

# IPTV 端到端网络优化策略研究

## Research on IPTV End to End Network Optimization Strategy

王 斌(中国联通安徽分公司,安徽 合肥 230061)

Wang Bin(China Unicom Anhui Branch,Hefei 230061,China)

### 摘 要:

随着IPTV用户规模高速增长、高清和4K视频节目源不断增多,传统通信网络承载大流量、高速率视频业务逐渐力不从心,影响视频业务体验质量。安徽联通引入“质差率”指标,针对端到端IPTV视频流丢包、时延长等问题,开展了IPTV网络架构、设备能力、网络容量和家庭组网等4个方面的研究,诊断出影响视频体验的网络问题,制定了网络优化方案,并提出开展家庭组网服务的建议,对提升IPTV用户业务感知、推动通信网络业务转型具有借鉴意义。

### Abstract:

With the rapid growth of IPTV user, the increase of high-definition and 4K video program sources, the traditional communication network is unable to cope with the high traffic and high speed video business, which will affect the quality of video experience. Aiming at the problems arising in end-to-end IPTV video flow, Anhui Unicom introduces Qualitative difference, studies the IPTV network architecture, equipment capability, network capacity and family network, diagnoses network problems affecting video experience, develops the network optimization scheme, and puts forward suggestions for developing the family network service, which has reference for improving IPTV user awareness, promoting the transformation of communication network business.

### Keywords:

IPTV; CDN; Network optimization; Multicast; QoS; Qualitative difference

### 关键词:

IPTV; CDN; 网络优化; 组播; QoS; 质差率  
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2019.10.020  
中图分类号:TN914  
文献标识码:A  
文章编号:1007-3043(2019)10-0088-05

引用格式:王斌. IPTV 端到端网络优化策略研究[J]. 邮电设计技术,2019(10):88-92.

## 0 前言

随着IPTV用户规模增长、高清和4K视频节目数量不断增多,网络承载压力剧增。同时,IPTV业务流穿越用户终端(机顶盒和光猫)、接入网、传送网、数据网和CDN,业务流程长且复杂,为快速定界故障点、提升视频用户业务感知工作带来了困难。因此,识别网络瓶颈、疏通网络通道、保障用户体验成为IPTV业务运营的首要工作。本文通过深入研究分析安徽联通IPTV网络架构、设备能力、网络容量和家庭组网等现状,着重分析了宿州、阜阳和池州3个地(市)的网络配置、流量等采样数据,发现了影响视频体验的网络问题,提出了IPTV业务端到端网络优化建议。

收稿日期:2019-07-01

## 1 问题分析

### 1.1 网络架构

#### 1.1.1 省网链路带宽成为瓶颈

当前安徽联通IPTV业务主要有2张网承载:城域网(主要承载HSI、IPTV等)和省网(主要承载认证、计费、IPTV回源、省内IDC流量等)。IPTV业务流规划如图1所示。

a) 合肥IPTV流量通过合肥城域CR到合肥CDN分中心。

b) 其他地(市)IPTV业务优先命中本市CDN分中心;未命中本地CDN时通过省网绕行到合肥IPTV平台。

安徽联通CDN命中率平均为90%左右,省网链路中视频流量占比平均超过50%。目前省网到各地(市)

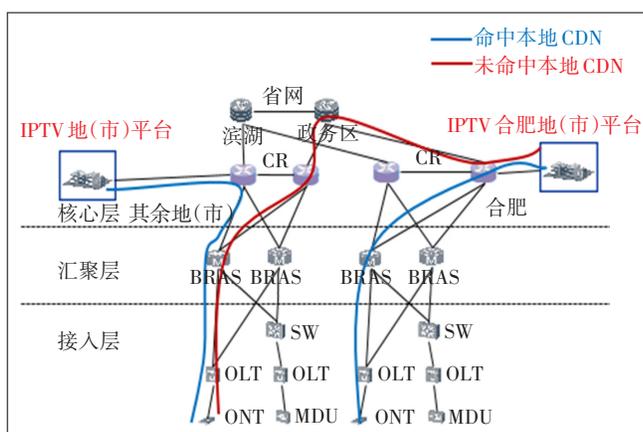


图1 IPTV业务流规划

带宽为5~20G,后续随着视频用户的增加及码率的提升,省网链路带宽将成为瓶颈。

### 1.1.2 OLT上行通过汇聚交换机承载,容易导致拥塞

现网OLT上行通过交换机汇聚接入占比88%,通过裸纤直连BRAS/SR占比仅为12%。然而,用户体验取决于网络通量,网络通量和套餐带宽、丢包、时延有着直接关系。

安徽联通光改完成后城域网时延基本<20 ms,满足4K视频流畅播放对网络时延要求(4K视频流畅播放要求时延<20 ms,丢包率<10<sup>-4</sup>;或时延<10 ms,丢包率<5×10<sup>-4</sup>)。但网络丢包仍比较严重,导致TCP下载速率降低一半,引起视频卡顿或花屏。现网汇聚交换机无缓存或缓存只有1 ms,更容易引发丢包,导致突发拥塞,成为影响视频体验的主要原因之一。

## 1.2 设备能力和网络容量

### 1.2.1 CDN分中心设备处理能力是瓶颈

经测试(带宽按6 M/户),现网单台流媒体服务器支持的峰值并发用户数约3 300户。据统计,目前流媒体服务器网络带宽峰值利用率达到80%~90%,内存利用率达到59%~72%。部分CDN分节点峰值并发用户数已接近性能极限,影响了客户视频业务使用感知。

### 1.2.2 OLT承载网及上行链路带宽均存在瓶颈

全省超过80%以上的OLT上行承载网为IPRAN。2018年春节,部分地(市)IPRAN网络带宽峰值利用率出现预警(见表1),存在忙时不能容灾的隐患,直接影响了IPTV用户和4G用户业务感知。

同时,OLT上联带宽主要以GE/2×GE为主,部分LSW-OLT端口利用率超过50%,网络突发时产生丢包现象,无法满足未来3年的带宽需求。

### 1.2.3 PON网络的弱光和超距问题

表1 2018年春节部分地(市)IPRAN带宽峰值利用率

地(市)	峰值利用率/%	均值利用率/%
亳州	102	85
六安	92	79
滁州	85	71
池州	73	59

宿州与池州两市接收光功率异常(小于-27 dB)的ONU比例均超过5%,分别达到6.42%和8.05%。

池州现网32%的ONU光距大于5 km,3.4%的ONU光距大于10 km。宿州现网27%的ONU光距大于5 km,3.5%的ONU光距大于10 km。

### 1.2.4 单口桥接型ONT视频和上网业务共用通道,无QoS保障

全省存量桥接ONT约占总量的58%。该类ONT通常下挂一个家庭网关拨号上网,家庭网络组网复杂、故障点增多。视频和上网流量共通道,当视频或上网流量突发,瞬间流量超过用户整体带宽的时候,就会导致丢包。若无QoS保障,一旦瞬间突发流量大于端口转发速率,报文同样会被随机丢弃。对丢包敏感的视频报文被丢弃时,会导致视频卡顿或花屏。

## 1.3 家庭组网

通过分析95 082个(有效样本94 971个)已经部署探针的机顶盒数据,安徽联通直播业务卡顿用户占比小于1.6%,卡顿时间大于10 s的直播业务卡顿用户占比小于1.2%。标杆运营商质差率为0.2%,安徽联通视频体验需要继续优化。通过抽样入户调查,发现相当一部分卡顿用户的机顶盒是通过无线接入ONT,而家庭内Wi-Fi覆盖差,导致视频业务体验不佳,同时影响组播部署。

## 2 优化策略

### 2.1 网络架构

#### 2.1.1 部署组播

##### 2.1.1.1 组播复制点的选择

相比单播来说,使用组播方式传递信息,不需要此报文的用户不会收到组播数据,用户的增加不会显著增加网络的负载,减轻了CDN服务器和省网链路的负荷。相比广播来说,组播数据仅被传输到有接收者的地方,减少了冗余流量,节约了网络带宽,降低了网络负载。因此可以说组播技术有效地解决了IPTV单点发送多点接收的问题。

经比较分析(见表2),IPTV发展初期,每台OLT组

表2 组播复制点选择比较分析

组播复制点	BRAS	OLT
现网改造工作量	小(只需要在BRAS开启IGMP组播功能, BRAS以上开启三层组播即可, 不涉及现网OLT改造)	大(STB: 支持IPOE拨号(支持Option 60/61, Option125); ONT: 配置组播VLAN、桥接WAN、单播VLAN; OLT: 配置组播VLAN, 将IPOE加入组播, 配置组播组, 配置组播报文上行口转发优先级, 开启IGMP proxy; 现网所有OLT都需要开启组播IGMP, 根据以往改造经验, 平均每人每天约改造10台OLT)
维护成本	小(BRAS集中维护)	大(组播维护点下沉到OLT, 故障点增多; 且局点分散, 无法统一集中管理对区县人员维护技能要求高)
开通周期	短	长(涉及全网设备配置改造)
网络带宽需求	大	小
现网准备情况	现网已经具备BRAS组播复制能力。在BRAS以上开通三层组播即可, BRAS做组播组配置, OLT无需改造	所有OLT、交换机全部做配置改造, 需要部署DHCP Server服务器

播用户较少, OLT组播复制不节省带宽。但是IPTV用户规模发展后, 再考虑将组播复制点下移至OLT, 会带来更多复杂的存量用户改造工作, 因此建议将组播点确定为OLT。

### 2.1.1.2 单/组播并存的适配方案

由于现网大部分存量ONT(单口ONT、多口桥接型ONT、机顶盒不具备有线接入多口路由型ONT条件)无法开通组播业务, 因此较长的一段时间内现网组播和单播用户并存。

新开通多口路由型ONT、存量路由型ONT(机顶盒有线接入ONT)使用组播方案。IPTV组播业务流程如图2所示。

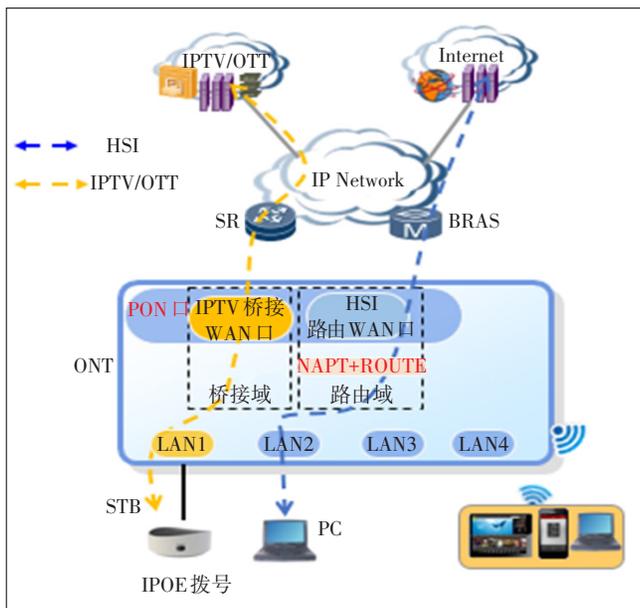


图2 IPTV组播业务流程

a) ONT创建桥接WAN, 承载IPTV, STB通过IPOE拨号连接网络。

b) ONT创建路由WAN, 承载HSI业务, 并开启DHCP, 为接入路由WAN的设备(PC、家庭Wi-Fi终端)

分配局域网IP。

c) IPTV和上网通道分离, 通过VLAN隔离。

单口ONT、桥接多口ONT、路由型多口ONT工作在桥接模式使用单播方案。IPTV单播业务流程如图3所示。

a) ONT LAN口下挂路由器。

b) 路由器PPPoE拨号获取IP地址, 开启路由模式。

c) STB和PC通过DHCP方式获取局域网内地址。

### 2.1.2 其他网元优化

#### 2.1.2.1 省网链路扩容

全网启用组播后, 省网链路回源流量主要取决于点播业务的CDN命中率。当边缘CDN服务器出现宕机、节假日IPTV并发用户数激增、边缘CDN节点交换机脱网等情况, 回源流量将突增, 会出现严重的卡顿问题, 因此必须将省网链路带宽扩容。

设单台CDN服务器支持峰值并发用户数3500户, 平均每户带宽8M, 则需扩容的带宽量为 $(3500 \text{户} \times 8\text{M}/\text{户})/70\% = 40\text{G}$ 。即建议省网链路带宽扩容至40G及以上。

#### 2.1.2.2 逐步取消汇聚交换机

OLT上行流量大于4G时取消汇聚交换机: 优先整改二级汇聚交换机, 暂时保留一级汇聚, 后续根据OLT上行流量再逐步取消一级汇聚交换机。

a) 光纤资源充足地区: 通过光纤直连BRAS, 或通过一层交换机汇聚后接入BRAS。

b) 光纤不足地区: OTN波分下沉到OLT, 通过波分接入。节省光纤资源, 且便于维护。

c) 光纤和波分不足的地区: 通过IPRAN接入或通过一层交换机汇聚后接入IPRAN。

## 2.2 设备能力及网络容量

### 2.2.1 扩容并优化CDN服务器

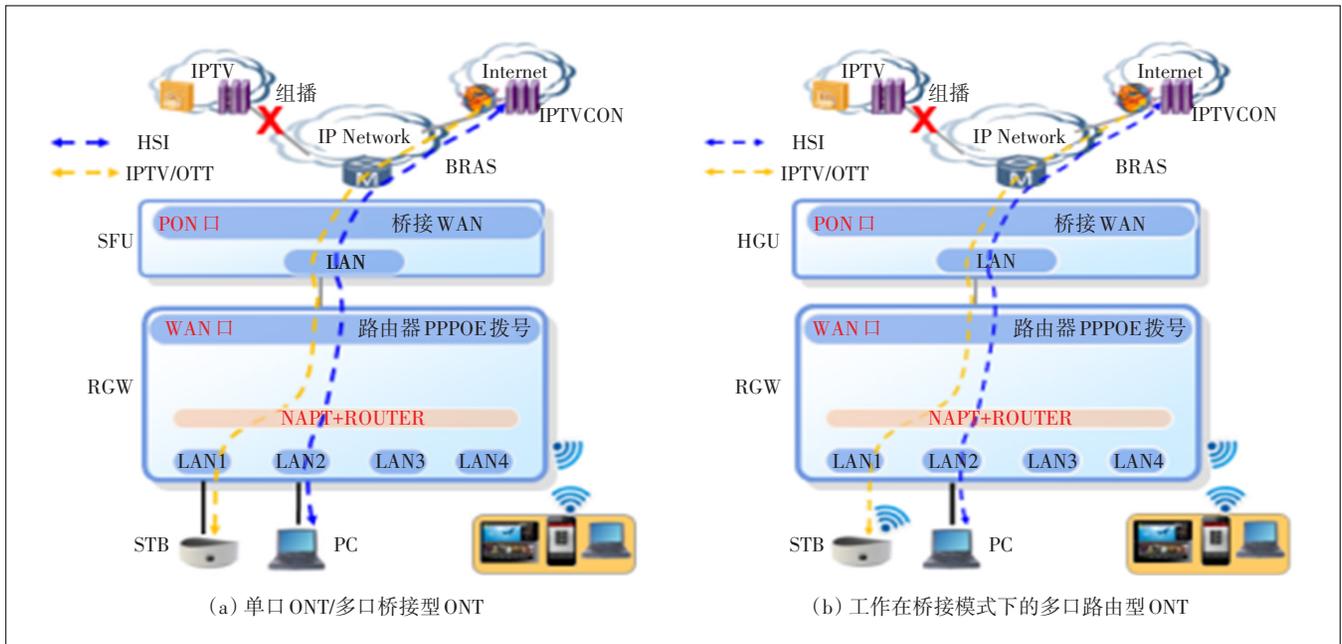


图3 IPTV单播业务流程

衡量流媒体服务器性能最关键的指标是：流输出能力、能同时支持的并发请求数量。影响流媒体服务器关键性能指标的关键因素是：CPU处理能力、内存、磁盘读取能力和网络吞吐能力。因此，在CDN服务器性能配置确定的情况下，采取如下措施。

增加边缘CDN服务器数量，提高边缘节点的并发用户数处理能力。据统计，IPTV用户并发率为25%~35%；在节假日、特别是春节期间，并发率将大幅度提高，为40%~55%，应根据活跃用户情况配置CDN服务器的数量：边缘节点CDN服务器配置数量=(注册用户数×55%)÷(3300×80%)。

出于投资效益考虑，边缘CDN节点的服务器数不能无限制增大，中心CDN的存储往往大于边缘CDN节点。提高CDN命中率的最佳方案就是优化CDN缓存策略。

a) 新片源上线后，不立即下发到边缘CDN节点。当点播该片源的用户达到一定数量，才被允许下发至边缘CDN节点。

b) 长时间未点播的边缘CDN节点片源，予以删除。

c) 手工调整存储策略。

### 2.2.2 UTN及OLT上联链路带宽扩容

当前IPRAN承载移动回传业务和OLT上行业务，部分为GE环。随着OLT上行流量增加，GE环无法满足带宽需求，需要升级到10GE，在解决OLT上行接入

带宽问题的同时，也提升了移动回传带宽。

根据用户发展情况扩容OLT上行端口带宽。需强调的是：OLT上行流量超过4GE后再投资GE口会造成浪费，一方面上行光纤资源会急速消耗，另一方面OLT上行板所占槽位也会大量消耗，且随着视频流量的增加，GE口需求急速增加，导致上行带宽频繁扩容，增大维护工作量。建议替换为10GE上行，存量的GE上行单板退网后可以利旧到业务量小的OLT。

### 2.2.3 PON弱光及超距问题整治

OLT的发送光功率一般为2~7 dBm，接收光功率为-27~-6 dBm。ONU的发送光功率一般为-1~4 dBm，接收光功率为-24 dBm左右。

安徽联通FTTH基本采用二级分光模式。光从OLT发出后，经过光缆、接头及分光器后，会产生不同程度的损耗(见表3)。产生弱光的原因大致分为三类：一是冷接头损耗过大；二是光缆原因造成损耗过大；三是用户挪动ONU后没有按照规范放置，尾纤弯曲过大、分光器或法兰头等原因产生弱光。

PON弱光及超距问题应遵循“先问题定位、后优化调整”的原则。为保障IPTV用户正常业务体验，建议二级分光器测试光功率不低于-25 dB。

如需进行光缆割接，则寻找一条新的物理路由，在测通新路由后对业务进行割接(路由长度不超过8 km)。

如无需进行光缆割接，则将一级分光器输入前端正在使用的纤芯断开后，使用OTDR对纤芯进行扫描。

表3 ODN各节点平均光衰耗参考值

衰耗种类	平均衰耗/dB	
每千米光缆	0.35	
活接头	0.50	
分光器	1:64	19.70
	1:32	16.50
	1:16	13.50
	1:8	10.50
	1:4	7.20
	1:2	3.20

若 OTDR 扫描光衰耗曲线结果正常,可判定为分光器故障。若 OTDR 扫描光衰耗曲线出现高衰耗位置,则对应参考系统光路由距离查找具体的问题点,查找相应的原因并处理。

- a) 若为光缆纤芯或接头问题则重新熔接。
- b) 若为尾纤老化问题则更换尾纤。
- c) 若法兰头污损,利用擦纤器、酒精擦拭,然后检查连接可靠性,确保安装卡口到位。

因传输距离超过 8 km 或者跳纤点过多导致的弱光问题,若采用 a) 和 b) 的方法无法完成改造,可更换 CLASS C++ 模块。

#### 2.2.4 QoS 部署

QoS 是一个系统工程,涉及到网络各个节点。从 QoS 动作看,有 Remark 优先级、CAR/Shaping、Schedule 3 种。在不同网络节点需要部署 3 种动作的 1 种到多种。表 4 列出了网络不同节点的部署建议。

表4 设备 QoS 部署策略建议

设备类型	上行	下行
ONT	① 对不同业务打上不同的优先级 ② 对上行业务进行限速 ③ 基于 802.1p 优先级进行 PQ 调度	基于 802.1p 优先级进行 PQ 调度
OLT	基于 802.1p 优先级进行 PQ 调度	基于 802.1p 优先级进行 PQ 调度
BRAS	① 基于用户套餐进行限速 ② 802.1p 到 DSCP 映射 ③ SP+WFQ 队列调度	① 基于用户套餐进行限速 ② DSCP 到 802.1p 映射 ③ SP+WFQ 队列调度
CR	SP+WFQ 队列调度	① 对业务的优先级进行 Remark ② SP+WFQ 队列调度

#### 2.3 推广家庭组网服务

当前家庭网络对运营商来说是黑盒子,用户自组网场景非常普遍,客户自购路由器品质不一,导致家庭网络问题较多。所以家庭网络可视化、可管理显得尤为重要。根据户型、房屋面积、ONT 位置及承载的业

务,灵活选择家庭组网。推广 HGU 的光猫,并强制 TV 优先采用有线方式接入,其次采用电力猫方式接入,屏蔽机顶盒采取无线方式接入。

#### 2.4 将质差率作为维护考核指标

视频清晰度、视频加载速度和视频流畅度是影响视频体验的关键因素。安徽联通初步使用 vMOS 评价指标,通过综合这几项业务指标,建立了这几个指标与用户主观感受指标(MOS 1~5 分)之间的映射关系。

根据视频质量可评为 1~5 分,1 分质量最差,5 分质量最高,低于 2.5 分即定义为质差用户。质差用户占总用户数的比率就是质差率。质差率是衡量 IPTV 业务运营很直观的指标。一般情况下,质差率大于 1%,可定义为该区域的 IPTV 运营质量比较差。建议将质差率作为 IPTV 业务维护考核指标,并对质差率高的区域组织专项网络优化整治。

#### 3 结束语

本文主要从网元层面深入分析视频类业务运营存在的问题,如由于数据不完善,未深入分析机顶盒体验问题,后续可重点关注;传输问题及需求未深入分析(包括移动前传、回传等)。后续工作还需将 IPTV/CDN 平台的优化纳入研究范畴,提高安徽联通视频业务服务能力和质量。

#### 参考文献:

- [1] 曾爱华,刘捷,洗进. IPTV 系统架构及主要技术[J]. 通信技术, 2010,43(3):171-173.
- [2] 徐俭. IPTV 机顶盒技术浅析[J]. 有线电视技术, 2007, 208(4): 54-56.
- [3] 姜鹏,刘晓甲. 基于 IPTV 的宽带 IP 城域网组播技术部署方案比较[J]. 电信技术, 2006(4):37-40.
- [4] 张树帆. IPTV 业务组播复制点下移技术研究与实践[J]. 电信技术, 2017, 8(9): 17-19.
- [5] 李松. 电信 IPTV 故障的处理案例分析[J]. 湖南邮电职业技术学院学报, 2014(4):13-15.

#### 作者简介:

王斌,工程师,硕士,主要从事宽带及平台规划、建设和技术管理工作,参与了 IPTV/CDN、大数据、IaaS 等大型平台及网络的建设工作。

