

华为园区网络智能运维技术白皮书

# 华为园区网络智能运维技术白皮书

文档版本 01  
发布日期 2021-07-09



版权所有 © 华为技术有限公司 2021。保留一切权利。

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

## 商标声明



HUAWEI和其他华为商标均为华为技术有限公司的商标。

本文档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人拥有。

## 注意

您购买的产品、服务或特性等应受华为公司商业合同和条款的约束，本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，华为公司对本文档内容不做任何明示或默示的声明或保证。

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

# 华为技术有限公司

地址： 深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼 邮编： 518129

网址： <https://www.huawei.com>

客户服务邮箱： [support@huawei.com](mailto:support@huawei.com)

客户服务电话： 4008302118

# 目录

<b>1 摘要</b>	<b>1</b>
<b>2 背景和挑战</b>	<b>2</b>
2.1 数字化转型时代	2
2.2 以设备为中心的“救火式”运维，难以满足数字化空间需求	2
2.3 “以体验为中心”的网络运维理念	3
<b>3 华为基于 AI 的园区网络智能运维解决方案</b>	<b>4</b>
3.1 相比传统运维方案，网络架构有什么变化	4
3.2 流程是怎样的	4
<b>4 关键技术</b>	<b>6</b>
4.1 秒级的海量数据汇集	6
4.2 体验可视化管理	7
4.2.1 无线健康度	7
4.2.2 用户旅程回放	8
4.3 数据分析——基于大数据分析和机器学习识别故障和根因定位	8
4.3.1 基于故障规则库，精确匹配故障场景	8
4.3.2 基于机器学习构建动态基线，识别潜在故障	10
4.3.3 相关性分析/关联指标分析，寻找根因	11
4.4 智能无线射频调优	12
4.4.1 实时仿真反馈	12
4.4.2 智能无线射频调优	13
4.4.2.1 预测性调优	14
4.4.2.2 频谱资源高效利用	14
4.4.2.3 边缘 AP 功率优化	15
4.5 有线网络健康度评估	15
4.5.1 问题分析识别原理	17
4.5.1.1 端口闪断问题	17
4.5.1.2 端口误包问题	18
4.5.1.3 二层环路问题	19
4.5.1.4 疑似光链路故障	20
4.5.2 网络健康度检测原理	21
4.6 应用分析	22
4.7 无线定位	22

## 每日获取行业报告

- 1、每日群内分享 20+ 最新**行研报告**；
- 2、每日群内分享 1 期**热门商业课程**；
- 3、不定时分享最新资讯、华尔街日报等；
- 4、行业报告均为公开版，版权归原作者所有，唯尼群仅发做内部学习。

### 扫描右侧二维码

关注公众号

点击菜单栏：**【入群学习】**

即可加入“唯尼行业报告交流分享群” .....



<b>5 智能运维应用举例</b> .....	<b>26</b>
5.1 通过“用户旅程回放”定位历史频繁掉线问题.....	26
5.2 “主动运维”及时发现弱信号覆盖问题.....	28
5.3 智能运维快速识别“无线网络拥塞”的根因.....	29
5.4 “主动运维”发现无线网络干扰源.....	30
5.5 “主动运维”发现“高信道利用率”问题，并诊断根因.....	31
5.6 通过性能指标关联分析，检测某用户差体验的问题根因.....	33
5.7 通过“协议回放”，诊断某用户的接入失败故障根因.....	34
5.8 通过“应用分析”，对某用户的会议质差进行故障定界.....	35
<b>6 A 缩略语</b> .....	<b>36</b>

# 1 摘要

## 摘要

网络是数字化的基座，数字化转型带来终端和网络规模的增加、业务模型的多样和复杂，但网络运维的资源 and 人力，却没有得到同比例的增长。传统“以设备为中心”的网络运维，无法感知用户和业务体验，被动响应“故障”发生，难以满足数字化转型时代的用户和业务体验保障需求。

这份白皮书描述了“以体验为中心”的园区网络运维理念，以及华为基于大数据和AI实现园区网络智能运维的解决方案。

华为CampusInsight园区网络智能分析器，颠覆传统聚焦网络和设备资源状态的监控方式，通过Streaming Telemetry实时采集网络数据和指标，利用大数据分析、人工智能算法学习网络模型并识别故障模式，帮助运维人员主动发现85%的潜在网络问题，并识别根因和主动修复，打造高品质的园区网络业务体验。

# 2 背景和挑战

## 2.1 数字化转型时代

### 2.2 以设备为中心的“救火式”运维，难以满足数字化空间需求

### 2.3 “以体验为中心”的网络运维理念

## 2.1 数字化转型时代

我们处在快速的数字化转型时代，包括教育机构、制造工厂、办公大楼、政府机构、医疗机构等行业都在构建数字化空间，从而提升研发、生产和市场效率，并且更好地满足客户期望、提升客户体验。

IDG的数字化商业转型状况报告指出，52%的高管认为“成为数字化业务意味着通过移动、数据访问和辅助流程等工具来提高员工的生产率”。接近一半的高管(49%)，也将数字化转型视为“通过数据可用性和可见性更好地管理业务表现的能力”。

对于46%的决策者来说，数字化转型意味着满足客户体验期望。另外有44%的人认为这意味着可以通过数据收集和分析来理解客户需求。

## 2.2 以设备为中心的“救火式”运维，难以满足数字化空间需求

数字化转型提升生产效率和客户体验的同时，也带来园区网络的巨大变化。

**首先是终端数量的急剧增长。**以IoT终端为例，2018年的全球物联网联接数量已达到70亿，其中80%为无线个域网和无线局域网，而且仍然在以17%的年增长率增长。

除此之外，更多的数字化办公、生产、视频监控等终端接入网络。

**其次，终端类型、操作系统类型、业务类型、流量模型的持续多样和复杂化。**但同时，网络运维的资源 and 人力，没有得到同比例的增长，这使得“以设备为中心”的“救火式”运维难以满足数字化转型的需求。

**最后，数字化空间对故障的处理和恢复时间的容忍度在降低。**越来越多的面向生产和客户服务的数字化业务产生，比如医疗场景的自动分药系统、商业的无人支付系统、仓储的自动导引运输车（AGV），这些数字化业务对故障的处理和恢复时间的容忍度远远低于普通的办公业务。

**以设备为中心的“救火式”运维，是当下园区网络的主要运维手段。它有两个典型特征：**

1)以设备为中心，无法感知体验。

传统的网络管理是以设备为中心的，网管提供设备管理、拓扑管理、告警配置等功能，运维人员通过网管监控拓扑、告警来获取网络的异常。

然而，随着终端数量的增多、数字化业务的多样化，设备的正常运转已经无法代表用户和业务体验的正常。举例：AP设备正常运转，但如果存在很强的同频干扰，将导致AP服务的无线终端体验很差；网络设备正常运转，但如果存在QoS的配置错误，将导致某些应用的体验指标很差。

2)被动响应“故障”发生，依赖现场定位和修复，故障恢复时间长。

网络运维人员，时刻等待着响应故障，尤其是一些重大活动、重大事件需要保障时。一旦出现故障，运维人员第一时间查看网络拓扑，命令行登录设备定位故障，60%以上的情境需要到达故障现场，针对已经消失的故障，需要等待故障复现或者尝试对故障进行复现。同时无线化进一步加剧了故障修复的复杂度，因为无线环境的复杂导致90%以上的问题需要现场定位。

## 2.3 “以体验为中心”的网络运维理念

基于“以设备为中心”的网络管理运维手段，无法满足数字化新空间的需求。“以设备为中心”的运维理念，需要升级为“以体验为中心”的运维理念。“以体验为中心”的运维理念，包含两个方面：

**1)感知体验、对体验进行可视化管理，包括：**

- 对单个用户的360°体验可视化和旅程回放
- 对全局用户的体验可视化

**2)主动识别用户和业务的体验问题，发现潜在故障并识别根因，最终给出修复建议甚至自动修复，而非被动响应：**

- 故障发生，第一时间感知
- 识别出体验差的用户和应用
- 识别潜在问题，提前消除问题
- 对问题或故障，进行根因定位，给出修复建议甚至自动修复

# 3 华为基于 AI 的园区网络智能运维解决方案

## 3.1 相比传统运维方案，网络架构有什么变化

### 3.2 流程是怎样的

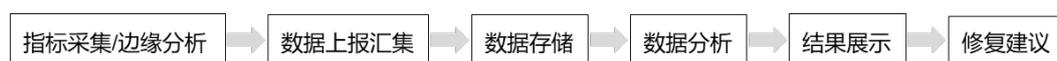
## 3.1 相比传统运维方案，网络架构有什么变化

基于“以体验为中心”的运维理念构建的园区网络架构，相比较传统的园区网络运维方案，有如下变化。

1) 最大的变化是，通过网络智能分析器基于大数据和AI的智能分析，感知用户和应用的体验、发现故障/潜在故障和并识别根因。并将结果通过符合IT运维人员的工作思路，友好地展示出来。

2) 为了支撑网络智能分析器的智能分析，网络设备具备数据采集和一定边缘智能分析能力，并进行实时地数据上报。

## 3.2 流程是怎样的



### 指标采集/边缘分析

网络设备作为网络的触手，采集终端、设备和应用各个维度的指标和信息，包括终端接入的日志（包括协议交互）、终端性能指标、射频性能指标、设备性能指标、音视频业务性能指标等等。

有些指标（比如音视频业务性能指标）需要在边缘设备进行初步分析。

### 数据汇集

网络设备将采集的指标数据上报给智能分析器。智能分析器汇集秒级的海量数据。

### 数据存储

智能分析器对汇集的数据进行存储。

## 数据分析

智能分析器基于大数据分析和AI算法识别潜在故障和根因定位。

## 结果展示

智能分析器友好地展示分析结果，包括业务和用户体验、潜在故障、故障根因等。

## 修复建议

对故障给出修复建议，包括具体修复步骤。

# 4 关键技术

- 4.1 秒级的海量数据汇集
- 4.2 体验可视化管理
- 4.3 数据分析——基于大数据分析和机器学习识别故障和根因定位
- 4.4 智能无线射频调优
- 4.5 有线网络健康度评估
- 4.6 应用分析
- 4.7 无线定位

## 4.1 秒级的海量数据汇集

传统网络管理系统采用SNMP来获取设备指标，但它有明显的缺陷，无法满足“以体验为中心”运维理念的需求。具体来说，首先SNMP使用“网管查询-设备响应”的拉模式（Pull Mode）采集数据。数据采集器与设备之间是一问一答的交互，一次查询对应一次响应。设备压力大，大量数据查询时效率低。其次SNMP使用刚性数据结构，完成一次有效采集需要多次数据请求。基于这样的设计机制，SNMP的数据查询的典型频率是5分钟，如果查询频率过快会严重影响设备的正常业务。

Streaming Telemetry是从设备上远程高速采集数据的网络监控技术。设备通过推模式（Push Mode）主动向采集器上送信息，提供更实时、更高速、更精确的网络监控功能。

具体来说，Streaming Telemetry按照YANG模型组织数据，利用GPB（Google Protocol Buffer）格式编码，并通过GRPC（Google Remote Procedure Call Protocol）协议传输数据，使得数据获取更高效，智能对接更便捷。

其中：

- YANG模型是一种标准数据建模语言，可以为各种传输协议操作的配置数据模型、状态数据模型、远程调用模型和通知机制等。
- GPB（Google Protocol Buffer）编码是Google提出的与语言无关、平台无关、扩展性好的序列化结构数据格式。
- GRPC协议是Google开发的基于HTTP/2传输层协议承载的开源远程过程调用系统。

### 总结，Streaming Telemetry的几个优点：

- 采用推模式主动推送数据，降低设备压力。
- 周期性推送数据，避免网络延时造成数据不准确。
- 可以监控大量网络节点，弥补传统网络监控方式的不足。

Streaming Telemetry效率比SNMP效率高20倍以上，可以实现10秒级的数据采集频率。

## 4.2 体验可视化管理

“以体验为中心”的运维理念，首先要感知体验、对体验进行可视化管理。可视化的体验管理需要有两个关键问题需要解决。1) 如何综合评价一个网络的业务体验？2) 如何综合评价一个用户当前和历史的体验？

所以需要有一个综合的体验评估体系对网络的业务体验进行评价，同时能够感知某一个具体用户的业务体验。

### 4.2.1 无线健康度

无线健康度是指对某个无线网络进行综合体验的评估。

1. 对关键体验指标的详细披露和诊断。

包括该体验指标的健康度、影响该指标的各方面因素的情况。

影响园区网络业务体验的关键指标包括：接入成功率、接入耗时、覆盖与干扰、漫游达标率、容量达标率、吞吐达标率。

2. 基于加权算法，给出对该园区网络的整体健康度的评估。

该加权算法综合对该园区网络关键指标进行综合评估。

3. 对不同网络或同一个网络的不同区域，进行综合体验评估的排名。

从而识别整体健康度排名靠后的、或者某些关键指标排名靠后的网络或区域。网络运维团队可以不断地通过改进排名末尾的指标，来提升该园区网络的整体健康度。

4. 网络质量自动评估，主动发送评估报告，提供专业评估报告服务

基于“全网概况”、“指标详情”、“整改建议”周期自动生成网络质量评估报表，提供可量化的网络体验



## 4.2.2 用户旅程回放

通过对用户旅程回放，可以感知某一个具体用户的业务体验，包括当前的情况，以及过去发生了什么？尤其是过去的情况可以帮助网络运维团队诊断在过去某一时刻因为什么影响了用户的业务体验。

要做到用户旅程可回放，包括两方面：

1. 网络节点通过Telemetry和Syslog向网络智能分析器上报用户在网络中的旅程。
2. 网络智能分析器对采集的海量数据进行大数据分析，并将用户旅程按照时间轴进行全方位的图形化展示。展示内容包括什么时间接入网络、认证结果、体验如何、什么时间发生了漫游以及遇到什么问题等。

## 4.3 数据分析——基于大数据分析和机器学习识别故障和根因定位

随着业务云化、终端无线化和物联网等带来业务模型的变化，使得网络节点增长，业务故障点、故障原因也成倍增长。传统的“以设备为中心”“救火式”运维已无法满足数字化时代对故障响应的需求，工程师人工分析的手段已无法胜任对海量数据进行分析。

让机器基于故障特征库在秒级采集的大数据仓库中自动关联分析、挖掘，并结合专家经验识别异常；而同时，海量大数据的汇集也给通过机器学习从海量数据中发现未知关联和因果关系，创造了条件。

机器学习通过对海量数据持续学习，从而识别出复杂的业务模式、构建动态基线预测数据趋势、挖掘未知的关联关系，从而识别潜在故障和根因定位。

所以基于大数据和机器学习的智能网络运维算法应运而生。

华为园区网络智能运维算法主要包括如下几类。

### 4.3.1 基于故障规则库，精确匹配故障场景

引入规则引擎，基于专家经验和AI算法构建故障规则库，精确匹配故障场景，自动识别故障根因，并给出最合理的修复建议。

#### 规则引擎

规则引擎能够将决策逻辑从应用程序代码中剥离，使用预定义的语义模块编写业务决策。CampusInsight分析器将华为工程师长期运维专家经验、以及真实局点故障问题持续学习提炼，形成故障规则库，编写故障规则文件，用于分析园区故障问题。

当前基于故障规则库实现的Use Case包括有：

#### 非 5G 优先接入的问题检测

以同时广播2.4GHz、5GHz两个频段的AP为统计维度，统计一段时间内接入的支持5GHz频段的终端，是否时常接入2.4GHz频段，并超过基准值，会导致用户体验可能下降。如果此AP下持续出现此场景，则判别为非5G优先接入问题。

## 弱信号覆盖的问题检测

统计每个AP下历史接入用户的信号强度，如果某个AP下大部分接入用户信号较弱，且持续时间较长，超过规则基准，则判别此区域存在弱信号覆盖问题。

## 乒乓漫游的问题检测

统计两个AP在短时间内，其下某用户在AP间产生多次漫游记录。如果漫游次数达到规则基准，则判别发生乒乓漫游问题。

## 高干扰的问题检测

统计一段时间内受到同频、邻频、非Wi-Fi频段等各种信号干扰的射频超过学习到的基线值（基于每个射频历史干扰数据学习产生），并持续一段时间，则命中高干扰问题。

## 高信道利用率的问题检测

统计一段时间内射频持续处于繁忙状态，包括正常Wi-Fi数据传输对信道频段占用，以及信号干扰对信道频段占用，如果利用率的占用超过学习基线值（基于每个射频的历史信道利用率干扰数据学习产生），并持续一段时间，则命中高信道利用率问题。

## 基于协议回放实现用户接入故障的根因定位

传统的业务故障定位，通过网管和其它工具，可以将问题定位至某个网元或某个业务阶段，但如果故障现象不复现的话，往往难以进一步地排查出问题的根因。

比如针对用户接入问题的故障定位，最普遍的定位手段是对接入过程模拟和重现来证明哪一个阶段的问题，比如是认证失败导致的接入失败。然后通过报文抓取进一步检测失败的原因，比如是认证证书过期。这种定位手段依赖工程师到达问题现场的故障模拟重现，是低效的。而且对一些偶发性的故障往往束手无措。

“协议回放”针对已经发生的故障进行过程回放，通过将终端在接入的3个阶段（关联、认证和DHCP）进行“协议回放”，把过程解剖至最小颗粒，也就是每一个协议的报文交互，并基于故障规则库，给出本次个障出现的具体原因。

具体过程是：

1. 网络设备上报终端在接入的3个阶段（关联、认证和DHCP）的协议报文。
2. 园区网络智能分析器细化分析各个协议交互过程的结果与耗时。
3. 分析器进行相关性分析，给出用户接入过程个障的深层次原因。

具体支持的场景如下：

表 4-1 协议回放支持场景

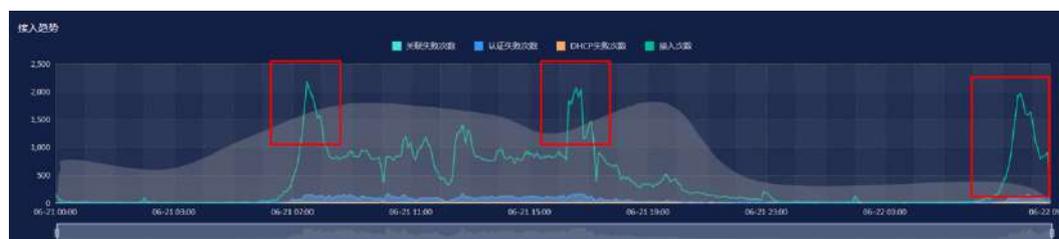
连接阶段	场景	有线接入	无线接入
关联	<ul style="list-style-type: none"><li>● Associate Request 关联请求</li><li>● Associate Response 关联响应</li></ul>	不涉及	支持

连接阶段	场景	有线接入	无线接入
认证	<ul style="list-style-type: none"> <li>802.1x认证：包括终端、认证点、Radius服务器之间的协议交互</li> <li>Portal认证（Protal2.0协议、https协议）：包括终端、认证点、Radius服务器、Portal服务器之间的协议交互</li> <li>MAC认证：包括终端、认证点、Radius服务器之间的协议交互</li> </ul>	支持	支持
DHCP	<ul style="list-style-type: none"> <li>DHCP Discover：客户端请求广播</li> <li>DHCP Offer：DHCP服务器回应</li> <li>DHCP Request：客户端IP地址请求</li> <li>DHCP ACK/NAK：DHCP服务器回应地址请求成功/失败</li> </ul>	支持	支持

### 4.3.2 基于机器学习构建动态基线，识别潜在故障

动态基线是对某一个指标构建的动态随时间变化的基线，用以定义该指标的正常范围，并预测该指标变化趋势。动态基线不是简单的静态基准线，而是随时间变化动态生成的趋势，包含了对未来走势的预测。所以可以用动态基线来检测判定是否发生异常。

如下图所示，基于动态基线预测的范围（灰色阴影部分）与实际网络产生的数据（绿色折线图）对比，对于超出动态基线的数据时刻，可以初步判定为异常事件，从而识别潜在故障。



动态基线的算法包括3个环节：数据集预处理、动态基线生成和异常检测。

**数据集预处理**是指网络智能分析器对汇集的数据进行预先处理，使得数据是准确和完备的，尤其是去除噪声数据。预处理过程包括基于专家经验构建初始数据、数据清洗和多维度合并、对丢失的数据进行补齐、去除不合理的异常数据、对尾部数据进行修正、以及对波动大的数据进行合理化处理。

**动态基线生成**是指通过算法来构建动态基线。包括使用AI算法进行阈值模型训练与预测，最后根据经验进行灵敏度修正。

当前基于此算法可实现的Use Case包括有：

#### 认证类的问题检测

统计一段时间内认证失败/认证超时/认证慢的终端数量在总的终端数量中的占比，当此比例超过动态基线值，则判别发生认证类问题。

## 关联类的问题检测

统计一段时间内关联失败/关联慢的终端数量在总的终端数量中的占比，当此比例超过动态基线值，则判别发生关联类问题。

## DHCP 类的问题检测

统计一段时间内DHCP失败/DHCP慢的终端数量在总的终端数量中的占比，当此比例超过动态基线值，则判别发生DHCP类问题。

## 设备类故障的问题检测

统计网络设备指标（CPU、内存、端口拥塞、光模块异常等），并持续一段时间超过动态基线值，则判别发生设备类故障。

### 4.3.3 相关性分析/关联指标分析，寻找根因

园区网络存在多类业务节点和网络节点，同一个节点有很多指标。这些不同的节点、不同的指标之间存在很多关联，使得网络的故障模式是复杂和多变的。针对同一个问题现象（比如用户认证失败）可能有不同的根因（弱覆盖、证书错误），而不同的现象（带宽低体验差、信道利用率高）可能指向相同的根因（区域干扰）。

所以通过对海量数据进行关联性分析，找出未知的关联、因果关系，从而有效地帮助运维人员寻找问题的根因。

当前基于此算法可实现的Use Case包括有：

#### 无线信道利用率高的根因分析

对于无线信道利用率过高的现象，通过关联分析终端数量变化、干扰情况、终端信号强度和空口协商速率，识别出规律和关联性，从而寻找问题的根因是负载急剧增多、出现干扰源或者是个别低速或低信号终端长期占用无线资源。

#### 音视频应用质量感知和故障根因检测

对各个网络节点上报的同一音视频业务流的MOS值进行综合对比，可以判别哪一段网络的业务质量不达标。同时对相关的空口指标、设备指标、端口拥塞等信息进行汇总分析，识别关联性，从而寻找问题的根因是无线网络质量、设备高负载或者是有线网络的节点拥塞。

#### 质差用户的根因分析

对于业务体验长时间差的用户，可以基于性能指标关联分析算法进行根因定位。

具体过程为：

- 基于用户的历史性能指标，通过机器学习构建用户业务指标劣化的阈值，以此判定和识别出业务体验差的用户。
- 对影响业务体验的各种指标（4大类、9小类）进行全方位的分析，根据各指标的劣化情况，以及基于专家经验和机器学习持续优化的指标相关性权重，得出各指标对影响业务体验的关联程度，从而最终得出根因。

应用业务体验的相关指标：

大类	小类指标
覆盖类	RSSI
干扰类	干扰率
吞吐类	非5GHz优先
	信道利用率
	反压计数
	上行协商速率
	下行协商速率
设备类	CPU占用率
	内存占用率

#### 网络健康度评估

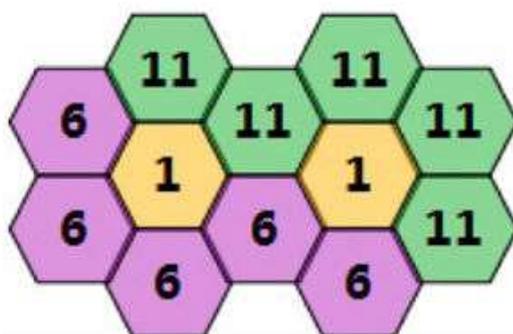
基于园区网络四个维度：设备环境、设备容量、网络状态、网络性能 全方位评估

## 4.4 智能无线射频调优

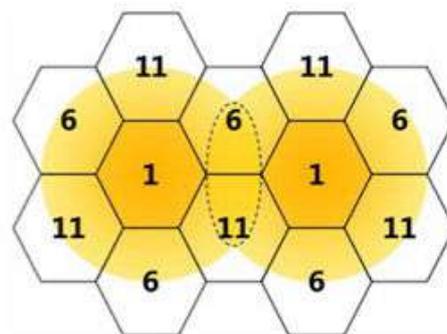
### 4.4.1 实时仿真反馈

#### 人工调优

部分客户采取人工调优，手工规划信道的方式，但由于规划过程投入巨大，一次规划需要持续多天多次调整，而最终的结果却可能越调越差（信道规划冲突，AP安装后距离过近相互干扰）。一旦遇到环境变化（新增AP部署，新加了一堵墙等），则原先的规划则需要重新调整，而且可能是牵一发而动全身，难度可想而知。



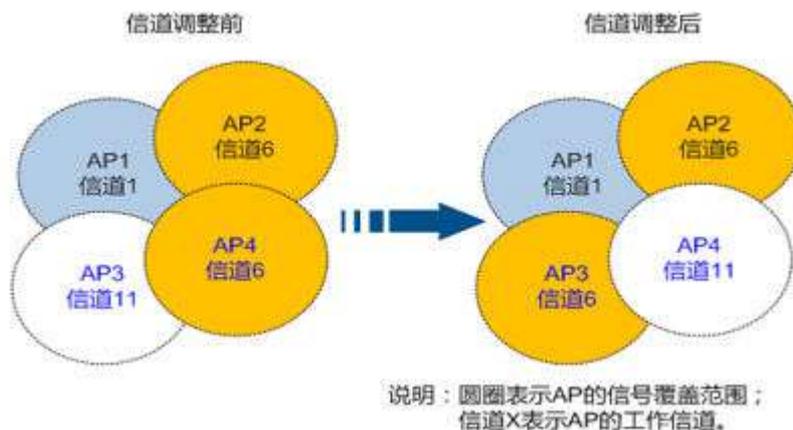
信道规划不合理导致AP相互干扰



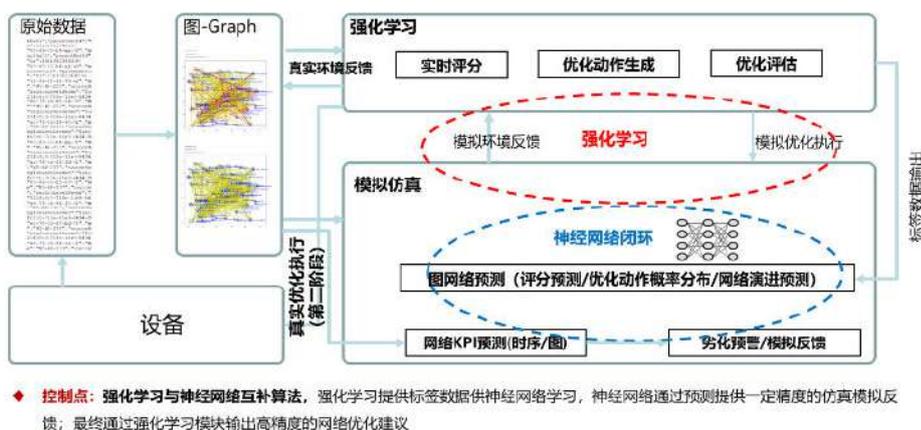
信道为1的两个AP过近导致AP相互干扰

## 实时仿真反馈

针对网络干扰进行主动避让和调整，通过射频质量评估得分仿真效果，不需要管理员到现场反复调整配置和验证。能大幅提升运维效率，提升用户无线网体验。



设备安装部署完成后，基于真实AP间相互场强检测，以直观打分的方式还原网络的冲突情况。同时实时计算AP位置间的路损，结合强化学习+神经网络迭代算法，推算出最优的信道规划，合理分配空口资源。并提供仿真能力，基于收益评估得分。



### 说明

因WLAN探测到的邻居信息（邻居AP及其信号强度）变化较大，仿真反馈的实时评分会有小幅变化；如果Wi-Fi网络信道冲突较少（分数已经很高）采用本方案调优的效果可能不明显。

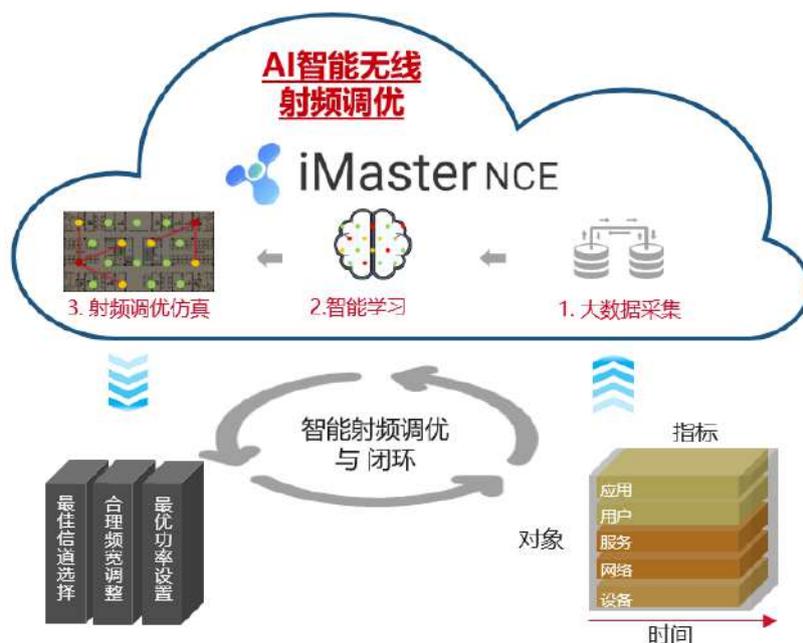
## 4.4.2 智能无线射频调优

### 设备本地调优

设备本地调优是以信号覆盖为中心，同时凌晨触发的调优缺少用户行为数据（凌晨时只有少量或没有用户接入），仅能基于当前的状态调优，无法感知真实AP的负载，对于白天的干扰也无法感知，所以效果难以保证，无法充分利用射频资源。

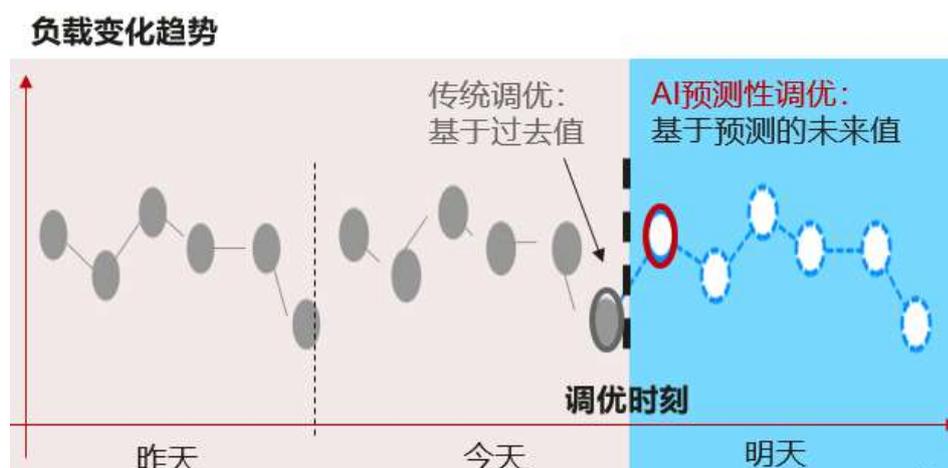
## 智能无线射频调优

基于设备上报的设备、用户数据，运用AI智能算法进行大数据分析，提供调优决策数据指导设备进行网络调优，实现网随人动，一次性优化到位。



### 4.4.2.1 预测性调优

相比传统的基于“过去值”的调优方式，智能无线射频调优采集历史7天的用户接入数据，采用AI智能算法准确预测AP的负载趋势，基于“未来值”来指导射频调优，实现真正的网随人动。



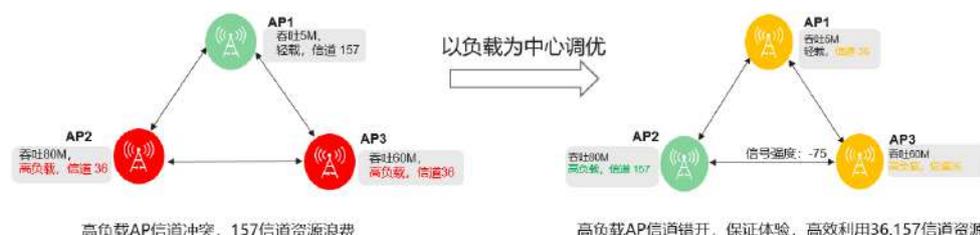
### 4.4.2.2 频谱资源高效利用

射频信道资源有限的，在高密场景或存在第三方干扰的场景下，信道存在冲突无法避免。如何在有限的资源场景下保证用户体验是一个挑战。

智能无线射频调优采用AI智能算法进行AP负载预测，基于“未来值”指导设备调优，优先保证高负载AP的“干净”信道分配，提升整网的吞吐率，最大限度“压榨”频谱资源。

如下左图：在只有36，157两个信道可用的环境下，传统的信道分配方式，可能导致高负载的AP2，AP3信道相同，导致冲突严重。

如下右图：优先保证AP2，AP3两个高负载AP信道错开，保证不存在大量冲突。允许与轻载的AP1存在一定冲突，最大程度的保证了高负载AP下的用户体验（轻载的AP1其下用户较少，真实产生的干扰实际较少）



### 4.4.2.3 边缘 AP 功率优化

网络中处于覆盖边缘的AP（比如楼栋出入口，走廊过道等），其下接入的用户多表现为快速走过，使用较少的网络流量，大概率后续可能接入运营商移动网络。此种场景下，用户在移动过程中WIFI信号已经较弱，体验极差，应尽快让用户脱离WIFI网络接入运营商移动网络，以获得更好的网络体验。

智能无线射频调优，基于历史的用户接入数据通过大数据AI算法，智能识别WI-FI覆盖的边缘区域，对于边缘区域的AP给出合理功率推荐，避免游牧终端接入，提升用户在覆盖边缘的用户体验。

## 4.5 有线网络健康度评估

网络健康度基于园区网络四个维度综合评估，结合telemetry机制，整合网络中的表项数据，日志数据，KPI性能数据，实时发现网络中设备与网络层面的问题和风险；检测范围覆盖设备状态异常，网络容量异常，器件亚健康异常等范围；从而帮助运维人员“看网识网”，直观地呈现全网整体体验质量。

1. 设备环境：识别设备物理器件是否存在异常，比如整机故障、单板、风扇等故障等；
2. 设备容量：感知设备资源数量或容量是否够用，比如ARP表项、MAC表项、存储器容量等；
3. 网络状态：检测网络端口状态，端口是否可用，比如端口闪断、光模块异常、端口假死等；
4. 网络性能：检测网络中数据传输是否异常，是否存在吞吐较低问题，比如端口拥塞、队列拥塞、端口误包等；

当前支持的问题如下：

类别	问题项
设备环境	整机故障

	设备离线
	设备反复重启
	框式集群分裂/框式集群双主
	接口板故障
	接口板反复故障
	主控板故障
	主控板反复故障
	交换网板故障
	交换网板反复故障
	软硬件表项不一致
	风扇故障
	电源故障
	存储器寿命达到阈值
	POE供电故障
	单板温度异常
	文件系统异常
	虚拟license过期
	其他license过期
	AC/AP反复重启
	AP供电不足
设备容量	ARP表项数量超过阈值
	MAC表项数量超过阈值
	FIB转发资源超过阈值
	ND转发资源超过阈值
	ACL资源不足
	存储器容量超限
	CPU超限
	内存超限
	转发面CPU超阈值 ( AR )
	转发面表项内存申请失败 ( AR )
	转发面BLOCK内存超阈值 ( AR )

	转发表项超限 ( AR )
	转发面SAC/SPR/IPS流表超阈值 ( AR )
	EVPN链接数量超阈值 ( AR )
	转发面BUF数据低于阈值 ( AR )
网络性能	二层环路
	端口拥塞、队列拥塞
	端口错包
	CPCAR丢包
网络状态	端口down
	端口闪断
	端口error down
	物理端口假死
	光模块异常

## 4.5.1 问题分析识别原理

问题分析识别，对从设备实时采集的Telemetry数据、Syslog日志信息等统一转换为原始事件模型，并对原始事件进行分组、关联，利用AI+知识推理技术，完成故障问题的分析识别。

问题识别从识别逻辑上主要分为四类：

- 单对象的异常分析：基于Telemetry 异常检测、异常状态识别、Syslog异常日志等识别单对象故障。
- 多对象空间相关性分析：基于单对象异常识别，结合对象间互联关系，实现多对象空间相关性分析。
- 多对象时间相关性分析：基于单对象异常识别，结合异常在时间维度先后关系，实现多对象时间相关性分析。
- 多对象时间+空间相关性分析：基于单对象异常识别，结合对象间互联关系及异常在时间维度先后关系，实现多对象时间+空间相关性分析。

### 4.5.1.1 端口闪断问题

#### 应用场景

园区网络中由于端口协商模式配置问题或网线老化问题，引发端口频繁发生up/down事件，网络断开无法正常提供业务。分析器持续监控端口状态，及时发现端口闪断问题。

**故障识别方式：**多对象时间+空间相关性分析

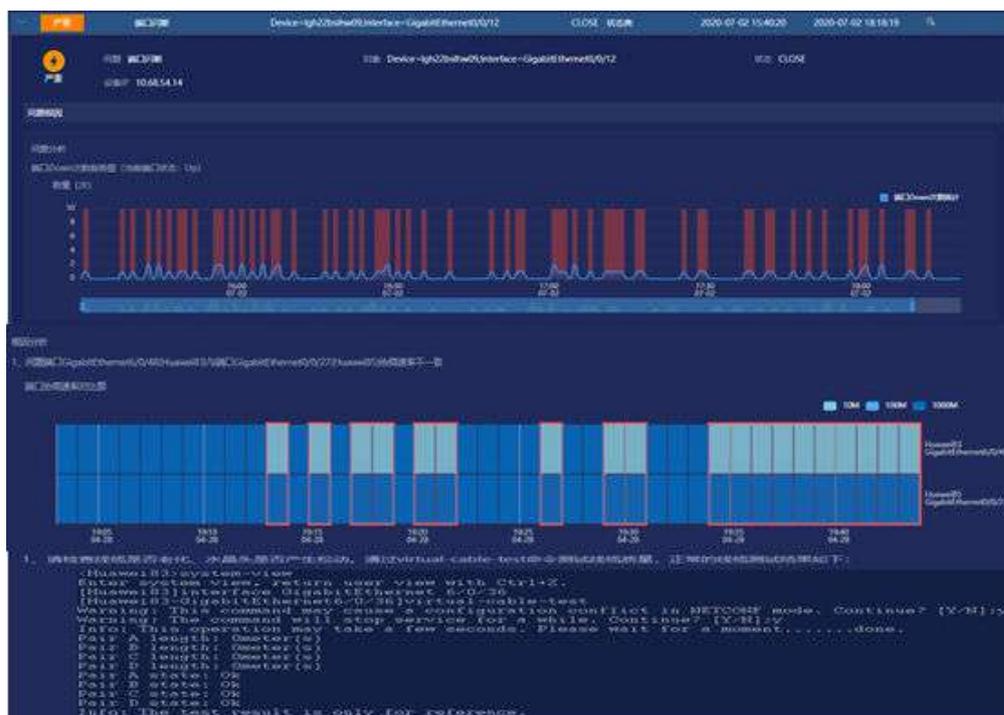
**检测对象：**设备、接口

**故障识别原理：**

持续监测每个端口的down事件，如果端口一段时间内持续出现端口断开，及时准确识别网络中端口闪断问题，结合专家经验给出合理修复建议

### 修复建议

- 通过问题端口链路两端协商速率、工作模式检查，识别是否存在两端配置不一致问题
- 通过设备上virtual-cable-test命令对网线进行测试，如果发现网线水晶头存在虚连接问题，则尝试替换网线



## 4.5.1.2 端口误包问题

### 应用场景

园区网络中由于网线问题或光模块问题，端口时长出现误包，影响正常业务。基于telemetry的持续数据采集及异常检测，时刻监控网络中误包问题

**故障识别方式：**多对象时间相关性分析

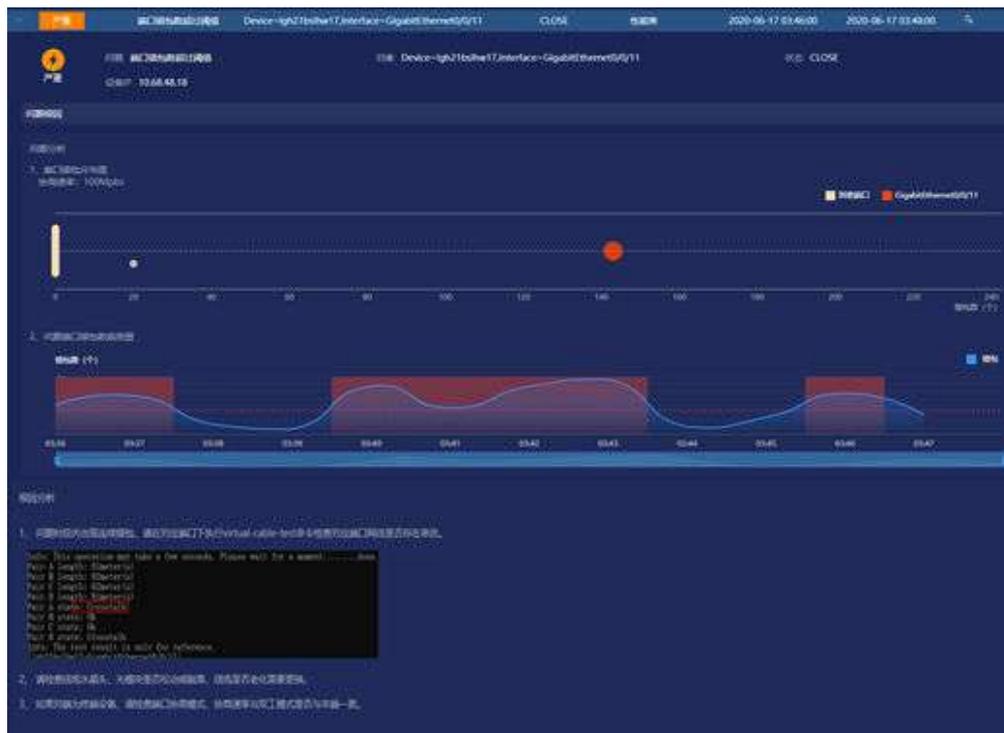
**检测对象：**设备、接口

**故障识别原理：**

基于端口持续监测误包数，基于动态基线识别误包数的异常增长自动生成issue，及时准确识别网络中的误包问题，结合专家经验给出合理修复建议。

### 修复建议

- 通过设备上virtual-cable-test命令对网线进行测试，发现网络存在串扰，则尝试替换网线



### 4.5.1.3 二层环路问题

#### 应用场景

园区网络中可能存在单设备接口自成环、单设备不通接口之间成环、外部网络成环、多设备成环等场景，网络中一旦出现环路，会导致业务中断，带来商业损失。网络管理员需要及时发现环路现象，识别环路的设备+端口，快速消除环路影响、进一步进行根因排查和修复问题。

**故障识别方式：**多对象时间+空间相关性分析

**检测对象：**设备、接口

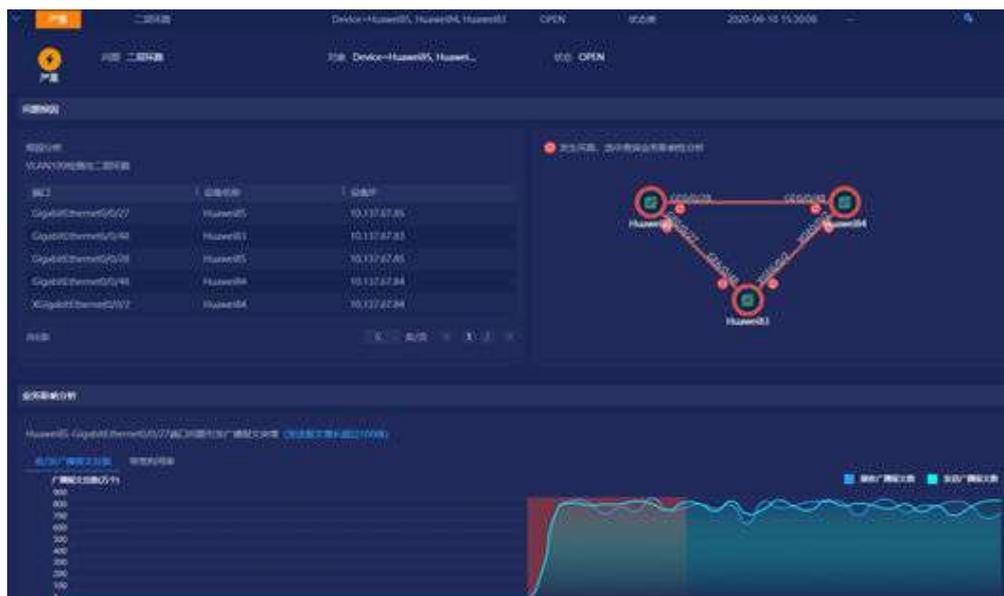
**故障识别原理：**

检测全网设备MAC地址漂移记录，并辅助成环检测日志，如果收到成环日志，则确认发现二层环路，如果未收到，则生成“疑似二层环路”。

基于LLDP链路复原环路拓扑，并从Telemetry机制实时监测端口收发广播报文数变化趋势，识别业务影响分析

#### 修复建议

- shutdown环路接口，排障环路口是否存在接线问题。



#### 4.5.1.4 疑似光链路故障

##### 应用场景

光链路维护面临的挑战主要包括：光模块长时间运行，光器件性能衰减，导致链路不稳定；光模块问题现象无规律，难于复现，定位周期长。

**故障识别方式：**单对象的异常检测

**检测对象：**光模块

##### 故障识别原理

基于光模块的运行指标，并结合光模块硬件工作模式、华为IT现网运行经验，构建光模块亚健康检测算法。周期性监控以下指标：接收光功率、发送光功率、偏执电流、电压、温度、CRC错包数，识别出指标有异常后会生成“疑似光链路”故障。

##### 排障建议

- 步骤1** 在健康度问题界面，浏览当前OPEN的疑似光链路故障问题
- 步骤2** 展开查看问题详情（参考下图），查看疑似故障的光模块、存在异常的指标以及影响的链路等信息
- 步骤3** 根据修复建议中给出的修复方案进行操作

----结束

##### 📖 说明

- 1. 仅支持华为认证光模块，且仅支持10GE/25GE/40GE光模块。



## 4.5.2 网络健康度检测原理

网络健康度评估是在已经分析识别出的网络故障基础上，基于业务体验，按照一定的规则，评估网络健康度，以便能主动预防和运维。

园区健康度评估从设备环境、设备容量、网络状态、网络性能4类对象模型实时或周期检测网络健康度，对评估结果分为优、良、差三个档次。健康度评分在[80%, 100%]区间范围内的为优，[60%, 80%)为良，[0, 60)为差。

下面整体说明不同维度健康度评估方法：

- 对象维度评估健康度  
 以设备为例，比如 整网200台设备，其中10台设备识别出问题(可以是设备里的接口、单板等实体对象，都算一台设备的问题)，则设备维度健康度百分比为（设备总数-识别出问题的设备数量）/设备总数\*100%。
- 对象维度按照不同问题类别评估健康度  
 以设备对象为例，设备对象模型下性能类、状态类等不同维度的健康度计算一样的逻辑，（设备总数-识别出问题的设备数量）/设备总数\*100%。比如 10台设备里有9台设备识别出来性能类Issue，设备性能类健康度 = (200 - 9)/200 \* 100% = 95.5%。
- 整网健康度评估  
 整网健康度由各对象维度健康度百分比取平均值，获取整网的健康度评估。



## 4.6 应用分析

### 应用可视

DPI ( Deep Packet Inspection ) 是一种基于数据包的深度检测技术。交换机、WAC设备使用DPI技术进行应用识别，并将识别结果上报CampusInsight分析器，CampusInsight分析器进行应用识别结果呈现，以及基于应用的多维度流量统计。

### 应用质量感知

eMDI ( Enhanced Media Delivery Index ) 增强型媒体传输质量指标，用于实时检测真实业务报文的丢包、乱序、抖动等质量指标。CampusInsight分析器通过独家eMDI技术+AI算法，实时感知应用质量：

RTP应用：基于丢包、乱序、抖动拟合MOS

TCP应用：基于时延、丢包、抖动计算应用得分

### 故障定界

iPCA(Packet Conservation Algorithm for Internet) 包守恒算法，通过对真实业务流染色，提供随流监控能力。CampusInsight分析器基于iPCA技术，对出现质差的应用流进行故障定界。

空口问题：分析空口指标相关性

园区内有线侧问题：定界丢包位置

园区外问题：自证清白

## 4.7 无线定位

### 整体方案

CampusInsight的RTLS ( Real-time locating system ) 实时定位系统，使用华为公司自研的大数据平台，采用基于HTTP2+ProtoBuf 的南向接口接收AP设备上报的Wi-Fi终端探测数据，通过自研算法计算Wi-Fi终端位置，通过前置滤波、位置计算和后置滤波处理，计算出相对稳定不跳变的终端位置。并进行终端实时位置、终端历史路径、热力图的相关呈现。



## 前置滤波

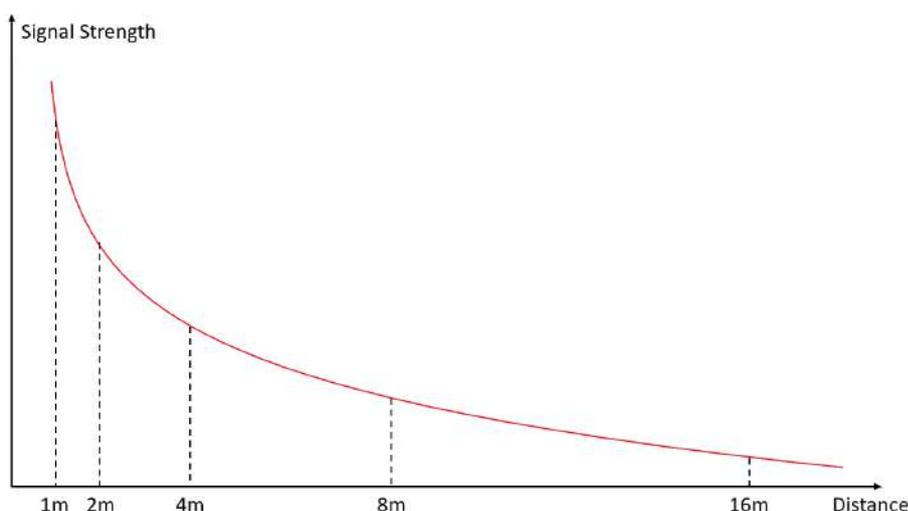
本阶段主要进行大数据计算分组、异常数据处理、隐私信息过滤、终端MAC哈希处理、楼层选择算法、信号数据平滑处理等数据预处理操作，将接收到的原始定位报文转化为终端或干扰源维度的可定位数据组。

## 位置计算

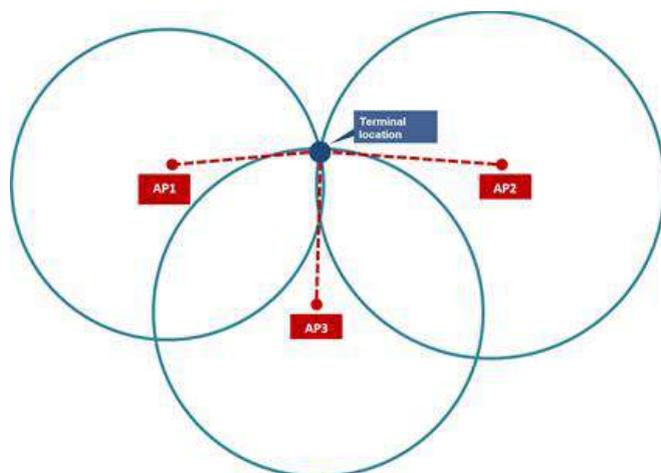
研究发现，自由空间中信号传播时，信号强度的衰减与传播距离 $d$ 和工作频率 $f$ 有关，对于常规的传播环境，满足公式：

$$FSPL(dB) = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + 92.45$$

其中 $d$ 的单位是km， $f$ 的单位是GHz。因此，当AP扫描到Wi-Fi终端的信号强度时，是可以推断出终端和AP自身的距离的，满足如下图的指数关系：

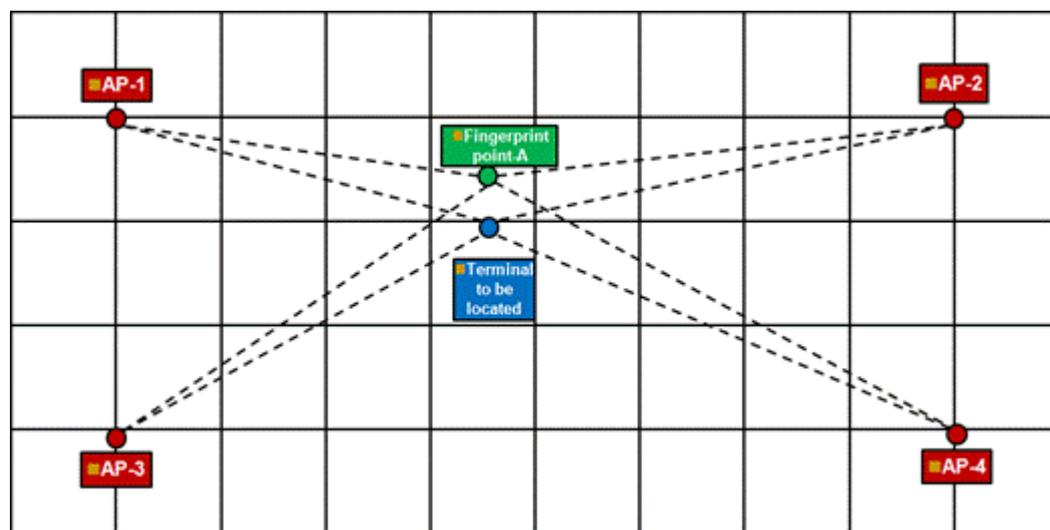


三点定位算法，是基于Wi-Fi RSSI定位的基本算法，需要知道终端距离三个已知固定点（通常为AP）的距离，分别以三个点各画一个圆，交点即为终端的位置。



本阶段基于前置滤波处理的结果，基于最邻近结点算法（KNN）和加权最邻近结点算法（WKNN）等算法通过信号强度，结合指纹信息找到最近的几个指纹点，推算出终端位置。此处设计的基于模式识别的位置匹配算法，具体原理如下：

- 1、先将整个地图，按照无线定位的需求及固定的规则，规划出“指纹点”；
- 2、对于每一个“指纹点”，将该点到各个AP的信号强度，作为该“指纹点”的“特征值”；
- 3、对于需要定位的Wi-Fi终端，将各AP探测到该终端的信号强度，作为该Wi-Fi终端的“特征值”；
- 4、用每个“指纹点”的信号强度特征值与终端信号强度特征值做匹配，根据特征值的相似度的高低，估算终端的位置。



CampusInsight结合了三​​点定位算法和模式识别位置匹配算法，并在此基础上创新自研了定位算法，能够去除终端侧的信号发射功率差异性对定位计算的影响。

## 后置滤波

由于Wi-Fi信号波动大，实时计算的位置可能存在波动大的问题，最终产生位置跳变现象。本阶段旨在通过一系列算法，降低因信号波动带来的终端跳变影响。通过终端历

史位置信息，通过预测下一步的方向和距离，同时结合定位地图规划时设置的“可行走路径”对定位位置进行校准，使定位结果更加准确。

# 5 智能运维应用举例

- 5.1 通过“用户旅程回放”定位历史频繁掉线问题
- 5.2 “主动运维”及时发现弱信号覆盖问题
- 5.3 智能运维快速识别“无线网络拥塞”的根因
- 5.4 “主动运维”发现无线网络干扰源
- 5.5 “主动运维”发现“高信道利用率”问题，并诊断根因
- 5.6 通过性能指标关联分析，检测某用户差体验的问题根因
- 5.7 通过“协议回放”，诊断某用户的接入失败故障根因
- 5.8 通过“应用分析”，对某用户的会议质差进行故障定界

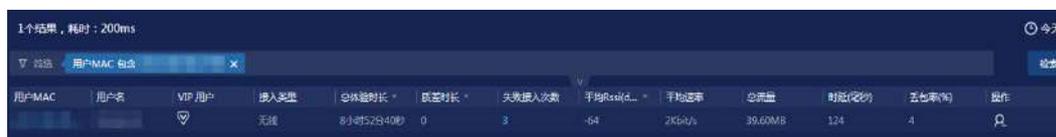
## 5.1 通过“用户旅程回放”定位历史频繁掉线问题

### 问题现象

某用户报障，上周五下午4点15左右Wi-Fi不稳定，时常掉线，网络无法正常使用。

### 问题分析

1. 获取此用户MAC地址，在用户中搜索找到此用户。



The screenshot shows a search interface with the following table of results:

用户MAC	用户名	VIP/用户	接入类型	总体验时长	质差时长	失败接入次数	平均RSSI(dBm)	平均速率	总流量	时延(毫秒)	丢包率(%)	操作
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	无线	8小时52分40秒	0	3	-64	2Kbps	39.60MB	124	4	[Redacted]

2. 进入用户全旅程页面，发现此用户当天的平均场强较差，平均时延也较高。



3. 用户全旅程中找到用户报障的对应时段（16:15左右），发现用户在时段前后频繁发生漫游，且漫游前后的AP上平均场强都较低。



4. 打开漫游时段前后关键性能指标监控，发现此用户场强在漫游时段内持续较弱，用户频繁更换AP接入，导致网络体验较差。



## 问题解决

进一步现场排查，发现此区域存在弱覆盖，导致此用户频繁发生漫游，经过补盲后问题消失。

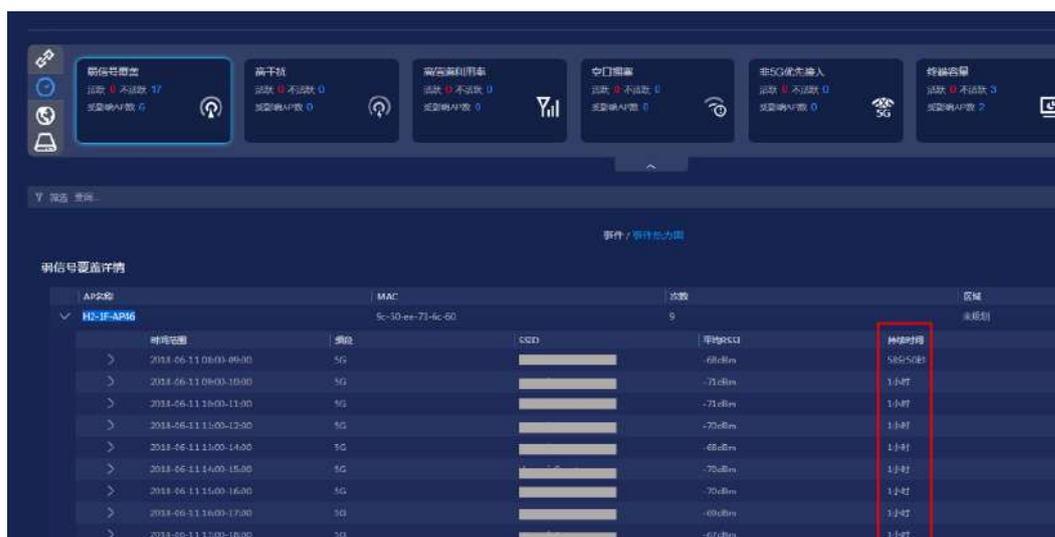
## 5.2 “主动运维”及时发现弱信号覆盖问题

### 问题现象

某公司运维人员在故障分析页面，发现H区1楼编号AP46的AP出现了弱覆盖问题。

### 问题分析

1. 在故障统计页面中，发现此AP当天长时间（从早上8:00至下午16:00）被识别为弱覆盖区域。



2. 打开详情页面，发现其下历史时段接入的用户几乎全部为弱信号接入。



3. 运维人员与该AP的维护人员沟通发现，此区域的弱覆盖出现在访客Wi-Fi上，而一般内部办公区域是不开放访客Wi-Fi（访客Wi-Fi用于访客，仅可访问互联网），且该楼层也只有这一个AP开启了访客Wi-Fi。

进一步沟通发现，由于最近公司新来了合作方员工，为方便他们对网络使用单独对此AP开放了访客Wi-Fi，但后续合作方位置做了调整，远离了此AP，导致合作方信号接入体验下降（全部为弱信号接入）。

### 问题解决

根据合作方新的办公位置，在最近AP上开启了访客Wi-Fi。原来的AP46关闭了信号，此弱覆盖问题不再出现。

此主动运维及时发现了问题并快速修复调整，主动提升了用户体验。

## 5.3 智能运维快速识别“无线网络拥塞”的根因

### 问题现象

某公司运维人员接到多个用户报障，在x月x日11点10分左右，Wi-Fi网络使用体验下降，出现网页打开慢，通话语音闪断，还伴有异常下线等现象。

### 问题分析

1. 根据报障的多个用户，发现这些用户集中在某个区域。
2. 运维人员通过CampusInsight系统的故障统计页面中发现11点10分钟左右，此AP出现空口拥塞问题，影响了34个用户。



3. 进入此问题详情页面，发现在11点10到11点19时间段内，射频上的反压次数飙升，超过了99%的同时段其他射频，且射频下流量持续较高。



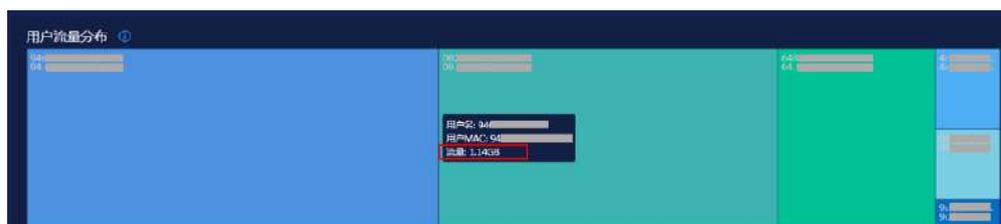
### 说明

反压计数：射频在数据传输过程中，如果信道占满导致数据无法即时转发，则射频会缓存数据，每次缓存则计一次反压次数。反压用户数据会导致用户时延增大，影响用户上网体验。

4. 进入此AP详情页面查看对应时段数据，在反压次数增大时，对应5G频段的信道利用率增高，同时其下所有接入用户的平均时延加大（最大达到173ms），体验较差。



- 从同时段下接入用户使用流量分布统计来看，发现有三个用户在10分钟内使用了超过1G的流量，初步怀疑为个别用户流量超大导致其他用户体验较差。



- 针对此三个异常大流量用户调研，发现这三个用户为刚入职新员工，当时正在一起下载培训视频资料，导致短时间内流量冲高，占据了所有带宽，造成此AP下其他用户体验下降。

## 问题解决

该区域AP之前一直开启网络限速，但由于某次活动有VIP用户造访，为保证VIP体验临时关闭了限速，之后忘记调整配置导致此问题。

重新开启网络限速，限制单用户的网路速率，此区域没有再次出现此问题。

## 5.4 “主动运维”发现无线网络干扰源

### 问题现象

某公司运维人员在故障统计页面，发现23个AP累计出现260多次高干扰问题。

### 问题分析

- 高干扰问题统计页面，历史出现大量的高干扰问题，且大部分出现在2.4GHz信号，出现问题期间用户数为0，流量很低。

问题名称	开始时间	持续时间	状态	影响的设备	区域	频段	用户数	流量
HighInterferenc...	2018-06-15 00:...	5分30秒	不活跃	[设备图标]	A2栋-2	2.4G	0	<1B
HighInterferenc...	2018-06-15 00:...	5分40秒	不活跃	[设备图标]	A2栋-2	2.4G	0	<1B
HighInterferenc...	2018-06-15 00:...	5分40秒	不活跃	[设备图标]	A2栋-1	5G	1	115B
HighInterferenc...	2018-06-15 00:...	6分10秒	不活跃	[设备图标]	A2栋-2	2.4G	0	<1B
HighInterferenc...	2018-06-15 00:...	5分50秒	不活跃	[设备图标]	A2栋-2	2.4G	0	<1B
HighInterferenc...	2018-06-15 00:...	12分50秒	不活跃	[设备图标]	A2栋-2	2.4G	0	<1B
HighInterferenc...	2018-06-15 00:...	17分0秒	不活跃	[设备图标]	A2栋-2	2.4G	0	<1B
HighInterferenc...	2018-06-15 00:...	18分40秒	不活跃	[设备图标]	A2栋-2	2.4G	0	<1B
HighInterferenc...	2018-06-15 00:...	16分30秒	不活跃	[设备图标]	A2栋-2	2.4G	0	<1B
HighInterferenc...	2018-06-15 00:...	16分10秒	不活跃	[设备图标]	A2栋-2	2.4G	0	<1B
HighInterferenc...	2018-06-15 00:...	12分50秒	不活跃	[设备图标]	A2栋-2	2.4G	0	<1B
HighInterferenc...	2018-06-15 0 2018-06-15 00:30		不活跃	[设备图标]	A2栋-2	2.4G	0	<1B
HighInterferenc...	2018-06-15 01:...	6分30秒	不活跃	[设备图标]	A2栋-2	2.4G	0	<1B
HighInterferenc...	2018-06-15 01:...	6分20秒	不活跃	[设备图标]	A2栋-2	2.4G	0	<1B
HighInterferenc...	2018-06-15 01:...	7分50秒	不活跃	[设备图标]	A2栋-2	2.4G	0	<1B
HighInterferenc...	2018-06-15 01:...	9分0秒	不活跃	[设备图标]	A2栋-2	2.4G	0	<1B
HighInterferenc...	2018-06-15 01:...	6分40秒	不活跃	[设备图标]	A2栋-2	2.4G	0	<1B
HighInterferenc...	2018-06-15 01:...	8分50秒	不活跃	[设备图标]	A2栋-2	2.4G	0	<1B

- 具体查看某一个问题的详情，干扰率非常高。其它AP在2.4GHz频段的干扰率也非常高。在这种情况下，终端基本无法上线，或上线后体验很差。据此可以判断周边出现重大干扰源。



## 问题解决

进一步现场调查，发现此区域有实验室进行某无线设备的测试，导致干扰持续发生。联系实验室人员，降低设备的发射功率，故障消失。

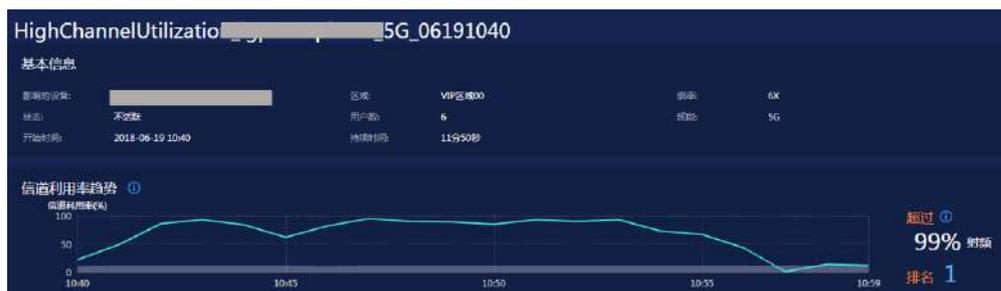
## 5.5 “主动运维”发现“高信道利用率”问题，并诊断根因

### 问题现象

出现高信道利用率问题，利用率持续在75%以上，高峰达到100%。

### 问题分析

- VIP区域出现持续10分钟以上的高信道利用率问题，峰值达到100%



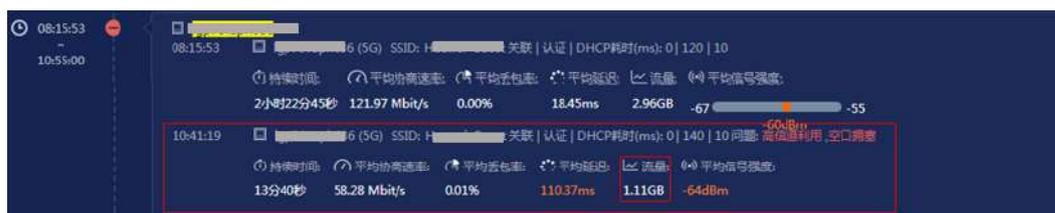
- 2. 从同时段内接入的人数与干扰率来看，都不高，说明并非用户量大及干扰导致的信道利用率冲高



- 3. 但从同时段内接入用户的协商速率分布来看，有三个用户协商速率低于10Mbps，属于低速率用户接入网络。



- 4. 排查其中2个用户的流量较少，没有大量占用信道资源。但其中一个用户在该时段10分钟内产生了1.11G流量，属于低速率用户长时间占用空口信道资源，导致信道利用率冲高，但实际网络吞吐量较低。



## 问题解决

设备上开启空口资源调度时间均衡机制，减少低速率用户对空口的信道占用时间，屏蔽低速率用户长期占用信道。

## 5.6 通过性能指标关联分析，检测某用户差体验的问题根因

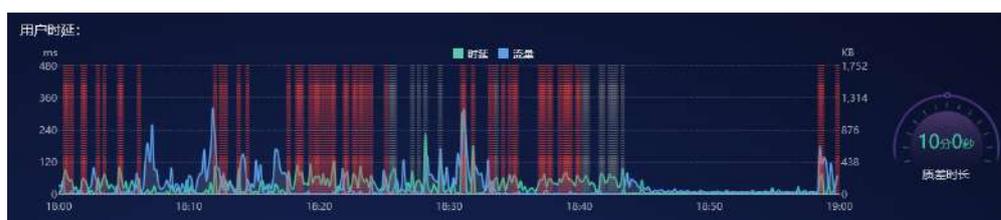
### 问题现象

某公司运维人员通过CampusInsight发现某用户为质差用户，质差时间占比34.12%。并联系该用户确认当日无线网络的体验非常差。



### 问题分析

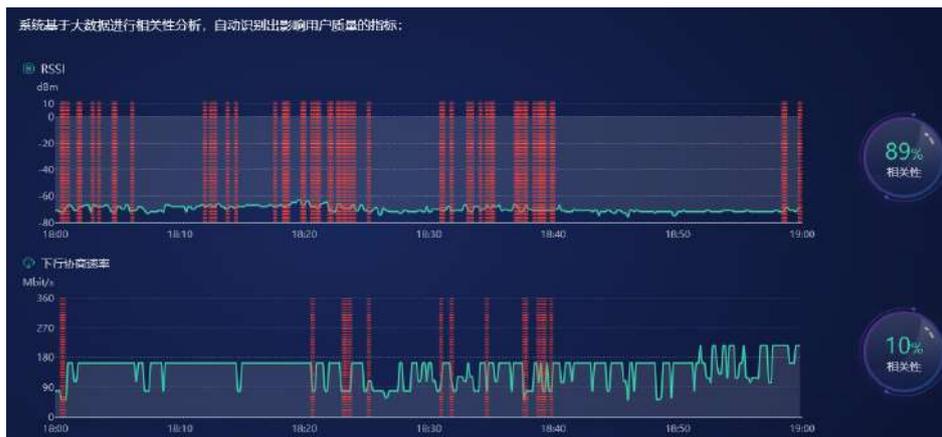
1. 运维人员查看CampusInsight展示的该用户最近1个小时的业务体验，确认较多时间用户的时延较大，达到数百ms，而用户的带宽一直小于1Mbps。



2. 运维人员通过CampusInsight了解到该问题的相关性100%是“覆盖类”的弱信号问题。



3. 同时，CampusInsight给出终端信号弱是导致问题的最关键原因。



## 问题解决

了解该用户当日长时间的办公点，发现该位置因为新增了一个办公隔断，导致无线信号被衰减。通过调整AP位置解决了问题。

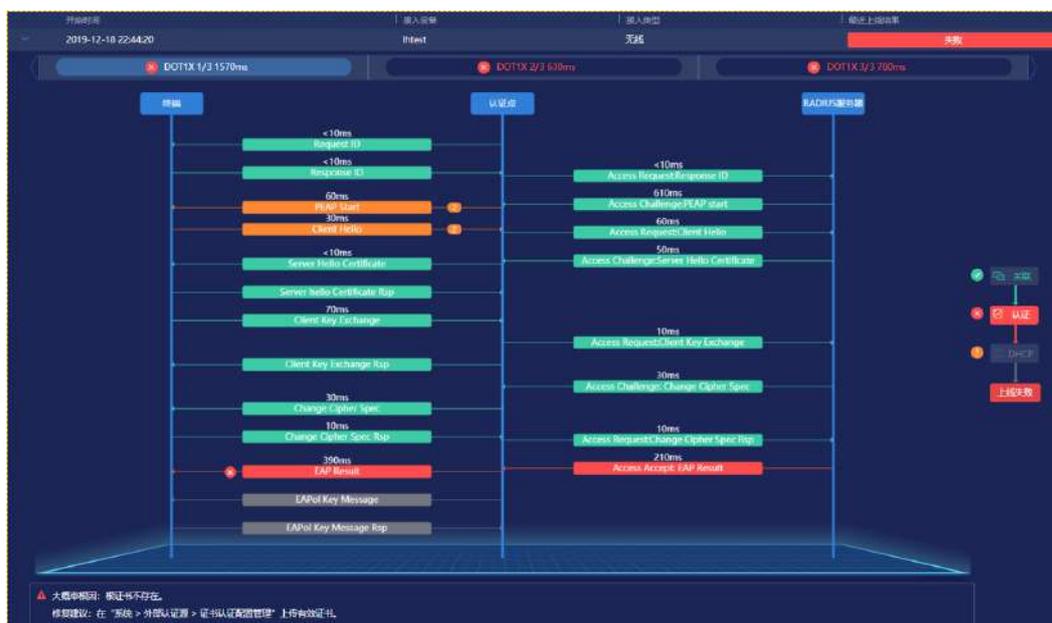
## 5.7 通过“协议回放”，诊断某用户的接入失败故障根因

### 问题现象

某VIP用户反应某时间接入网络失败。

### 问题分析

1. 运维人员按会话查询接入记录。找到该次失败记录。
2. 详细查看该失败记录的协议回放，包括关联、认证和DHCP 3个阶段。发现用户完成了关联、但是认证失败，具体原因是根证书不存在。



## 问题解决

通过上传有效的证书解决问题。

## 5.8 通过“应用分析”，对某用户的会议质差进行故障定界

### 问题现象

某用户报障，反应某时间使用会议软件参加会议时出现卡顿。

### 问题分析

1. 运维人员在用户旅程对应时刻，查看该用户的会议软件应用流出现质差。
2. 详细查看该条应用流，发现在汇聚交换机出口出现丢包，从而定界故障位置。



### 问题解决

排查交换机端口，发现网线老化，更换网线后问题解决。

# 6 A 缩略语

<b>A</b>		
<b>AI</b>	Artificial Intelligence	人工智能
<b>AGV</b>	Automated Guided Vehicle	自动导引运输车
<b>D</b>		
<b>DHCP</b>	Dynamic Host Configuration Protocol	动态主机配置协议
<b>E</b>		
<b>eMDI</b>	Enhanced Media Delivery Index	增强型媒体传输质量指标
<b>F</b>		
<b>FEC</b>	Forward Error Correction	前向纠错
<b>G</b>		
<b>GPB</b>	Google Protocol Buffer	
<b>GRPC</b>	Google Remote Procedure Call Protocol	Google远程过程调用系统
<b>I</b>		
<b>IoT</b>	Internet of Things	物联网
<b>M</b>		
<b>MOS</b>	Mean Opinion Score	平均主观意见分
<b>MDI</b>	Media Delivery Index	媒体传输质量指标



关注公众号“唯尼行业报告”

点击菜单栏【入群学习】

即可加入 唯尼行业报告交流分享群.....

<b>A</b>		
<b>P</b>		
<b>PoE</b>	Power over Ethernet	有源以太网
<b>R</b>		
<b>RTP</b>	Real-time Transport Protocol	实时传输协议
<b>RSSI</b>	Received Signal Strength Indication	接收的信号强度指示
<b>RET</b>	Retransmission	重传
<b>S</b>		
<b>SIP</b>	Session Initiation Protocol	会话发起协议
<b>SNMP</b>	Simple Network Management Protocol	简单网络管理协议
<b>V</b>		
<b>vMOS</b>	Video Mean Opinion Score	
<b>Y</b>		
<b>YANG</b>	Yet Another Next Generation	一种数据建模语言