

# 通信工程建设中数字化技术运用分析

董宏涛

宁夏固原移动公司 宁夏 固原 756000

**摘要:** 数字化技术通过提升信息传输速度、增强信号质量与稳定性、优化资源配置与管理以及降低运营成本与维护难度,为通信工程建设带来了显著优势。文章分析了光纤通信、无线通信以及网络架构与数据中心中数字化技术的具体应用,同时指出了面临的技术挑战与人才挑战,并提出了加强技术研发、完善基础设施与人才培养体系以及强化网络安全防护等对策建议。

**关键词:** 通信工程建设;数字化技术;运用

引言:在信息化时代背景下,通信工程作为信息社会的基础设施,其建设质量和效率直接关系到信息传输的速度与质量。数字化技术作为现代信息技术的核心,其在通信工程建设中的运用日益凸显其重要性。本文旨在探讨数字化技术在通信工程建设中的具体应用,分析其对提升通信工程性能、优化资源配置以及降低运营成本等方面的积极作用,以期为通信工程领域的数字化转型提供参考与借鉴。

## 1 数字化技术概述

### 1.1 数字化技术的基本概念

(1) 定义与特点。数字化技术是指将各类信息(如文字、图像、声音等)转化为计算机可识别的二进制数字信号进行处理、存储和传输的技术体系。其特点突出表现为高度集成性,能融合多种信息形态;精准性,可通过数字编码实现信息的无失真传递;可扩展性,能基于数字平台快速升级功能;交互性,支持人与系统、系统与系统间的实时数据交换。(2) 技术原理。核心原理是通过模数转换(A/D转换)将连续的模拟信号离散化为数字信号,利用二进制运算规则进行数据处理,再通过数模转换(D/A转换)还原为可感知的信息。依托芯片、算法和网络架构,实现数据的采集、编码、传输、解码全流程自动化。

### 1.2 数字化技术的发展历程

(1) 从模拟到数字的演变。20世纪中期,随着计算机诞生,信息处理逐步从模拟信号(如磁带录音、胶片摄影)转向数字形式。模拟信号易受干扰、存储成本高,而数字信号抗干扰性强、便于压缩,推动了广播电视、通信等领域的数字化转型。(2) 关键技术的发展节点。1948年香农提出信息论,奠定数字化理论基础;1971年微处理器问世,推动数字设备小型化;1983年TCP/IP协议确立,加速数字网络普及;21世纪云计算、

大数据技术突破,使大规模数据处理成为可能。

### 1.3 数字化技术在各行业的应用现状

(1) 其他行业中的应用案例与效果。制造业通过数字孪生技术实现生产线虚拟仿真,良品率提升15%-20%;金融业利用区块链完成跨境支付,结算时间从3天缩短至秒级;医疗行业借助数字影像技术,远程诊断准确率达90%以上。(2) 通信工程领域的特殊需求与机遇。需满足海量数据实时传输(如5G基站每秒GB级数据)、超低延迟(工业控制要求 $< 10\text{ms}$ )和高可靠性(通信中断率 $< 10^{-9}$ )。机遇在于:数字孪生网络可提前模拟网络故障,降低维护成本30%;AI赋能的自优化网络,能动态调配资源,提升频谱效率50%以上。

## 2 通信工程建设中数字化技术的具体应用

### 2.1 光纤通信中的数字化技术

(1) 数字化技术在光纤通信系统的优化。数字化技术通过数字信号处理(DSP)芯片实现光纤链路的动态补偿,可实时修正色散、偏振模色散等传输损伤,使单信道传输速率从传统10Gbps跃升至400Gbps。例如,在长途干线网中,结合相干光检测技术与DSP算法,传输距离延长40%,同时将光放大器部署密度降低40%,显著减少建设成本。此外,数字化的功率均衡技术能动态调节各波长信号强度,确保波分复用系统中100+波长信道的传输一致性。(2) 光信号的调制解调与传输效率提升。高阶调制技术(如128QAM、512QAM)借助数字化编码算法,在单个光载波上加载更多比特信息,频谱效率较传统QPSK调制提升5-6倍。数字预失真技术可补偿光发射机的非线性失真,使100km传输后的误码率稳定在 $10^{-12}$ 以下。在5G前传网络中,这类技术支撑了每纤对200Gbps的传输能力,满足海量数据回传需求<sup>[1]</sup>。(3) 光纤通信的智能化与自动化控制。基于AI的光网络管理系统通过分析实时采集的光功率、信噪比等参数,可自动识别光纤

断点,定位精度达0.5米,故障修复响应时间缩短至20分钟。数字孪生技术构建的虚拟光纤网络,能模拟温度、振动等环境因素对传输性能的影响,提前优化路由配置,使网络可用性保持在99.99%以上,年中断时间控制在5分钟内。

## 2.2 无线通信中的数字化技术

(1) OFDM、MIMO等技术的应用。OFDM通过数字化子载波调制将高速信号分解为并行低速流,有效对抗多径衰落,在5G中支持100MHz-400MHz灵活带宽配置。MIMO技术结合数字波束赋形,4G基站实现4×4天线配置,5G毫米波系统升级至64×64大规模MIMO,单小区峰值速率突破20Gbps,较4G提升20倍,满足了高清视频、虚拟现实等大带宽业务的需求。(2) 软件定义无线电(SDR)与网络功能虚拟化(NFV)。SDR通过通用硬件+可重构软件实现多制式兼容,基站可在30分钟内完成4G/5G模式切换,适配不同区域的网络需求,降低了设备更换成本。NFV将核心网功能拆分为虚拟网络功能(VNF),部署周期从传统3个月缩短至72小时,某省运营商采用NFV后,新业务上线效率提升75%,硬件投资减少35%,大幅提高了网络部署的灵活性和经济性。(3) 提高无线通信的抗干扰能力与灵活性。自适应跳频技术通过实时频谱感知算法,可在3ms内切换至无干扰信道,抗窄带干扰能力提升8倍。认知无线电结合AI频谱预测模型,能动态规避雷达、卫星等干扰源,使工业物联网设备的通信中断率降至0.3%以下。此外,数字化的功率控制算法可根据用户距离动态调节发射功率,减少30%的同频干扰,提升了无线通信的质量和稳定性<sup>[2]</sup>。

## 2.3 网络架构与数据中心的数字化技术

(1) 数字化技术在网络架构设计中的应用。SDN技术通过集中控制器实现全网流量调度,骨干网链路利用率从55%提升至85%,避免了资源浪费。数据中心采用Clos架构与数字化流量调度算法,支持10万台服务器的无阻塞互联,东西向流量转发延迟控制在40μs以内,满足了大规模数据交互的需求。在边缘计算节点中,基于SDN的微服务架构可实现业务的毫秒级部署,提升了用户体验。(2) 数据中心的集成化与模块化设计。模块化数据中心通过数字化管理系统实现供配电、制冷的联动控制,PUE值低至1.08,远低于传统数据中心。液冷系统结合数字孪生技术,可动态调整冷量分配,某超算中心由此降低32%的制冷能耗,同时支持单机柜功率从15kW扩展至120kW,满足高密度计算需求,提高了能源利用效率<sup>[3]</sup>。(3) 实时监测与故障预警系统的实现。物联网传感器网络可采集数据中心350+项运行参数,结合机器

学习模型,能提前72小时预测电源模块、存储阵列的潜在故障,准确率达93%,减少了突发故障带来的损失。网络设备的数字化日志分析系统可自动识别DDoS攻击特征,拦截响应时间小于0.8秒,保障核心业务的连续运行,提升了网络和数据中心的安全性。

## 3 数字化技术对通信工程带来的优势

### 3.1 提升传输速度与容量

(1) 在传输效率方面,光纤通信与无线通信存在显著差异。光纤通信借助光信号传输,不受电磁干扰影响,单根光纤的传输速率可达数十Tb/s,且能通过波分复用技术实现多信号并行传输;而传统无线通信受频谱资源限制,单信道速率通常在Gb/s级别,在高密度数据传输场景下易出现拥堵。(2) 数字化技术通过信号编码优化和传输协议升级提升信息传输速度。例如,5G采用的正交幅度调制(QAM)技术可在有限频谱内加载更多比特信息,配合边缘计算节点的部署,减少数据传输路径长度,使端到端延迟降至毫秒级,大幅提升实时传输效率。

### 3.2 增强信号质量与稳定性

(1) 数字化技术在信号处理中引入自适应滤波算法和前向纠错编码(FEC),有效降低噪声干扰。例如,在卫星通信中,通过数字信号处理器实时分析噪声特征,动态调整滤波参数,使弱信号的解调成功率提升30%以上;FEC技术则通过冗余校验码自动修正传输错误,减少重传需求。(2) 在抗干扰方面,数字化技术通过跳频通信和智能波束成形实现突破。跳频技术使信号在多个频段间快速切换,降低被干扰概率;5G基站的大规模MIMO技术可通过算法动态调整天线波束方向,聚焦用户终端,减少多用户间的信号干扰,在复杂电磁环境下通信稳定性提升50%<sup>[4]</sup>。

### 3.3 优化资源配置与管理

(1) 数字化技术推动通信网络实现自动化运维,通过网络功能虚拟化(NFV)将传统硬件功能转化为软件模块,结合SDN(软件定义网络)实现流量的动态调度,使网络资源利用率提升40%以上。(2) 在资源分配中,人工智能算法通过分析用户行为数据,预测流量高峰时段,提前调整基站功率和带宽分配。例如,在演唱会等密集场景下,系统可自动将周边基站资源集中调度,保障用户通信畅通。

### 3.4 降低运营成本与维护难度

(1) 数字化技术通过网络虚拟化简化系统结构,减少物理设备部署数量。例如,云化核心网将传统机房设备整合为云端服务器,硬件投入成本降低30%,同时节省机房空间和电力消耗。(2) 自动化监测系统通过传感

器实时采集设备运行数据,结合大数据分析实现故障预警。当设备参数出现异常时,系统可自动定位故障点并推送维修方案,使故障处理时间缩短60%,大幅减少人工巡检成本。

#### 4 数字化技术在通信工程建设中面临的挑战与对策

##### 4.1 技术挑战

(1) 频谱资源紧张与分配问题。随着5G、物联网等业务爆发,频谱资源供需矛盾加剧。我国移动通信频谱使用率已达85%,6GHz以下优质频段几近饱和,而毫米波等高频段存在覆盖范围小、传输损耗大的缺陷。现有频谱分配模式以行政规划为主,缺乏动态调整机制,导致部分频段利用率不足30%,与热点区域的频谱拥堵形成鲜明对比。(2) 网络安全隐患与防护措施。数字化网络呈现“软件定义”特征,虚拟化技术使攻击面扩大3倍以上,2024年全球通信网络遭受的APT攻击较2020年增长210%。数据集中化存储导致单点泄露风险陡增,某省运营商曾因NFV平台漏洞导致10万用户数据泄露。传统防火墙难以应对AI驱动的智能攻击,防护响应滞后时间平均达4小时。

##### 4.2 人才挑战

(1) 专业技术人才的缺乏与培养。我国通信行业数字化人才缺口超120万,其中兼具5G、AI、网络安全知识的复合型人才仅占7%。高校课程体系滞后于技术发展,40%的通信工程专业仍以传统硬件教学为主,缺乏虚拟化、边缘计算等前沿内容。企业内部培训覆盖率不足50%,中小运营商技术团队更新知识的渠道有限。(2) 跨领域合作与知识更新需求。通信工程与IT、AI领域的融合日益加深,但行业壁垒导致跨领域协作效率低下。某项目中,通信工程师与数据科学家因术语体系差异,需求对接耗时增加60%。技术迭代速度加快,5G核心网技术每18个月更新一次,80%的从业者表示难以跟上知识更新节奏,技能老化问题突出。

##### 4.3 对策建议

(1) 加强技术研发与创新。设立国家级频谱共享实

验室,研发动态频谱接入技术,通过AI算法实现频谱利用率提升40%以上。突破太赫兹通信、可见光通信等新型传输技术,开拓频谱新维度。推动开源社区建设,加速SDN/NFV技术标准,降低跨厂商兼容成本。(2) 完善基础设施建设与人才培养体系。构建“算力+运力+频谱”一体化基础设施,在京津冀等区域试点超宽带骨干网,支撑PB级数据传输。高校与企业共建现代产业学院,开设“通信+AI”微专业,引入华为、中兴等企业的认证课程。实施“数字工匠”计划,每年培训50万技术人员,建立技能等级与职业发展挂钩的激励机制。(3) 强化网络安全防护与监管。建立国家级通信网络安全大脑,整合运营商、设备商数据资源,实现攻击溯源时间缩短至10分钟。推广零信任架构,在核心网部署量子密钥分发系统,确保信令传输绝对安全。完善《网络安全法》配套细则,对数据跨境传输实施白名单管理,每年开展3次全行业安全演练。

##### 结束语

综上所述,数字化技术在通信工程建设中的应用不仅提升了信息传输的效率与质量,还优化了资源配置,降低了运营成本。随着技术的不断进步和创新,数字化技术将在未来通信工程建设中发挥更加重要的作用。然而,我们也应清醒认识到,数字化技术的应用仍面临诸多挑战,需要持续加强技术研发与人才培养,强化网络安全防护,以推动通信工程建设迈向更高水平,更好地服务于信息社会的发展需求。

##### 参考文献

- [1] 邹双,罗思睿.大数据技术在通信工程项目管理中的应用研究[J].通信与信息技术,2022,(10):117-118.
- [2] 陈耀林.5G移动通信技术在通信工程中的应用[J].信息通信,2020,(05):52-53.
- [3] 张辉.计算机网络技术在通信工程项目管理中的运用研究[J].科技创新与生产力,2021,(07):76-77.
- [4] 谭宝庆.通信工程项目管理中难点问题及有效措施研究[J].科技资讯,2020,(11):117-118.