

# 面向5G的通信线路规划与优化研究

黄松伟

日海恒联通信技术有限公司 河南 郑州 450016

**摘要:** 为应对5G时代通信业务多样化、高性能与高可靠性的发展趋势,本文围绕5G通信线路的规划与优化展开系统研究。通过梳理5G核心场景技术特征,明确通信线路在覆盖范围、架构布局、网络适配等方面的建设需求,并结合边缘计算、网络切片等技术提出相应的规划原则与关键要素。在优化策略上,从网络性能、信道稳定性、系统冗余到智能运维,构建起多层次协同优化模型。研究结果可为5G通信基础设施建设提供规划指导与工程参考。

**关键词:** 5G通信; 线路规划; 网络优化; 边缘计算

## 引言

5G通信作为新一代信息基础设施的核心支撑,其网络特性已广泛渗透至电力、工业、交通等关键领域,对通信线路的规划与性能提出更高要求。在多场景、多业务并发背景下,传统线路布局模式难以适配新型网络架构演进,亟需系统性、前瞻性与智能化的技术支撑<sup>[1]</sup>。探索面向5G的通信线路规划与优化路径,已成为推动城市信息化与行业智能化融合发展的必要命题。

### 1 5G 通信线路布局 and 性能要求

5G通信系统以三大技术场景为核心:超可靠低时延通信(uRLLC)、大规模机器类通信(mMTC)和增强型移动宽带(eMBB),共同决定了5G网络在通信线路布局上需具备多样化能力支持<sup>[2]</sup>。uRLLC面向对时延和可靠性极为敏感的任务型应用,如工业自动化和电力保护;mMTC主要对数十亿设备的低功耗、广覆盖支持,是物联网部署的基础;eMBB聚焦于提供高带宽支持,以满足高清视频、AR/VR等大流量业务需求。

#### 1.1 高可靠低时延传输支持

在5G通信线路布局中,高可靠低时延传输能力是满足行业应用需求的基础保障。超可靠低时延通信(uRLLC)要求端到端延迟控制在1ms以内,同时保障通信成功率高于99.999%,以适应电力系统差动保护、自动驾驶、远程医疗等应用场景,对通信线路的节点部署密度、信道资源调度与数据传输路径规划提出更高要求。线路规划需结合5G切片技术,通过构建专用通信资源通道实现低延迟路径隔离,并配合边缘计算节点的部署,缩短回传路径,减少链路跳数。同时,基站间的协同与分布式用户面功能(UPF)下沉策略,可有效降低核心网压力,进一步压缩传输延迟。

**作者简介:** 黄松伟(1985.07-),男,汉族,籍贯:河南省杞县,专科,工程师,研究方向:通信传输工程

#### 1.2 大规模接入需求下的网络架构调整

随着物联网终端数量的激增,5G通信面临前所未有的大规模接入挑战。mMTC场景要求网络能够同时支持百万级设备接入,每平方公里支持百万连接密度。为实现这一目标,通信线路规划必须在物理与逻辑层面同步优化。一方面,需提升接入层资源分布密度,增加小基站部署频次,缩小覆盖单元以分担负载;另一方面,通过采用C-RAN集中式无线接入网架构,将多个基站前传链路汇聚至集中处理单元,有效提升资源调度效率。引入新一代核心网架构(5GC),支持网络切片与服务化架构,有助于动态隔离不同类型终端业务,避免接入冲突,提高网络承载弹性。

#### 1.3 面向边缘计算的节点布设要求

边缘计算(MEC)的目标是在网络边缘靠近用户侧部署计算能力,以实现低延迟、高带宽和本地处理<sup>[3]</sup>。通信线路的规划不仅要考虑主干网络的传输效率,更需科学设计边缘节点的位置、密度与连接方式。节点布设需充分评估业务类型分布与数据流向特点,将高交互频率的场景(如视频分析、设备联动控制)优先接入本地MEC服务器,减少对核心网的依赖。边缘节点应具备与5G基站共址或近址部署的能力,通过专用回传线路或切片通道保障数据同步与响应速率。在物理连接方面,应优先采用低延迟、高带宽的光纤通道,确保边缘节点与主平台间的数据回传具备高效性。边缘计算的有效部署必须与通信线路结构进行深度融合,形成以用户为中心的分布式架构体系。

在智慧城市中,5G为交通调度、环境监测、应急响应等系统提供实时、高密度连接基础;在配电自动化领域,5G用于构建高响应速率的差动保护系统,实现毫秒级故障处理与远程控制;在无人机电力巡检中,5G高带宽与低延迟能力支撑高清视频传输和远程控制指令回

传,有效提升巡检效率和安全性。

## 2 5G 通信线路规划的原则

### 2.1 前瞻性

规划过程需基于5G技术生命周期、应用演进趋势和城市发展远景,对通信线路结构进行超前设计。在基站布设、光缆敷设、通信节点选址等方面,应充分考虑未来容量扩展、边缘计算接入、网络切片部署等因素,确保网络架构具备长期适应性与升级空间。

### 2.2 协同性

在空间分布、网络结构与行业需求之间,规划必须体现出高度协同逻辑。通信线路的走向应结合城市交通、能源、水利等基础设施系统,实现地下空间的综合利用与交叉工程的时序协同,避免重复施工和资源浪费。在业务协同方面,应支持不同运营商、行业用户及政务平台的并行接入需求,通过统一接口标准和多租户设计保障多类服务同步运行不干扰。

### 2.3 可扩展性

5G网络承载对象的快速多样化要求通信线路支持接入点动态扩展、承载能力弹性调整与物理链路灵活重构。在节点布局、设备选型与光缆规格设定中,应预留冗余通道与物理接口,避免因短期配置限制导致长期升级困难。网络架构应采用模块化设计思路,使各功能单元在扩容与调整过程中可独立演进。

### 2.4 资源整合

有效整合现有通信基础设施、城市管道资源与土地使用权限,可降低重复投资,提高建设速度。在资源调配机制上,应建立多主体共建共享机制,推动通信运营商、电力企业、交通部门等协同参与线路规划,共享通道空间与网络设施,从而构建统一调度、高效互联的基础通信网络体系。

## 3 5G 通信线路规划的关键要素

### 3.1 覆盖范围设计

5G通信线路的覆盖范围规划应坚持层级分明、结构清晰的原则,科学划分主干网络、接入网络与末梢网络三个层次。主干网络承担跨区域高速数据传输,通常依托光缆干线布局,以核心机房、边缘数据中心和城市骨干节点为关键连接点;接入网络位于主干与用户之间,负责区域性流量汇聚与分发,其设计应兼顾信号质量、服务密度与灵活接入能力;末梢网络面向终端用户与物联网设备,承载本地数据采集与上下行传输需求,重点在于覆盖盲区消除与精细化布点。合理的分层设计不仅提升了网络运行效率,也为后续的扩展性、灵活性与差异化部署提供了技术基础<sup>[4]</sup>。

### 3.2 空间布局逻辑

5G通信线路的空间布局需充分融合地理特征、城市形态与工程可实施性,以实现成本控制与覆盖效能的动态平衡。在地理环境复杂区域,应优先采用灵活布设策略,通过架空与埋地方式的组合规避自然障碍,提升通信稳定性;在人口密度高、建筑密集的城区,应加强小基站密度部署,结合楼宇附挂、灯杆融合等方式嵌入式布局,有效提升信号穿透力与容量;在建设资源受限区域,需依据城市道路走向、管线空位与施工时段等要素进行协调布线,避免重复开挖和管线冲突。

### 3.3 多网融合考量

在5G通信线路规划中,通信光缆与电力管道、排水系统、燃气管网等共享敷设空间,可显著减少开挖次数和土地占用,在管廊、桥架、综合管沟等载体中实现多系统并行部署。在共建模式中,需建立统一接口标准与运维协议,保障多系统间电磁兼容、安全隔离与调度协同。融合方案还应考虑建设进度协调机制,通过市政项目周期的合理嵌套,实现同步施工、联动实施,避免交叉干扰和重复投资。多网融合不仅是一种资源整合方式,更是城市基础设施体系协同演进的战略选择。

### 3.4 网络架构适配

5G通信线路架构设计需结合城市发展阶段,选择独立组网(SA)与非独立组网(NSA)的最优模式以匹配网络部署策略。在核心城区和发展成熟区域,NSA方式凭借对现有4G资源的复用能力,可实现快速覆盖和低成本接入;在新建区域、工业园区或对低时延高可靠有严格要求的应用场景中,SA组网具有架构完整、网络切片支持与边缘计算集成度高的优势,更能支撑垂直行业的多样化需求。组网方式的选择需结合通信线路的物理条件、投资节奏与业务需求分布,合理布局核心节点、UPF分布位置与边缘计算设施,形成既高效运行又具演进弹性的网络架构体系。

## 4 面向 5G 的通信线路优化策略

### 4.1 网络性能优化

5G通信线路的网络性能优化主要围绕低时延、高带宽和链路稳定性三个维度展开,其核心在于构建面向关键业务的传输保障机制。在网络结构层面,通过引入用户面功能(UPF)下沉机制,可将数据处理路径从核心网迁移至边缘侧,有效降低链路跳数并压缩传输时延。在资源调度层,采用切片隔离与QoS等级分类技术,实现对不同业务数据的差异化传输策略,保障关键任务流量在高负载环境下的服务连续性。面向负载波动和拥塞风险的动态调度机制依赖于实时链路状态感知与跨域调配能

力,结合AI算法的自学习特性,可根据业务变化动态调整路径优先级与资源权重。节点间链路容量分配策略需基于历史流量与预测模型进行前置优化,从而提升整体网络吞吐能力与时延控制精度<sup>[5]</sup>。

#### 4.2 通信信道优化

在复杂物理环境与高频段传播特性共同作用下,5G通信信道面临频繁衰减、干扰叠加与多径失真等问题,需依赖高精度建模与智能化调控手段实现链路性能的持续优化。基于深度学习的信道估计技术通过卷积神经网络(CNN)与长短时记忆网络(LSTM)的多层联合建模,可有效挖掘时空相关性特征,实现对信道状态的动态预测与非线性补偿。在信道资源分配层面,引入强化学习算法构建自适应调度模型,使通信系统具备在用户行为变化与环境动态下自主调节功率、带宽与频率资源的能力。在无人机通信、配电巡检等场景中,优化信道稳定性成为保障远程控制精度的关键,需结合高分辨率定位与多基站协同增强链路鲁棒性。

#### 4.3 可靠性与冗余设计

在关键基础设施依赖5G通信实现实时控制与远程管理的背景下,系统级的可靠性与冗余机制成为保障服务连续性的重要技术要素。通信链路设计采用双路由冗余拓扑结构,在任一路径中断或性能下降时,系统可自动切换至备用通道,无需人工干预即可恢复业务传输。在差动保护与工业控制等对时延极为敏感的应用中,报文冗余发送机制能够缓解5G空中短包导致的链路波动,提升触发动作的稳定性。设备级别的冗余策略应覆盖基站供电、电源模块、传输节点及传感器系统,确保任一部件故障不会引发系统级失效。在数据同步环节,引入基于5G基站授时的高精度时钟同步方案,以降低时钟漂移与数据失配概率。

#### 4.4 智能运维体系构建

面向5G通信线路的智能运维体系应构建以数据驱动为核心的闭环控制机制,实现故障预警、状态监控、远程调度与策略调整的高度集成。系统架构需由前端感知

层、数据传输层、智能分析平台与操作执行模块协同构成,通过部署光缆监测传感器、温湿度采集模块与红外图像采集单元,实现对通信线路全生命周期的多维状态捕捉。数据平台利用边缘计算节点进行初步分析与事件识别,再与云端AI模型联动完成故障定位与趋势预测。基于大数据与机器学习的决策引擎可根据历史运行特征提出最优运维策略,提升响应精度与效率。5G网络的广连接与低延迟特性为实时远程维护提供条件,使运维人员通过平台界面即可实施远程干预与参数调整。智能运维体系的构建标志着通信线路管理从被动响应向主动防御、从人工巡检向自动化调度的深层转型。

### 5 结语

综上,本文围绕5G通信系统的网络特性与业务需求,系统构建了通信线路规划与优化的理论框架与实践路径。从布局性能要求出发,明确了多层次架构设计的技术要点;从规划原则与关键要素切入,形成了可持续演进的线路建设方案;从性能优化、信道增强到智能运维,提出了面向未来的全生命周期优化策略。研究表明,构建以多维协同为基础、以技术融合为驱动的通信线路体系,是实现5G网络高质量覆盖与稳定运行的关键保障。该研究可为新型基础设施建设提供系统参考与理论支撑。

### 参考文献

- [1]康龔.5G网络通信线路规划与城市规划结合策略研究[J].中国新通信,2021,23(9):25-26.
- [2]姜云天,王云龙.配电线路无人机巡检中5G通信技术通信信道算法的研究[J].中国宽带,2024,20(4):100-102.
- [3]胡云旭.基于5G的通信光缆线路运维系统设计[J].通信电源技术,2024,41(18):201-203.
- [4]黄福全,王廷凤,张海台,等.基于5G通信和动态时间规划算法的配电网线路差动保护[J].重庆大学学报,2021,44(4):77-85.
- [5]宋志伟,徐舒,王润路,等.5G通信条件下的线路差动保护优化策略研究[J].供用电,2021,38(5):17-22.