物理空间与虚拟空间的通信服务，等等。进一步地，还将以人为中心发展体域网络，形成既有广度、又有深度的多层次覆盖。

6G 通信网络也将实现多网络融合的智能泛在体系，构建与人类社会和物理世界紧密连接的网络空间。我们期待 6G 移动通信服务在公众消费市场与垂直行业服务中的进一步拓展和深化，结合新的业务与服务及新的商业模式的创新，全面支撑大数据和人工智能应用，以数据和内容为基础，为面向个人用户和行业用户提供高度个性化、基于场景连接的智慧服务。

移动通信产业将持续在带动产业升级与推动经济发展的过程中发挥重要作用，因此将移动通信网络作为国民经济重要的基础设施进行

建设的趋势日益明显。6G 系统将充分体现移动通信网络的基础设施属性，形成以提供通信能力为主，同时具备其他诸如智能、感知、计算、安全等能力的综合移动信息网络，提供更为灵活动态的网络服务，结合大数据、云计算、人工智能、区块链等新技术，进一步在更为广泛的领域实现物联服务。在以用户为中心，以数据为中心，以内容为中心提供个性化的智能服务的同时，6G 还将提供更具有适应性的网络安全保证。

在 6G 系统发展过程中，移动通信技术，包括无线空中接口和网络技术的进一步创新与优化，将与数字、信息技术深度融合，支撑网络与服务的升级拓展。同时，通过内生安全机制，提供更具适应性的网络安全保证，确保网络的可信、可管和可控。6G 芯片、软件和设备及解决方案的开发也将进一步实现平台化、软件化、IP 化、开源化和智能化，从而形成新的产业生态。

## 3

## 6G场景与应用概述

展望未来，10 年后的移动通信系统需要着重考虑两类主要的技术与服务的使用场景：全覆盖移动宽带场景以及智能跨领域场景。



## 全覆盖移动宽带场景

该类场景包含陆地不同深度和广度的环境、空间、水下、超近距等无所不在全覆盖的高速网络，低时延高可靠同时超大数据量要求的通信，以及特种通信，应急通信。该场景主要面

向人类生活的通信应用，例如新型多媒体、超大数据量的热点传输等，要求网络可以提供高速率传输和具有针对性的用户体验。



图 3-1 全覆盖移动宽带场景

## 智能跨领域场景

该类场景是通信、大数据以及智能化技术在工厂、医疗、交通、服务业以及新型的产业与应用中的跨领域结合。该场景主要面向生产与社会服务中的通信应用。在提供信息承载的

同时，通信还可以结合感知、高精度定位、远距离操作、智能控制等功能，匹配新性能维度的需求。由于面向不同领域的应用，该使用场景的发展应该更为灵活广泛。



图 3-2 智能跨领域场景

## 4

## 6G典型场景和应用展望

城市规模的扩张、社会治理的进步、人类生活以及生产质量的提高驱动着 6G 的发展。回顾 1G–5G 的技术演进与市场化、产业化的发展轨迹，不可否认，6G 将催生人们目前还无法准确预知的重要场景和应用。从技术发展与展望的角度，业内将目光更多地投入在以下通信应用场景及业务服务中。



## 空天地立体全覆盖

空天地立体全覆盖，将能够在任何地点、任何时间，以任何方式提供信息服务，实现天基、空基、陆基等各类用户接入与应用。系统不仅可以在全球范围内实现宽带和大范围的物联网通信，还可以集成精确定位、导航、实时地球观测等各种新功能。从应用场景来看，其可以在内陆地区用地面基站覆盖，发挥容量优势，满足海量接入需求；在偏远地区用卫星或临空平台覆盖，发挥覆盖优势，节省基站建设成本。

支持空天地立体全覆盖的 6G 网络需要满足一系列技术需求，例如：网络的覆盖广度和

深度持续提升，覆盖率可达 100%，实现真正的全球全域泛在通信；网络支持大时空场景的用户极简极智接入、高效天基计算、星地多维与多元素之间的功能柔性分割和智能重构、多星协作和天地协作传输以及无线资源的统一管控，能够提供广域时敏服务和按需确定性服务，明显提升系统的平均频谱效率和边缘频谱效率；网络支持各种形态的终端，其中终端移动速度可达 1000km/h 以上；除此之外，网络还需具有很好的抗毁应灾能力。



图 4-1 空天地立体全覆盖

## 深度覆盖

随着移动通信在人们生活中的渗透程度的提高，人们对通信质量的要求越来越高，难以容忍低质量区域。深度覆盖旨在消除覆盖盲点，提升弱覆盖区域的覆盖能力和用户的通信体验。深度覆盖场景包括室内和室外，其典型场景有建筑群场景、道路场景、开阔场景以及广

域深度覆盖场景等。为了实现无处不在的智能通信，6G系统对深度覆盖的覆盖率要求将达到近乎100%。超高清视频等大流量多媒体、增强扩展现实(XR)、全息影像等应用的需求使得6G系统对用户体验速率的要求相对于5G有大幅提升。



图 4-2 深度覆盖

## 全息通信

全息通信是面向未来虚拟与现实深度融合的一种新的呈现形式，以其自然逼真的视觉、触觉、嗅觉等多维感官的物理世界数据信息还原、赋能虚拟世界的真三维显示能力，使人们将不受时间、空间的限制，身临其境般地享受完全沉浸式的全息交互体验。其塑造了全息式的智能沟通、高效学习与教育、医疗健康、智能显示、自由娱乐，以及工业智能等众多领域的生活新形态。

在实现全息万物智联的同时，通信系统将面临更高的技术挑战以满足全息通信的传输需

求。以单流 4K ( $4096 \times 2160$ ) 为单位像素， $5 \times 5$  的全息图像数据为例：采用 60fps 刷新率，100:1 压缩比，为支持全息多维立体呈现效果，需支持至少 360 个并发流，传输峰值带宽将达 Tbps 量级，同时这也对终端解码能力提出了更高的要求。为实现全息远程医疗等场景中的精准操作、沉浸式交互体验、全息无差显示等，应满足定位精度达纳米 (nm) 级，端到端时延小于 5ms，丢包率尽可能为 0，以及超高的计算能力等需求。



图 4-3 全息通信

## 增强扩展现实

增强扩展现实(XR)作为未来移动通信的一种重要业务，能够通过计算机技术与可穿戴设备，在现实与虚拟世界结合的环境中，实现用户体验扩展与人机互动，满足用户日益增长的感官体验与互动需求。根据虚拟化程度的不同，增强扩展现实可分为增强现实(AR)、混合现实(MR)以及虚拟现实(VR)等多种类型，并将广泛应用于娱乐、商务、医疗、教育、工业、紧急救援等领域。

随着增强扩展现实业务的普及，未来移动

通信系统所面临的技术挑战是应对该业务数据传输速率与传输时延的更高要求。例如需要在满足极高可靠性的同时，还要求有更低的端到端时延，如小于1ms；对一些XR业务还至少需要1.5Gbps的传输要求，当100个用户同时应用该XR业务时，所需区域流量密度约为13Mbps/m<sup>2</sup>。此外，随着用户对终端设备的便携性以及功能完整性要求的提升，一部智能终端应用XR需要3–5W的功耗，终端节电也是未来移动通信系统所面临的一大挑战之一。



## 探测感知

探测感知涵盖精准定位、4D 成像以及物质特性识别等多维度、深层次感知服务，将是 6G 系统提供的一项重要服务能力，也是智能化网络应用的基础。探测感知可服务于通信系统本身，实现精准赋形、干扰协调、流量控制、网络资源优化等，全面提升系统性能。同时，借助于探测感知，6G 系统将为人们提供智能工厂、

智慧交通、智慧医疗等一系列场景应用中更为精准和个性化的数据信息。

通信感知对 6G 系统的性能要求提出了新的维度，包括感知精度、感知容量、感知时延、感知范围等。例如，服务于演进的工业场景，在要求低时延高可靠的前提下，还需要毫米级的感知定位精度以及高成像分辨率。

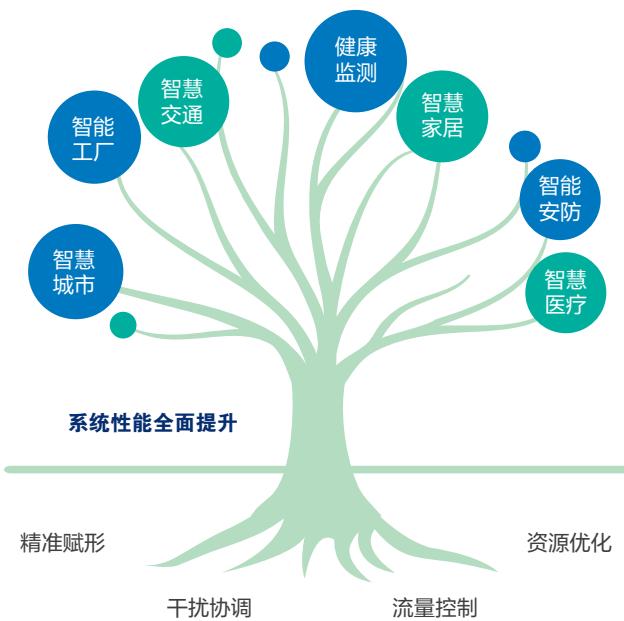


图 4-5 通感一体化系统 - 智慧之树

## 公共安全

在 6G 移动通信技术的支持下，公共安全的通信服务将进一步从以语音为中心的群组通信模式向全维实时态势感知、基于 XR 的信息共享通信模式发展演进。公共安全部门通过在重点区域部署固定传感器、有人 / 无人平台移动传感器、执法人员可穿戴传感器等，将不同来源的公共安全信息数据进行融合处理，实现数据驱动的事件监测、跟踪和预测，并借助数字孪生技术在后方构建全景式虚拟现场环境，以期提高指挥控制决策效率、实时反馈评估行动效果。

为确保公共安全通信服务的实时性、可

用性、可靠性和安全性，需要全面提升公共安全通信系统的性能。例如，数据传输速率达到 Tbps 量级，以满足关键任务的超高清视频（4K/8K/16K 等）多路并行传输需求和超大流量交互式数据传输需求；系统具备分钟级的快速机动部署能力，以满足突发公共安全事件的紧急处置要求；系统具有极高可靠性，以满足高精度对象（人脸、指纹、虹膜等）识别的数据传输要求；采用“内生”网络安全机制实现链路级、设备级、系统级、数据级、应用级的多层次网络安全防护。



图 4-6 6G公共安全通信

## 智能移动载人平台

5G 中对于智能车联网进行了较广范围的研究，其应用场景主要包括高级驾驶、辅助驾驶、自动驾驶和远程驾驶等。到 6G 时代，智能车联网将有进一步的发展，全自动无人驾驶的智能汽车将更为普及，将人们从驾驶的负担中解放出来，不仅为驾驶的安全、自动化提供便利，也将为乘客提供丰富的信息、娱乐、医疗救治等服务。进一步，更多的智能移动载人平台接入网络，将在“海 - 陆 - 空”多个层面为人们提供更加便捷的、立体化的交通服务。例如无人机因其灵活操控的特点，将广泛应用于工业、

农业、服务和军事等各种场景。

在实现包含“海 - 陆 - 空”多层面立体化交通服务的同时，6G 系统需要满足多样化智能移动载人平台的通信需求。例如：全自动无人驾驶根据不同级别需要延迟低至 3ms，可靠性高达 99.999%；远程医疗救护等特种车辆要求上行传输数据速率高达 Gbps，数据的延迟低至 1ms；车内娱乐或信息服务则要求更高的数据量。为满足无人机等空中智能移动平台的服务，需要构建三维网络架构来覆盖空间各个维度的用户、移动平台等。



图 4-7 智能移动载人平台

## 医疗健康

基于6G网络,健康医疗将进一步向智能化、个性化和泛在化方向发展。随着人工智能、大数据、传感器和触觉网络的不断成熟,将形成基于AI的智能人体参数获取与病变预测,基于“数字孪生人”的个性化健康监管与靶向治疗,基于全息的医学样本多维深度研究,以及远程诊断与手术等广泛的医疗健康新形态,以增强社会医疗服务体系,为人民健康生活保驾护航。

未来将有大量的传感设备广泛应用于人体

健康医疗中,通信系统所需提供的连接密度将大于100个/人。由于植入芯片及纳米级设备的引入,其功耗应降低10-100倍。为实现远程全息医疗手术中的精准操作与实时传输,传输带宽将达Tbps量级,可靠性最大程度接近100%,对于医疗手术等应用进一步要求时延低于5ms。为实现医疗健康中的云存储及大数据智能分析等,要求网络具有超高的云存储与计算能力,同时高效保障数据的隐私安全。



图 4-8 医疗健康

## 智能工厂

未来工厂将以面向公众的移动通信系统为入口，呈现一系列全新特征，比如个性化、定制化生产；生产资料、工艺以及生产地点的灵活配置；生产过程无人化；利用无人车、无人机进行产品自动化交付等。在未来工厂中，以6G为基础的信息通信系统将在需求导入、工厂配置、生产制造、产品交付等过程中提供通信、感知、智能等一系列能力，从而形成按需生产的智能工厂，服务于工厂业主以及最终用户。

在未来的智能工厂中，通信需求将呈现多样化、差异化的特点：例如在需求交互过程中，采用XR或者全息通信需要Tbps量级的传输速率；而在生产过程中仅需较低的传输速率以传递

控制命令，但需要极低的时延抖动（比如1us）和极高的可靠性（比如99.999999%）。机器与机器之间的通信将是未来工厂中通信的主体，特别在生产制造以及产品交付过程中，有限数量的机器动作以及语言符号可简化甚至改变通信的方式，定位与感知将成为辅助机器间通信以及行为的关键技术。智能化将贯穿未来工厂从需求导入到产品交付的全过程，特别的，利用人工智能技术实现智能工厂的全流程控制，将更有利于实现产能、通信、感知、计算等资源的优化配置。借助数字孪生技术，未来工厂可实现相关资源的预配置，甚至工厂升级换代。

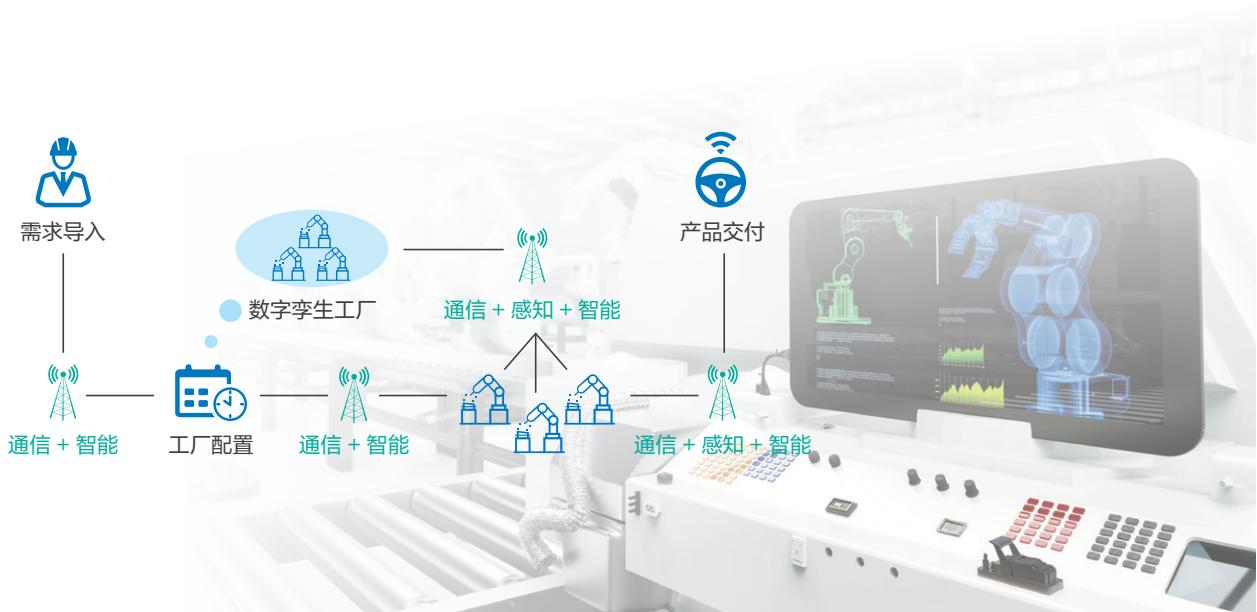


图 4-9 智能工厂

## 数字孪生社会

数字孪生社会是指将数字孪生技术应用到各行各业所产生的社会生活共同体，例如制造、航空、医疗、医药、农业、城市等。在数字孪生社会中，我们可以更好地了解和掌控我们的生活与工作，并可以预测与防控未来可能出现的故障和风险等。数字孪生是物理系统或生物实体的人工智能虚拟孪生体，通过实体与孪生体间的无缝连接、一一对应，以及实时数据交换，借助人工智能与大数据技术，在实体的全生命周期内，实现对实体的实时监控、控制、优化、

预测和决策改进等。

数字孪生社会对6G通信系统的要求呈现出新的特性，即实时精确的感测、多模态终端、泛在通用计算、实时控制与预测、新的人机交互接口以及多感官数据的融合等。数字孪生社会对6G系统的要求有重要的影响：孪生城市要求更大数量的连接，如 $10^7/\text{km}^2$ ，区域流量密度上行可达 $\text{Tbps}/\text{km}^2$ 的量级；孪生医疗要求更低的延时与更高的可靠性，如0.1–1ms和99.99999%，以及更低的能耗等。



图 4-10 数字孪生社会

## 5

## 6G能力

6G 通信能力与使用场景和应用有着非常密切的联系，同时考虑与智能化、大数据等 IT 技术相结合，需要支持数据交互和计算能力。由于网络的复杂度以及灵活性要求大幅升级，相应地也将提升网络安全能力。

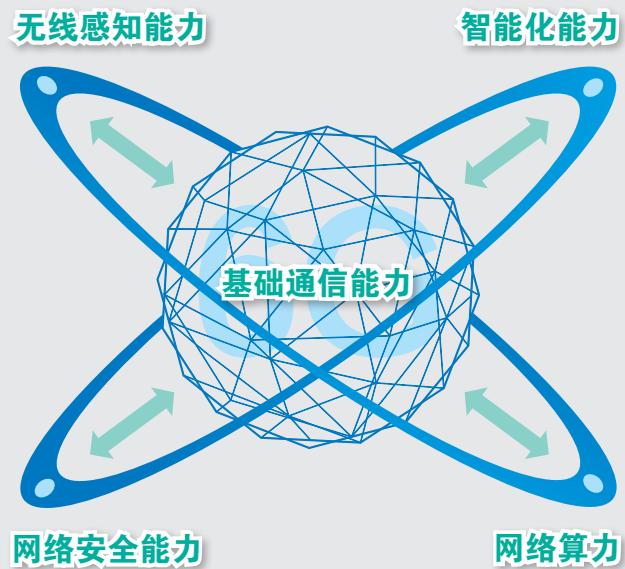


图 5-1 6G基础通信能力

## 基础通信能力

该能力主要面向满足未来趋势的不同使用场景中各种各样的通信质量要求，支持应用的灵活性和多样性。在满足各个场景的通信能力时，越来越多地需要考虑同时达成多个性能指标的组合要求。

这些性能要求主要与 6G 通信服务的两大使用场景相关。有些关键技术指标，例如谱效、可

靠性、移动性等是在 5G 阶段已经广泛使用的衡量标准，但 6G 要求将更高。还有一些关键技术指标，例如定位精度等，伴随移动通信应用的逐步发展，特别是在跨领域的场景中，逐步体现出重要性。未来根据一些全新的跨领域场景，例如智能工厂、探测感知等，可能会带来新的技术指标要求，用以衡量支撑该场景的通信质量。



图 5-2 通信能力性能指标

## 智能化能力

智能化能力主要面向移动通信系统自身，提升其智能化水平，这将是6G具备的重要能力之一。智能化能力在6G将发展为内生智能，即网络可以不需要外界干预，通过例如内嵌的数据处理、机器学习模型的训练、推演与分发等功能实现无线网络智能化。这样可有效缩短大量相关数据的传输路径和时延，并实现分布式人工智能，避免隐私泄露和数据安全问题。

具备内生智能的通信系统，将根据外部环境和业务的变化自动进行网络部署、无线资源管理、无线信号处理，实现各网元的自治，为各行各业提供智能高效的定制化服务。

## 无线感知能力

电磁波（包括光波）既可以用来传递信息，也可以用来感知成像。感知与通信一体化融合，为移动通信系统增加了新的能力维度，扩展了其作为信息基础设施的服务范围，为移动通信系统及其服务的对象提供了新的数据获取途径，特别地，利用感知所获得的数据可以作为网络智能化的数据基础。传统的相关应用，例如定位、雷达、成像、遥感、探测，在工业领域，特别是生产制造场所执行大规模且超过人类感知能力的探测感知操作，以及服务于数字孪生应用中物体、人以及环境的信息获取均可以通过6G无线感知能力来实现。

## 网络算力

伴随着人工智能的快速发展，6G网络将支持大量具有智能的机器接入，集中式的数据中心计算能力和智能终端的计算能力面临着极大的挑战，传统的端和云两级架构不能满足海量数据的处理要求，计算能力将向网络边缘发展，因此6G网络的计算能力将从“端-云”架构向“端-网-云”协同的架构方向演进。

面向6G的不同场景、不同业务需求以及6G网络的智慧内生属性要求，6G网络可以根据业务需求和数据处理需求弹性地分配计算能力。同时，6G网络通过“端-网-云”的高效协作，实现6G网络计算能力的随选和均衡应用。

“端-网-云”协同需考虑多维度关键性能指标要求，为满足多样化服务需求，利用网络内生智能，将计算资源优化扩展到多维资源联合优化。

## 网络安全能力

网络安全能力主要面向构建自适应的网络安全架构，具备动态地监测、分析、反馈、预测并持续自我完善的能力，具备自动安全防护的能力，实现网络安全的自适应和可编程。

6G网络应能在网络空间中准确识别网络行为主体，通过现实空间中人、设备、应用服务等实体向网络空间的身份可信映射，实现网络空间与现实空间身份的可信对应。

6G网络应能提供所需即所得的安全通信和应用服务，满足多样化应用场景需求，也应具备智能场景感知和按策略服务的能力。通过对场景信息的实时感知和智能分析，根据服务对象和场景智能选取不同的安全策略进行资源配置，提供差异化网络安全服务。

6G网络应支持实体内建可信免疫机制，采用主动方式保证网络和服务正常运行，实现对病毒、木马的主动防御。



## 6

## 6G技术趋势分析

支持上文中如此众多的具体场景和应用，满足相应技术能力性能需求，需要创新的技术、技术组合和系统设计，用以提升空中接口能力、增强网络性能和其它指标，并将人工智能、感知、计算等与无线通信网络有效结合。新一代的通信系统和通信能力的要求，需要开发更多的频谱资源，例如太赫兹频段以及相关的基础器件和系统技术。同时，网络架构、协议体系以及系统实现与运维模式的新探索和新发展将带来新的可能性，相关的技术将用于进一步支撑安全、智能、高效、开放、共享的通信系统。

## 超维度天线技术

超维度天线技术 ( xDimension MIMO, xD-MIMO ) 是大规模天线技术的演进升级，它不仅包含天线规模的进一步增加，还包括新型的系统架构、新型的实现方式、智能化的处理方式等。xD-MIMO 的使用也不再限于通信，还包括感知、高维度定位等。

新型的系统架构包括分布式 xD-MIMO 系统和基于智能超表面 ( RIS ) 的 xD-MIMO 系统等。分布式 xD-MIMO 系统采用灵活的分布式部署，通过各分布式节点间智能高效的协作进行资源调度和传输，可以有效地增强覆盖、消除用户的边界感、降低用户的能耗。基于 RIS 的 xD-MIMO 系统可以通过智能超表面实

现 xD-MIMO 的集中式或分布式传输，以及传播环境的智能重构。

新型的实现方式包括轨道角动量和全息 MIMO。利用轨道角动量不同模态间的正交性进行传输，将传统 MIMO 的维度进一步的扩展。而全息 MIMO 根据电磁波的干涉原理记录空间电磁场，通过全息信号处理方式将空间维度真正扩展到三维空间。

xD-MIMO 的智能化体现在 xD-MIMO 的各个方面，包括智能化的波束赋形、信号处理等，将充分挖掘 xD-MIMO 技术的潜力，使其达到前所未有的性能。

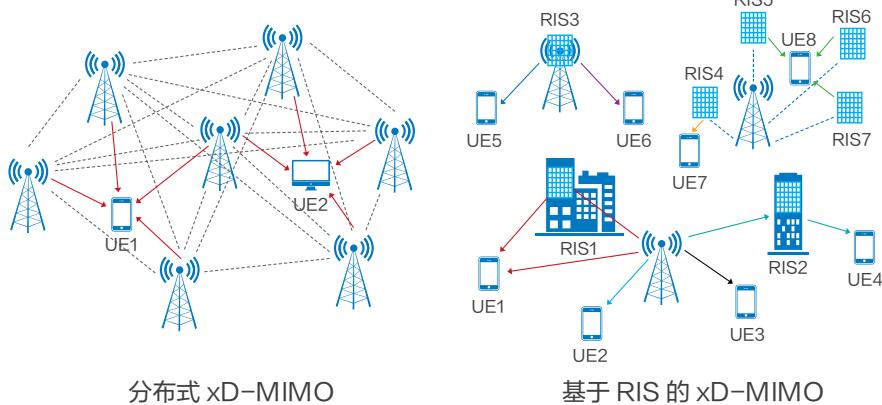


图 6-1 超维度天线技术

## 空天地融合技术

针对天基多层次子网（包括高轨卫星、中低轨卫星以及临空平台等）和地面蜂窝多层次子网（包括宏蜂窝、微蜂窝和皮蜂窝等）组成的多重形态立体异构空天地融合的通信网络，期望构建包含统一空口传输协议和组网协议的服务化网络架构，来满足不同部署场景和多样化的业务需求。未来用户只需要携带一部终端，就可以实现全球无缝漫游和无感知切换。

空天地融合技术应具备简洁、敏捷、开放、集约和资源随选等特点，尽量减少网络层级和

接口数量，降低运营和维护的复杂性。此外，面对空天与地之间在传输时延、多普勒频移等差异极大的信道环境，网络应能够高效利用时、频、空、功率等多维资源提升传输性能。应对这些挑战，需要建立弹性可重构的网络架构、高效的天基计算、空天地统一的资源管控机制、高效灵活的移动性管理与路由机制，进行天地的智能频谱共享、极简极智接入、多波束协同传输，以及统一的波形、多址、编码等设计。

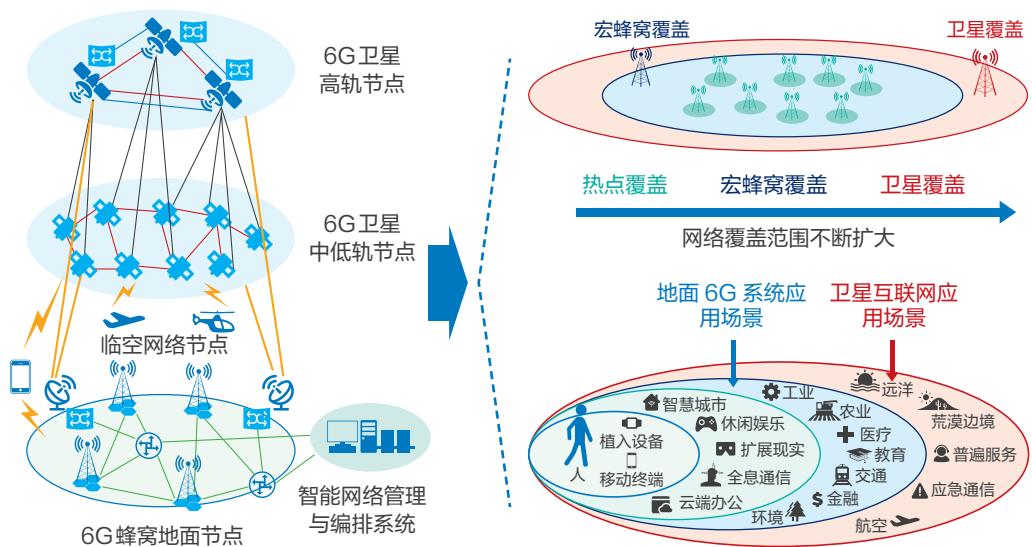


图 6-2 空天地融合的立体异构网络

## 智能无线技术

以机器学习为代表的人工智能技术将与 6G 系统的各个层面，例如网元设计、协议建立、网络侧和空中接口进行深度融合，形成智能无线技术，提升无线通信系统的整体以及定制化性能、自治能力，并且有效降低成本。例如，可以利用智能化技术，探寻新型的调制与编译码、提升频谱的使用效率以更好地实现频谱感知和共享、动态进行网元功能与能力的调整以适应通信情境的变化等。

有别于 5G 以外挂的方式引入人工智能，6G 将采用网络内生的智能无线技术实现无线网络智能化。鉴于算力由计算中心向网络边缘、用户终端的不断发展，智能无线技术也将呈现出分布式发展的趋势：核心网、基站、终端等网元均将具备不同程度的智能，借助联邦学习、迁移学习等新兴机器学习技术，共同提升 6G 无线网络智能化的水平。

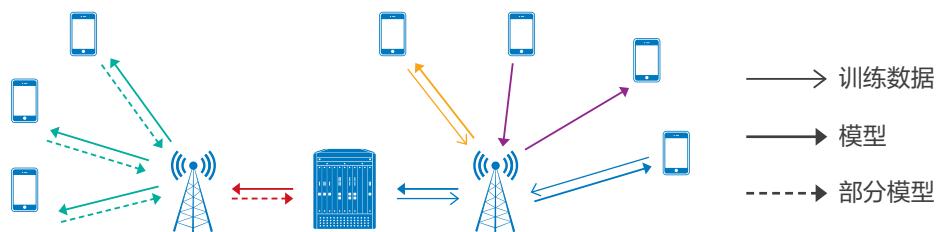


图 6-3 智能无线技术

## 通信感知一体化技术

5G 及以前的移动通信系统可以为感知数据提供传输的通道。在 6G 系统中，无线感知和无线通信可以进行更为深度的融合，采用被动感知、主动感知、交互感知等方式与无线通信形成互补。例如可利用无线感知技术对需要通过无线网络传输的原始图像或其对应的数据信息，通过无线感知的方式进行获取，而获取的信息也可以进一步辅助通信的接入和管理。

在 6G 系统中，可进一步有效利用太赫兹、可见光等高频段的频谱资源，通过通信和感知模块的融合以及波形和多天线技术的协同，实现对例如环境、位置、人体动作的精准感知，同时还可降低设备体积。但通信与感知技术的融合也将对移动通信系统的收发信机提出更高的挑战，比如采用类似雷达的主动感知技术需要收发信机支持全双工通信功能等。

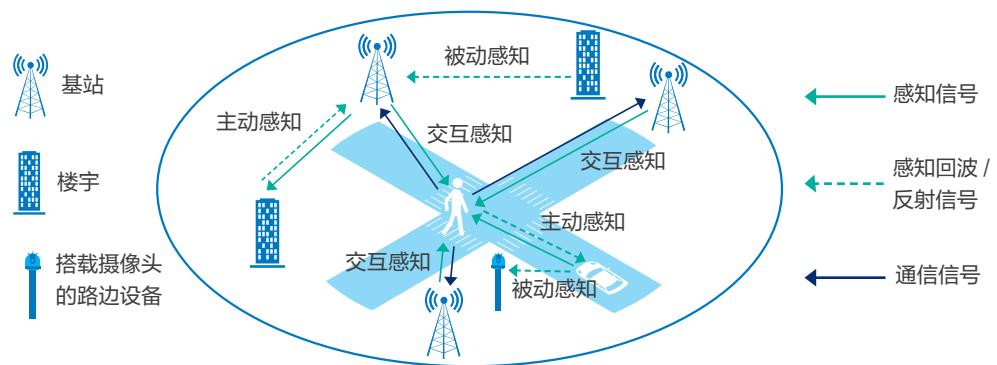


图 6-4 通信感知一体化

## 演进的多址接入技术

多址接入技术在过去的几代无线通信演进中均具有重要的作用。通过该技术，可以使得更大数量的用户同时接入网络，有效地保证系统的容量。但至今为止，多址技术在标准化和产品实现中仍然偏重于正交的多址技术，即采用完全正交的时间、频率资源来区分用户，这使得资源的利用既有限也不够灵活，对于6G出现的海量用户接入场景，呈现出其技术局限性。为了能保证无线通信中更多的用户同时接

入且满足相应场景更高的通信需求，多址接入技术需要在6G系统中进一步演进，例如采用非正交多址技术以及其相应的增强技术，来提高空口资源的使用维度，并有效提高接入和传输的成功率，同时，有利于更高优先级用户集合的接入。通过新型的或者优化的空口设计，非正交多址技术可以有效地提升接入的用户数量，缩短传输时延，特别是更利于垂直行业中小包数据的突发传输。

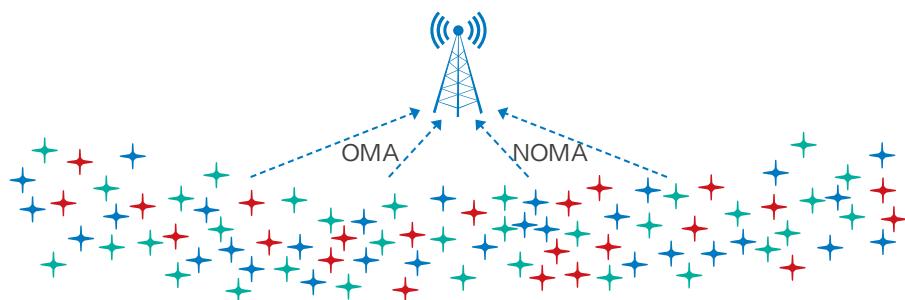


图 6-5 新型接入技术

除以上这些关键技术趋势外，学术界、通信产业界还对大量潜在用于6G的使能技术展开研究工作，包括先进的调制、编码、波形、全双工等无线接口增强技术，支持新商业模式的新架构、数字孪生、智能网络服务、安全内生等提升无线网络性能和精准度的增强技术，以及更加高效的频谱使用技术，终端技术，增强网络适应性和可持续性的新兴技术。同时新兴技术面临的挑战是巨大的，特别是在超高频段上，要求新型的高性能器件、集成电路以及核心材料等，以支撑技术和性能发展。

## 结束语

随着信息社会的发展，人类社会致力于缩小数字鸿沟，通过高科技的手段提高人类生活和生产的质量及效率。通信作为连接人与人、人与物、物与物的有效桥梁，预计也将在十年后具有不可限量的发展前景，达到无处不在的全域覆盖与各行各业的场景智联。

6G 应用场景和业务服务的拓展和深化，跨领域的能力与技术的深度融合，既要满足灵活具有弹性的定制化需求，又要保证移动通信基础网络的能力、效率和安全可靠性，完整全面的技术标准目标面临着更加严峻的挑战。国际电信联盟将于 2021 年启动 6G 的总体愿景研究工作，在全球业界各方的共同努力下，6G 的国际标准预计将于 2030 年前后发布。

中国信科大唐移动作为移动通信产业的核心力量，依托无线移动通信国家重点实验室，在未来移动通信技术预研上，已经投入专家团队，结合“全域覆盖、场景智联”的发展愿景，将不遗余力地推进通信产业的发展。从覆盖、容量、谱效、能效、场景连接、内生安全、多维智能等方向出发，研究新能力、新架构和新技术，勾画移动通信未来发展的新蓝图。



地址：北京市海淀区学院路 29 号 邮编：100083

电话：+86-10-58832000

网址：<https://www.datangmobile.cn>



中国信科



大唐移动