

# 通信信息工程传输与接入网技术研究

张世强

天津新信科技股份有限公司 天津 300041

**摘要:** 通信信息工程传输与接入网技术是现代通信的基石。本文详细阐述有线与无线传输核心技术,分析传输与接入网协同组网架构、信号适配及网络弹性技术。探讨新型技术赋能路径、网络架构革新方向及多领域融合创新趋势,为构建高效、可靠、智能的通信网络提供理论支撑,推动通信技术持续进步与产业升级。

**关键词:** 通信信息工程; 传输网技术; 接入网技术; 协同组网; 融合创新

引言: 在数字化浪潮推动下,通信信息工程成为社会发展的关键支撑。传输网与接入网作为通信网络的核心组成部分,其技术发展直接影响信息传输的效率与质量。当前,随着业务需求的多元化与复杂化,传统技术面临诸多挑战。深入探究传输与接入网技术,对提升通信网络性能、满足多样化业务需求具有重要意义。

## 1 通信信息工程中传输网核心技术

### 1.1 有线传输工程技术

光纤传输的工程化实现依赖全反射原理与光调制技术,通过高纯度石英光纤作为介质,利用激光器将电信号转换为光脉冲,经光纤传输后由光电探测器还原为电信号<sup>[1]</sup>。技术演进路径呈现从多模到单模、从短波长到长波长、从低速到高速的特征,例如早期多模光纤带宽受限,逐步被单模光纤取代;波长从850nm扩展至1550nm以降低传输损耗;速率从Mbps级跃升至Tbps级,依赖波分复用与相干检测技术的突破。高速传输系统的工程架构设计采用分层模型,物理层通过光放大器与色散补偿模块延长传输距离,链路层采用前向纠错编码提升信号鲁棒性,网络层通过动态带宽分配算法优化资源利用率。关键支撑机制包括光层监控与智能调度,例如部署光性能监测模块实时采集链路状态,结合软件定义网络技术实现传输路径动态调整。传输链路信号处理聚焦于非线性效应抑制与噪声消除,采用数字信号处理技术对光信号进行均衡补偿,通过自适应滤波算法降低码间干扰。有线传输网络拓扑的工程设计逻辑需兼顾覆盖范围与成本效率,骨干网采用环型或网状拓扑提升可靠性,接入网采用星型或树型拓扑简化布线,优化思路包括引入软件定义光网络技术实现拓扑动态重构,以及采用弹性光网络技术提升频谱利用率。

### 1.2 无线传输工程技术

无线传输频谱利用的工程适配技术通过动态频谱分配与认知无线电实现,例如在授权频段与非授权频段间

动态切换,结合频谱感知技术识别空闲频段资源。实现方式依赖智能天线与波束赋形技术,通过调整天线辐射方向图聚焦信号能量,提升频谱空间复用率。多天线传输技术的工程应用机制包括空间复用与分集增益,例如在基站端部署大规模天线阵列,通过预编码技术实现多用户并行传输,同时采用最大比合并技术增强接收信号强度。适配逻辑需解决信道估计误差与硬件成本平衡问题,例如采用压缩感知算法降低信道估计开销,通过模拟波束赋形减少射频链路数量。无线传输链路稳定性保障依赖功率控制与干扰协调技术,例如通过闭环功率控制补偿路径损耗,采用协同多点传输技术抑制邻区干扰。工程化技术路径包括引入机器学习算法优化功率分配策略,以及部署智能反射面重构无线传播环境。多频段无线传输的工程适配特性体现为不同频段传播特性差异,低频段覆盖范围广但带宽有限,高频段带宽充足但穿透能力弱。技术差异需通过载波聚合与双连接技术弥合,例如将低频段作为控制信道,高频段作为数据信道,实现覆盖与容量的协同优化。

### 1.3 混合传输工程融合技术

有线与无线传输融合的工程架构构建统一控制平面,通过软件定义网络技术实现跨介质资源调度,例如在光纤到户场景中集成5G小基站,共享光缆与电源资源。协同机制依赖业务感知与链路状态监测,例如对时延敏感业务优先分配有线资源,对移动性业务自动切换至无线链路。混合传输网络信号切换的工程化衔接逻辑采用快速无缝切换算法,结合信道质量预测与用户运动轨迹分析,提前预配置目标链路参数,降低切换时延。技术实现需解决时钟同步与协议转换问题,例如通过IEEE1588协议实现有线无线设备时间同步,采用通用成帧规程完成数据格式适配。传输资源动态分配的工程适配策略基于业务优先级与链路质量,例如采用加权公平队列算法分配带宽,通过动态频谱共享技术提升频谱利用率。技

术实现依赖分布式资源管理框架，每个节点具备独立决策能力，通过消息传递机制实现全网资源协同优化，例如在工业互联网场景中，根据设备实时需求动态调整有线无线资源配比，确保生产控制指令的低时延传输。

## 2 通信信息工程中接入网核心技术

### 2.1 有线接入网工程技术

宽带有线接入的工程架构设计需兼顾高带宽需求与网络可靠性，通常采用无源光网络（PON）或以太网汇聚架构，通过分光器与光线路终端的协同实现用户终端的高效接入。传输机制依赖时分复用或波分复用技术，在单根光纤中实现多用户信号的并行传输，通过前向纠错编码与自适应调制提升信号抗干扰能力<sup>[2]</sup>。接入网与核心网的衔接依赖标准化协议适配逻辑，例如通过动态带宽分配算法实现上行链路资源的高效利用，并采用通用成帧规程（GFP）或以太网封装技术完成数据格式转换，确保跨网络层的数据透明传输。有线接入网布线工程需综合考虑建筑结构 with 业务分布，采用星型拓扑或树型拓扑优化线缆路径，通过模块化设计支持网络容量的平滑扩展，例如通过增加分光比或升级光模块实现用户接入数量的动态调整。

### 2.2 无线接入网工程技术

蜂窝接入技术的工程化网络架构以基站为中心构建蜂窝覆盖单元，通过频分双工或时分双工机制实现上下行链路的隔离，并采用小区分裂与载波聚合技术提升频谱利用率。覆盖机制依赖路径损耗模型与天线波束赋形技术，通过调整发射功率与天线倾角优化覆盖范围，同时结合干扰协调算法降低邻区干扰。短距离无线接入的工程原理基于电磁波自由空间传播特性，通过载波监听多路访问或正交频分复用技术实现多用户共享频谱资源，场景适配技术需根据室内外环境差异调整发射参数，例如在密集建筑场景采用反射波增强覆盖。无线接入网用户控制的工程化资源调度逻辑以业务优先级为核心，通过动态资源块分配算法满足实时业务（如语音）的低时延需求，同时采用半持续调度机制降低信令开销。泛在无线接入的工程组网模式通过异构网络融合实现多制式接入点的协同工作，例如Wi-Fi与蜂窝网络的无缝切换，协同机制依赖联合无线资源管理算法优化整体网络性能。

### 2.3 混合接入网工程融合技术

有线无线混合接入的工程架构设计需构建统一的控制平面，通过软件定义网络技术实现跨介质接入的协同调度，例如在光纤到户场景中集成无线接入点，通过共用的认证系统简化用户管理流程。融合逻辑依赖业务感知技术动态选择最优接入方式，例如对时延敏感业务优

先分配有线资源，对移动性业务自动切换至无线链路。多接入方式切换的工程化控制通过快速无缝切换算法实现，结合信道质量预测与用户运动轨迹分析，提前预配置目标接入点资源，降低切换时延。混合接入网负载均衡的工程支撑机制通过分布式流量监测系统实时评估各接入链路负载状态，采用基于权重轮询或最小连接数算法动态调整用户分配，避免局部网络过载，通过跨层优化技术协调物理层与链路层参数，提升整体资源利用率。

## 3 通信信息工程中传输与接入网协同技术

### 3.1 协同组网工程架构设计

传输与接入网协同组网的工程架构需打破传统网络层级壁垒，构建扁平化、可扩展的融合架构<sup>[3]</sup>。通常采用分层设计模式，底层为物理介质层，整合光纤、无线频谱等多元传输资源；中间层为控制层，通过软件定义网络技术实现跨网资源统一调度；顶层为业务层，面向不同应用场景提供差异化服务保障。层级划分需兼顾功能解耦与性能协同，例如将传输网的带宽分配逻辑与接入网的用户接入控制解耦，通过标准化接口实现交互。跨网数据传输的工程化路径规划依赖动态路由算法，结合实时链路质量监测数据，自动选择最优传输路径，避免单一链路拥塞。衔接机制通过协议转换网关实现，例如在光纤与无线接入点间部署智能中继设备，完成信号格式转换与时序同步，确保数据在跨网传输中的透明性。

### 3.2 信号与协议工程适配技术

传输与接入网信号格式的工程化适配需解决异构网络间的信号差异问题。光纤传输采用光脉冲编码，无线传输依赖电磁波调制，二者需通过光电转换模块实现信号载体转换。适配过程需兼顾信号完整性与传输效率，例如在光-无线转换环节采用高线性度光电探测器，降低非线性失真对信号质量的影响。跨网通信协议的工程兼容机制通过协议栈裁剪与扩展实现，例如在接入网侧简化传输层协议，保留核心控制功能，通过应用层网关完成与核心网协议的映射。优化路径依赖协议参数动态调整技术，根据网络负载状态实时修改重传超时阈值、窗口大小等参数，提升协议在复杂环境下的适应性。

### 3.3 网络弹性工程容错技术

传输与接入网协同的故障自愈工程化恢复机制通过分布式监测与集中式决策相结合实现。底层部署智能探针实时采集链路状态数据，控制层基于机器学习算法预测故障发生概率，提前触发保护切换。恢复过程采用预配置备用路径与动态重路由由双重策略，例如在光纤中断时自动切换至无线备份链路，通过波长重分配优化剩余资源利用率。跨网冗余设计的工程技术通过多链路捆绑

与多接入点备份实现,例如将同一用户流量分散至多个传输路径,任一路径故障不影响整体服务。数据安全保障逻辑依赖端到端加密与访问控制技术,在跨网传输节点部署加密网关,对传输数据进行动态加密,通过身份认证机制限制非法设备接入,确保冗余链路下的数据保密性。

#### 4 通信信息工程传输与接入网技术发展与创新

##### 4.1 新型技术赋能工程路径

新一代信息技术为传输网带来多维度的工程化赋能<sup>[4]</sup>。人工智能技术通过智能算法优化传输资源分配,例如基于深度学习的流量预测模型可动态调整波长分配策略,提升光纤利用率;大数据分析技术则通过挖掘历史传输数据,识别潜在故障模式,提前触发维护机制,降低网络中断风险。量子通信技术通过量子密钥分发机制为传输网提供无条件安全保障,工程实现需解决量子信道与经典信道的协同传输问题,例如采用量子-经典混合中继节点完成信号格式转换与安全加固。接入网智能化升级依赖边缘计算与网络功能虚拟化技术,通过在接入节点部署轻量化智能模块,实现本地化业务处理与快速决策,例如基于机器视觉的接入网故障自诊断系统可实时识别光模块老化、线缆弯曲等异常状态,并自动触发修复流程。核心支撑技术包括低功耗芯片设计、实时操作系统优化等,确保智能模块在资源受限环境下稳定运行。

##### 4.2 网络架构工程革新方向

传输与接入网扁平化转型通过减少中间汇聚层降低时延与成本,工程实现需重构控制平面与数据平面交互逻辑,例如采用集中式控制与分布式转发相结合的架构,在核心节点完成全局资源调度,在边缘节点实现本地化数据转发。虚拟化技术通过软件定义网络与网络功能虚拟化实现硬件资源解耦,例如将传统物理基站拆分为虚拟化基带单元与射频单元,通过通用服务器承载虚拟化网络功能,提升资源利用率与部署灵活性。分布式传输接入网络组网技术依赖智能节点协同机制,每个节点具备独立计算与路由能力,通过分布式共识算法实现全网状态同步,例如在应急通信场景中,无人机搭载的分布

式接入节点可自主组建临时网络,无需依赖中心控制设备。路径规划需考虑节点能量约束与链路动态性,采用基于博弈论的路由算法优化整体网络生存时间。

##### 4.3 工程技术融合创新方向

传输接入技术与能源领域的融合催生绿色通信解决方案,例如通过动态功率调整技术降低空闲时段能耗,结合光伏供电系统实现接入节点能源自给<sup>[5]</sup>。与交通领域的融合推动车联网发展,传输网需支持低时延、高可靠的车-路-云通信,接入网则通过毫米波通信与多天线技术提升车辆移动场景下的连接稳定性。新型场景驱动的技术创新聚焦于工业互联网与空天地一体化网络,工业场景需满足确定性时延与精准同步需求,通过时间敏感网络技术实现生产设备间毫秒级协同;空天地一体化网络则需解决异构接入、动态切换等难题,例如采用软件定义无线电技术实现卫星、无人机与地面基站的统一接入控制,通过智能波束跟踪机制保障高速移动场景下的连接连续性。

##### 结束语

通信信息工程传输与接入网技术的研究成果显著,在技术架构、协同机制、创新发展等方面取得诸多突破。这些成果不仅提升了通信网络的性能与可靠性,还为多领域融合应用提供了可能。持续探索新技术、优化网络架构、加强跨领域合作,将进一步推动通信信息工程的发展,为各行业数字化转型提供坚实保障,创造更大价值。

##### 参考文献

- [1]杨蔡轩.通信信息工程传输与接入网技术探讨[J].数字通信世界,2024(4):73-75.
- [2]许嶺东,伍越男,刘阳,等.通信信息工程传输与接入网技术探讨[J].电子元器件与信息技术,2022,6(7):108-111.
- [3]魏国.解析通信信息工程传输与接入网技术[J].通讯世界,2022,29(12):19-21.
- [4]吴云.通信信息工程传输与接入网技术探讨[J].中国航空,2024(26):120-122.
- [5]王浩.通信信息工程的传输与接入网技术[J].通信电源技术,2022,39(4):113-115.