

通信传输与接入技术浅析

申新磊

河南省信息咨询设计研究有限公司 河南 郑州 450000

摘要：随着信息化进程加速，通信传输与接入技术持续革新。传输技术向高速率、大容量、低时延演进，光纤通信与无线传输技术协同发展，满足海量数据传输需求。接入技术呈现多元化趋势，5G、光纤到户、卫星互联网等技术融合，实现广域覆盖与个性化接入。面对频谱紧张、网络安全等挑战，需通过动态频谱共享、零信任架构等创新策略，推动通信网络向智能化、安全化方向升级。

关键词：通信传输；接入技术；演进与趋势

引言：在数字化浪潮席卷全球的当下，通信技术作为信息传递的核心支柱，深刻改变着人们的生活与工作方式。通信传输与接入技术作为通信领域的两大关键板块，前者负责信息的高效、稳定传递，后者则决定了用户接入网络的便捷性与质量。从早期的模拟通信到如今的数字高速网络，从有线连接到无线覆盖，技术的每一次突破都推动着信息社会的飞速发展。本文将深入剖析通信传输与接入技术的分类、原理、发展趋势及面临的挑战，以期为该领域的进一步发展提供参考。

1 通信传输技术概述

1.1 传输技术分类

(1) 有线传输技术：以实体线路为信号载体，具备抗干扰强、传输稳定的优势。其中光纤通信利用光信号在石英光纤中传输，传输速率可达Tbps级，且损耗低、保密性好，是当前骨干网与城域网的主流选择；同轴电缆则凭借屏蔽层结构，可同时传输数据与视频信号，常用于有线电视网络及短距离室内布线场景。(2) 无线传输技术：依赖电磁波在空间传播实现信息传递，灵活性高、无需布线。微波通信通过微波频段(300MHz-300GHz)信号进行地面中继传输，适用于城市间骨干链路；卫星通信以卫星为中继站，可实现跨洲际、偏远地区覆盖，在海洋通信、灾害应急等场景中不可或缺。

1.2 核心传输技术原理

(1) 基带传输与频带传输：基带传输直接发送数字基带信号(如以太网信号)，无需调制，适用于短距离(百米内)低干扰环境；频带传输将基带信号调制到高频载波上，适配不同信道特性，可实现千米级以上长途传输，是广域网的主要传输方式。(2) 多路复用技术：通过信道共享提升资源利用率。TDM(时分复用)按时间切片分配信道，如SDH同步传输网；FDM(频分复用)按频率划分信道，如传统广播电视；WDM(波分复用)利用不同

波长光信号在光纤中并行传输，是光纤通信容量提升的关键技术。(3) 调制与解调技术：实现数字信号与模拟信号的转换。QAM(正交振幅调制)结合幅度与相位调制，在有限带宽内提升数据速率，常用于有线电视与4G网络；OFDM(正交频分复用)将信道划分为子载波，抗多径干扰能力强，是5G与Wi-Fi6的核心调制技术^[1]。

1.3 传输技术发展历程

(1) 从模拟到数字的演进：20世纪中期前以模拟传输为主(如模拟电话、AM广播)，信号易受噪声干扰且容量低；20世纪70年代后，PCM脉冲编码调制技术推动数字传输发展，实现信号无失真再生，逐步替代模拟传输，奠定现代数字通信网络基础。(2) 高速率、大容量、低时延的技术趋势：随着互联网流量激增，传输技术持续突破，光纤通信从单波长向相干光通信演进，速率从Gbps提升至Tbps；无线传输从4G向5G/6G升级，时延降至毫秒级；同时，空分复用、超密集组网等技术进一步推动传输网络向“超大容量、超低时延、超高可靠”方向发展。

2 通信接入技术分析

2.1 接入技术分类与特点

(1) 有线接入：以物理线路为传输介质，稳定性强、抗干扰性好。xDSL基于现有电话线改造，无需重新布线，成本低但带宽受传输距离限制(通常百米内速率较高)，适合中小带宽需求场景；光纤到户(FTTH)通过光纤直连用户，带宽可达千兆甚至万兆，支持4K/8K视频、VR等大流量业务，是当前家庭高速宽带主流；HFC网络依托有线电视同轴电缆，实现数据与电视信号双向传输，覆盖范围广，可快速升级带宽，适配既有有线电视用户需求。(2) 无线接入：无需布线，灵活性高，适配移动与分散场景。Wi-Fi工作于2.4GHz/5GHz频段，支持短距离多设备连接，速率从百Mbps到数Gbps不等，是

家庭、办公场景的主要室内接入方式；蓝牙聚焦10米内低速率传输，功耗低，常用于耳机、智能家居等外设连接；ZigBee采用低功耗广域网技术，速率虽低（kbps级）但可连接海量设备，适配物联网传感器组网；5GNR覆盖广、速率高（下行可达Gbps级），支持移动与固定场景，能满足高速上网、工业物联网等需求^[2]。

2.2 典型接入技术详解

（1）光纤接入技术：核心采用PON架构，EPON（以太网无源光网络）兼容性强，成本较低；GPON（吉比特无源光网络）带宽更高、协议更高效，是当前主流；10GPON在原有架构基础上提升速率，可支持万兆带宽，适配未来超高清视频、VR/AR等业务需求。（2）无线接入技术：5G毫米波利用高频段实现超大带宽，速率可达10Gbps以上，但覆盖范围较近；MassiveMIMO通过多天线阵列提升信号容量与覆盖质量；载波聚合将多个频段资源整合，有效提升无线传输速率与稳定性。（3）混合接入技术：固移融合（FWA）结合固定网络的高带宽与移动网络的灵活性，通过5G信号为家庭或企业提供宽带服务，无需布线，适合偏远地区或临时组网场景。

2.3 接入技术选择因素

（1）带宽需求：高清视频、VR等业务需千兆以上带宽，优先选择FTTH或10GPON；普通上网需求可选择xDSL或Wi-Fi。（2）覆盖范围：城市密集区域适合部署FTTH与5GNR；偏远地区因布线成本高，更适合FWA或卫星无线接入。（3）成本：有线接入前期布线成本高，但后期维护成本低；无线接入部署成本低，却受频段资源与设备成本影响。（4）部署灵活性：临时办公、移动场景需快速部署，优先选择Wi-Fi、5GNR；家庭、企业长期固定需求，可选择FTTH等有线接入。

3 通信传输与接入关键技术演进与趋势

3.1 传输技术前沿

（1）全光网络（AON）与光交换技术：传统网络存在电-光-电转换瓶颈，全光网络通过端到端光信号传输，消除转换损耗，实现“光进电退”，大幅提升传输速率与网络可靠性，已成为骨干网与城域网的核心发展方向。光交换技术作为全光网络的关键支撑，通过光交叉连接（OXC）、光分插复用（OADM）等设备，实现光信号的直接调度，减少信号延迟，适配突发流量场景，为未来Tbps级传输奠定基础。（2）空分复用（SDM）与灵活光网络：面对带宽需求的指数级增长，传统波分复用（WDM）潜力逐渐见顶，空分复用（SDM）通过空间维度拓展信道资源，如采用多芯光纤、少模光纤，将传输容量提升数倍至数十倍，解决单芯光纤的容量瓶颈。

灵活光网络则基于软件定义理念，通过灵活栅格（Flex-Grid）、可调谐光模块等技术，动态分配频谱资源，适配不同业务的带宽需求，提升网络资源利用率，满足差异化传输场景（如企业专线、超高清视频传输）。

3.2 接入技术未来方向

（1）6G太赫兹通信与智能超表面（RIS）：6G将突破5G的技术边界，太赫兹通信利用0.3-3THz频段，实现每秒数十Gbps的超高速传输，可满足元宇宙、全息通信等场景需求，但存在传播损耗大、覆盖范围小的问题。智能超表面（RIS）通过调控电磁信号的幅度、相位，增强太赫兹信号的覆盖能力，降低传输损耗，二者结合将成为6G接入的核心技术组合。（2）卫星互联网（星链）与低空覆盖：为实现“全球无死角”接入，卫星互联网（如星链计划）通过低轨卫星星座，构建天地一体化网络，解决偏远地区、海洋等场景的接入难题，未来将与地面5G/6G网络协同，形成“空天地”立体覆盖。同时，低空覆盖（如无人机通信、低空卫星）进一步补充城市热点区域的接入容量，缓解地面网络压力。（3）AI驱动的自组织网络（SON）：传统接入网络依赖人工配置与维护，效率低、成本高。AI驱动的自组织网络（SON）通过机器学习算法，实现网络自动部署、故障自愈、资源动态优化，例如自动调整基站参数、优化Wi-Fi信道分配，大幅降低运维成本，提升接入网络的稳定性与灵活性，适配物联网海量设备接入场景^[3]。

3.3 技术融合趋势

（1）云网融合、算力网络与边缘计算：云网融合将云计算的算力资源与通信网络深度融合，实现“云随网动、网随云调”，满足企业云化业务的低时延需求。算力网络进一步将算力作为核心资源，通过网络调度实现算力的跨区域共享，而边缘计算将算力下沉至网络边缘（如基站、边缘节点），减少数据传输距离，降低端到端时延，三者协同为自动驾驶、工业互联网等低时延高算力场景提供支撑。（2）软件定义网络（SDN）与网络功能虚拟化（NFV）：传统通信网络硬件依赖度高，升级困难。SDN通过分离网络控制层与数据转发层，实现网络的集中化管控与灵活调度；NFV将传统硬件设备（如路由器、防火墙）虚拟化，通过软件实现网络功能，降低硬件成本，提升功能迭代速度。二者融合推动通信网络向“软件化、虚拟化”转型，实现网络资源的按需分配与快速部署，为传输与接入技术的灵活演进提供底层支撑。

4 通信传输与接入技术发展的挑战与对策

4.1 技术挑战

(1) 频谱资源紧张与干扰管理：随着5G、6G及物联网设备的大规模部署，有限的无线电频谱资源日趋紧张，不同频段（如Sub-6GHz、毫米波）的分配与复用矛盾加剧。同时，多设备、多业务在同一区域并发传输时，易产生信号干扰问题——例如5G基站与Wi-Fi设备的频段重叠、卫星通信与地面网络的信号冲突，不仅降低传输速率，还会导致网络稳定性下降，难以满足高可靠通信场景需求。（2）光纤部署成本与偏远地区覆盖：光纤接入（如FTTH）虽能提供超大带宽，但面临高昂的部署成本，包括光纤铺设的人力、材料成本，以及城市管网开挖的协调成本，尤其在老旧小区、农村及偏远地区，地形复杂、用户密度低导致光纤部署性价比低，“最后一公里”覆盖难题突出。截至目前，部分偏远山区、海岛仍依赖低速无线接入，难以享受高速宽带服务，数字鸿沟问题尚未完全解决。（3）网络安全与隐私保护：通信网络的融合化（如空天地一体化）与软件化（如SDN/NFV），使网络攻击面大幅扩大。一方面，黑客可利用虚拟化设备漏洞、网络协议缺陷发起攻击（如DDoS攻击、数据篡改）；另一方面，接入设备（如物联网传感器、智能家居）的海量部署，导致用户隐私数据（如位置信息、使用习惯）采集与传输过程中存在泄露风险，现有安全防护体系难以应对多场景、多维度的安全威胁。

4.2 应对策略

(1) 动态频谱共享（DSS）技术：通过软件定义的动态频谱分配机制，实现不同系统（如4G与5G）、不同业务（如通信与广播电视）对同一频段的分时、分频复用。例如，DSS技术可让5G网络在空闲时共享4G频段资源，提升频谱利用率；同时，结合AI频谱感知算法，实时检测干扰信号并动态调整频段参数，减少信号冲突，缓解频谱资源紧张问题。（2）政府-企业协同推进普惠覆盖：构建“政府引导+企业主导+社会参与”的合作模式，政府通过财政补贴、税收优惠降低企业在偏远地区

的部署成本，例如对农村光纤铺设给予专项补贴；企业则创新技术方案，采用低成本接入方式（如FWA固移融合、低轨卫星），替代高成本的光纤布线，优先覆盖用户集中的偏远乡镇。此外，推动“村村通宽带”等民生工程，将通信基础设施纳入乡村振兴规划，逐步缩小数字鸿沟。（3）零信任架构与量子加密技术：构建多层次安全防护体系，零信任架构遵循“永不信任、始终验证”原则，对每一次网络访问、数据传输进行身份认证与权限管控，防范内部与外部攻击；量子加密技术利用量子不可克隆、测不准原理，实现数据传输的“绝对安全”，可应用于核心传输链路（如骨干网）与敏感数据（如政务、金融数据）传输场景。同时，加强接入设备安全管控，通过固件升级、安全认证等方式，提升物联网设备的抗攻击能力，保障用户隐私安全^[4]。

结束语

通信传输与接入技术作为信息时代的基石，其发展日新月异，不断突破速度、容量与覆盖的边界。从有线到无线，从低速到高速，技术的演进满足了日益增长的多元化需求。然而，频谱资源紧张、网络安全等挑战依旧存在。未来，随着6G、量子通信等前沿技术的探索，通信传输与接入技术将迈向更高水平，为全球信息化进程注入强劲动力，持续塑造我们的数字生活与产业格局。

参考文献

- [1]董志刚.传输技术在信息通信工程中的有效应用分析[J].长江信息通信,2021,34(10):170-172.
- [2]冯伟华.基于通信工程传输技术的实践探讨[J].科技资讯,2022,20(20):85-86.
- [3]纪剑锋.基于传输技术的现代通信工程应用研究[J].新一代信息技术,2021,4(21):18-21.
- [4]张祥飞,左超.通信传输与接入技术的应用实践讨论[J].科技创新导报,2020,17(05):134-135.