

数字电视信号传输中电子通信技术的优化应用研究

魏金冲

河北省沧州市献县融媒体中心 河北沧州 062550

摘要: 数字电视作为现代信息传播的重要载体,其信号传输质量直接决定用户体验与行业发展上限。本文聚焦数字电视信号传输场景,系统探究电子通信技术的优化应用路径。通过分析信号传输中面临的复杂干扰、带宽瓶颈等核心问题,从调制解调技术升级、传输网络架构重构、抗干扰策略创新等维度,结合实际应用案例阐述技术优化的具体实践,揭示优化应用对提升传输稳定性、拓展传输容量的关键作用。研究旨在为数字电视行业突破技术瓶颈提供可借鉴的技术方案,推动电子通信技术与广播电视领域的深度融合,助力构建高质量、广覆盖的数字电视传输体系。

关键词: 数字电视; 信号传输; 电子通信技术; 优化策略; 传输质量

引言

随着信息技术的飞速发展,数字电视已从传统单一的视听终端,演进为集高清直播、互动点播、智慧服务于一体的综合信息平台。其核心竞争力的构建,高度依赖电子通信技术在信号传输环节的支撑作用。当前,数字电视信号传输面临着前所未有的复杂环境:城市建筑群导致的信号遮挡、多频段通信设备引发的电磁干扰、超高清内容带来的带宽压力,以及偏远地区信号覆盖不足等问题,共同制约着传输质量的提升。

电子通信技术的迭代为解决这些难题提供了技术可能。从基础的信号调制解调到复杂的网络架构设计,从抗干扰算法到传输协议优化,每一项技术创新都直接影响着数字电视信号从发射端到接收端的全流程效率。深入研究其优化应用,不仅能够破解当前数字电视传输中的现实困境,更能为未来超高清、沉浸式、交互化的电视服务奠定技术基础。在国家推进文化数字化战略的背景下,探索电子通信技术在数字电视信号传输中的优化路径,对满足人民群众高品质视听需求、推动广播电视行业转型升级具有重要的理论与实践意义。

一、数字电视信号传输与电子通信技术的关联逻辑

1. 信号传输的技术基底

数字电视信号传输的全流程,本质上是电子通信技术的综合应用过程。从内容编码到终端解码,每一个环节都依赖特定的通信技术支撑。在信号生成阶段,信源编码技术将原始音视频数据压缩为适合传输的数字流,减少冗余信息;信道编码技术则通过添加校验码,为信

号穿上“防护衣”,降低传输错误率。进入传输环节后,调制技术将数字信号加载到高频载波上,使其能够在有线或无线信道中高效传播,如同为信号配备“动力系统”;而传输介质(如光纤、同轴电缆、无线电波)则构成信号流通的“高速公路”,直接影响传输速度与距离。

接收端的解调技术负责剥离载波,还原数字信号;解码技术则将压缩的数字流恢复为原始音视频内容,最终呈现给用户。可以说,电子通信技术是数字电视信号传输的“骨骼与血脉”,其性能优劣直接决定信号传输的完整性与效率,没有通信技术的支撑,数字电视的视听体验便无从谈起。

2. 质量提升的技术驱动

电子通信技术的每一次突破,都推动着数字电视信号传输质量的跨越式发展。早期模拟电视信号传输易受干扰、画质模糊,而数字通信技术的引入,通过离散化的数字信号形式,大幅提升了抗干扰能力与传输精度,为标清电视普及奠定基础。随着正交幅度调制(QAM)、正交频分复用(OFDM)等技术的应用,信号传输速率显著提升,支撑了高清电视的落地;而光纤通信技术的成熟,则凭借其超大带宽特性,为4K/8K超高清信号传输提供了可能。

当前,5G通信技术与数字电视传输的融合,正在打破传统传输的时空限制,实现移动场景下的超高清直播与低延迟互动,让用户在高铁、户外等场景中也能享受稳定的视听服务。这种技术驱动下的质量升级,不仅体现在画质清晰度的提升,更涵盖信号覆盖范围的扩大、传输稳定性的增强以及交互响应速度的优化,全方位重

塑着数字电视的服务形态。

二、数字电视信号传输面临的现实挑战

1. 复杂环境下的多源干扰问题

数字电视信号在传输过程中，极易受到来自自然与人为环境的多重干扰，导致信号衰减、失真甚至中断。在城市区域，密集的高层建筑会对无线信号形成遮挡与反射，产生多径传播现象——同一信号经不同路径到达接收端时，因相位差异相互叠加，造成画面出现马赛克、音频卡顿等问题。同时，城市中大量电子设备（如微波炉、WiFi路由器、工业电机）产生的电磁辐射，会与数字电视信号在特定频段形成干扰，尤其在UHF频段，这种干扰可能导致信号解调失败，直接影响收视稳定性。

2. 带宽需求与传输能力的结构性矛盾

随着超高清、沉浸式视听内容的普及，数字电视信号传输的带宽需求呈指数级增长。传统标清电视信号码率约为4-8Mbps，高清信号需15-25Mbps，而4K超高清信号码率高达30-50Mbps，8K信号更是突破100Mbps。这种带宽需求的激增，与现有传输网络的承载能力形成尖锐矛盾。

在有线传输领域，部分老旧小区仍沿用传统同轴电缆网络，其带宽通常在1GHz以下，难以同时承载多路4K信号与家庭宽带业务，导致用户在观看超高清频道时频繁出现缓冲；无线传输则受限于频谱资源的稀缺性，DTMB（地面数字电视广播）标准虽在持续升级，但可用频段的划分已接近饱和，新增超高清频道面临“无频可用”的困境。即使在光纤网络覆盖区域，也存在光节点下用户过多导致的“带宽均分不足”问题，高峰期超高清信号传输易受网络拥堵影响。这种带宽供需的结构性失衡，成为制约数字电视向更高质量发展核心障碍。

三、电子通信技术优化应用的实践路径

1. 调制解调技术的迭代升级

① 高阶调制与自适应技术的融合应用

为突破带宽限制，高阶正交幅度调制（QAM）技术成为有线数字电视传输的核心优化方向。相较于传统的64QAM，256QAM将每符号承载的比特数从6提升至8，在相同8MHz信道带宽下，数据传输速率从约50Mbps提升至70Mbps，可额外承载1-2路高清信号；而1024QAM进一步将速率提升至85Mbps，为4K信号传输提供了带宽支撑。在某省会城市的广电网络改造中，通过全面部署256QAM调制技术，全市超高清频道覆盖率从30%提升至80%，用户观看4K节目时的缓冲次数下降70%，显著提升了传输效率。

② OFDM技术在抗多径干扰中的深度应用

正交频分复用（OFDM）技术通过将高速数据流分解为多个低速子流，在多个正交子载波上并行传输，有效抵御多径干扰与频率选择性衰落，成为无线数字电视传输的关键优化手段。OFDM技术将信道划分为数百个相互正交的子载波，每个子载波带宽窄、符号周期长，即使某一子载波受干扰，也不会影响整体信号传输，大幅提升了抗干扰能力。

在城市密集区的DTMB网络优化中，采用OFDM技术后，信号在穿越高楼建筑群时，多径干扰导致的误码率下降60%，超高清信号的稳定接收距离从原来的3公里扩展至5公里，覆盖范围显著扩大。某沿海城市通过OFDM技术改造无线发射系统，成功解决了海风反射导致的信号波动问题，台风天气下的电视信号可用率保持在95%以上，充分验证了该技术在复杂环境中的抗干扰优势。

2. 传输网络架构的协同优化

① 有线传输网络的“光纤化+IP化”改造

针对传统同轴电缆网络带宽不足的问题，“光纤到楼+同轴入户”（HFC网络升级）成为有线传输的主流优化方案。光纤凭借低损耗、大带宽特性，将信号从前端机房高速传输至小区光节点，传输距离可达10公里以上，且带宽不受传输距离影响；而同轴电缆则承担“最后100米”的入户任务，利用成熟的分配网络实现信号高效覆盖。在老旧小区的改造中，某广电运营商将原有电缆干线替换为光纤，使光节点下的可用带宽从500MHz提升至2GHz，支持每户同时观看4路4K信号与100Mbps宽带上网，彻底解决了带宽瓶颈。

② 无线传输网络的“天地一体”覆盖优化

构建地面广播（DTMB）、卫星通信与5G网络协同的“天地一体”传输体系，是解决偏远地区覆盖难题的核心策略。DTMB作为地面主力传输方式，覆盖人口密集区；卫星通信利用广播特性，实现对深山、荒漠等基站难以覆盖区域的广域覆盖，如“户户通”工程通过中星九号卫星，让98%以上的农村家庭收看到高清节目；5G网络则凭借低延迟、大连接优势，支撑移动场景与互动业务。

在青藏高原的农牧区覆盖项目中，通过“DTMB补盲+卫星主传+5G回传”的混合架构，牧民既可以通过卫星接收中央台超高清节目，又能借助5G网络点播本地畜牧技术视频，信号覆盖盲区减少90%。这种“天地一体”的优化模式，打破了地理条件对信号传输的限制，

实现了数字电视服务的全域覆盖，推动了城乡公共文化服务的均衡发展。

3. 抗干扰策略的系统性创新

① 信道编码与均衡技术的协同增强

先进信道编码技术通过添加冗余校验信息，大幅提升信号的纠错能力。低密度奇偶校验码（LDPC）作为当前主流编码方式，其纠错性能接近香农极限，在相同信噪比下，可将误码率降低1-2个数量级。在某省的地面数字电视传输中，采用LDPC编码后，信号在雨衰条件下的可用距离延长2公里，农村地区的超高清频道接收成功率从75%提升至95%。

自适应均衡技术则通过补偿信道失真，进一步消除多径干扰影响。在接收端部署的时域均衡器，可实时分析多径信号的延迟与幅度，生成反向补偿信号，抵消码间干扰。在城市高楼区的信号优化中，该技术使因多径导致的画面马赛克现象减少80%，用户主观评价的画质清晰度提升30%，显著改善了复杂环境下的收视体验。

② 电磁干扰的主动监测与规避

针对电磁干扰源的随机性，构建“频谱感知+动态规避”的主动抗干扰体系成为关键。通过部署频谱监测设备，实时扫描数字电视频段内的干扰信号，精准定位干扰源（如工业设备、非法发射装置），并通过调整发射频率或功率实现主动规避。在某工业园区周边的信号优化中，监测到工厂电机产生的1.2GHz频段干扰后，系统自动将该区域的数字电视信号切换至相邻干净频段，干扰导致的信号中断问题彻底解决。

四、未来展望与技术演进方向

1. 太赫兹通信与量子通信的潜力挖掘

太赫兹通信凭借100GHz-10THz的超宽频段，可实现每秒数十Gbps的传输速率，为8K/16K超高清、全息电视等未来业务提供带宽支撑。目前，实验室环境下的太赫兹短距离传输速率已突破100Gbps，未来通过解决雨衰、传输距离短等问题，有望成为超高清信号的骨干传输技术。

量子通信则利用量子纠缠特性，可实现信号的绝对安全传输，避免窃听与干扰，在政务、金融等特殊领域的数字电视传输中具有不可替代的价值。虽然目前量子通信仍处于试验阶段，但随着量子中继技术的突破，其在数字电视信号传输中的规模化应用将成为可能，为传输安全提供终极保障。

2. 人工智能驱动的智能传输网络

人工智能（AI）将深度融入数字电视传输的全流程，实现“自感知、自优化、自修复”的智能网络。AI算法通过分析历史传输数据，可精准预测信道质量变化，提前调整调制参数与带宽分配，如在暴雨来临前自动增强偏远地区的信号发射功率；基于机器学习的故障诊断系统，能在10秒内定位信号中断原因，准确率达95%，大幅缩短故障修复时间。

在内容传输中，AI还可实现“智能编码”，根据用户终端性能与网络条件，动态调整视频分辨率与码率，在带宽有限的农村地区，自动将4K信号降为1080P，确保流畅观看；而在光纤网络覆盖的城市，则推送8K全量数据，实现“千人千面”的精准传输。这种智能化演进，将使数字电视传输网络具备更强的环境适应能力与服务适配能力。

结语

电子通信技术在数字电视信号传输中的优化应用，不仅是技术层面的迭代升级，更是推动广播电视行业向高质量发展转型的核心动力。从调制解调技术的高效迭代到传输网络的协同重构，从抗干扰策略的系统创新到智能网络的未来演进，每一步实践都在破解传输难题、提升用户体验。当前，技术优化已初见成效，超高清信号覆盖范围持续扩大，城乡收视差距逐步缩小，产业生态协同发展态势日益明显。面向未来，随着太赫兹通信、量子通信、人工智能等技术的深入应用，数字电视信号传输将迈向“更高清、更稳定、更智能、更安全”的新境界。

参考文献

- [1] 栗遐. 试析SDH数字微波技术在广播电视信号传输中的应用[J]. 电子世界, 2021(24): 2.
- [2] 崔新宇. 计算机网络技术在电视播出系统中的应用优势及推广实践[J]. 中国新通信, 2025.
- [3] 袁龙. 广播电视信号传输中IP微波通信应用研究[J]. 东西南北, 2025(2): 0047-0049.
- [4] 李国强. 微波数字技术在广播电视信号传输中的应用[J]. 移动信息, 2024, 46(1): 10-12.
- [5] 王金红. 网络技术在广播电视工程中的应用研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023.