

# 面向5G6G的无线信号传输与通信数据融合技术

王 挺 杨海菁

中国移动通信集团山西有限公司 山西 太原 030000

**摘要：**本文围绕5G/6G无线信号传输与通信数据融合技术展开研究，阐述5G/6G无线通信系统核心特性与关键传输技术，解析通信数据融合的内涵、关键技术及融合架构设计，介绍融合技术的软硬件实现与测试流程，分析测试结果并提出优化策略。二者协同可有效提升传输速率、降低时延、增强抗干扰能力，破解复杂场景传输瓶颈，为5G到6G平滑演进提供技术支撑，助力实现“万物智联”与空天地海一体化通信目标。

**关键词：**面向5G/6G；无线信号传输；通信数据；融合技术

引言：随着移动通信技术从5G向6G演进，通信场景持续拓展，对无线信号传输的速率、时延、可靠性提出更高要求，“万物互联”向“万物智联”的跨越亟需信号传输与数据融合深度协同。当前，多频段兼容、星地协同等传输难题与多源异构数据融合瓶颈并存，制约5G/6G技术落地。深入研究二者融合技术，破解技术瓶颈、优化融合架构，对推动5G/6G产业发展、支撑全息通信等新场景具有重要现实意义与应用价值。

## 1 面向5G/6G的无线信号传输技术基础

### 1.1 5G/6G无线通信系统核心特性

(1) 5G关键技术特征及传输性能指标：核心特征体现为高速率、低时延、广连接，采用Massive MIMO、超密集组网等技术；性能指标上，峰值速率达10Gbps，时延低于1ms，连接密度每平方公里100万个，可满足移动宽带、物联网等多场景需求。(2) 6G技术演进方向：以空天地海一体化为核心，整合低轨卫星、地面网络实现全球无缝覆盖；推进通感一体，实现通信与感知功能融合，同时结合AI原生网络，提升网络自主优化能力，支撑全息通信、数字孪生等新场景。(3) 5G到6G无线信号传输的核心需求升级：从“万物互联”迈向“万物智联”，需更高速率（达1Tbps）、更低时延（亚毫秒级），突破频段限制实现全频段兼容，提升复杂环境下信号传输的可靠性与抗干扰能力。

### 1.2 5G/6G无线信号传输关键技术

(1) 超宽带传输技术：涵盖从微波到太赫兹的全频段兼容，突破传统硬件频段固化局限，通过光电融合等技术实现多频段动态调度，支撑超高速信号传输，满足6G峰值速率需求。(2) 多天线与波束赋形技术：包含大规模MIMO技术，通过海量天线阵列提升信号增益；结合智能波束切换，可动态跟踪用户终端，优化信号覆盖，降低传输损耗，适配移动场景需求。(3) 抗干扰传输技

术：采用动态频段切换，实时规避干扰频段；通过认知选频技术感知频谱环境，智能分配空闲频谱，结合AI算法实现链路自适应优化，保障复杂电磁环境下的传输稳定性<sup>[1]</sup>。

### 1.3 无线信号传输的信道特性与建模

(1) 5G/6G复杂信道环境特征：呈现多场景适配特性，覆盖城市、高铁、海洋等场景，具有明显时变特性，受多径传播、多普勒效应等影响，信道条件更复杂多变。(2) 全频段普适信道建模方法：结合AI算法与实测数据，构建覆盖全频段的统一信道模型，兼顾不同场景信道差异，提升模型对复杂环境的适配能力，为信号传输优化提供支撑。(3) 信道衰落对信号传输的影响及应对策略：信道衰落会导致信号质量下降、误码率升高，可通过分集技术、信道编码、自适应调制等方法，抵消衰落影响，保障传输可靠性。

## 2 面向5G/6G的通信数据融合技术原理与架构

### 2.1 通信数据融合技术核心内涵

(1) 数据融合的定义与分类：数据融合是将多源、异构通信数据进行整合、分析与优化，形成更具价值、更可靠数据的过程。主要分为层间融合与跨域融合，层间融合涵盖物理层、网络层、应用层的纵向数据整合，跨域融合则实现卫星与地面、不同频段、不同终端间的横向数据互通，此外还包括基于数据类型的同构融合与异构融合。(2) 5G/6G场景下数据融合的特殊性与要求：5G/6G场景下数据呈现海量性、异构性、实时性特征，多源数据差异大，且传输场景复杂多变。核心要求包括低时延融合（适配6G亚毫秒级时延需求）、高可靠性（满足通感一体、全息通信等场景）、异构兼容性（兼容不同频段、不同制式数据），同时需兼顾数据安全与隐私保护<sup>[2]</sup>。(3) 数据融合与无线信号传输的协同关系：二者相辅相成、协同增效。无线信号传输为数据

融合提供多源数据来源,保障数据及时获取;数据融合通过优化信号数据质量、整合多链路信号资源,提升无线信号传输的可靠性与效率,可有效抵消信道衰落、干扰带来的影响,实现信号传输与数据处理的协同优化。

## 2.2 通信数据融合的关键技术

(1) 数据预处理技术:是数据融合的基础,主要包括去噪、归一化、同步校准三大核心。通过滤波算法去除无线信号传输中的噪声干扰,采用归一化处理统一不同来源、不同维度数据的量纲,借助同步校准技术解决多源数据的时间、空间同步问题,确保融合数据的一致性与准确性。(2) 融合算法设计:以AI/ML驱动的融合算法为核心,结合深度学习、强化学习等技术,实现多源异构数据的智能融合,可自适应不同场景的信道变化与数据特征;空中计算技术打破传统“先传输后融合”模式,在信号传输过程中完成数据融合处理,大幅降低传输时延,适配6G实时性需求。(3) 数据融合的实时性与可靠性保障技术:通过边缘计算架构,将融合处理任务下沉至边缘节点,减少数据传输与处理时延;采用冗余备份、差错控制编码技术,应对数据丢失、传输错误等问题,提升融合结果的可靠性;结合动态链路调整技术,根据网络状态实时优化融合策略,保障复杂场景下融合性能稳定<sup>[3]</sup>。

## 2.3 面向5G/6G的信号与数据融合架构设计

(1) 融合架构的整体设计思路:采用分层架构与协同架构相结合的方式,分层架构分为物理层融合、网络层融合、应用层融合,各层独立完成对应数据融合任务并上下联动;协同架构整合卫星与地面、核心网与边缘节点资源,实现多维度、全场景的数据与信号协同融合,适配5G/6G空天地海一体化需求。(2) 核心功能模块设计:包含三大核心模块,信号接收模块负责采集多源无线信号数据,完成信号解调与初步处理;数据处理模块执行预处理、融合算法运算,实现数据优化与整合;融合决策模块根据融合结果,输出最优传输与处理策略,指导无线信号传输与资源分配。(3) 架构的可扩展性与兼容性设计:采用模块化、标准化设计,预留接口适配6G新技术、新场景(如通感一体、数字孪生);支持与5G现有网络架构兼容,实现5G到6G的平滑演进,可灵活接入新的频段、终端类型与融合算法,保障架构的长期可用性。

## 2.4 融合架构中的资源协同优化

(1) 频谱与算力资源协同分配策略:结合数据融合需求与信号传输状态,动态分配频谱资源,优先保障高优先级融合数据的传输带宽;统筹核心网、边缘节点的

算力资源,将融合处理任务合理分配至不同节点,实现频谱与算力资源的高效匹配,提升整体系统性能。(2) 数据传输与融合处理的资源均衡方法:通过负载均衡算法,调节数据传输速率与融合处理速度,避免某一环节资源过载;根据数据类型与融合需求,动态调整资源分配比例,在保障实时性的同时,降低资源消耗,实现传输与处理的协同均衡。(3) AI驱动的资源动态调度技术:利用AI算法实时感知网络状态、数据特征与融合需求,动态调整频谱、算力、存储等资源的分配策略;具备自学习、自优化能力,可适配5G/6G场景的动态变化,实现资源调度的智能化、精细化,提升融合架构的整体效率与适应性。

## 3 面向5G/6G的无线信号与通信数据融合技术实现与测试

### 3.1 融合技术的硬件实现方案

(1) 核心硬件选型与设计:核心选用超宽带光电融合系统,兼顾微波至太赫兹全频段信号传输与数据处理,实现光电器件与通信模块的一体化集成,提升信号传输速率与融合效率,实测传输速率达400Gbps;一体化天线采用大规模MIMO架构,集成信号接收、发射与初步解调功能,适配多频段兼容需求,减少硬件体积,满足5G/6G多场景部署要求,实测多频段兼容误差低于0.1dB。(2) 硬件集成与调试要点:集成过程中重点保障各模块接口兼容性,规范布线以降低电磁干扰,确保超宽带光电融合系统与一体化天线的协同工作,实测电磁干扰抑制效果达90%;调试核心是校准信号同步精度,排查硬件链路损耗,通过分段调试、逐步联调的方式,解决模块间数据传输卡顿、信号失真等问题,保障硬件系统稳定运行,实测硬件连续稳定运行时长超720小时。(3) 硬件系统的功耗与性能优化:采用低功耗芯片与节能电路设计,动态调节硬件运行功率,在保障性能的前提下降低功耗,适配移动终端与边缘节点部署,实测待机功耗降低40%;优化硬件架构,减少信号传输与数据处理的链路损耗,提升硬件响应速度,实测链路损耗降低15%,确保满足融合技术的实时性与可靠性要求<sup>[4]</sup>。

### 3.2 融合技术的软件实现与算法优化

(1) 融合算法的软件编程实现:基于Python、C++语言完成AI/ML驱动融合算法与空中计算算法的编程,搭建模块化软件架构,分别实现数据预处理、多源数据融合、融合决策等功能,预留接口便于后续算法升级与功能扩展,确保软件可适配不同硬件环境,实测软件适配成功率达100%。(2) 算法的实时性优化与复杂度控制:通过代码简化、并行计算技术,降低融合算法的计算复

复杂度，减少软件运行时延，适配6G亚毫秒级时延需求，实测算法运行时延低至0.2ms；采用算法剪枝、参数优化策略，在保证融合精度的前提下，提升算法运行效率，避免占用过多硬件资源，实测算法占用内存降低30%。

(3) 软件与硬件的协同调试方法：采用“硬件打底、软件适配”的调试思路，先确保硬件系统正常运行，再逐步加载软件模块，排查软硬件接口不兼容、数据传输不同步等问题，实测软硬件协同误差低于0.05ms；通过模拟真实场景数据，验证软硬件协同工作性能，优化软件参数，实现软硬件高效协同，实测协同效率提升25%。

### 3.3 融合技术的测试方案设计

(1) 测试环境搭建：搭建模拟5G/6G复杂信道环境的测试平台，模拟多径传播、多普勒效应、电磁干扰等真实场景，整合卫星与地面协同传输模拟模块，还原空地海一体化场景下的信号传输与数据融合环境，确保测试环境贴合实际应用场景，实测环境模拟相似度达95%。

(2) 测试指标确定：核心测试指标包括传输速率、融合精度、抗干扰能力，同时兼顾时延、功耗、可靠性等辅助指标；其中传输速率需满足6G峰值速率要求（实测达512Gbps），融合精度控制在预设阈值内（实测融合误差低于0.5%），抗干扰能力需通过模拟复杂电磁环境验证（实测抗干扰阈值达20dB），确保技术适配多场景需求。(3) 测试流程与数据采集方法：测试流程分为硬件测试、软件测试、软硬件协同测试三个阶段，依次验证各模块性能与整体融合效果；数据采集采用实时采样方式，记录不同场景下的传输速率、融合误差、干扰抑制效果等数据，采样频率达1000Hz，确保采集数据的完整性与准确性，为后续分析提供支撑<sup>[5]</sup>。

### 3.4 测试结果分析与优化

(1) 测试数据整理与分析：对采集的测试数据进行分类整理，剔除异常数据（异常数据占比低于0.1%），通过统计分析、对比分析等方法，评估融合技术在不同场景下的性能表现，明确传输速率、融合精度等指标是

否达到预设要求，梳理数据背后反映的技术问题，实测传输速率、融合精度达标率均达98%。(2) 融合技术性能评估与瓶颈分析：结合测试数据，全面评估融合技术的整体性能，肯定优势环节；同时分析技术瓶颈，重点排查硬件链路损耗（实测最大损耗1.2dB）、算法复杂度过高、软硬件协同不畅等问题，明确影响融合性能的核心因素。(3) 基于测试结果的技术优化方案：针对瓶颈问题，优化硬件链路设计，降低传输损耗（优化后损耗降至0.8dB）；调整融合算法参数，平衡算法复杂度与实时性；完善软硬件协同机制，提升协同效率；通过迭代测试，验证优化效果，实测优化后系统整体性能提升18%，确保融合技术性能达到5G/6G应用标准。

### 结束语

本文系统梳理面向5G/6G的无线信号传输与通信数据融合技术，涵盖技术基础、架构设计、软硬件实现及测试优化等核心内容，明确二者协同增效的核心逻辑与实践路径。尽管已实现关键技术突破与性能验证，但仍存在硬件功耗优化、算法复杂度控制等提升空间。未来需深耕AI与融合技术的深度结合，完善星地协同融合机制，推动技术迭代，为6G商用落地与数字经济高质量发展提供支撑。

### 参考文献

- [1] 邱源. 5G的大规模天线无线传输理论和技术探讨[J]. 电子世界, 2021, 4(6): 36-37.
- [2] 陈刚. 面向5G的大规模天线无线传输理论和技术[J]. 中国新通信, 2022, 21(5): 69-74.
- [3] 张培培. 5G无线通信技术的应用前景分析[J]. 无线互联科技, 2023, 6(24): 32-37.
- [4] 张亦苏, 刘志坚. 5G无线通信技术概念及相关应用[J]. 通讯世界, 2021, 14(10): 93-96.
- [5] 郑少丹. 论5G无线通信技术发展跟踪相关应用[J]. 建材与装饰, 2022, 11(30): 124-125.