

宽带故障全天候实时智能化 管控机器人研究及应用

Research and Application of Broadband Fault
All-day Real-time Intelligent Control Robot

范琨,陈虎,耿岩(中国联合网络通信集团有限公司,北京 100033)

Fan Kun,Chen Hu,Geng Yan(China United Network Communications Group Co.,Ltd.,Beijing 100033,China)

摘要:

为提升网络质量,研发了宽带故障全天候实时智能化管控机器人,该机器人通过有线宽带链路通道质量智能检测技术和宽带故障全生命实时智能化管控系统预判网络故障并做出智能响应。利用随机森林算法训练模型预测故障,整合宽带网络实时数据,通过数据匹配和AI算法生成故障信息,并由钉钉机器人进行智能调度,实现故障层级、方案和人员的全覆盖,自动生成响应方案。实验表明,该机器人能有效预测高风险链路,故障处理高效,用户满意率大幅度提升。

关键词:

质差识别;预测预防;全生命周期管控;智能响应

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2025.01.015

文章编号:1007-3043(2025)01-0078-05

中图分类号:TN915

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

To improve network quality, it develops a broadband fault all-day real-time intelligent management and control robot to realize the pre-fault prediction and post-fault intelligent response through the intelligent detection technology of wired broadband link channel quality and the real-time intelligent management and control system of broadband fault. It uses the random forest algorithm to train the intelligent detection model for predicting the upcoming faults, integrates the data into fault information through data matching and AI algorithm, and makes intelligent scheduling by Dingding robot to achieve full coverage of fault levels, scheduling schemes and personnel at all levels, and automatically generates a response plan. The experimental results show that the broadband fault all-day real-time intelligent management and control robot can effectively predict the hidden dangers of high-risk links, handle faults efficiently, and significantly improve user satisfaction.

Keywords:

Identification of poor quality; Prediction and prevention; Whole-life control; Intelligent response

引用格式:范琨,陈虎,耿岩. 宽带故障全天候实时智能化管控机器人研究及应用[J]. 邮电设计技术, 2025(1): 78-82.

0 引言

随着通信技术的发展,VR、AR、MR、CR技术逐渐兴起,3D视频和超高清视频业务也越来越普及,这使得普通家庭用户对高带宽高质量的宽带业务需求不断提升。然而,传统的宽带管控方法存在故障管控手段分散、派单不完整、缺乏实时监督手段等问题,已不能满足日益增长的家庭宽带网络需求。如何采用智能化运维手段,在降低维护成本的同时,提升用户业务体验,增加用户满意度,减少离网率,成为亟待解决的

的难题。

为了提高宽带质量,提升客户感知,必须通过数字化手段,在故障发生前进行预测,并在故障发生时迅速进行处理。通过自主研发的宽带故障全天候实时智能化管控机器人,实现了两大功能:一是故障发生前的有线宽带链路通道质量智能检测,可以有效避免用户报障的产生;二是宽带故障全生命周期实时智能化管控,可在故障发生后自动生成响应方案,减轻故障对用户感知的影响,提升用户满意度。

1 有线宽带链路通道质量智能检测

有线宽带设备(如OLT、ODN、ONU等)光通道的

收稿日期:2024-12-11

质量是影响用户宽带体验的重要因素,为了提高宽带质量,提升客户感知,需对有线宽带链路通道质量进行智能检测,在链路质量即将发生劣化之前,准确识别问题,从而减少大面积宽带故障的发生。同时,结合告警、性能、用户行为等关键信息,提前处理,避免产生投诉。

1.1 业务质量感知评估和光功率故障的处理

1.1.1 业务质量感知评估

为了解决光功率故障造成的宽带用户上网难的问题,通过采集关键节点的海量光功率值,结合实际故障情况建立“质差用户预测模型”。该模型利用AI算法根据各个节点的历史光功率值进行预测,再结合用户的历史画像对可能会发生故障的设备的光功率进行分析,如果发现异常趋势,系统会通过自动派单的方式提醒维护人员对设备进行分析并及时处理潜在的问题。

根据现网用户投诉、实地故障处理等方式,对宽带用户末端设备ONU在1490 nm光纤波长的传输条件下,光功率对用户感知的影响进行大量测试,从测试结果可以看出末端设备光功率的大小对用户实际体验的影响,光功率测试与用户感知对照如表1所示。

表1 光功率测试与用户感知对照

光功率/dB	用户体验情况
-23.50	好
-24.60	好
-25.61	较好
-26.70	较好
-27.80	普通
-28.70	普通
-29.50	较差
-30.40	较差

1.1.2 光功率故障的处理

基于前4周每日的光功率性能指标,根据不同特征的光功率值,利用大数据和人工智能进行分析、建模和自动学习,通过单指标、多指标相结合的异常检测方法,提前发现潜在的故障和风险^[1]。

1.2 预测模型建立

1.2.1 确定训练集

借助家庭宽带网管U2000的OMU通道管理数据,每20 min进行1次采样,采集OLT、ONU等网络性能数据,同时结合客户服务部的质差用户投诉信息获取用

户画像,包括活跃级别、活跃时段、业务偏好以及投诉习惯,得到原始数据集,并生成训练资源。该资源每2 h更新一次,作为监督学习的训练集^[2]。

其中,网络性能数据直观反映出用户网络质量。活跃级别根据用户每日平均在线时间分为重度、中度、轻度和静默4个等级;活跃时段根据用户在线时间段分为早、中、晚、凌晨和全天;业务偏好根据用户网络用途分为社交、游戏、直播和IPTV;投诉习惯根据公客系统统计的信息分为用户标记的投诉次数多、区域标记的强维权小区和VIP用户。

对获取的数据进行预处理和特征选择。通过数据预处理对光功率等数据中偏离标准值过大的异常数据进行清洗;通过特征选择对训练集中包含的用户名、身份证号、门牌号等信息进行脱敏。然后对特征值进行处理后用随机森林算法对训练集进行训练^[3]。

1.2.2 确定训练参数

max_features:训练模型会产生多棵树,如果在训练每棵树的时候都用全部特征,将导致运算量加大,每棵树训练出来也可能相同,没有侧重。所以,根据训练实践将此参数设置为6。

bootstrap:此参数为“True”,即每次构建树采用有放回样本的方式(bootstrap samples)抽取数据集。

oob_score:此参数为“False”,不使用袋外数据来评估模型。

n_estimators:如图1所示,根据计算时间与拟合效果的博弈,此参数为“117”的效果最佳。

max_depth:如图2所示,转折点在16,之后不变,所以树的最大深度为16。

min_samples_split:如图3所示,随着参数增大,模型得分下降,说明未出现过拟合现象,故将此参数定为2。

max_features:选择默认值。

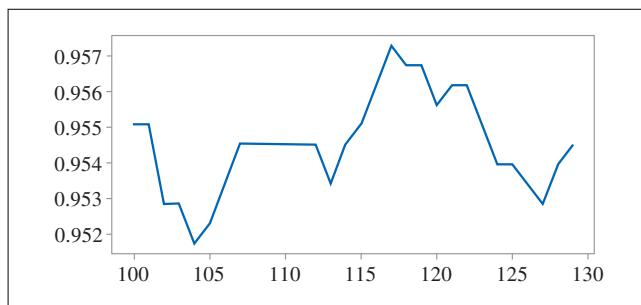


图1 n_estimators 参数

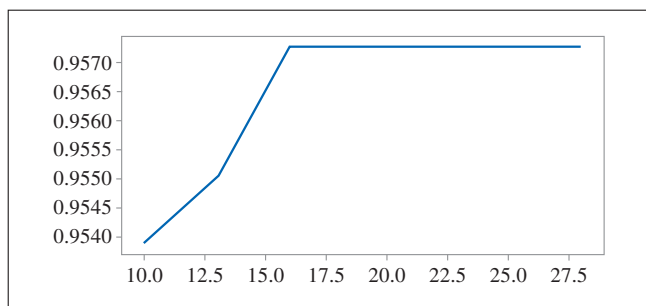


图2 max_depth参数

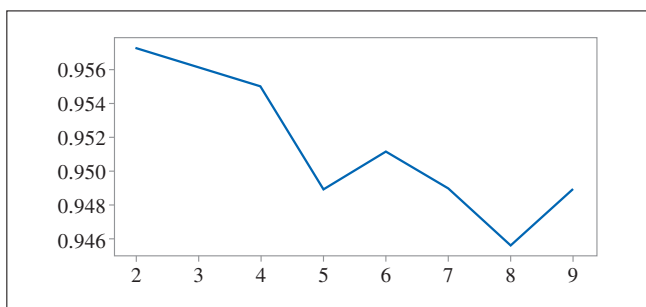


图3 min_samples_split参数

1.2.3 模型训练

对采集到的线路性能数据、历史告警记录 and 用户信息进行数据结构化处理,提取关键特征,这些特征包括接收光功率(最大值、最小值、均值、中位数)、bip错误帧(均值、标准差、最大值、最小值、中位数)以及用户活跃级别、活跃时段、业务偏好、投诉习惯等,并通过随机森林算法完成模型训练。例如,机器学习发现多台ONT在接收光功率低于-29 dBm,并且在过去7天内,光功率有持续下降趋势,且每日线路误码数量

达到1 000的场景下,在未来5天这些ONT会出现中断故障。本文特征标注方案如图4所示。

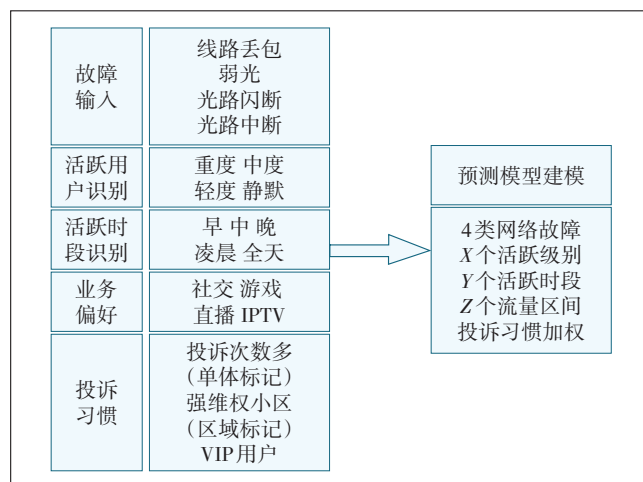


图4 特征标注方案

1.3 质差用户预测和处理

1.3.1 质差用户预测

如果其他ONU也出现同样的特征(接收光功率低于-29 dBm,并且在过去7天内光功率有持续下降趋势,每日线路误码数量达到1 000),那么算法会把这类用户识别为潜在的质差用户。结合用户画像信息,系统会将ONU编号、OLT等节点的光功率值及链路信息提取并生成故障工单推送给维护人员。特征统计界面如图5所示。

1.3.2 实地处理

维护人员通过网管、故障工单信息和现场测试等

A	B
ONU上行速率统计特征:	ONU接收光功率统计特征:
rup_mean;上行速率均值	recv_mean;接收光功率均值
rup_std;上行速率标准差	recv_std;接收光功率标准差
rup_max;上行速率最大值	recv_max;接收光功率最大值
rup_min;上行速率最小值	recv_min;接收光功率最小值
rup_median;上行速率中位数	recv_median;接收光功率中位数
ONU下行速率统计特征:	ONU上行BTP误码数统计特征:
rdown_mean;下行速率均值	err_up_bip_mean;上行BIP误码数均值
rdown_std;下行速率标准差	err_up_bip_std;上行BIP误码数标准差
rdown_max;下行速率最大值	err_up_bip_max;上行BIP误码数最大值
rdown_min;下行速率最小值	err_up_bip_min;上行BIP误码数最小值
rdown_median;下行速率中位数	err_up_bip_median;上行BIP误码数中位数
历史告警统计特征:	ONU下行BTP误码数统计特征:
alarm_count_1;历史最近1天出现的告警数目	err_down_bip_mean;下行BIP误码数均值
alarm_count_2;历史最近2天出现的告警数目	err_down_bip_std;下行BIP误码数标准差
alarm_count_3;历史最近3天出现的告警数目	err_down_bip_max;下行BIP误码数最大值
alarm_count_4;历史最近4天出现的告警数目	err_down_bip_min;下行BIP误码数最小值
alarm_count_5;历史最近5天出现的告警数目	err_down_bip_median;下行BIP误码数中位数
alarm_count_6;历史最近6天出现的告警数目	

图5 特征统计界面

方法进行针对性判断,验证该用户是否为潜在的质差用户。如确认是,维护人员将进行维护处理。

2 宽带故障全生命周期实时智能化管控

宽带故障全天候实时智能化管控机器人的宽带故障全生命周期实时智能化管控系统,通过数据匹配和AI算法将获取的宽带网络实时数据整合成不同维度的信息,实现各故障层级的智能调度。该系统可在识别到宽带网络故障后立即生成响应方案,减轻了用户对故障的感知程度,减少了装维人员上门处理次数。宽带故障全生命实时智能化管控流程如图6所示。

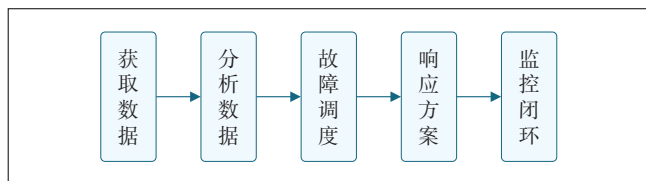


图6 智能化管控流程

第1步:通过多个渠道,实时自动化获取数据。

第2步:对宽带网络全量数据进行智能实时分析整合。

第3步:进行智能化宽带网络全层级故障调度。

第4步:通过实时故障数据,直接产生面向用户的智能化响应方案。

第5步:实时监督模块实现了宽带故障的全域闭环管理。

2.1 数据获取

通过网络中台能力调用、Python爬虫模块、接口数据等方式获取实时数据,其中包括数据环网、OLT、PON口、单用户纤缆各层级网络故障、宽带用户报障信息、资源匹配信息以及网络各层级人员信息等资源数据。端到端系统产生数据^[4],并将产生的数据全部写入MySQL数据库(见图7)。

2.2 数据分析



图7 数据获取

为更好地理解数据,收集的数据被分为故障信息、报障信息、用户属性、号线数据、监督信息、维护人员信息六大维度。通过数据匹配、AI算法以及无效数据智能筛选进行数据分析,然后将数据进行整合,并实时输出到6个统一的数据视图(见图8)。

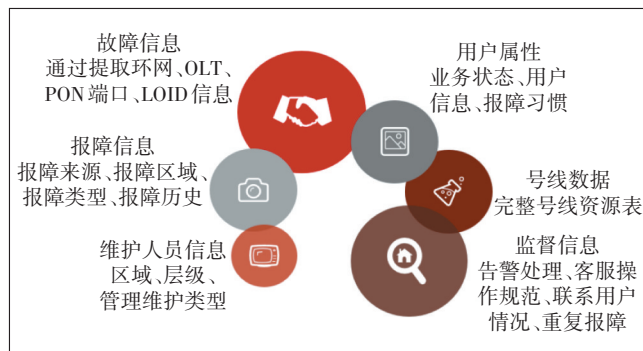


图8 数据分析

2.3 智能调度

宽带故障全生命周期实时智能化管控系统实现了数据环网级、OLT级、PON口级、单用户级纤缆的网络故障全层级覆盖,其中单用户级纤缆故障调度为全国首创。通过对数据进行故障信息智能化加工处理、无效告警筛查、增加故障信息维度,该系统可以有效提高故障响应速度和处理效率。

宽带故障全天候实时智能化管控机器人提供多种故障调度方案,包括自动工单调度、自动钉钉信息调度、自动短信调度以及自动语音通知调度。该机器人能够根据规则对应匹配管理人员、设备维护、光缆维护、智家工程师层级人员,从而实现全类型人员的覆盖(见图9)。

2.4 智能响应

通过智能化响应模块,该系统智能对接端到端诊



图9 智能调度

断系统,在故障发生后立即自动生成响应方案(包含发生时间、内容、影响、预计恢复时间,处理人与电话)并自动上报到端到端系统,直接产生面向用户的智能化响应方案(见图10)。

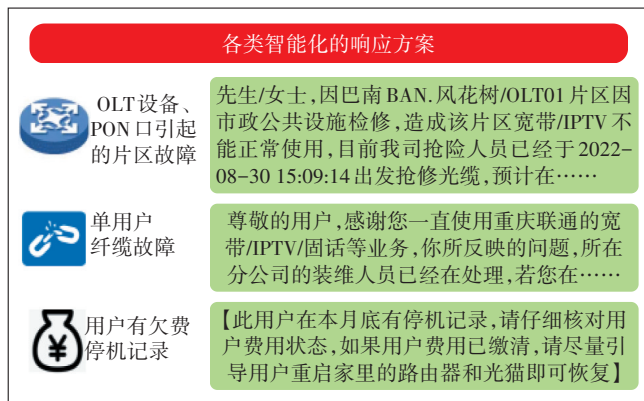


图10 智能响应

2.5 实时监督

通过开发智能化监督模块,建立智能化监督模型和可视化界面。系统会检查是否有未执行到位的环节,如果有未执行到位的异常环节,立即自动上报管理人员,确保宽带故障全域全流程闭环管理(见图11)。

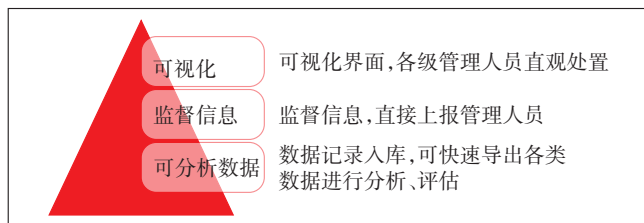


图11 监控闭环

2.6 系统特点

宽带故障全生命实时智能化管控系统具有快、全、智三大特点。即信息在模块间实时传递,能到达所有触点,并根据制定的规则进行分类、分级报送,整个过程完全自动化运行,无需任何人工干预。

3 结论

3.1 故障预防和故障处理

宽带故障全天候实时智能化管控机器人的应用,有效提升了网络的健壮性,降低了中断事件及群体性故障的发生率。通过实施主动运维策略,提升了运营效能,提高了用户满意度。该机器人在故障预防和故障处理2个方面作用突出。

a) 故障预防。有线宽带链路通道质量智能检测覆盖了中国联通分公司全网的1368台OLT设备,约70万用户。2022年9月1日到10月13日,累计预测出5761户存在高风险,2266户链路存在隐患,成功避免了客户投诉的产生。2022年8月到10月通过宽带故障全天候实时智能化管控机器人的预测预防功能,开展了集中治理,使得该地区的弱光比排名由第15名提升至第4名^[5],高风险中断故障识别准确率达92%,定界准确率达98.56%。采用自动派单流程后,预计可将客户投诉率降低12%~17%。

b) 故障处理。2022年6月、7月,宽带投诉量环比持续下降:在故障传统高峰月份6月定比2021年12月改善30.4%,7月定比2021年12月改善45.2%,满意率也大幅度提升;故障抢修速度平均提升70%。由于故障全天候实时智能化管控机器人生成响应方案的高效性,多数宽带网络故障能做到用户无感知处理,带来了宽带品质和用户口碑的提升。

3.2 经济效益

应用宽带故障全天候实时智能化管控机器人后,宽带用户报障量平均减少了35%,同时实现了多维度的信息获取,加快了宽带装维人员的故障处理速度,直接减少了装维人员上门处理的工时。因此,中国联通某分公司每年可节约500万元以上的装维工时成本。

参考文献:

- [1] 焦健. 大数据背景下宽带网络维护系统架构的探究[J]. 电子世界, 2020(20): 204-205.
- [2] 刘钊. 基于家宽上网溯源定界逻辑算法的用户感知自动定位系统[J]. 网络安全和信息化, 2022(12): 89-92.
- [3] ZHANG Y, CHE W S, LUO Y Y, et al. Exploration of digital operation methods for operators' broadband[J]. Design Technology of Posts and Telecommunications, 2021(6): 41-45.
- [4] 张浩. 基于设备生命周期的自适应数据采集与故障预测研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2018.
- [5] 陈琼林, 黄坤. 有线宽带网络弱光整治思路探讨[J]. 信息通信, 2019(6): 223-224.

作者简介:

范琨, 高级工程师, 硕士, 主要从事网络端到端优化、网络科技创新、网络新技术研究、网络数字化转型等方面的工作; 陈虎, 工程师, 硕士, 主要从事移动通信新技术、无线网络规划优化以及创新业务拓展相关项目管理等方面的工作; 耿岩, 高级工程师, 学士, 主要从事网络端到端优化、网络科技创新、网络新技术研究、网络数字化转型等方面的工作。