

# 6G 传输技术白皮书

发布单位：中移智库

编制单位：中国移动通信研究院



## 前 言

6G 是未来新型基础设施的核心支柱，不仅推动移动通信代际升级，更是关乎长远发展的国家战略性工程。6G 网络性能指标显著提升，业务融合加剧流向复杂性，分布式与协作式架构带来连接的高动态特性。6G 将不再局限于 5G 时代“以连接为核心”的能力增强，而是全面演进为融合“通信、感知、计算、智能、安全”等多维能力的新一代信息基础设施。

传输网作为 6G 系统的承载基石，必须前瞻性地应对 6G 演进所带来的协同性提升、灵活性增强、智能化内生等深刻挑战。然而现有传输技术在灵活智能、业务感知、融合组网等方面存在瓶颈，带宽、时延、同步等关键性能也难以满足 6G 多样场景的极致需求。因此，需构建面向 6G 的传输技术体系，实现以大带宽、精细粒度等连接能力增强和高灵活、智能化、多维协同处理等新能力融合为特征的新型传输网络，推动 6G 传输网络实现从“连接”向“超越连接”的跃迁，以支撑 6G “通感算智安”多维要素高效统一承载与差异化保障。

本白皮书系统阐述中国移动对于 6G 传输网络的愿景构想、架构设计、关键技术与初步实践，期望为产业界在相关技术研究、产品开发中提供有价值的参考与指引，共同奠定 6G 超越连接、万物智联的坚实根基。

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建议之部分或全部内容。

# 目 录

<b>1 6G 发展概述 .....</b>	<b>5</b>
1.1 总体愿景和核心能力指标 .....	5
1.2 6G 典型业务场景 .....	6
1.3 国内外标准演进与产业共识 .....	9
<b>2 6G 传输需求与挑战 .....</b>	<b>11</b>
2.1 大带宽 .....	11
2.2 低时延 .....	13
2.3 灵活性 .....	14
2.4 智能化 .....	15
2.5 协同性 .....	15
<b>3 6G 传输核心理念与架构 .....</b>	<b>16</b>
3.1 6G 传输核心理念：从“连接”到“超越连接” .....	16
3.2 6G 传输架构 .....	19
<b>4 6G 传输关键技术 .....</b>	<b>20</b>
4.1 超宽光电接口技术 .....	21
4.2 灵活时隙粒度技术 .....	22
4.3 智能感知技术 .....	23
4.4 超低时延转发技术 .....	24
4.5 分布式智能控制技术 .....	25
4.6 无损可靠传输技术 .....	26
4.7 全域安全加密技术 .....	27
4.8 极致时空间同步技术 .....	28

---

5 6G 传输原型样机验证 .....	29
6 总结与展望 .....	31
缩略语列表 .....	33
参考文献 .....	34

# 1 6G 发展概述

6G 作为新一代移动通信系统，将推动通信范式从“万物互联”向“万物智联”的演进，实现通信、感知、计算与人工智能等多维能力的系统性融合。2023年6月，国际电信联盟（ITU-R）正式发布《IMT 面向 2030 及未来发展的框架和总体目标建议书》[1]，初步形成全球统一的 6G 愿景框架，阐述了 6G 典型应用场景与关键能力指标体系，并强调通信与感知、计算及人工智能深度融合的技术方向。未来，6G 网络将逐步构建为通感算智一体、空天地全域覆盖的新型信息基础设施，为 2030 年及以后全球数字经济的高质量发展提供关键支撑。

## 1.1 总体愿景和核心能力指标

《IMT 面向 2030 及未来发展的框架和总体目标建议书》是 6G 发展的纲领性文件，明确了面向 2030 及未来的 6G 系统将推动实现包容性、泛在连接、可持续性、创新性、安全性、隐私性和弹性、标准化和互操作等七大目标。6G 用户和应用将呈现泛在智能、泛在计算、沉浸式多媒体和多感官通信、数字孪生和虚拟世界、智能工业应用、数字健康与福祉、泛在连接、传感和通信融合、可持续性等九大趋势。

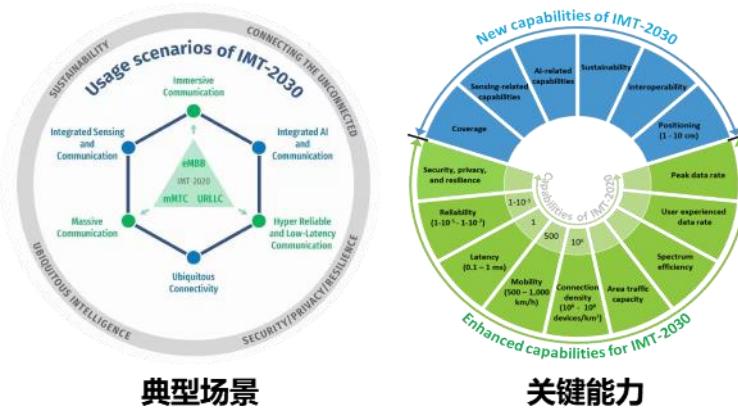


图 1 6G 典型场景和关键能力

与 5G 相比，6G 的跨越集中体现在能力的“极致”和“融合”。“极致”即将 5G 原有的连接能力推向极致，而“融合”即通感融合（通信与感知融合）、通智融合（通信与人工智能融合）以及天地融合（空天地一体化网络）。6G 时

代将构建一个物理世界与数字世界深度智能多维融合的新型信息基础设施，最终实现“万物智联、数字孪生”的美好愿景。

在 6G 能力指标上，IMT-2030 定义了 15 个关键能力指标，可划分为以下两大类：

- 增强型能力指标：在 5G 基础上大幅提升，包括峰值速率（预计达 Tbps 级别）、用户体验速率（Gbps 级别）、频谱效率（目标是 5G 的 2 倍以上）、区域流量容量、连接数密度（支持每平方公里高达  $10^8$  级连接）、移动性、时延（降低至亚毫秒级）、可靠性以及安全、隐私和弹性。
- 全新能力指标：体现 6G 全新型能力的指标特质，包括定位精度（厘米级甚至亚厘米级）、互操作性、可持续性、AI 相关能力（覆盖从数据采集、分布式模型训练到推理的 AI 全流程）、感知相关能力（如成像、目标检测与环境监测）和覆盖范围。这些新能力标志着 6G 从“连接”走向“连接、感知与智能”的融合。

## 1.2 6G 典型业务场景

未来 6G 网络将利用全频段、大带宽、大规模天线阵列、多节点协作等能力，提供超高分辨的检测定位跟踪、环境目标重构与成像、目标动作识别等能力，在支撑极致通信体验的同时，支撑全新的网络服务场景落地。这些新场景新业务对网络的需求愈发多样化精细化，不仅要求连接能力极致提升，更强调“通感算智安”多要素融合。在此基础上，通过空天地一体化融合，提供全域立体的连接覆盖。空间网络具有覆盖范围广、偏远地区部署成本低等独特优势，可以作为地面网络的有效补充和增强，与地面网络共同构成空天地一体化融合网络，真正实现 6G 通感算智融合业务的泛在连接。6G 典型业务场景如下：

- 通感一体化

通感一体化（ISAC）作为 5G-A 和 6G 的核心使能技术，通过将通信与雷达感知功能深度整合至同一硬件和频谱系统，实现资源共享与效率倍增。其核心价值在于通信与感知的协同增益：环境感知数据（如目标位置、信道状态）可优化通信波束与可靠性，而强大的通信网络则支持分布式感知数据的实时融合。一种

三层 ISAC 架构可包含主站 Master BBU、从站 Slave BBU 和 SF：Slave BBU 负责目标位置感知与信号处理，Master BBU 进行运动轨迹去重与拟合，SF 完成最终轨迹拼接。这种创新架构不仅显著提升频谱效率，更为自动驾驶、元宇宙和高精度定位等应用提供关键支撑，成为连接物理与数字世界的重要桥梁。

为支撑通感一体化基站协同运行，承载网需满足从站至主站传输、主站至感知平台传输、主站至核心网传输这三类关键业务流的确定性传输要求。整体上，承载网需具备低时延、中高带宽的确定性承载能力。

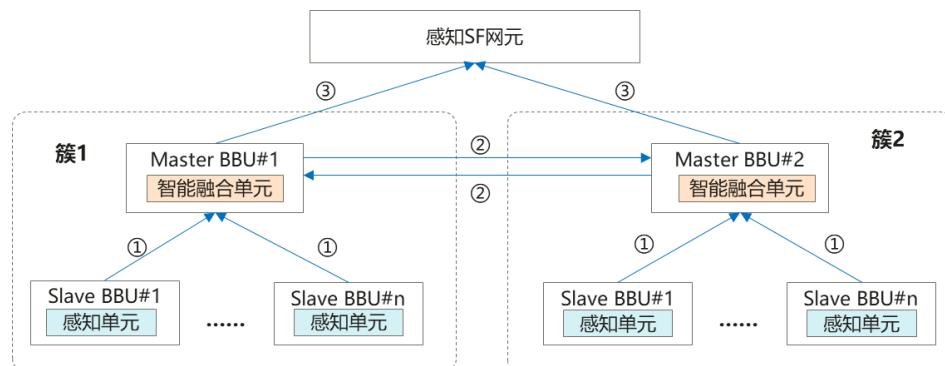


图 2 通感一体化组网示意图

### ● Cell-free MIMO 跨站协同

在传统同频组网架构中，小区边缘区域面临严重的同频干扰问题，导致用户体验速率显著下降。为解决这一挑战，无线将引入 Cell-Free MIMO 技术，通过构建基站间深度协同机制，实现信道状态信息（CSI）的实时共享和数据的联合传输，不仅有效增强了边缘覆盖能力和抑制了干扰，还能显著提升系统容量，从多天线系统角度看，这种分布式架构相当于扩展了发射端天线规模，可同时获得功率增益、空间分集增益和复用增益等多维性能提升。

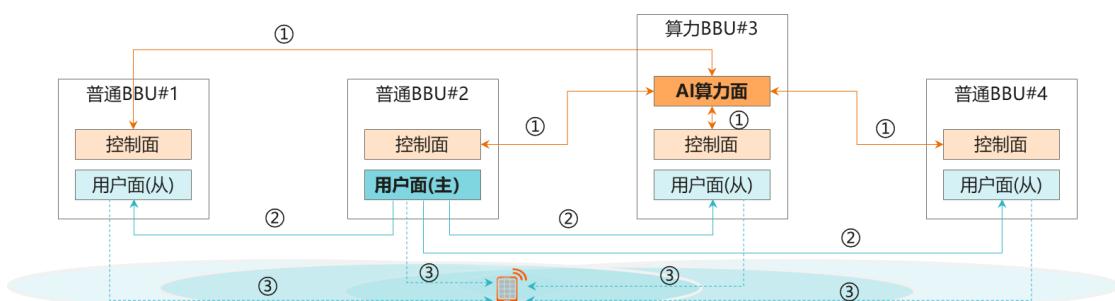


图 3 Cell-free MIMO 架构示意图

Cell-Free MIMO 业务数据分为控制面和用户面两类：以用户为中心的接入机

制下，控制面数据在协作节点的控制面和 AI 算力面间传输，基于用户信道质量决策，动态从协作节点种中选择一组服务节点，为用户提供 MIMO 服务；用户面数据则在协作节点集群间传输，包含多基站协同发送/接收的实际用户数据，在一主多从协作场景下，主 BBU 以组播方式下发用户数据至从 BBU 集群，而从 BBU 则通过单播将上行数据汇聚至主 BBU。

整体上，承载网需在低时延约束下，稳定支持约 10Gbps 量级突发性业务传输，并适配点对点与点对多点的混合通信模式。

### ● 沉浸式通信

面向 2030 年及未来，网络及 XR 终端能力的提升将推动 XR 技术进入全面沉浸化时代。云化 XR 技术中的内容上云、渲染上云、空间计算上云等将显著降低 XR 终端设备的计算负荷和能耗，摆脱了线缆的束缚，XR 终端设备将变得更轻便、更沉浸、更智能。云化 XR 系统将实现用户和环境的语音交互、手势交互、头部交互、眼球交互等复杂业务，需要在相对确定的系统环境下，满足超低时延与超高带宽才能为用户带来极致体验。以 3A 电竞类游戏为例，最佳体验是 144 帧/秒，每帧间隔 6.9ms，要求网络 RTT 时延<1.5ms，同时业务对抖动的要求也比较高，抖动高会导致游戏掉帧画面模糊和卡顿。此外，云游戏与 Cloud VR 用户按需使用云端算力，算力与网络资源协同启停，需要具备感知用户业务并按需提供链接和带宽的能力。

整体上，承载网需在 10ms 级时延约束下，同时支持视频流、音频流、动作数据流的协同承载，确保多数据流间的同步传输与时域协同。

### ● 人工智能与通信

人工智能（AI）已被视为 6G 系统的核心使能技术，人工智能与通信有望促进分布式计算和智能应用的发展。二者融合预计将涵盖一系列新功能，例如从不同来源获取、准备和处理数据，分布式人工智能模型训练、模型共享、分布式推理以及计算资源编排。AI 服务的一个关键特征在于其对海量、弹性、分布式计算资源的内生需求。例如，支持 AI 服务的应用通常需要大量计算能力来完成训练数据处理和推理任务。随着计算在终端设备与边缘基础设施间的动态迁移，分布式 AI 工作流正逐渐成为主流。这类工作流具有超低时延、超高可靠性和动态

资源编排等典型特征。

此外，AI 业务呈现出独特的流量模式：既包括分布式训练所需的持续性大象流，也包含参数同步所需的细粒度微突发流，这就要求网络能够提供任意粒度的灵活传输管道。AI 服务的另一个本质特征是对网络损伤的极端敏感性——即使是最轻微的网络损伤也会导致计算性能衰减。例如，仅 0.1% 的数据包丢失就可使计算性能下降高达 50%。这种特性使得确定性且可靠的网络性能成为分布式 AI 训练和实时推理应用的关键支撑。针对 AI 与通信融合业务，承载网需满足以下两类核心场景的差异化承载需求：其中基站协同交互业务流量高动态变化，对传输时延要求严格，需提供确定性低时延与弹性管道带宽支持；AI 模型训练/推理具备混合大带宽与小带宽流量特性，需同时具备弹性带宽分配、高可靠传输与零丢包保障能力。

### 1.3 国内外标准演进与产业共识

全球 6G 技术研发与标准化工作已进入系统性推进阶段。国内外标准化组织、运营商、产业链企业等均积极开展 6G 标准与技术研究。

#### ● 国际标准化组织与产业界研究情况

作为全球移动通信技术标准的主要制定者，第三代合作伙伴计划（3GPP）已于 2024 年立项开展 6G 场景和需求研究，两项研究项目均由中国移动代表担任报告人，标志全球 6G 标准研究进入实质阶段。之后，3GPP 陆续启动网络架构、无线空口、安全技术等 6G 研究项目，并确定了清晰的标准化路线图。

国际电信联盟 ITU-T 在 2025 年 3 月立项开展面向 2030 年及未来的国际光网络（ION-2030）代际研究[2]，在锚定 IMT-2030（6G）核心需求的基础上，进一步拓展了应用场景的覆盖广度，明确面向 IMT-2030 承载关键能力特性如图 4 所示。中国移动主导提出以大带宽、低时延、高可靠三大核心能力与超高协同、业务驱动管控、网络智能、高精度时频同步等八项技术为特征的 6G 承载关键技术方向。

国外业界主要关注大容量接口、灵活动态组网、智能协同管控等技术方向。OIF 2025 年 5 月完成支持 800G 灵活以太接口的 FlexE IA3.0 协议发布，这些高

速接口标准的发布为 6G 回传大带宽接口研究奠定了基础。欧盟地平线计划资助的 FLEX-SCALE 项目，旨在研究接口容量灵活扩展、多粒度灵活组网等技术，为 6G 回传提供创新解决方案。西班牙加泰罗尼亚电信技术中心（CTTC）分析 6G 通感算智融合对承载的需求并提出大容量、灵活可重构、智能管控等关键技术，还面向多粒度组网提出了灵活连接控制方法。

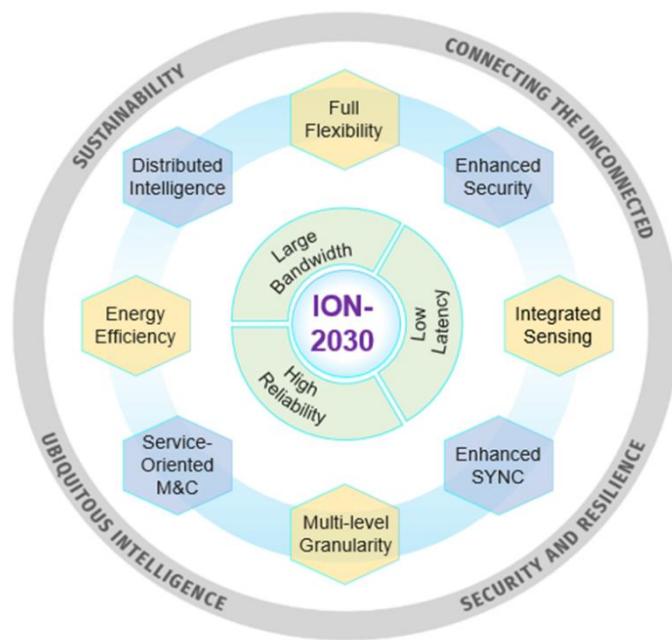


图 4 ION-2030 传输网络的关键能力特性

### ● 国内产业链研究情况

在国外业界积极探索的同时，国内相关单位也紧跟 6G 技术演进趋势。中国指导成立的 IMT-2030（6G）推进组已发布《6G 总体愿景与潜在关键技术》等研究成果[3]，并组织对通感一体化、无线 AI 等 6G 关键技术开展测试验证，加速技术成熟。

2025 年 4 月，中国移动发布《“九州” 算力光网 “AI+” 时代目标架构白皮书》[4]，系统梳理了 6G 回传的核心技术需求，明确大带宽、多通道协同、灵活连接等关键技术方向，并联合华为、中兴等企业在中国通信标准化协会（CCSA）立项开展 6G 网络切片承载与协同组网关键技术研究。

中国联通、中国移动等单位在 IMT-2030（6G）推进组牵头完成面向 6G 算网一体的承载需求与架构研究[5]，提出多流同步传输、差异化精准承载等核心技

术方案。中国电信联合中兴等企业发布专项白皮书,深入剖析 6G 网络架构特征,明确承载技术的演进思路与实施路径。

## 2 6G 传输需求与挑战

### 2.1 大带宽

6G 网络高、中、低频段的融合组网与协作式架构,为光传输网络带来了巨大的带宽压力。原因如下:

- (1) 多频段协同带来的频谱效率与基站峰值速率跃升,直接驱动了南北向回传流量的显著增长;
- (2) 基于分布式 MIMO 等协作化架构,在基站间引入了规模显著的东西向协作流量;
- (3) 6G 网络内生感知、计算和 AI 等新型流量叠加进一步加剧了带宽需求。

这种多重增长趋势共同驱动传输网络各层带宽升级:预计接入层需普及 100G,汇聚层迈向 400G,核心层则需支持 800G 乃至 1.6T 接口。IMT-2030 (6G) 基站回传带宽预测如下表所示。

表 1 IMT-2030 基站回传带宽参考

基站站型配置 (示例)		
	IMT-2030 低频	IMT-2030 高频
频谱	2.6GHz, 160MHz 带宽	毫米波, 1200MHz 带宽
基站配置	3 小区, 64T 64R	3 小区, 2T 2R
频谱效率	峰值: 45.12bit/Hz 峰值: 13.9bit/Hz	峰值 15bit/Hz 均值 3bit/Hz
其他	封装开销 10% 负载比 60%	

单基站南北向流量		
单站峰值速率= (单小区峰值+2*单小区均值) * (1+封装开销)		
单站峰值速率	10.88Gbit/s	24.55Gbit/s
单站均值速率=单小区均值*3* (1+封装开销)		
单站均值速率	4.4Gbit/s	7.13Gbit/s
单基站东西向流量 (按照南北向流量的 40%计)		
单站协同峰值	10.88G*0.4=4.35Gbit/s	24.55G*0.4=9.82Gbit/s
单站协同均值	4.4G*0.4=1.76Gbit/s	7.13G*0.4=2.85Gbit/s
单基站回传流量 (南北向+东西向)		
单基站回传峰值	10.88G+1.76G=12.64Gbit/s	24.55G+2.85G=27.4Gbit/s
单基站回传均值	4.4G+1.76G =6.16Gbit/s	7.13G+2.85G=9.98Gbit/s
回传流量		
	普通地区 (均为低频站)	热点地区 (30%高频站)
接入 (南北向)	94.54Gbit/s	121.84Gbit/s
接入 (东西向)	97.63Gbit/s	125.25Gbit/s
汇聚	283.63Gbit/s	365.52Gbit/s
核心	709.8Gbit/s	913.81Gbit/s
前传带宽		
$\geq 100\text{GE}$		
回传带宽		
接入	$\geq 100\text{GE}$	
汇聚	$\geq 400\text{GE}$	

核心	800GE~1.6TE
----	-------------

## 2.2 低时延

超低业务传输时延首先应满足 IMT-2030 典型业务场景的低时延要求。对于具有混合数据流（如视频、音频和其他环境数据）且以时域同步方式传输的新兴业务（如沉浸式 XR/VR、远程多感官呈现和全息通信等），应保证多个数据流之间具有较低的相对传输时延。3GPP 为 VR/XR 服务中的不同信号流定义了不同的 5QI 标识，并对数据流之间的相对时延提出了严格要求。动作到视觉的延迟（即用户头部的物理位移与头戴式显示器中更新画面之间的延迟）要求小于 15ms，动作到声音的延迟（即用户头部的物理位移与头戴式扬声器发出的声波到达其耳朵之间的延迟）要求小于 20ms。3GPP TR 22.870 技术报告（6G 用例和服务要求研究）中对于不同应用案例的时延要求参见表 2。

表 2 3GPP TR 22.870 技术报告中典型应用案例的时延要求

应用案例		时延
通感一体	为弱势行人提供安全援助	最大传感服务延迟≤500ms
	高分辨率地形图	最大传感服务延迟≤50ms
	低空无人机监控	最大传感服务延迟：建筑：[10-600s]；车辆≤100ms
	道路数字化	最大传感服务延迟：[1-5s]
	检测海岸或河流中的船只	最大传感服务延迟≤5s
	增强 XR 用户导航	最大传感服务延迟≤100ms
泛在连接	泛在弹性网络	端到端时延：[10-100ms]
	卫星网络弹性定位	定位服务延迟≤1s
	TN 和 NTN 混合定位	定位服务延迟：[0.1-0.5s]

	NTN 和 GNSS 混合定位	定位服务延迟: [10ms-1s]
沉浸式 通信	沉浸式游戏	最大允许端到端延迟: 计算流: [5-20 ms]; 对话与游戏状态 流: [50-100ms]; 流媒体: [200-300ms]
	通过 UE—网络—云协同处理提供 确定性体验的多媒体服务	突发情况的最大允许延迟: 协同式图像 增强≤1500ms; 协同式游戏增强≤50ms
	教育中的无缝沉浸式现实体验	端到端时延: 分割渲染<10ms; 声音 <50ms; 协作<150ms
	混合现实游戏	应用时延≤20ms
工业与 垂直行 业	城市空中交通飞行器通信	端到端时延: [20-200ms]
	协作式移动机器人	最大允许端到端延迟: [1-10ms]
	实时数字孪生	最大允许端到端延迟: [1-10ms]
	基于三维工厂模型的增强现实 (AR) 引导任务	网络传输时延: [1-5ms]
	动态环境中的协作感知——通过 实时数据共享提升共同决策能力	时延: [10-100ms]

## 2.3 灵活性

在网络架构层面，分布式核心网所要求的“即插即用”部署模式与基于协作的故障恢复机制，使得子网内及子网间的连接关系具备高度动态性。无线接入网与核心网之间的拓扑关系需随业务和网络状态实时调整，这要求传输网络具备前所未有的灵活连接与动态重构能力，以支持网络功能的快速部署与资源整合。

与此同时，协作式无线接入网架构进一步引入了高动态的跨站连接场景。为实现分布式计算资源的协同与动态组簇，传输网络不仅需提供灵活的连接建立能力，还需支持连接路径与带宽的实时动态调整，从而优化计算资源的全局调度。

此外，由于跨站协作流量随用户移动与业务需求频繁变化，传输网络还应具备高度自适应的灵活连接机制，实现按需快速响应与精准资源匹配，以保障业务体验与网络效率的双重目标。

因此，为支撑 6G “通感算智”深度融合、业务流复杂多样以及分布式协作架构所带来的高动态连接需求，传输网络需将灵活性内化为连接能力的基本属性，实现面向融合业务的随流触发、智能调度能力。

## 2.4 智能化

当前网络的智能化能力仍主要面向特定应用场景，难以满足未来用户多样化业务的极致体验需求与网络自身对极致效率的追求，亟需从顶层设计出发，系统性推进传输网络整体智能化水平的提升。这一目标的实现，依赖于数据、算力与算法三大智能要素的协同演进：在数据层面，需在现有感知数据基础上进一步提升其广度、质量与实时性；在算力层面，应在强化集中控制器能力的同时，重点优化设备侧计算资源的利用率，构建云边协同的分布式算力格局；在算法层面，则需发展大小模型协同的混合算法体系，以支撑从设备级实时控制到网络级全局优化的全场景智能需求。与之相应，智能的部署也呈现多元化路径，涵盖以运营管理中心（OMC）为核心的集中式智能、分布于设备侧的嵌入式智能，以及二者结合的协同智能模式。

面向未来，构建具备分布式智能的 AI 内生传输网络已成为实现泛在智能愿景的关键步骤。这具体体现为双向赋能：一方面，是人工智能赋能传输网络，基于大语言模型等先进 AI 技术实现网络全生命周期的自主管理与闭环自智，显著提升其自监测、自优化、自愈合能力与整体能效；另一方面，是传输网络赋能人工智能，通过提供具备超高可靠性、超低时延与无损传输特性的高性能连接，为各类大规模 AI 应用提供坚实的信息基础设施支撑。

## 2.5 协同性

6G 融合感知、计算与 AI，在传统通信流量外新增感知数据、计算交互、站间

协同等多样化流量，承载需求存在显著不同。传统扁平化承载机制难以满足其精细化承载需求，需构建新型立体化承载机制，满足面向多模态流量的多层次精细化协同承载需求，因此“协同化”是贯穿网络算力、传输、业务多要素融合演进发展的核心主线。

协同性具体表现为以下四个协同层次：一是面向多维融合业务的业务与传输网络协同，基于业务需求精细化感知，对多维融合业务进行细分标识，根据业务传输需求进行网络资源的动态协同调度，支撑复杂多样业务流的高质量差异化承载；二是面向精细业务流的多维连接通道之间的协同，重新定义物理层光/电接口、通道层内大小颗粒时隙及通道/分组层融合逻辑，突破资源分配刚性化、利用率低的瓶颈，并基于高精度时间同步技术保障多维传输通道间相对时延满足要求；三是面向业务的跨传输网、无线接入网以及核心网的端到端网络协同，基于端到端拉通且可视的统一业务标识实现传输网与业务的深度协同。

### 3 6G 传输核心理念与架构

#### 3.1 6G 传输核心理念：从“连接”到“超越连接”



图 5 6G 传输核心理念

面对 6G 新兴业务对网络能力的极致要求，6G 传输将突破传统架构限制，实

现从提供“高速管道、精准切片”的基础“连接”，向提供综合价值服务的“超越连接”底座的战略性跃迁。通过深度融合“动态智能、多维协同、全域安全”三大要素，6G 传输网络将从传输管道提供者向“网业算协同中枢、全域智能感知载体、安全可信基石”三位一体的角色转变，实现网络价值的根本性跨越，为 6G 万物智联时代提供坚实可靠的连接底座。其内涵具体体现在以下四个维度：

- **超宽精细：“连接增强”——让连接超宽弹性**

传输网络的“连接”特性在 6G 时被赋予了更高的极致性能要求，在网络容量持续演进的同时，通过引入灵活的带宽调度机制，实现对不同业务需求的精准适配。这种基于业务特征的智能带宽供给模式，不仅能够满足 6G 业务动态多变的传输需求，更通过资源的高效利用，为构建经济可持续的未来网络奠定坚实基础，打造面向 6G 时代的超大容量、灵活颗粒的传输底座。

- **动态智能：“连接+智能”——让连接灵活自智**

6G 传输将 AI 与数字孪生技术深度融合“规-建-维-优-营”全流程，通过引入内生智能告别静态僵化的配置模式，实现对网络状态与业务需求的实时感知、动态调优与预测性维护，最终达到“灵活自智”的运营境界。通过网络即服务架构，将连接、算力和智能资源统一抽象为可编程能力，支持业务按需调用。基于数字孪生平台实现全网状态秒级同步与策略预演，驱动资源动态调度与故障自愈，实现从被动响应到主动预防的转变。最终形成算网智一体融合的新型基础设施，具备自我优化、自我演进的生命力，为千行百业提供智能、弹性、高效的网络服务。

- **多维协同：“连接+协同”——让连接精准高效**

面向通感算智带来的多维信号传输，以及 Cell-Free 站间协作、6G 核心网分布式部署、感知和智算处理下沉等带来的高动态连接的挑战，6G 传输将打破传统通信协议栈各层（如 L1 物理层、L2 数据链路层、L3 网络层）独立运作的模式，通过跨层信息感知与联合决策，将网络资源（如时隙、频谱、队列）作为一个整体进行一体化调度。

在媒介层，通过光物理层与电物理层的协同设计，构建新型高可靠低复杂度以太网光接口与超高波特率长距相干光接口，并依托更灵活时隙粒度的电层

接口，在保障平滑演进的同时显著提升传输效率。在通道层，通过大颗粒时隙与精细化时隙的协同调度，实现时隙弹性复用与带宽精准匹配，为 6G 高并发、高动态业务提供高效的承载能力。在分组层，在现有灵活转发基础上引入极简转发模式，进一步强化确定性性能，构建端到端协同传输体系。同时引入业务感知层，通过分布式智能管控体系，实现对 6G 融合业务的精细化感知与多层次资源统一编排，完成从分组层、通道层到媒介层的跨层协同控制，最终形成灵活高效的连接资源调度能力。

### ● 全域安全：“连接+安全”——让连接安全可信

6G 传输网络将构建端到端、可持续演进的安全技术体系，为千行百业的多样化应用提供“安全可信”的承载基石。将从传统的“外挂式防御”向“网络基因”式的内生安全体系演进。其核心是构建“点固、线韧、面防”的三维纵深防御体系，覆盖设备、业务、网络各层级。

在“点”维度，强化设备本体内生免疫能力，以抵御攻击渗透；在“线”维度，确保关键业务流的端到端安全可信，例如为高价值专线提供差异化安全管道乃至量子级防护；在“面”维度，构建全网级的内生安全框架，实现跨域协同防护。通过点、线、面的能力交织形成动态防御网络，使得攻击者“攻破一点、全网皆知；穿透一线、全程可控”，最终在量子计算威胁与高级持续攻击时代，打造一个高韧性、零信任的数字基础设施。

## 3.2 6G 传输架构

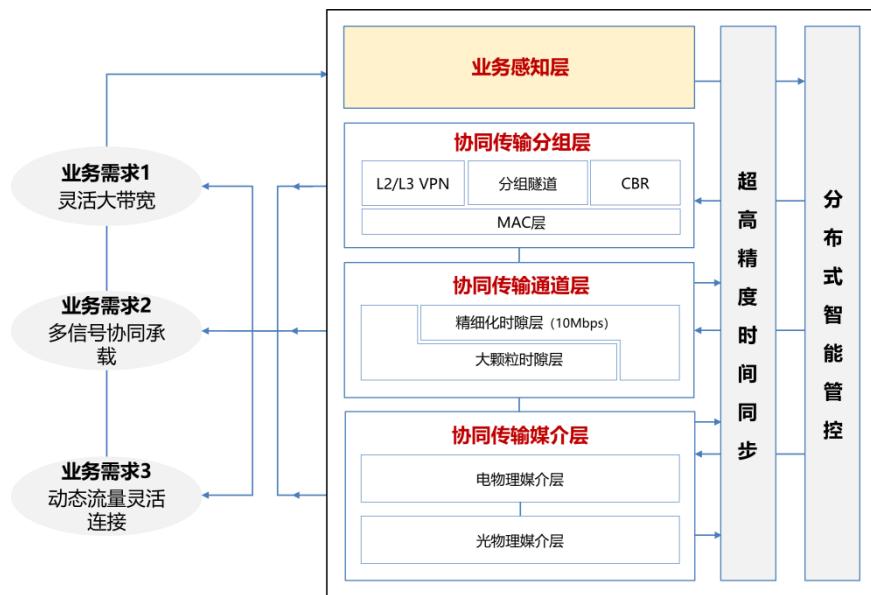


图 6 6G 传输架构图

基于 6G 传输核心理念分析，在新增 U6G 与毫米波频谱带来更大带宽密集组网、业务向通感算智融合发展、网络架构向分布式、协作式持续演进的背景下，6G 传输面临三大演进需求：面向灵活大带宽实现超大带宽接口下的灵活颗粒业务承载、多信号协同承载与动态复杂流量流向的统一调度、以业务为核心驱动的资源随需而动的确定性保障。然而，现有传输网络架构层间协同不足、传输资源与业务联系不紧密、确定性保障难以端到端拉通，难以匹配从“连接服务”向“能力供给”的根本转变。为此，需在兼容与创新、连接与非连接、性能与成本之间综合考虑，构建“业务驱动、智能协同、无损可靠、极致同步”一体化的 6G 智能协同传输网络总体架构。

该架构自上而下由业务感知层、协同传输分组层、协同传输通道层、协同传输媒介层，以及超高精度时间同步、分布式智能管控等基础能力组成，形成“感知—决策—执行”的闭环自治系统。以业务驱动为起点，持续感知业务 SLA 变化与网络状态，并在协同传输媒介层、协同传输通道层、协同传输媒分组层实现多层融合与资源灵活调度，从而在保持演进平滑性的同时，实现超大容量、灵活与多维协同的统一。

**业务感知层：**新增引入实现对 6G 多维融合业务需求精细化感知，是为 6G

业务提供灵活高效连接资源调度的基础。

**协同传输媒介层:** 包括光物理媒介层和电物理层媒介层, 其中光物理媒介层提供新型高可靠低复杂度以太网光接口以及超高波特率长距相干光接口, 电物理媒介层提供更加灵活的时隙粒度切分接口, 在平滑演进的基础上实现传输效率提升。

**协同传输通道层:** 包含大颗粒时隙层和精细化时隙层, 通过灵活高效的时隙弹性复用与带宽精准匹配, 满足 6G 高并发高动态业务流量的高效承载。

**协同传输分组层:** 在现有灵活转发基础上通过极简转发模式进一步提升确定性超低时延性能。

**超高精度时间同步:** 基于物理层时延测定与补偿等技术创新实现更高精度的网络时间同步, 同时为多信号协同承载提供更精准的时间信息。

**分布式智能管控:** 基于业务感知完成多维网络资源编排与分布式传输路径控制, 进行对协同传输分组层、协同传输通道层、协同传输媒介层的多层协同控制。

上述架构设计实现了面向 6G “通感算智安”业务的三大创新, 一是业务与传输资源协同融合, 新增“业务感知层”, 并配合面向多层协同的分布式智能管控, 通过建立“业务触发-资源映射-动态适配”的跨层协同机制, 打破现有架构的静态边界设计, 解决传统架构下连接资源与业务需求动态精准匹配不足的问题。二是传输多层多粒度协同融合, 通过重新定义物理层内光接口与电接口、通道层内大颗粒时隙与精细化时隙、通道层与分组层的融合逻辑, 实现协同传输分组层、协同传输通道层、协同传输媒介层的协同融合, 打破现有架构层间层内资源分配刚性化、资源利用率低的瓶颈。三是面向多层协同的分布式智能管控, 构建“业务感知-智能编排-路径控制”闭环, 实现路径快速建立, 满足高动态灵活连接需求。

## 4 6G 传输关键技术

为实现从“连接”到“超越连接”的跨越, 6G 传输需通过深度融合“动态智能、多维协同、全域安全”三大要素。在 6G 传输智能协同架构框架下, 业务感

知层将突破智能感知技术，为灵活高效的连接与资源调度奠定基础；传输层则聚焦超宽光电接口、灵活时隙粒度与超低时延转发、无损可靠传输等关键技术，通过时隙弹性复用与带宽精准匹配，提供确定性超低时延性能保障，实现传输效率提升；控制层致力于构建分布式智能控制能力，基于业务精细化感知驱动多维传输资源智能编排与分布式传输路径控制，实现跨层协同控制；同时，在同步和安全方面，通过突破全域安全加密与极致时空同步技术，为多信号协同承载提供精准时间基准，筑牢传输网络的安全可信基石。

## 4.1 超宽光电接口技术

6G 城域回传新型高速以太网物理接口需研究高可靠低复杂度 800GE 光接口技术、800GE 电层切片接口技术等超宽光电接口技术。6G 前传高速光系统需研究面向室外环境的单波 100G 及以上不少于 6 波的 WDM 系统技术方案。

### ● 高可靠低复杂度 800GE 光接口技术

为适配 6G 城域回传中 10km 至 80km 的典型传输距离与点对点灰光组网特点，需在现有 800GE 光接口基础上进一步提升可靠性与简化架构：

- **短距场景（10km）：4×200G PAM4 传输优化技术：**构建涵盖城域链路非线性失真（如色散、反射噪声）的信道模型，模拟多路径干涉及器件缺陷导致的信号劣化，量化误码率性能。基于接收端反馈的误差信号动态调整发射端 PAM4 电平分布，补偿传输链路中的幅度/相位失真。
- **长距场景（40/80km）简化相干光传输技术：**采用低复杂度算法与极简光源设计，在保证性能的同时有效控制成本。目标形成一套覆盖全传输距离、兼具高可靠性与低复杂度的 800GE 光接口方案，精准匹配 6G 城域回传组网需求。

### ● 800GE 电层切片接口技术

为应对 6G 业务在带宽需求上的高度差异化，传统基于固定粒度的电层切片机制在向 800G 演进时，面临时隙数量激增、管理复杂和功耗上升等问题。

- **扁平化架构：**探索物理层原生扁平化架构，直接基于以太网物理层结构实现时隙划分，避免传统多层绑定与交织处理，从而简化流程、降低时延。

- **大时隙粒度：**在兼容现有机制的基础上，引入 100G 等更大时隙粒度，显著减少接口所需管理的切片数量，提升配置效率，支持系统平滑演进。通过融合灵活时隙与扁平化架构设计，系统性地抑制接口管理规模增长，降低芯片与设备的实现复杂度与功耗，支撑 6G 高动态业务高效承载。

### ● 高速光前传 WDM 系统技术

为应对 6G 业务带宽和灵活组网需求提升，传统前传技术方案需向单波长 100GE 的 WDM 系统方案演进。

- **100GE 光接口：**探索满足在工业级温度环境下小型化封装的单通道 100G 光模块技术，解决小型化封装下低功耗、高集成度封装问题，并探索接头端面反射引起多径干扰损伤的抑制技术方案。
- **前传 WDM 技术：**O 波段具有色散代价低、共享产业链优势，是 6G 光前传首选波段，但速率提升导致色散代价成倍提升，而缩小 WDM 光谱范围又面临高非线性损伤风险，需综合考虑多种损伤，探索 WDM 波长规划、损伤抑制、链路预算均衡等高速光前传 WDM 系统技术方案。

## 4.2 灵活时隙粒度技术

在 6G “通感算智安”多维融合的承载趋势下，回传网络不仅业务连接数量激增，业务类型也更为多样，带宽需求差异显著，存在大量带宽跨度悬殊的业务混合传输场景。ITU-T 定义的 MTN 技术本身已具备确定性低时延转发的硬核能力，通过其硬管道隔离机制为高价值业务提供了稳定可靠的性能保障。然而，现有 MTN 回传网络刚性固定时隙机制难以精确适配动态多变的带宽需求，容易导致资源浪费和处理复杂度显著提高。

为应对上述挑战，需构建基于灵活时隙的弹性带宽机制，其核心设计包括以下技术点：

### ● 智能时隙粒度匹配

通过分析业务流的长程相关性，自动为不同业务分配合适的时隙粒度，从细粒度到粗粒度灵活适配，避免“小业务占用大管道”导致的带宽浪费。

### ● 分布式协商同步机制

在收发两端通过轻量级协商达成带宽分配一致，无需全量信息同步即可实现配置对齐，显著降低海量时隙的管理开销。

- **动态带宽平滑调整**

基于轻量化协议交互，支持业务在运行过程中根据实际需求弹性伸缩带宽，实现资源随业务变化动态优化。该机制系统性地解决了“小业务大管道”和“大业务多捆绑”两类典型问题，在提升带宽利用率的同时，有效降低了系统复杂度，为 6G 回传网络的高效承载提供了关键支撑。

- **时隙资源的弹性复用**

该能力允许网络在保障高优先级业务确定性的同时，对剩余时隙资源进行动态调整和共享，从而打破固定分配的僵化模式，在确保关键性能的同时，显著提升网络资源的整体利用效率。

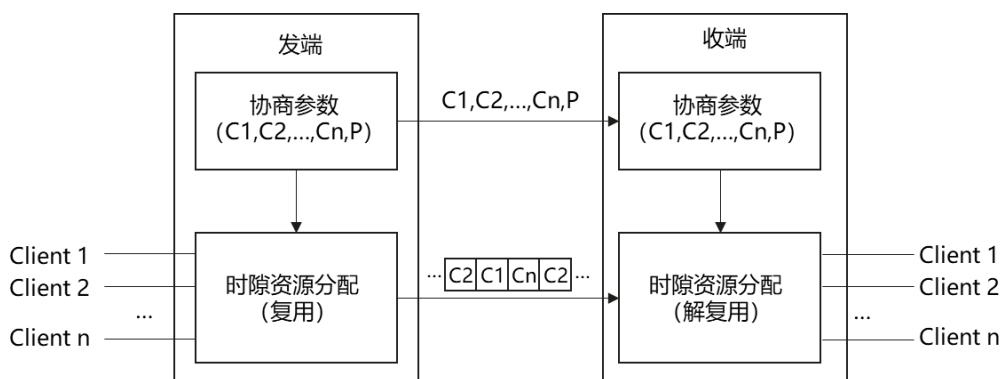


图 7 灵活时隙带宽资源精准分配系统架构

### 4.3 智能感知技术

- **业务感知技术**

为应对这些问题，亟需构建面向 6G 承载网的分布式智能传输管控体系，重点突破高效敏捷的通道控制架构与协议创新，而业务感知是需要突破的关键技术之一，涉及以下两个方面的技术。

- **业务标识建模与识别：**研究面向 6G 无线接入网与传输网协同的高效业务标识机制，基于业务类型、空间分布及时间演化特征构建多维标识模型，实现业务的精准标记与快速识别。

- **传输需求智能感知与优化：**构建 6G 多样化业务的动态传输需求预测框架，增强分布式节点协同场景下的感知鲁棒性，优化业务流识别准确性，提升传输通道匹配效率与资源承载效能
- **光路感知技术**
  - **光路精准感知定界技术：**基于部署在网络关键节点的高精度光功率采集探针，实现对全网光功率参数（如发送光功率、接收光功率）的精细化、实时化监测。基于通信故障智能体对异常光功率变化模式进行深度挖掘和学习。可智能识别并精确推断出多种典型故障的根本原因类型，包括设备电源中断、主干/配线光缆物理中断、终端光纤连接器异常脱落或松动等。通过精准定界故障源头可显著缩短人工排查范围，支撑运维人员快速执行靶向性修复动作，极大提升光网络的可靠性与运维效率。
  - **光路精准感知定位技术：**当光纤链路发生物理中断（如被挖断）或异常高损耗时（如过度弯折），故障点位会产生特定的菲涅尔反射光信号并传回发射端。管控平台通过精密接收并分析该反射光信号，结合时域反射算法（利用光信号发射与返回的时间差及强度信息），即可精确计算故障点距离发射端的物理长度。同时，资管系统中预设的光纤路由、站点、接头盒位置等精准数据，管控系统可智能分析并在电子地图上精确定位故障发生的具体物理位置，从而实现“精准下站”，极大缩短运维人员现场查找故障点的时间，将故障定位和排障效率提升至分钟级，显著降低光网络运维成本与业务中断时长。

## 4.4 超低时延转发技术

- **针对 L1-L3 跨层多维融合确定性超低时延技术**

在 L1 物理层基于 TDM 时隙化映射与交叉旁路分组查表转发，实现节点转发时延从数十微秒级降低到微秒级，且节点转发时延抖动与跳数无关。在此基础上，提出基于业务-时隙精准映射和上下游相位差感知时隙精准分配的时隙优选

算法，并采用逐跳自适应精确时隙对齐机制实现端到端时隙转发时延最优，实现 L1 层“零等待”。在以太网 FGU 层支持入向和出向时隙的相位对齐机制，实现入向 FGU 帧头位置正好和出向帧头位置“对齐”，可大大简化优化的时隙分配算法，可消除 P 节点可能存在额外的非优化交叉时延，从而满足超低时延转发的需求。如下图所示：

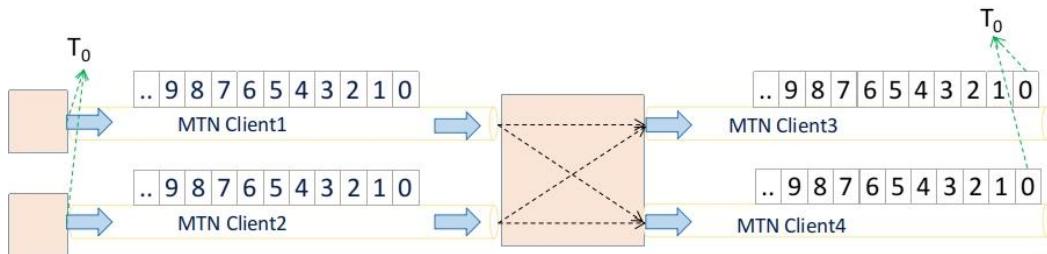


图 8 时隙相位对齐示意图

- 基于以太物理层原生数据结构的超低时延转发技术

探索基于以太网物理层的原生数据结构作为转发单元的超低时延转发技术，免除传统面向帧的解包和查表流程，直接针对物理接口上的原生数据结构进行处理。通过对原生数据结构的识别与标定，不依赖于复杂的协议解析和查找转发表，极大地简化了节点处理流程，显著缩短转发路径。该技术支持面向无连接的快速转发，数据无需静态缓存与排队，节点间以流水线方式即时处理和转发。与传统基于 L2/L3 协议栈的转发方式相比，有效消除了因数据积压或控制等待带来的时延。该技术可满足 6G 网络下对亚微秒级乃至百纳秒级超低时延的严格要求，使能新一代超低时延网络。

## 4.5 分布式智能控制技术

6G 需适配通感智算融合、全域覆盖等特性，业务连接呈现出动态变化特征，如海量的智能体之间的随时随地的动态连接、基站协同之间的动态连接等，为此 6G 传输网需要通过分布式建路与智能控制等关键技术具备动态连接的能力。

- 分布式传输路径控制技术

分布式传输路径控制技术为高动态业务提供敏捷传输通道。在分布式传输控制架构下，网元节点间通过链路发现协议收集节点邻接拓扑与资源信息，通过统一南向接口上报控制器，构建全局网络拓扑资源视图，为控制器编排业务传输路

径与资源提供数据基础。控制器根据业务传输需求协同编排网络传输路径与资源，下发业务接入节点。业务接入节点使用分布式信令协议沿业务路径配置连接，实现端到端通道的快速建立。

针对 6G 承载回传网络下的大规模路径决策问题，构建动态调度模型，设计适配 6G 回传网络特性的协同路径选择与优化机制，基于智能化调度方法，确保在复杂业务环境和高负载场景下仍能实现高效业务传输。突破传统算法在规模变化时重训代价高的瓶颈，通过不同网络规模下资源调度优化模型高效迁移方法，实现回传资源的高效匹配与优化分配，显著提升回传链路资源的利用效率和服务质量。

### ● 多维传输资源智能控制技术

针对 6G 回传网络中由业务多样性与高动态性引发的资源编排问题，基于业务感知结果，建立多维资源映射模型，以“需求-资源精准适配”为核心原理，将 6G 回传网络中多样化业务的传输需求映射为可量化的资源需求参数，实现从抽象业务服务要求到具象网络资源配置标准的精准转化。

基于动态决策设计多维资源联合优化算法，以“最大化业务传输需求满足率、最大化网络吞吐量”为目标，结合 6G 回传网络资源多维耦合特性，在资源受限场景下快速搜索最优解，确保在时限内找到满足严苛约束的近似最优解，实现多维资源的高效编排。从而构建面向 6G 多样化业务的“精确感知-敏捷控制-多维优化”闭环传输路径控制机制，支撑 6G 业务的动态高效承载。

## 4.6 无损可靠传输技术

### ● 多链路并行冗余无损传输技术

发送端将携带同一序列号 (SN) 的报文在多个物理隔离链路 (Link1-LinkN) 同步复制发送。接收端基于高精度时钟同步，严格按序列号顺序执行“先到先用”机制，自动过滤延迟或受损报文。单链路中断时，其余路径实时无缝接管，确保零丢包、零乱序，满足工业控制等高可靠场景需求。

### ● 精准流控反压技术

通过将用户流量特征信息携带到报文中，结合流量控制的优先级，与租户级

切片功能叠加，在满足不同业务对网络带宽、时延、抖动等差异化 SLA 需求的情况下，根据设置的缓冲阈值，控制租户专线切片内队列流量的通断，实现租户级精细化的流量控制，租户间拥塞不扩散，当网络中间链路拥塞时，触发反压流程，设备发送反压报文到上游设备，上游设备收到反压消息，会根据反压信息指示停止发送数据并存储在本地缓存。如果本地缓存消耗超过阈值则继续向上反压。通过逐级降速，实现通过网络级缓存吸收突发流量。极大程度减少业务网络丢包。

## 4.7 全域安全加密技术

国家级网络攻击成为国际竞争新手段，关键基础设施网络设备成为攻击目标，网络攻击手段呈现出体系化、规模化、智能化、无痕化，“四化”特征，国家网络安全面临严峻挑战，各国政府已将网络安全列为国家安全战略的重要组成部分，相继出台有关法律法规，完善监管体系，提出安全要求，保护国家关键信息基础设施安全运行。为此提出内生安全、通量一体、可信网络的点线面全域安全目标网。

- **内生安全技术**

通过可信启动与动态度量技术建立硬件级可信根，结合零信任架构实现持续信任评估。基于 AI 的智能运维系统能够实时监测网络异常，通过行为分析和攻击链回溯技术，实现从威胁检测到响应的分钟级闭环。资产暴露面最小化管理技术有效收缩攻击界面，形成纵深防御体系。

- **可信网络技术**

可信网络技术通过 APN 数网协同机制，将业务安全需求转化为网络策略，实现安全服务与业务流量的精准匹配。数据流通全程监管体系基于可信数字地图，提供数据流转的可视化与审计能力。“数据围栏”技术通过白名单机制实施细粒度访问控制，确保数据安全合规流通。这些技术共同构建了具备自证清白能力的可信数据流通环境。

- **通量一体网络技术**

通量一体网络技术开创性地将量子保密通信与传统传输网络融合，实现普通业务平面、加密平面和秘钥协商信令面的融合传输。三纤合一技术实现了量子

信号与经典业务的共纤传输，大幅提升部署经济性。完整的量子密钥管理体系涵盖量子态传输、密钥提取与管理、路由优化等关键环节，控制层协议将基于 QKD 能力、密钥容量、密钥生成速率、链路状态等智能计算端到端密钥分发路径，通过动态重路由机制保障密钥分发的可靠性。这一技术体系为 6G 高价值业务提供了面向未来的量子级安全防护，筑牢传输网络的安全基石。

## 4.8 极致时空同步技术

为满足通感算一体化、分布式 MIMO 等 6G 核心业务对时间同步的严苛要求，需要构建一个覆盖网络、设备及接口的全维度同步技术体系。该体系通过多层次技术创新，确保在复杂网络环境下实现亚纳秒级同步精度，为 6G 业务提供可靠的时基保障。

### ● 极致同步网络技术

时间同步系统的可靠性与安全性直接决定了全网稳定性，必须构建天地一体、冗余备份、分层自治的下一代同步网络。天地一体同步架构构建了 6G 同步系统的基础框架。该架构通过深度融合北斗卫星导航系统的高精度天基时间与地面国家授时中心的可靠地基时间，形成“天地互备、无缝切换”的冗余设计，从源头确保时间基准的持续可靠。同时，针对极端场景下的同步需求，采用超高稳定度的原子钟作为本地时钟源，结合 AI 驱动的高精度保持算法，在时间域内建立分布式协同机制，实现全域时间的一致性保持。这种分层自治的同步网络架构大幅提升了系统的韧性，即使在天基与地基时间信号均不可用的情况下，仍能维持 6G 核心业务所需的同步精度。

### ● 极致同步设备技术

智能时延地图与同步路径优化技术为 6G 业务提供精准的时延保障。通过在设备层面构建超高精度的时间同步基础平面，创新性地将时延测量与同步协议深度融合，实现对网络中任意链路单向时延的实时动态采集。基于这些数据，系统能够持续生成覆盖全网的“业务时延地图”，为 AI 调度器提供精准的决策依据。在同步路径方面，针对分布式 MIMO 等业务的特殊需求，设计了增强型同步路径算法，通过构建树形同步与节点互跟踪相融合的混合结构，有效控制同步误差的

累积，将基站间相对同步误差严格控制在 65ns 以内。

### ● 极致同步接口技术

精准接口同步机制着力解决高速传输带来的同步挑战。面对 800G 及更高速率接口中物理层动态时延的影响，创新性地将时间戳参考平面从设备内部前移至光模块电气接口，基于 TDM 复帧的固定边界作为精确的时间戳识别参考点，有效规避设备内部处理引入的时延抖动。同时，智能光模块具备内在的时延感知能力，能够实时监测并上报由 FEC 等信号处理功能产生的动态时延，通过系统级的协同补偿机制，最终实现 5ns 级的超高精度同步指标，为 6G 高速传输提供可靠的接口同步保障。

## 5 6G 传输原型机验证

6G 传输原型机是基于 6G 传输“超越连接”理念研制的业界首款支持业务驱动多维传输通道统一控制的传输设备原型。6G 传输原型机具备三大核心能力：一是业务精细化感知，实现基于流量特征动态匹配传输资源；二是智能化连接控制，实现秒级按需通道灵活建立；三是多维通道协同传输，满足多业务流间的时延协同要求。

面向 6G 通感知算等业务高效承载需求，基于研制的 6G 传输原型机验证了业务驱动智能连接、分布式动态通道控制与多维通道协同传输等能力。原型机支持精细化感知 6G 传输 5 维 8 种核心业务，传输通道建立时间降低 90%，支持 L0~L3 层多粒度通道协同转发。

### ● 业务感知驱动智能连接

管控系统在业务接入节点部署业务感知策略，接入节点按照所部署的业务感知策略对接收到的业务流量进行监测和感知，并将所感知到的业务信息上报到管控系统，管控系统基于业务感知信息进行分析，根据分析结果采用与业务特征相匹配的业务模型和传输通道配置下发到网络节点，实现基于业务感知的动态业务部署。

业务感知策略可以基于物理接口及报文的二层、三层或四层封装特征字段以及这些字段的组合进行灵活定义，实现丰富的业务感知能力。进一步地，除了基

于报文的封装特征感知和分析业务信息外,还可以基于动态的流量变化特征进行业务感知,节点周期性地上报多个时间周期所统计的流量变化信息,由智能化管控系统进行分析后,再采用与业务流量变化特征相匹配的业务模型和传输通道配置下发到网络节点,自动完成业务的部署。

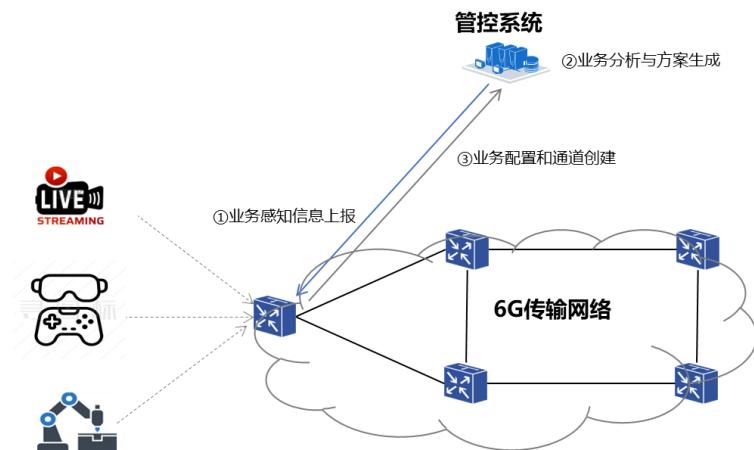


图 9 业务感知驱动智能连接

### ● 分布式动态通道控制

在基于业务感知的动态业务部署过程中,管控系统将算路结果下发到传输通道路径的首节点,再由首节点通过节点间信令机制完成端到端传输通道的创建。应用分布式通道控制技术减少了管控与网络节点的交互,6G 传输设备高效的信息处理能力提升了传输通道控制效率,为 6G 传输网络的灵活性演进提供了良好的基础。

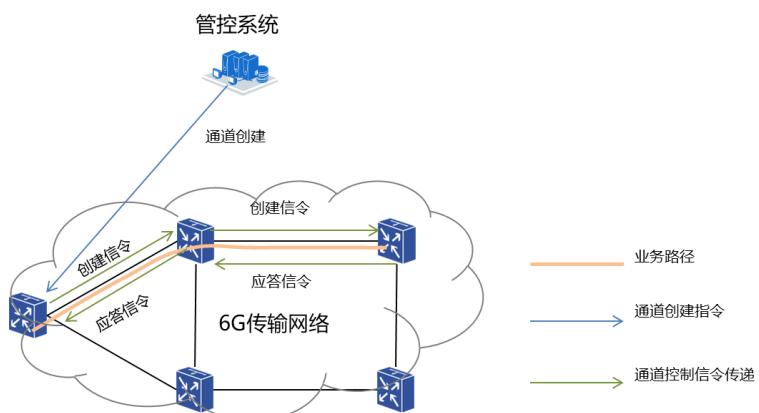


图 10 分布式动态通道控制

### ● 多维通道协同传输

在 6G 智能协同传输网络中,多条传输通道间存在协同传输的需求,如,同一用户的多条业务存在协同关系时,需要这些业务采用同类的传输通道,或者其

通道时延差在一定范围。

在 6G 传输原型样机环境中进行了多通道智能协同能力的验证，管控系统基于业务感知分析两条业务流需要协同传输时，将为这两条业务流配置相同特性的传输通道，当两条传输通道的时延差超出范围时，可对其时延进行调整控制，以满足业务需求。

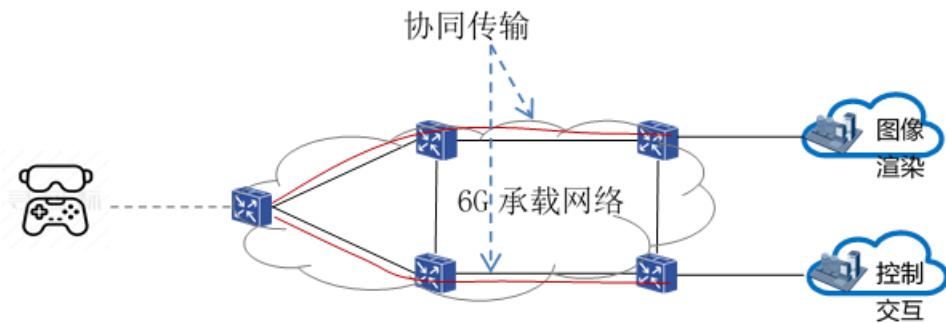


图 11 多维通道协同传输

## 6 总结与展望

随着 6G 网络从“万物互联”迈向“万物智联”，传输网络作为底层承载基石，正经历从传统“连接管道”向“智能协同中枢”的战略性转型。本白皮书系统阐述了面向 6G 的传输技术愿景、架构与关键创新，提出在持续增强“超宽精细”管道能力的基础上，深度融合“动态智能、多维协同、全域安全”三大要素，构建以“超越连接”为核心理念的新一代传输架构。该架构具备业务感知驱动、多层资源协同与分布式智能管控能力，并通过引入超宽光电接口、灵活时隙、智能感知、超低时延转发等关键技术，将为 6G“通感算智安”融合业务提供高效、可靠、差异化的承载基础，全面支撑“万物智联”对超大带宽、确定性时延、高灵活性与内生安全的严苛要求。

6G 传输技术研究与标准化仍处于快速发展阶段，将持续深化架构创新与能力融合，有序规划产业化落地节奏。面向短期（2025 年-2027 年），联合产业伙伴推进高速光电接口、灵活时隙粒度切片、分布式智能控制、高精度时间同步等 6G 传输关键技术研究，分阶段推动技术成熟和现网试点；面向中期（2028 年-2030 年），完成 6G 传输技术体系和国际标准体系的全面构建，为现网商用奠定

坚实基础；面向长期（2030 后），推动 6G 传输现网规模应用，为 6G 通感算智融合业务提供高质量承载保障。

展望未来，产业界需持续加强跨领域协同创新，共同推动关键技术的成熟与试验验证，加速构建自主可控、开放融合的 6G 传输产业生态，为我国在新一代通信基础设施的全球竞争中奠定持续领先优势，有力支撑数字经济高质量发展与社会数智化转型。

## 缩略语列表

缩略语	英文全名	中文解释
AI	Artificial Intelligence	人工智能
3GPP	3rd Generation Partnership Project	第三代合作伙伴计划
CBR	Constant Bit Rate	固定比特率
C-RAN	Cloud Radio Access Network	云无线接入网
CSI	Channel State Information	信道状态信息
DCN	Data Communication Network	数据通信网络
FGU	Fine-Granularity Unit	细粒度单元
fgMTN	fine granularity MTN	细粒度城域传送网
ISAC	Integrated Sensing and Communication	通感一体化
ITU	International Telecommunication Union	国际电信联盟
ITU-R	International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector	国际电信联盟无线电 通信部门
Master BBU	Master Baseband Unit	主基带单元
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output	多输入多输出
MTN	Metro Transport Network	城域传送网
OMC	Operation and Maintenance Center	运营管理中心
Slave BBU	Slave Baseband Unit	从基带单元
SF	Sensing Function	感知网元
SLA	Service Level Agreement	服务等级协议
TCO	Total Cost of Ownership	总拥有成本
TDM	Time Division Multiplexing	时分复用

## 参考文献

- [1] ITU-R, "Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond,"ITU-R Rec. M.2160, Nov. 2023.
- [2] ITU-T. (2025 – 2028). Technical Report on International Optical Networks towards 2030 and Beyond (GSTR-ION-2030, Under study).
- [3] IMT - 2030 (6G) 推进组. 6G 总体愿景与潜在关键技术白皮书 [R]. 2021.
- [4] 中国移动. “九州” 算力光网 “AI+” 时代目标架构白皮书 [R]. 2025 - 04 - 10
- [5] IMT - 2030 (6G) 推进组. 6G 算网一体承载需求及架构 [R]. 2023.