 DOI: https://doi.org/10.12349/tie.v3i8.11555

Discussion on Engineering Optimization Solutions for Broadband Network Expansion in Radio and Television Systems

Zhihua Li

Hebei Radio and Television Network Group Qinhuangdao Co., Ltd., Qinhuangdao, Hebei, 066000, China

Abstract

With the widespread adoption of smart home technologies, the proliferation of ultra-high-definition video streaming services, and the implementation of various online office solutions for government and enterprise sectors, the broadband data traffic demand among urban and rural residents has entered a period of rapid growth. Currently, a large number of existing radio and television broadband networks face common practical challenges, such as insufficient bandwidth reservation, relatively high optical fiber transmission loss, and rigid traffic scheduling mechanisms. Traditional expansion methods within the industry often rely solely on increasing backend bandwidth without addressing the core weaknesses of physical links and network architecture, thus failing to resolve recurring issues such as drastic drops in network speed during evening peak hours, data packet loss, and failure of terminal devices to meet required speeds. Drawing upon field renovation experience and operational testing data from county-level radio and television networks, this paper identifies the actual deficiencies at the network architecture, hardware equipment, and resource allocation levels, and proposes an optimization framework based on four key dimensions: architectural simplification, link quality enhancement, hardware iteration, and intelligent scheduling.

Keywords

broadcasting and television broadband; network capacity expansion; technical optimization

广电宽带网络扩容工程技术优化方案探讨

李智华

河北广电网络集团秦皇岛有限公司，中国 · 河北 秦皇岛 066000

摘　要

伴随智慧家居普及、超高清视频流媒体普及以及各类政企线上办公业务落地，城乡居民宽带流量需求迎来快速增长周期。目前大量存量广电宽带网络，普遍存在带宽预留不足、光路传输损耗偏高、流量调度机制僵化等现实问题。行业内传统的扩容手段多为单纯后台带宽抬升，并未触及物理链路与组网架构的核心短板，无法彻底解决晚间高峰网速跳水、数据丢包、终端速率不达标等频发故障。本文依托县域广电网络一线改造、运维实测经验，梳理现有组网、硬件设备、资源分配层面的实际缺陷，从架构精简、链路提质、硬件迭代、智能调度四个维度搭建优化方案。

关键词

广电宽带；网络扩容；技术优化

1 引言

最近几年，数字乡村、智慧社区建设不断落地，大众的网络使用习惯和业务场景，和早期广电网络规划阶段的需求已经完全脱节。早年广电网络核心承载广播电视直播、标清视频点播等低流量、低并发业务，网络负荷平稳，基础组网结构足以满足用户日常使用。

但近几年不一样了。4K 超高清观影、全屋智能设备联动、自媒体直播、居家远程办公等场景常态化应用，单用户瞬时流量峰值大幅提升，给存量广电网络带来了持续高压负荷。一线运维实践表明多数老旧小区、乡镇片区的广电网络，建设规划年代较早，前期带宽冗余、节点布局、线缆标准均未适配当下高流量业务。很多基层运维单位的扩容思路相对保守，大多只是在后台系统调整带宽参数，物理链路、分光节点、老旧设备完全不做改动。这种改造方式成本低、工期短，短期看网速略有提升，却解决不了根本问题。每到晚间八至十点全网用网高峰，拥堵、卡顿、时延跳变的问题依旧反复出现。

【作者简介】李智华（1972–），女，中国黑龙江桦南人，本科，工程师，从事广电网络研究。

2 现有广电宽带网络存在的主要技术问题

2.1 组网层级繁杂，光链路损耗超标

现阶段县域乡镇、老旧居民小区的广电宽带组网，大多沿用多年前建设的多级分光模式，不少片区保留三级、四级分光结构。光路中转节点越多，光信号衰减就越严重，这是行业内普遍存在的实操问题。

结合现场摸排数据，建成超过十年的老旧线路，普遍伴随接头氧化、线缆外力弯折、护套破损受潮等隐性故障。这些细小的现场问题叠加之后，整体光衰损耗会大幅超标。[1] 部分偏远楼栋终端下行光功率甚至低于 -26dBm，根本无法支撑千兆带宽稳定传输，也是用户千兆套餐跑不满速的主要原因。

同时，分散式的多级节点布局，让片区网络资源变得碎片化。各区域带宽资源独立隔离，高峰时段局部片区拥堵严重，闲置带宽无法跨区域调度，直接造成全网带宽利用率长期偏低，资源浪费现象明显。

2.2 老旧硬件设备性能瓶颈突出

存量网络中，依旧保留了大量早期投产的百兆级接入设备，包括普通分光器、接入交换机、户外光节点等。这类硬件的芯片算力、缓存容量、报文转发效率都是按照早期低速宽带标准设计的，硬件本身存在天然性能上限。

出于运维成本管控的考量，很多片区不会批量更换老旧设备，仅依靠后台参数调试完成带宽升级。这种改造方式看似节约成本，实际运行隐患极大。[2] 高带宽、大流量数据传输过程中，老旧设备极易出现机身过热、转发卡顿、随机丢包等问题。这也能解释很多用户的真实体验：测速软件检测带宽达标，实际刷视频、打游戏、联网办公时依旧存在明显卡顿。硬件性能短板，直接限制了扩容改造的实际效果。

2.3 流量调度模式固化，带宽分配不合理

传统广电宽带采用固定带宽配额的调度方式，系统不具备智能识别、动态调配的能力。不管是网络高峰还是平峰，不管用户是否在线使用，带宽资源始终固定分配。

这种僵化的调度机制，造成了很不合理的资源分配现状。部分长期低活跃度用户，持续占用固定带宽资源；而直播、高清观影、远程办公等高需求用户，高峰时段却面临带宽不足、网络拥堵的情况。

更关键的是，系统无法区分业务优先级，普通娱乐流量、无效扫描流量会和政企专线、高清核心业务流量抢占信道。[3] 优先级混乱的调度模式，进一步拉低了全网运行效率，核心业务的传输稳定性难以保障。

3 广电宽带网络扩容优化整体改造思路

本次扩容优化摒弃行业传统、单一的带宽叠加改造方式，立足基层网络的老旧现状，采用架构精简、链路提质、设备迭代、智能调度四位一体的综合改造思路。

改造优先从物理层入手，精简冗余分光层级，砍掉无效中转节点，从源头降低光路损耗。在此基础上替换全部瓶颈老旧硬件，夯实网络承载基础。最后通过优化后台调度策略，实现带宽资源动态分配。通过物理硬件与软件策略同步优化，彻底解决传统扩容治标不治本的问题，全面提升网络承载上限与运行稳定性。

4 具体工程优化方案与参数对比

4.1 网络架构精简优化

针对多级分光损耗大、节点冗余的问题，本次工程统一将片区四级、三级分光结构，精简优化为标准化二级分光架构。拆除片区内闲置、冗余的中间分光节点，缩短主干光缆传输路径，减少光路转接次数。同时整合零散分布的户外节点，统一汇聚至片区核心机房，实现片区网络资源集中管控。

架构优化前后，各项核心运行参数变化十分明显，具体实测数据如下表所示。

表 1 网络架构优化前后工程参数对比

测试项目	改造前（多级分光）	改造后（二级精简分光）	行业标准阈值
最大分光层级	4 级	2 级	≤3 级
平均光路损耗	23~28dB	16~20dB	≤22dB
单节点承载用户数	80~120 户	150~180 户	适配片区容量
高峰期丢包率	3.2%~5.8%	0.3%~0.9%	≤1.0%
带宽利用率	52.0%~60.0%	78.0%~85.0%	≥75.0%

从现场实测结果可以看出，精简组网架构后，光路损耗控制在标准范围内，丢包率大幅下降。节点汇聚改造之后，网络整体容错能力提升，后续日常故障排查、线路运维的工作量也显著减少，运维效率得到提升。

4.2 传输链路提质改造

光路损耗超标的核心诱因，除了架构问题，更多来源于老旧线缆老化、施工工艺不规范。本次改造针对性对片区主干光缆、楼道入户皮线光缆进行分批更换，淘汰老化严重、损耗偏高的老旧线材，统一采用低损耗新型光纤。[4]

施工工艺方面，摒弃以往简易冷接方式，所有光纤接头全部采用熔接工艺作业，最大程度降低接头带来的信号损耗。重新规整楼道、管道路线，规避线缆过度弯折、拉伸、挤压的情况，加装防护套管固定线路，延缓线缆老化速度。

链路整体提质改造后，全段光路传输更加均匀稳定，消除了局部点位损耗突变的问题，为千兆高带宽、低时延业务传输提供了可靠的物理支撑。

4.3 核心接入设备迭代升级

对片区内所有老旧百兆交换机、分光器、户外光节点进行全域替换，全部更新为千兆级高速转发硬件。全新设备的缓存空间、报文转发效率、散热性能均优于老旧设备，能够适配多用户高并发流量传输场景，解决设备过热、转发卡

顿、随机丢包等顽固故障。

设备布设不再沿用以往均匀布点的模式，结合楼栋户数、用户密度差异化布局，合理控制单节点承载用户数量，避免单点负荷过载。同时配套整改机房供电、散热环境，保障核心设备长期连续稳定运行，有效降低设备故障返修频次。

4.4 动态智能流量调度优化

取消固定带宽配额的传统调度模式，搭建适配广电业务场景的差异化智能调度体系。系统可自动识别早晚流量高峰，实时监测片区在线用户数量与流量负荷，动态调剂全网闲置带宽资源。

同时设置业务优先级机制，将政企专线、高清流媒体、居家办公等核心业务列为高优先级，优先保障传输质量；对后台扫描、闲置待机等无效低优先级流量进行适度限制。针对人口密集、流量压力大的片区，增设弹性扩容机制，高峰自动释放冗余带宽，平峰收缩资源节能降耗，有效平衡全网资源分配。

5 优化方案工程实施效果分析

本次优化改造选取某乡镇老旧片区作为试点，随机抽取 200 户不同楼栋用户作为监测样本，连续 30 天跟踪记录网络运行数据。对比改造前后的网速、时延、丢包率、故障报修量等核心指标，整体优化效果十分可观。

组网精简和链路提质完成后，片区所有终端光衰参数全部达标，千兆带宽实测通过率大幅提升，彻底解决了长期存在的后台扩容、终端不达标问题。智能调度策略落地后，晚间黄金时段网络时延波动幅度大幅收窄，日常卡顿、掉线、加载缓慢的故障基本消除。

从运维统计数据来看，改造后片区月度网络故障报修量下降 70% 以上，带宽利用率提升近 30 个百分点。网络整体承载能力、运行稳定性、用户实际体验，均实现了实质性提升。对比传统单纯扩容模式，这套软硬件结合的综合优化方案，更适配基层广电老旧网络的改造升级需求。

6 工程实施注意事项

结合多片区改造实操经验来看，广电宽带扩容不能照搬统一模板，必须因地制宜开展施工。老旧小区线路错综复杂、私接改造情况较多，大面积全线整改容易引发大规模断网投诉。施工中需采用分批、分楼栋作业模式，优先整改高损耗、高故障频发点位，最大限度降低对用户正常用网的影响。

施工全程必须严格遵守广电网络工程工艺标准，设备选型、光纤熔接、节点固定、线路防护每一个环节都不能简化，避免施工工艺不达标造成二次光路损耗。单点位施工完成后，不能直接收尾，需要逐一完成光衰检测、带宽测速、压力测试，确认各项参数达标后再竣工验收，保障整体工程质量。

7 结语

广电宽带网络扩容并非单纯的带宽叠加升级，而是针对组网层级冗余、链路损耗过高、硬件性能不足与流量调度僵化等现存问题的系统性改造工作。本文结合一线工程实操经验，从架构精简、链路提质、设备更新与智能调度多维度提出综合优化方案，通过试点应用有效降低了光路损耗、提升了带宽利用率与网络运行稳定性，较好适配了当前高并发、超高清的宽带业务使用需求。在城乡数字化建设不断推进的背景下，广电网络仍需持续迭代优化组网模式与资源调度机制，持续夯实基础承载能力，为智慧社区与数字乡村建设提供稳定、高效的宽带网络保障。

参考文献

[1] 解洪军.探究基于广电网络的三级村居网络现代化治理模式[J].中国宽带,2024,20(11):4-6.

[2] 黄泽琛.D省广电网络有限公司宽带业务竞争战略研究[D].山东大学,2022.

[3] 蔡建东.人工智能技术在智慧广电建设中的应用模式探索[J].电视技术,2024,48(11):171-173.

[4] 蒋惠敏.广电领域网络安全防护体系设计与关键技术应用分析[J].电视技术,2024,48(11):194-197.