



Network Innovation and
Development Alliance
全球固定网络创新联盟

基于智能体的校园自智网络技术白皮书



伙伴单位

编制和撰稿人

主编单位：



参编单位：

- | | | |
|------------|------------|--------|
| 中国矿业大学 | 中国矿业大学（北京） | 中国传媒大学 |
| 大连理工大学 | 厦门大学 | 湖南大学 |
| 华中农业大学 | 宁夏大学 | 中国海洋大学 |
| 中国石油大学（华东） | 合肥大学 | 温州医科大学 |
| 陕西农林职业技术大学 | | |

NIDA 战略咨询委员会：

邓一鸥、郭晓岩、黄伟红

白皮书编制和案例贡献人：

主编委员：

潘丽、马云龙、刘乃嘉、赵淼、许旻、陈向泽、周曜、谢锐、于游、金代亮、赵旭、刘长龙、何湘东、蒋冠翔、徐友清、李虎群、张哲、张心、赵立业、胡轶宁、唐洁、史德伟、林杰、宋焘、张锐、赵云翔、郭晓东、王彬、王辉、殷玉楼、韦乃文、范建桃、季平、包德伟

参编委员：

孙磊、周琼、杨阳、霍跃华、董加卿、于广辉、陈晓筹、宋继冉、叶颖泽、杨军、张骏、宋文文、夏光峰、王朝杰、应一凡、夏浩军、陈高锋、高飞、王钊、曹帅、吴哲文、陈佩珊、赵亮、朱倩雯、王晨阳、孙爱正、吴家辉、罗运人、刘志帆、项壹、徐照、王东、张娇、叶浩楠、赵文禄、杨镇安、曹平、刘春、杨康宁、王孝农、徐维蔓、张小康、刘上忠、马再飞、陈昂、薛广栩、陈宇杰、侯立华



目录

01– 校园网发展趋势06

1.1 智慧校园发展趋势 07

1.2 校园网典型场景及面临的运维挑战 08

1.3 下一代校园网络智能运维典型特征 10

02– 校园自智网络解决方案14

2.1 基于智能体的校园自智网络方案架构 15

2.2 可视化监测 16

 2.2.1 网络健康可视 16

 2.2.2 用户体验可视 16

 2.2.3 应用体验可视 17

2.3 大模型运维 17

 2.3.1 自然语言交互 17

 2.3.2 知识问答 17

 2.3.3 智能故障编排处置 17

2.4 无人化运维 18

2.5 绿色运营 18

 2.5.1 网络节能 18

 2.5.2 楼宇节能 18

03– 校园自智网络关键技术20

3.1 数据采集技术 21

 3.1.1 Telemetry 技术介绍 21

 3.1.2 数据采集原理 22

3.2 数字孪生技术 23

 3.2.1 网络健康度建模 23

 3.2.2 用户体验评估 24

 3.2.3 应用随流检测 26

3.3 大模型技术 28

 3.3.1 大模型工具调用技术 28

 3.3.2 增强型知识问答技术 29

 3.3.3 思维链编排技术 30

 3.3.4 准确率提升技术 31

3.4 AI Agent 技术 31

 3.4.1 环境感知技术 32

 3.4.2 意图驱动决策技术 33

 3.4.3 自适应执行技术 34

 3.4.4 反思优化技术 34

3.5 绿色节能技术 35

 3.5.1 潮汐预测技术 35

 3.5.2 动态节能技术 36

 3.5.3 存在感知技术 37

04– 校园自智网络部署方案40

4.1 网络智能分析平台部署方案 41

 4.1.1 基础分析平台 42

 4.1.2 智能体组件 43

4.2 可靠性方案 45

4.3 可维护性方案 46

05– 校园自智网络成功案例48

5.1 清华大学——业内首个园区网络智能体 49

5.2 上海交通大学——基于网络大模型的 AI" 大运维 " 51

5.3 哈尔滨工业大学——通感一体与运管 AI 中枢方案 52

5.4 南京大学——破解超大规模校园无线网络运维难题 53

5.5 西安交通大学——基于 AI Agent 打造智慧校园新范式 55

5.6 东南大学——AI 智能体重塑校园网络新体验 56

5.7 上海科技大学——打造“AI+ 教育”自智网络 57

5.8 中国地质大学（武汉）——地学砺新、智慧运维 58

06– 未来与展望60



01

校园网发展趋势

1.1 智慧校园发展趋势

教学模式正在从传统教学向智慧教学演进

线上教学、沉浸式教学与智慧教室等新兴教学模式的应用规模持续扩大。新冠疫情的全球性暴发显著加速了在线教育的普及进程。数据显示，截至 2020 年 5 月，全国已有 1454 所高校实施线上教学，累计开设课程 107 万门，参与在线学习的大学生达 1775 万人。近年来，沉浸式教学在高校中取得显著进展。2023 年世界数字教育大会上披露的信息显示，全国近 55% 的高校教师采用混合式教学模式，积极运用虚拟仿真、数字孪生等技术拓展教学场景、提升实训效果，并建成 215 个覆盖全国的示范性虚拟仿真实训基地。

与此同时，智慧教室建设在各高校持续推进，逐步实现录播直播、互动教学、多屏协作、多语种翻译等多样化功能，推动教学理念向“以学生成长为中心”转变。以国内某高校为例，截至 2021 年已建成涵盖交互研讨型、远程互动型、精品录播型等六大类别的智慧教室共 627 间。

物联网和无线化正在加速高校后勤服务智慧化

以物联网和无线通信为代表的数字化技术，推动了无人清扫车、智能门禁、无人超市、无接触支付、无线资产盘点、配电自动化等一系列智能系统的应用。这些系统已广泛融入校园后勤服务的多个场景，涵盖餐饮、住宿、物业管理、商业零售、环境维护及能源管理等领域，显著提升了后勤服务的便捷性、安全性与使用体验，在更好满足师生个性化需求的同时，也实现了服务成本的有效降低。

以某高校实际应用为例，通过部署智能门禁系统，实现了对人员出入的高效管理与精准记录，日常运行中系统处理大量识别与通行请求。该系统在实现无人值守的基础上，有效节约了能源开支，降低了物业人力配置及相关运维成本，取得了良好的综合效益。

校园管理远程化和在线化成常态

我国高等教育已进入普及化发展阶段，高校办学规模持续扩大，多校区办学逐渐成为普遍现象。在此背景下，通过数字化手段加强校区之间的协同管理与文化融合，已成为提升高校治理能力的重要路径。

借助线上办公、视频会议与直播等信息化技术，多校区高校能够有效打破地理隔阂，促进跨校区、跨层级的沟通协作，推动形成统一的校园文化氛围。以部分高校实践为例，其统一数字平台已集成数百项服务与流程，支撑数万人次在线办理业务，显著提升了校园运行效率；同时，视频会议系统在重要会议、开学典礼等多元场景中也得到规模化应用，有力保障了跨校区业务与教学活动的有序开展。

绿色低碳发展融入校园建设

党的十八大以来，教育系统深入贯彻落实绿色发展理念，持续推进节能减排工作，陆续出台多项推动绿色校园建设的政策文件。近年来印发的相关实施方案进一步强调，要推动各级各类学校开展能源使用情况调研，逐步构建校园能耗监测与管理机制，健全覆盖节电、节水、节约燃气以及绿色出行等多方面的校园能源治理体系。文件同时明确，在新建校区和现有校区改造过程中，应优先选用节能减排型技术、产品与服务，积极推广电气化与低碳化用能方式，不断拓展可再生能源在教育设施领域的应用规模。

1.2 校园网典型场景及面临的运维挑战

“三分建设，七分运维”，高校网络运维在信息中心整体工作中占据重要地位。随着校园网络规模持续扩大，运维团队规模基本保持不变，使得运维压力日益增加。在信息化人力投入方面，国内外存在一定差距，国内高校师生平均每万人配备的全职信息化工作人员数量远低于部分发达国家，这进一步加剧了运维资源的紧张。以国内某高校为例，近年来其网络基础设施规模显著增长，有线交换机、无线接入点、信息点位及联网楼宇数量均大幅上升，上网终端数量亦明显增加。与二十年前相比，信息点位规模已扩大数十倍，但运维团队规模并未同步增长，整体人员配置仍较为有限。该运维团队内部按功能划分为多个小组，涵盖热线支持、现场处理、线路维护及后台支撑等职能，各小组平均人员配置较少。

此外，我国高校网络运维还面临从“被动响应”向“主动智能”转型的挑战。运维工具主要依赖传统网管系统，基于简单网络管理协议（SNMP）进行网络部署和告警接收，仅支持分钟级数据采集，且只能感知端口级流量状态。对于因网络突发、无线空口干扰等导致的丢包、视频会议卡顿等问题，尚缺乏有效的技术手段。以某高校大礼堂场景为例，其可同时容纳数百人，会议期间无线并发用户数及应用实例数均达到较高水平，如何实时、准确地感知每个应用的状态，对校园网运维提出了较高要求。

除以上两点之外，校园网运维还面临如下具体挑战：

大规模异构设备管理与运维效率低下矛盾

校园网络通常面临设备数量庞大且品牌多样化的问题，传统人工运维模式难以高效应对大规模异构设备的管理和故障排查需求。尤其在多校区部署场景下，跨地域协同运维的复杂度进一步增加。以某高校为例，其校园网中包含海量无线接入点和大量交换机设备，涉及多家网络厂商。运维团队人力资源有限，每日需处理大量故障请求，而常规设备巡检的覆盖范围也存在明显不足。

在此背景下，亟需引入智能化运维方案，通过构建设备运行状态基线，实现潜在故障的早期预测，从而将运维模式从被动处置转向主动预防，有效提升网络服务质量和运营效率。

爆发性网络需求变化与资源动态优化矛盾

校园网络在选课、考试、迎新等关键业务时段，常面临突发性流量高峰，服务器负载与网络带宽需求急剧上升。若基础设施缺乏弹性扩展能力，易引发服务中断或响应延迟，进而影响正常教学秩序。随着在线教学、高清视频会议、虚拟现实实验等新型应用的普及，校园网带宽需求正以年均 30% 以上的速度持续增长。然而，部分高校受限于预算条件，有线带宽扩容与无线网络覆盖进度滞后于业务发展需求，导致师生网络体验不佳。

以某高校开学典礼为例，活动期间现场短时间内聚集大量人员，近万用户尝试接入网络，其中峰值同时在线用户超过 6000 人，平均在线规模稳定在 5000 余人，总流量突破 1TB。此类突发性高密场景，对网络资源的动态调度与优化能力提出了更高要求。

资源便捷获取与特殊用户质量保障矛盾

学生群体普遍偏好使用 P2P 下载、在线游戏等高带宽应用，导致校园网络资源被大量非教学业务占用。相关流量分析报告显示，P2P 类应用在校园网络总流量中占比显著，其中基于特定协议的传输行为尤为突出，已对正常在线教学活动造成影响。

在近期一项国际性教育交流活动期间，某高校需同时为数百名与会学者提供稳定的网络服务，以支持包括实时翻译在内的多项在线需求。此类高并发、低延迟的网络保障任务，直接关系到活动的顺利开展。

无线初期规划建设与无线体验提升矛盾

无线网络是当前校园环境下师生接入互联网的主要方式。然而，部分校园无线网络在建设初期缺乏统一规划与标准化部署，导致实际使用中仍存在若干问题，影响师生体验。具体表现在以下几个方面：

- **设备干扰与信号重叠：**部分区域存在无线设备部署密集、信道设置不合理等问题，导致信号互相干扰，影响连接稳定性，出现数据丢包或频繁断连等现象。
- **覆盖存在盲区：**在部分室内复杂结构区域或安防重点区域，无线信号覆盖不足，影响正常使用。
- **高并发场景性能下降：**在人员高度集中的教学区域或空间密集的学生公寓，大量终端同时接入易引发网络拥塞，造成数据传输延迟，影响教学及学习体验。
- **漫游切换体验不佳：**用户在跨区域移动过程中，常因无线网络未能实现无缝切换而需重新认证，甚至出现连接中断，降低了移动使用场景下的便捷性与连续性。

增加网络覆盖提升师生体验与节能减排矛盾

目前，全国已有近百所高校部署了数字化能源监管系统，通过能耗监测、统计与公示，实现了水电等传统用能领域的智能化管理，其中多所高校因成效显著被评为国家级节能示范单位。然而，在校园网络设备这一重要领域，节能管理仍处于起步阶段，存在大量可挖掘的节能潜力。

在非工作时段，如深夜及节假日，教室、实验室与宿舍区域基本无人使用，但网络设备仍持续运行，造成能源浪费。以某高校教学楼为例，在夜间 23:00 至次日 07:30 期间，除少量安防巡检及物联网终端接入外，几乎无用户用网。若不考虑节假日，仅针对夜间时段进行用网调控，即可实现超过 30% 的节能效果。

以一所规模为三万人的高校为例，假设全校部署约一万个无线接入点（AP），单 AP 平均功率约 15 瓦。若实施精细化节能策略，预计全年可节约约 40 万度，节能效益显著。



1.3 下一代校园网络智能运维典型特征

AI 智能技术驱动加持

AI 技术驱动的智能运维，本质上是将人工智能、机器学习、大数据分析等技术与运维实践深度融合，实现网络管理的自动化、智能化和精准化。其核心在于通过数据驱动决策，从被动响应转向主动预测，从经验依赖转向算法优化，从而全面提升校园网的可靠性、效率与安全性。

- AI 技术通过大数据分析实现了校园网状态的全面感知与精准预测。传统运维依赖人工巡检和告警系统，往往只能在故障发生后进行干预，而 AI 系统能够实时采集网络设备、流量、用户行为等海量数据，利用机器学习算法建立预测模型。例如，通过对历史数据的分析，AI 可以预测网络拥塞的发生时间与位置，提前进行资源调整；或识别出设备老化的趋势，提示预防性更换。这种预测性维护不仅减少了突发故障的风险，也显著降低了运维成本。
- AI 技术极大地提升了故障诊断与处理的效率。校园网环境复杂，故障源可能涉及硬件设备、软件配置、用户行为等多种因素。传统方式下，运维人员需要逐层排查，耗时费力。而 AI 系统能够通过智能日志分析、异常检测和根因分析算法，快速定位问题根源。
- AI 技术还推动了运维模式的根本性变革。传统运维中，人员需投入大量时间于重复性、低价值工作，而 AI 接管了这些任务后，运维团队可以专注于战略规划与创新优化。例如，通过自然语言处理（NLP）技术，AI 可以自动生成运维报告、响应用户咨询；通过知识图谱，AI 能够整合历史故障与解决方案，形成智能知识库，辅助人员决策。这种人机协同的模式，不仅提高了工作效率，也提升了运维团队的专业能力。

用户体验与业务质量双优

在数字化教育全面深化的今天，校园网络已从单纯的基础设施演进为支撑教学、科研、管理和校园生活的核心中枢。随着在线教学、虚拟实验室、智慧教室、物联网应用等场景的普及，师生对网络的需求不再局限于 "连通即可"，而是追求高质量、高可靠性、高安全性的数字化体验。与此同时，高校网络规模不断扩大，接入设备数量激增，应用类型日趋复杂，使得传统的网络运维模式难以同时保障系统稳定性与用户满意度。在这一背景下，实现校园网络 "用户体验与业务质量双重保障" 已成为智慧校园建设的核心议题，也是衡量教育数字化成功与否的关键标尺。

- "业务质量"，关注的是网络作为技术基础设施的性能表现，包括带宽容量、延迟、抖动、丢包率、可用性、安全性等硬性指标。例如，在线教学需要稳定的高带宽和低延迟，科研数据传输要求网络具备高可靠性和安全性，而物联网设备接入则依赖网络的广覆盖与高并发能力。没有良好的业务质量，一切数字化应用都将成为无源之水。
- "用户体验"，则从用户感知出发，强调网络服务的易用性、流畅性、及时性和情感满意度。一个网络即便技术指标优秀，但如果认证流程繁琐、视频加载缓慢、故障响应滞后，用户依然会感到体验较差。因此，业务质量是用户体验的基础，用户体验是业务质量的最终呈现，二者如同鸟之双翼、车之两轮，缺一不可。

主动服务与自服务相生

在高校数字化转型不断深入的今天，服务模式正经历着从 " 被动响应 " 到 " 主动预判 "、从 " 集中管控 " 到 " 分布式自治 " 的根本性变革。" 主动服务 " 与 " 自服务自治 " 两种理念的深度融合，正在重新定义校园服务的本质。

- 主动服务是一种以预测和预判为核心的服务模式，其本质是通过数据感知、智能分析和自动化执行，在用户尚未明确表达需求或发现问题之前，就主动提供解决方案或预防性措施。在校园网络环境中，主动服务可以体现在多个方面：基于机器学习算法预测网络拥塞时段并提前进行资源调配；通过设备健康监测系统，在故障发生前发出预警并自动调度维修；利用用户行为分析为师生推荐个性化的数字资源和服务。这种服务模式将传统的 " 用户求助 – 响应处理 " 的被动流程转变为 " 系统感知 – 主动介入 – 预防优化 " 的智能化流程，极大地提高了服务效率和质量。
- 自服务自治则强调赋予用户更大的自主权和操作空间，通过提供易用的工具、平台和接口，让用户能够自主完成所需的操作和问题解决，同时系统自身也具备自我管理、自我修复的能力。在校园环境中，这表现为：提供网络自助服务平台，允许师生自主办理业务、查询状态、诊断问题；建立知识库和智能问答系统，让用户能够快速找到解决方案；构建自动化运维体系，使网络系统能够自动完成巡检、修复和优化工作。这种模式不仅减轻了服务团队的压力，也使用户获得了更快速、更便捷的服务体验，同时培养了用户的问题解决能力和数字素养。
- 主动服务与自服务自治理念的融合代表了一种全新的服务范式，通过智能预测与用户自主的有机结合，创造了更加高效、便捷和个性化的服务体验。对于高校而言，这种融合不仅是提升服务质量的重要手段，更是培养师生数字素养、构建智慧校园生态的关键途径。只有在技术和理念上实现这种深度融合，才能真正构建出响应迅速、资源优化、体验卓越的新一代服务体系，为教育数字化转型提供坚实支撑。

绿色节能与可持续发展

在全球气候变化与能源危机日益严峻的背景下，绿色节能与可持续发展已成为人类社会共同关注的焦点。高等院校作为人才培养、科学研究和社会服务的重镇，不仅承担着传播可持续发展理念的使命，更应成为绿色实践的先行者。校园作为能耗密集型场所，其电力、水资源、热能消耗巨大。传统校园运营中，照明系统常明不熄、空调过度运行、设备待机能耗浪费等现象普遍存在。

实现校园绿色节能与可持续发展的关键技术支撑来自于智慧化与数字化创新。实现校园绿色节能与可持续发展的关键来自技术创新。CSI 物联感知、大数据、人工智能等技术的广泛应用，为校园能源管理提供了全新解决方案。智能电表、水表与传感器网络可以实时监测各建筑的能耗情况，通过数据分析识别能效瓶颈；AI 算法能够根据天气、课程安排和人流模式，自动调节照明、空调和供暖系统的运行策略，实现精细化节能。例如，WLAN CSI 技术感知到教室无人时联动自动关闭灯光和空调，图书馆在高峰时段优化通风系统，宿舍区在夜间调低公共区域照明亮度。这些技术手段不仅显著降低能源浪费，还提升了资源利用效率。

物联感知与开放生态的融合

在数字化转型浪潮的推动下，校园物联正逐渐成为智慧校园建设的核心组成部分，是 AI 智能发挥效用的数据之源。从智能教室、节能管理到设备运维，物联网技术通过连接物理设备与数字系统，为校园管理、教学科研和师生生活带来了前所未有的智能化体验。然而，物联网设备的多样性、数据结构的异构性以及应用场景的碎片化，也给校园网络的规划、管理和运维带来了巨大挑战。

在这一背景下，推动 " 校园物联网与开放生态的整合 " 已成为实现物联网价值最大化的关键路径。这种整合不仅涉及技术层面的互联互通，更是一种系统性的生态重构，旨在通过开放、协同、智能的方式，打破数据孤岛，优化资源配置，赋能教育创新。校园物联网的典型应用场景广泛而复杂。例如，在智能教室中，物联网传感器可以自动调节灯光、温度和湿度，提供更舒适的学习环境；在能源管理方面，智能电表和水电监测系统能够实时分析能耗数据，实现节能优化；在安防领域，视频、门禁系统和紧急报警设备的联动，大大提升了校园的安全性。然而，这些系统往往由不同的供应商提供，采用各自的技术标准和数据协议，导致数据无法互通，系统之间难以协同工作。这种封闭性不仅增加了运维成本，也限制了物联网系统整体效能的发挥。





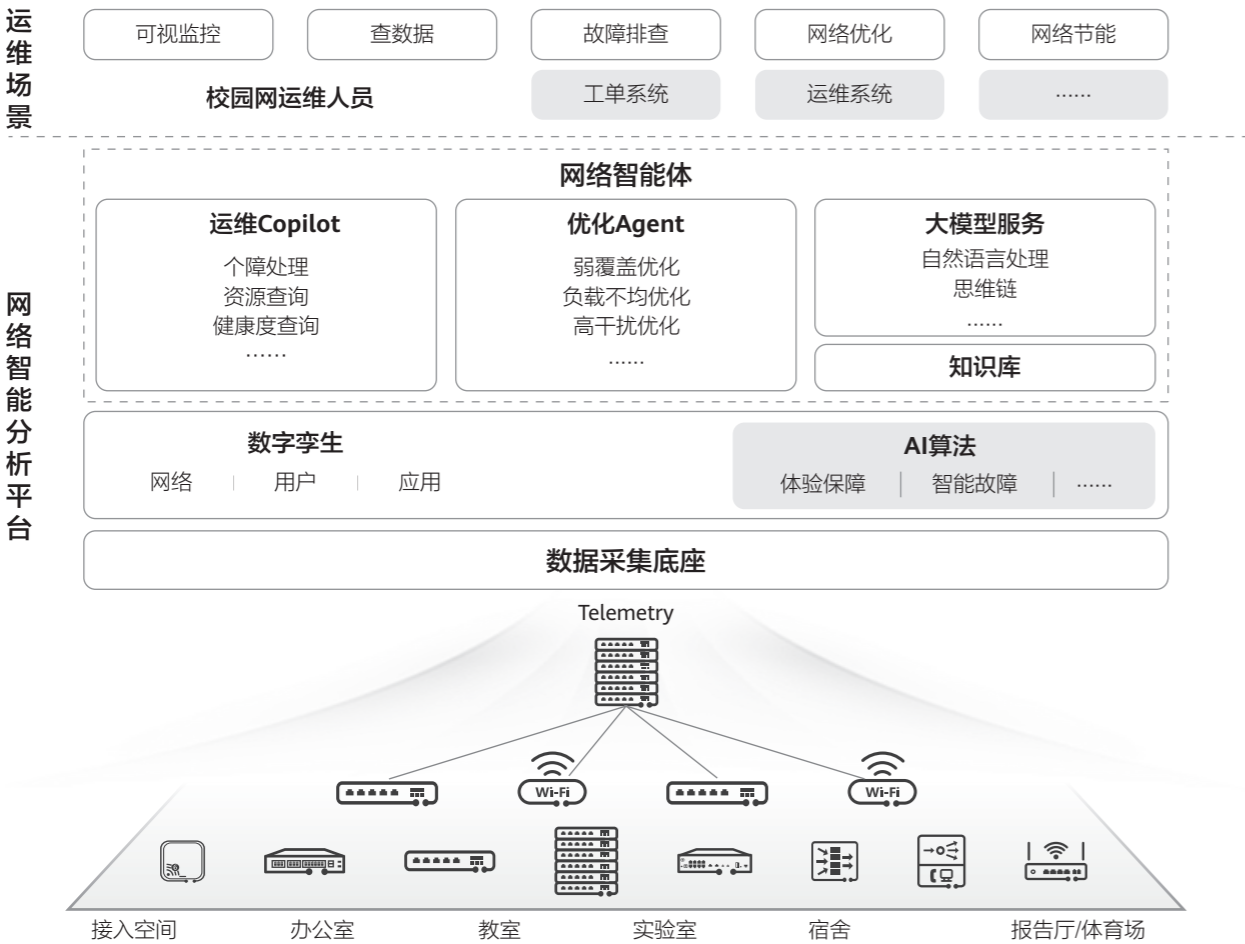
02

校园自智网络解决方案

2.1 基于智能体的校园自智网络方案架构

为应对校园多业务并发场景下网络体验保障难、传统运维被动低效的挑战，现代校园网络需构建基于大数据、大模型、智能体等先进技术的智能运维体系。该体系以全域 Telemetry 数据采集为基础，通过 AI 算法实现对网络质量劣化、潜在故障风险的精准预测与分钟级定界定位，并借助网络数字孪生实现从物理设施、关键业务到用户体验的端到端可视化管理。

在此基础上，方案融合大模型的理解与推理能力，使运维人员可通过自然语言交互快速获取洞察；通过部署具备“感知 - 分析 - 决策 - 执行”能力的网络智能体，系统能够自动识别潜在风险、预测性能劣化，并主动实施调优或修复策略，最终实现从“人工处置”到“网络自治”的智能运维模式转型。



为实现校园网络智能化的运维体验，本方案通过三层核心能力，将数据快速转化为决策与行动，驱动运维模式从被动响应向主动预防转变。

第一层：全域数据采集与可视化

网络智能分析平台首先建立起全域、精准的数据采集能力。通过 Telemetry 等先进技术，实时采集来自用户、终端、应用及网络设备的海量数据，实现对网络运行状态的毫秒级感知。这使得从单一设备到整体业务体验的全景状态变得完全可视，为智能分析提供了坚实的数据基础。

第二层：网络数字孪生与深度分析

在数据基础之上，网络智能分析平台构建出网络的数字孪生。它通过“网络数字地图”等应用，将物理网

络映射为可交互、可管理的数字模型。在此层面，平台能深度还原“用户旅程”，并将 AI 故障分析能力融入其中。当体验问题发生时，系统能快速关联用户行为与网络状态，精准定位故障根因，并给出明确的修复建议，实现从“看到问题”到“定位原因”的关键跨越。

第三层：网络智能体与主动闭环

第三层是具备自主决策与执行能力的网络智能体。它深度融合大模型能力，形成两大核心功能：“网络运维 Copilot”通过自然语言交互，让“对话即服务”成为现实，极大提升运维效率；“网络优化 Agent”则如同网络的“自动驾驶系统”，能够主动预测风险、自主进行无线调优，并闭环处理大部分常见问题，最终实现网络的自优化与自愈。

2.2 可视化监测

2.2.1 网络健康可视

在数字化转型浪潮中，校园网络作为支撑教学、科研与管理的核心基础设施，其规模与复杂性正以前所未有的速度增长。传统的网络运维模式主要依赖于对海量设备告警的被动监测。然而，在设备数量达到万级的庞大校园网中，告警信息不仅混杂繁多，更充斥着大量无效与重复噪音。这使得运维人员深陷于“告警洪流”，难以对整体网络质量形成宏观、准确的认知。运维模式被迫局限于“人盯设备”式的单点故障被动响应，既无法从海量网络数据中聚类、识别出群体性与趋势性问题，也无力应对无线网络大规模建设后，有线与无线网络在评估标准与运维手段上的割裂困境。这种依赖有限告警信息和人工经验的传统范式，已然无法承载现代智慧校园对网络高可靠性、高体验性的要求，运维模式的智能化升级迫在眉睫。

为彻底扭转这一局面，我们提出并构建了以“网络健康视图”为核心的智能运维新体系。该体系标志着运维理念的根本性转变——从关注单设备状态的“故障驱动”升级为关注全局体验的“质量驱动”。运维人员不再需要逐一排查成千上万的设备告警，而是通过一个统一的、可视化的健康视图进行日常巡检。该视图能够清晰、直观地对全网有线与无线的整体体验进行量化评估，给出“好”或“差”的明确判断。更重要的是，它提供了从宏观到微观的逐层钻取能力。当某一指标评分较低时，运维人员可以迅速向下钻取，精准定位到问题发生的具体区域、设备类型或用户群体，从而主动识别那些尚未触发告警但已影响体验的潜在故障，实现了对群体性网络问题的早期发现和精准干预。

本体系的核心价值在于将运维人员从繁琐重复的劳动中解放出来，赋予其高效解决问题的手段。在通过健康视图发现异常后，系统能够从问题的空间分布、影响范围、性能详情等多个维度进行根因分析，快速锁定问题源头。同时，平台集成的知识库与 AI 算法还能提供具体的修复建议与解决方案，指导运维人员采取最有效的措施。这不仅极大地简化了网络质量监测与维护的复杂度，显著缩短了平均故障修复时间，更将运维团队的职责从“救火队员”提升为“网络规划师”。他们得以从被动救火转向主动优化，从整体视角规划网络架构，持续提升最终用户的用网体验。

2.2.2 用户体验可视

当前，高校校园网络运维中心的核心任务已从传统的“以设备为中心”转向“以体验为中心”，致力于为全校师生提供稳定、高效、便捷的网络接入服务。随着无线终端成为主流接入方式，用户上网体验受到 Wi-Fi 连接、地址分配、认证上线、终端漫游等多个环节的影响，涉及无线控制器、认证网关、Portal 服务器等多个网络节点。过去，当用户出现认证失败、无法接入或体验下降等问题时，运维人员通常需要逐一登录多个设备，手动排查用户移动轨迹与故障节点，处理流程繁琐，响应效率较低。

为提升关键用户群体（如校级领导、院士、长江学者等）的网络服务保障能力，运维团队可借助网络智能分析平台，实现对 VIP 用户网络体验的精细化监测与主动干预。该平台支持对 VIP 用户的接入状态与体验指标进行实时可视化呈现，并支持设置“VIP 用户接入异常”与“网络体验指标差”两类告警。一旦出现异常，系统将自动触发告警，辅助运维人员快速定位问题根源，实现精准响应与故障修复，从而有效保障重要用户的用网体验，提升整体服务满意度。

2.2.3 应用体验可视

校园网络内各种业务繁多，有学校的教务、智慧教学、科研等服务，有师生的互联网上网业务。在重大会议、学术会议、集体活动期间，对网络丢包时延敏感的音视频等应用与占用带宽大的实验数据备份等应用在同一网络中传输，需要针对重点应用监测网络质量，及时定位应用的质差节点，或在重要应用体验不佳时网络自证清白。

园区交换机提供应用识别能力，可以精确识别一千多种主流应用，实现对应用级别的流量统计。同时运用 iPCA 2.0(基于应用识别的随流检测技术), 实时感知真实业务的应用质量信息, 实现分钟级对应用故障定界定位。当运维人员接到重保业务报障时，可以通过应用质差分析快速定位是哪一段链路出现丢包或大时延，根据提示的修复建议快速解决问题。

2.3 大模型运维

随着校园信息化建设的深入，网络系统日趋复杂，传统的运维模式高度依赖个人经验，故障定位难、处置效率低，已成为制约数字化体验提升的关键瓶颈。大模型运维通过自然语言交互与海量数据分析，能够快速理解故障描述、关联历史事件，实现根因定位与处置建议的智能生成，从而将被动响应转为主动预警，显著提升运维效率与系统可靠性，可破解数字化体验瓶颈。

2.3.1 自然语言交互

校园网运维系统需服务于不同技术背景的师生及管理人员，传统操作界面存在使用门槛。自然语言交互通过文本指令实现故障排查、状态查询、数据问答等功能，大幅降低操作复杂度，提升运维效率与用户体验，同时减轻运维团队重复性工作负担。网络智能运维平台集成 NLP 引擎，支持语义解析与多轮对话。用户可通过自然语言提交请求，例如“查询宿舍楼网络健康情况”，系统自动识别意图，关联知识库与运维接口，生成操作结果并以通俗语言反馈，实现“零培训”式智能运维交互。

2.3.2 知识问答

在校园网运维中，知识问答模块是提升运维效率与服务质量的核心。传统模式下，故障处理依赖人工经验传递，响应慢且知识易流失。网络智能运维平台引入智能问答，将运维知识（如常见故障、经验、规范）转化为结构化知识库，通过自然语言处理技术，使师生和运维人员能以对话形式快速获取精准解决方案。这不仅能够实现故障的即时自助处理，降低一线人员压力，还通过持续学习机制不断优化知识库，推动运维体系从“被动响应”向“主动预防”与“智能自治”演进。

2.3.3 智能故障编排处置

在校园网运维中，传统人工排查故障耗时长、效率低。网络智能运维平台引入思维链推理机制，将“告警－定位－诊断－处置”串联为自动化闭环流程。系统首先对多源告警进行关联压缩，识别根因；继而基于知识图

谱与历史数据，推理出最优处置策略并自动执行。该方案将离散维运动作系统化，实现了从被动响应到主动预防的跨越，显著提升运维效率与网络可用性。例如，一线人员使用“用户排障”，系统快速响应从个体投诉到关键业务质量保障的各类需求，实现对网络与用户问题的端到端高效闭环。

2.4 无人化运维

随着校园网络无线化全覆盖的推进，智慧教学、VR/AR 沉浸式学习、4K 高清视频等新型应用日益普及，师生对无线网络的质量与连续性提出了极高要求。然而，无线环境具有高度的复杂性与动态性，信号干扰、终端流动性及参数配置等因素，使得无线网络的运维管理难度远超传统有线网络。面对层出不穷的用网体验问题，传统运维方式高度依赖人工现场排查与手动调优，不仅处理周期长、效率低下，且局部调整易引发整体网络性能波动，难以在复杂环境中实现精准、高效的体验保障。

为应对上述挑战，业界首创的“Wi-Fi 优化 Agent”应运而生，旨在将网络运维从“人工驾驶”升级为“自动驾驶”。它有三大核心能力：首先，借助位置还原算法与数百项体验指标，构建网络“高精地图”，实现环境与体验的精准感知，彻底改变传统运维“盲人摸象”的困境；其次，基于先进的决策算法，在复杂多目标条件下智能权衡并生成最优调优策略，避免单站点优化引发的次生问题；最终，它具备专家级决策与执行能力，能够自动实施优化操作，实现高达 80% 的无线故障自发现、自诊断与自修复，显著提升运维效率与用户体验。

2.5 绿色运营

大数据智能时代，网络是数据的传输者，也是数据的生产者。校园网络作为学校信息化基础设施，除了为师生提供高速、便捷的网络接入，也通过大量的设备与用户交互产生海量的数据，有效利用这些大数据，以信息化手段提高校园整体运营效率，是校园网络建设探索的创新方向。

2.5.1 网络节能

校园内 AP 数量巨大，日夜运行，是网络能耗的大头。校园网内多种场景存在无线网络接入的潮汐规律：教室 / 图书馆 / 办公室在工作日工作时间接入用户多，在夜间、周末、节假日寒暑假较为空闲；而宿舍夜间接入量大，白天较为空闲。但网络设备仍无差别的提供网络服务，存在大量的节能空间。传统的 AP 节能方式依赖定时关闭 AP PoE 供电，对于校园内不同场景需要前期充分调研用户使用习惯制定时间表，如果有突发情况需要依赖网络管理员临时修改配置，费时费力，无法兼顾节能与体验。

园区绿色节能方案，通过采集设备上报的能耗与终端信息，利用 AI 潮汐预测算法，智能识别每个场景的网络负载情况，自动推荐节能时间段与节能措施，并下发策略到设备。另外在节能时间段内动态哨兵 AP 保障少量 IoT 哑终端的接入，同时持续监测网络业务，面对突发人流场景，休眠 AP 动态秒级唤醒，做到网随人亮，人走网息。

2.5.2 楼宇节能

校园中主要能耗在于空调用电、照明用电和网络设备，对于这部分设备的节能策略当前仍以预定时间段为主，缺乏基于人员感知的实时调整能力。通信网络可以通过流量、接入人数、应用等分析终端的行为，然而终端不等于人员，网络无法感知非接入用户，不能基于网络本身的数据判断人员存在来联动楼宇节能。

园区 Wi-Fi 7 设备，利用信道状态信息（CSI）和流量信息，基于深度学习，无需终端接入网络即可精确感知人员是否存在。该方案可以通过网络设备提供的人员存在信息，联动空调采暖系统、楼宇照明、会议室大屏等，在上报无人的房间关闭空闲的耗电设备，在上报有人的房间迅速开启相关设备，实现楼宇整体节能。



03

校园自智网络关键技术

3.1 数据采集技术

3.1.1 Telemetry 技术介绍

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。

因此，本方案采用 Streaming Telemetry 技术，它是从设备上远程高速采集数据的网络监测技术。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、更精确的网络监测功能。

具体来说，Streaming Telemetry 按照 YANG（Yet Another Next Generation）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 是一种标准的数据建模语言，用于定义通过网络协议（如 NETCONF、Telemetry）传输的配置数据、状态数据、指标数据等。
- 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。
- 可以监测大量网络节点，弥补传统网络监测方式的不足。

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。

3.1.2 数据采集原理

网络智能分析平台利用设备的 Telemetry 特性采集设备、接口、队列、用户、应用等性能 Metrics 数据进行分析，主动监测、预测网络异常。设备的 Telemetry 特性利用 GRPC 协议将数据从设备推送给网络智能分析平台。

GRPC 协议介绍

GRPC 协议（Google Remote Procedure Call Protocol）是谷歌发布的一个基于 HTTP/2 传输层协议承载的高性能、通用的 RPC 开源软件框架。通信双方都基于该框架进行二次开发，从而使得通信双方聚焦在业务，无需关注由 GRPC 软件框架实现的底层通信。

GRPC 协议栈分层如下图所示：

各层的含义解释如下所示：

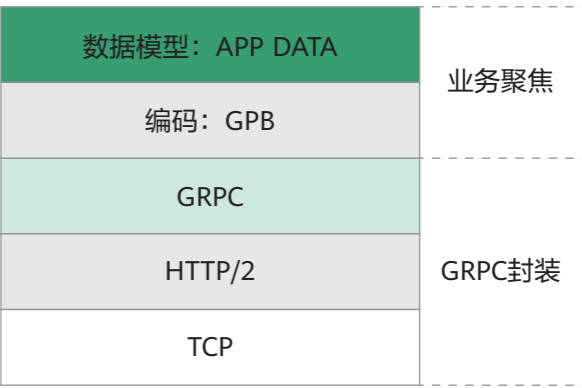
- TCP 层：底层通信协议，基于 TCP 连接。
- HTTP2 层：GRPC 承载在 HTTP2 协议上，利用了 HTTP2 的双向流、流控、头部压缩、单连接上的多路复用请求等特性。
- GRPC 层：远程过程调用，定义了远程过程调用的协议交互格式。
- GPB 编码层：GRPC 传输的数据，通过 GPB 格式进行编码。
- 数据模型层：通信双方需要了解彼此的数据模型，才能正确交互。

用户可以通过命令行配置设备的 Telemetry 采样功能，设备作为 GRPC 客户端会主动与上送目标采集器建立 GRPC 连接，并且推送数据至网络智能分析平台。

GPB 编码介绍

GRPC 协议采用 GPB（Google Protocol Buffers）编码格式承载数据。GPB 提供了一种灵活、高效、自动序列化结构数据的机制。GPB 与 XML、JSON 编码类似，也是一种编码方式，但不同的是，它是一种二进制编码，性能好，效率高。目前，GPB 包括 v2 和 v3 两个版本。

GRPC 对接时，需要通过“.proto”文件描述 GRPC 的定义、GRPC 承载的消息。GPB 通过“.proto”文件描述编码使用的字典，即数据结构描述。网络智能分析平台在编译期根据“.proto”文件自动生成代码，并基于自动生成的代码进行二次开发，对 GPB 进行编码和解码，从而实现与设备的对接及“.proto”中定义的消息格式的解析。



3.2 数字孪生技术

3.2.1 网络健康度建模

网络健康度是用于量化评估园区网络综合性能与用户体验的关键指标体系。该体系通过对网络设备及链路状态进行秒级粒度的海量数据采集，构建了一个多维度、可量化的评估框架，旨在精准反映网络的真实运行状态与用户感知质量。

1、核心评估维度

本评估体系涵盖六大核心维度，全面覆盖用户从接入网到业务使用的关键路径：

- 接入成功率：衡量用户终端与网络建立连接的成功比例，直接反映网络接入层的可用性。
- 接入耗时：记录用户从发起连接请求到成功接入网络所需的时间，是影响初始体验的关键效率指标。
- 漫游达标率：评估用户在移动过程中，于不同接入点之间无缝切换的成功率与平滑度，对于移动办公等高流动性场景至关重要。
- 信号健康度：综合分析信号强度、稳定性与干扰水平，体现无线覆盖质量的基础条件。
- 容量健康度：监测接入点负载与带宽利用率，评估网络在高并发场景下的承载能力与拥塞风险。
- 吞吐达标率：测量网络实际数据传输速率，直接关联用户上网、下载、视频会议等核心业务的应用体验。

2、数据处理与评分机制

为确保评估结果的准确性与客观性，系统采用分层递进的数据处理流程：

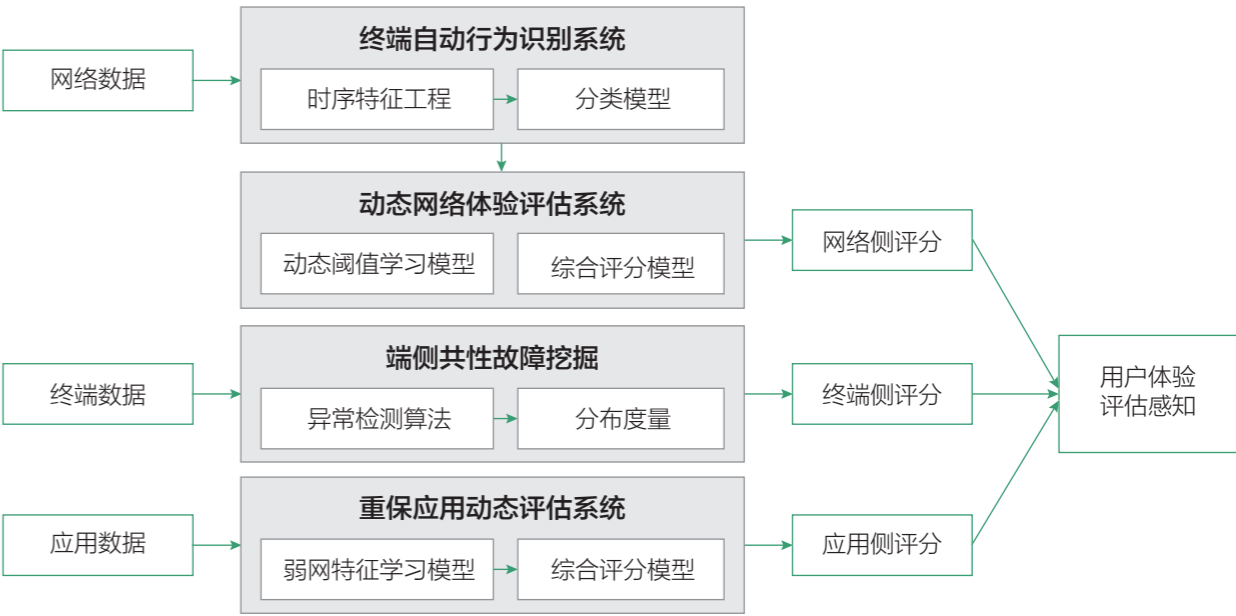
- 数据预处理与智能去噪，系统对各维度采集的原始指标数据进行建模与深度关联性分析。在此阶段，会运用智能去噪算法，自动识别并剔除因瞬时干扰、设备误报等产生的异常值与无效噪音数据，从源头上保障评估基础数据的高质量与高可信度。
- 多维度独立评分，经过净化后的数据将被输入评估计算模型。每个核心维度均设有独立的评分模型与阈值标准，基于其自身的量化目标进行计算，生成该维度的独立网络健康评分。这一设计确保了在每个关键环节上网络表现都能得到精确的评估。
- 加权聚合与综合评分，系统采用科学的加权统计算法，将六个维度的独立分数进行聚合。权重的分配严格依据各维度对整体网络体验的影响程度而定，从而输出一个全面、客观的园区网络整体健康度评分。这一最终分数不仅是对网络状态的综合诊断，更能为网络的精准优化、资源调配与战略管理提供强有力的数据支撑。

3.2.2 用户体验评估

当前，网络运维的核心已从对网络本身的监测，逐步转向以用户体验保障为中心。然而，用户侧问题表现多样，往往需要依赖运维人员的丰富经验进行尝试性解决，导致排障过程耗时较长，且高度依赖人工判断，使得用户体验难以得到有效保障。具体而言，当前体系面临以下两大痛点：

- 在用户未用网场景下，单纯基于网络指标评估体验是不准确的。比如用户快速移动但没有使用网络，虽然网络指标很差，但实际不影响用户体验。
- 传统运维体系在评估用户体验时，仅仅是使用固定公式和权重进行加权评分，无法准确反映用户的网络体验。

为解决上述场景痛点，本章提出一种用户体验评估方法：通过强化学习构建终端自动行为识别系统，利用网络侧指标建立动态网络体验评估系统，并基于终端数据挖掘端侧共性故障；同时，结合重保应用动态评估系统对应用侧体验进行量化，以实现用户端侧协同感知，构建端侧共性问题分析能力，融合端侧故障特征，从而提升网络整体体验评估的准确性。方案架构图如下：



- 终端自动行为识别系统：**包含时序特征工程和分类模型两大关键能力。通过对网络行为、网络 KPI、应用和设备类型等数据进行场景化标记，进行时序特征提取，识别出手机特征、PC 特征，再结合分类模型判断是否为终端自动行为，实现终端网络数据的智能去噪。
- 动态网络体验评估系统：**包含动态阈值学习模型和综合评分模型两大关键能力。通过对终端网络体验的原始样本进行数据采集，结合特征阈值分析，识别关键网络特征指标对体验影响的重要性，基于逻辑回归算法动态计算求得不同特征的指标权重，再结合接入类、网络类不同评分进行综合打分，实现动态网络体验评估。建议参考网络侧指标如下：

分类	业务指标	原始指标
接入	漫游评分	漫游后信号强度 (dBm)
	接入耗时 (ms)	关联耗时 (ms)
		认证耗时 (ms)
		DHCP 耗时 (ms)
	会话持续时长	持续时长
性能	接入失败率（%）	接入失败次数
		接入总次数
	空口时延（ms）	空口时延
	信号强度 (dBm)	信号强度
	异常次数	弱信号次数
		高时延次数
		高丢包次数
	丢包评分	丢包率
		丢帧数
	速率评分	协商速率（Mbps）
		流量 / 协商速率
	双频能力	双频能力
	省电模式（%）	省电模式

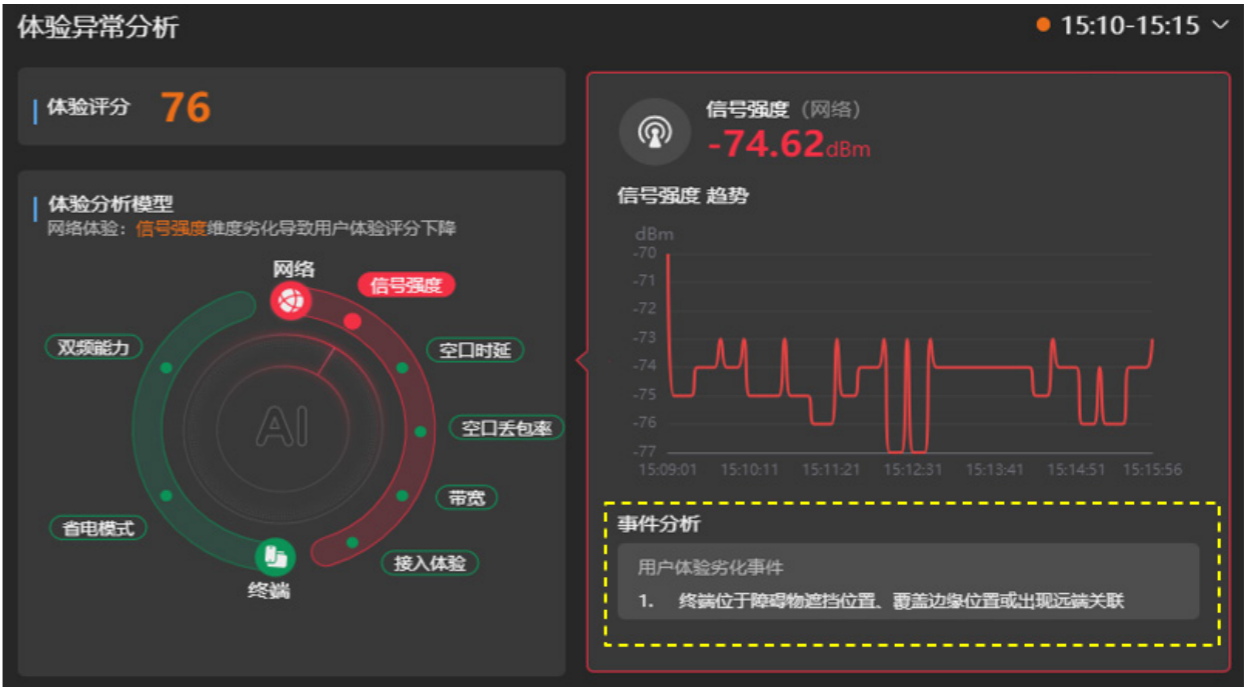
- 端侧共性故障挖掘：**包含异常检测算法和分布度量两大关键能力。通过对端侧常见的四类问题（网卡类、配置类、系统类、其他类）进行分析，采用无监督方式，基于异常检测算法（常见如 3σ 检测、孤立森林）以及分布度量方法，识别出异常行为的 AP，并总结端侧群障的共性特征，实现终端侧故障的大类推测。

常见终端侧问题分类如下：

问题分类	主要问题
网卡类	驱动问题、终端老旧、终端节能特征、终端灵敏度、终端性能、硬件故障等
配置类	证书配置问题、静态与网段 IP 配置、虚拟网卡、设置冲突、代理配置错误、host 文件配置等
系统类	系统版本过低、系统独有机制、兼容性等
其他类	定界为网络正常，个别终端自身状态与资源占用等原因体验变差

- 重保应用动态评估系统：**包括弱网特征学习模型和综合评分两大关键能力。基于音频、视频流量特征识别学习，构建精准应用体验评估模型，并结合访问、交互、视听、卡顿等多个维度，对终端应用体验进行综合量化评分。

基于上述体验评估技术，在线用户体验评估模型依托终端、网络与应用三个维度构建，能够精准评估用户的实际体验，直观呈现其体验状态，主动预警异常情况，从而实现对用户体验的主动保障。



建议体验评分标准（百分制）：

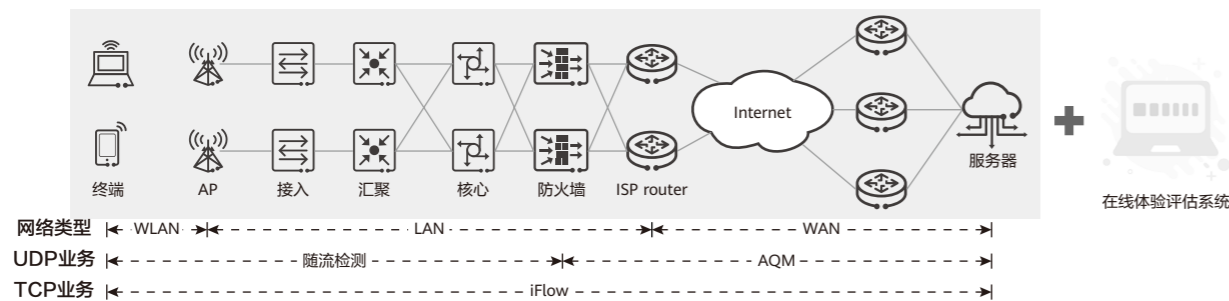
评分分段	体验质量
40~60	体验较差
60~80	体验良好
>80	体验优秀

3.2.3 应用随流检测

随着企业信息化发展，应用种类日益增多，如何保障园区网络中各类应用的高质量通信，已成为运维人员必须面对的问题。此类问题用户主动报障比例较低，导致大量隐患难以被管理员发现。因此，提升应用体验是改善用户网络满意度的关键。当前，网络运维人员在应用体验的运维过程中主要面临以下困难：

- 网络运维人员无法感知应用体验，只能被动响应投诉，难以实现主动运维
- 当用户反馈应用体验差时，问题往往出在应用系统本身，而网络却常被归咎，如何自证清白成为运维难点。
- 部分体验类问题确实源于网络，但很多故障（如音视频短暂卡顿）难以复现，导致无法准确定界，最终不了了之。问题隔月重现，持续影响用户对网络的使用满意度。

为解决应用体验问题，可在园区网络引入应用随流检测技术，对各类应用的高品质业务体验进行监测与保障。结合在线应用体验评估系统，针对 UDP 业务，通过在园区部署随流检测，并配合广域部分部署 AQM（Application Quality Measurement），实现端到端质量监测；针对 TCP 业务，在 AP、接入交换机及核心交换机部署 iFlow（Intelligent Flow）监测点，实现无线接入段、AP 至接入交换段、接入交换至核心交换段，以及核心交换至服务器段的全域故障定界。基于网络侧定界定位数据，结合在线应用体验评估系统，可主动运维、精准感知应用体验，从而提升网络满意度。



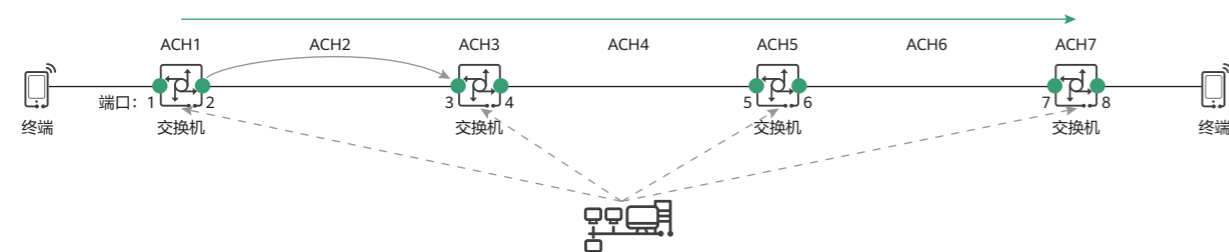
方案关键技术介绍如下：

- iPCA2.0 网络包守恒算法（Packet Conservation Algorithm for Internet）是一种 IP 网络性能统计技术，它通过直接对业务报文进行标记的方法，实现对网络和设备的丢包情况进行统计。此外，iPCA2.0 还支持对终端到 AP 之间的空口上行报文的网络质量的监测，帮助定位空口侧的问题。通过 iPCA2.0 随流故障定界技术，结合数字地图能力，针对园区内音视频类办公应用做故障检测，实现园区 LAN 侧应用问题故障定界及自证清白。

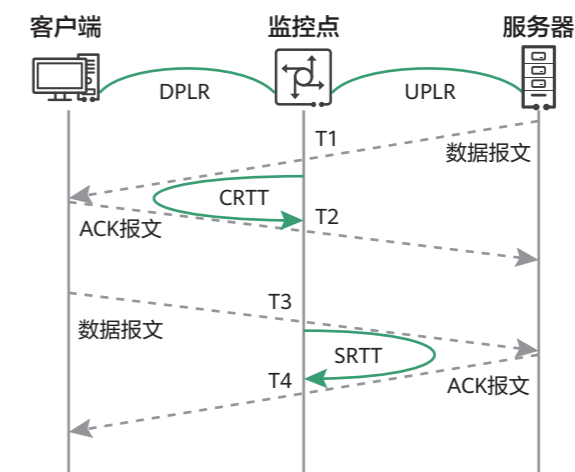
① **染色位标记，识别流量的检测周期：**使用 Flags 0bit 作为时延和丢包染色位，不会与其它业务产生冲突。

② **丢包检测：**通过对染色位周期性地标识与复位，划分不同的测量区间。在每个测量区中，上一跳与下一跳统计到的报文数之差，即为丢包数。如下图所示，同一段时间内，图中的“2”口统计到出去的 IP 报文数为 1000 个，“3”口统计到的进入的报文数为 900 个，则经过计算可以确定在“ACH2”这条链路上发生了丢包，且丢包率达到了 10%，根据此分析结果，运维人员对“ACH2”进行维修即可。

③ **时延检测：**通过对染色位标记时间戳，即可得到时间戳之差为时延。



- AQM（Application network Quality Measurement）是一种模拟应用流的特征进行发包的主动测量技术。AQM 能够基于路径发现技术还原流量路径，通过模拟实际应用流的报文大小、发包频率等特征进行发包，并结合流量路径和探测结果实现故障定界定位，能够大幅度提升测量精度。AQM 还能够将网络拓扑、检测指标、故障位置等关键信息上报分析平台，在提升用户可视化体验以及提升运维效率的同时，帮助构建智能运维系统。
- iFlow（Intelligent Flow）即智能流分析，是一种基于传输层实现的、同时支持长短流业务质量的检测技术，可以扩展关键应用的全生命周期监测能力，为应用网络提供一站式、可视化的全流质差分析服务。在园区网络中部署 iFlow 后，可以端到端完善网络中各类应用的高品质业务体验。基于 iFlow 技术可以对用户访问应用的三个阶段（域名解析、TCP 建链、资源请求访问）进行全旅程监测与回放，同时结合数字地图能力，还原用户访问应用全路径，标识故障位置，进行空口侧、LAN 侧、WAN 侧多段故障定界。



指标名称	指标含义
UPLR	统计周期内监测点上游的平均丢包率。
DPLR	统计周期内监测点下游的平均丢包率。
SRTT	统计周期内监测点上游的平均双向时延。
CRTT	统计周期内监测点下游的平均双向时延。

- 在线体验评估系统：基于应用流量特征识别，结合访问、交互、视听、卡顿等多维指标，对每次会议中每个终端的会话体验进行精准评估，通过应用“主动”上报，判断网络体验是否发生劣化。

建议参考维度指标如下：

维度指标	指标含义
访问指标	度量用户访问应用的等待时长。
交互指标	度量应用终端访问应用流的传送时延。
视听指标	度量用户在使用应用过程中的视觉和听觉体验。
卡顿指标	度量用户在使用应用过程是否出现声音跳字、视频画面不连贯等异常情况。

3.3 大模型技术

3.3.1 大模型工具调用技术

大模型具备强大的自然语言理解与对话生成能力，但其原生的生成机制无法获取或反映运维系统的实时状态。因此，仅依赖大模型本身难以准确回答涉及网络状态、设备性能、故障告警等动态信息的查询。为实现真正可用的自然语言交互式运维，需结合大模型的工具调用（Tool Calling）能力，将用户的自然语言请求转化为对运维工具或 API 的精准调用，从而获取实时数据，并在此基础上生成准确的响应。基于大模型构建智能化对话式运维系统，核心需解决以下四个关键环节：用户意图理解、工具选择、工具参数提取和应答生成。

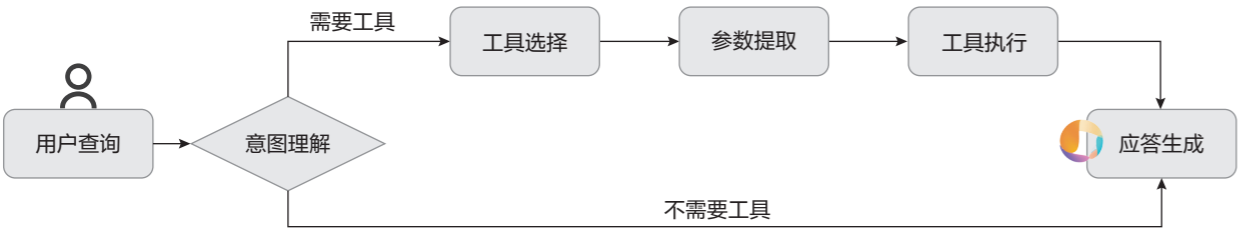
用户意图理解：是对话式运维的起点，其核心任务是准确识别用户请求是否涉及对运维系统状态的查询、操作或故障排查。对于此类请求，系统必须触发工具调用流程，以获取实时数据或执行相应动作。其次，在多

轮对话场景中，用户意图往往具有上下文依赖性和动态演化性。系统需结合对话历史，持续跟踪和更新对话状态，准确识别指代消解、意图延续或切换，避免因上下文缺失导致误判。

工具选择：在确认需调用工具后，系统需从庞大的运维工具集中高效筛选出最相关的候选工具。具体包括两个关键目标：1）缩小候选范围：通过预定义的工具元信息（如功能描述、适用场景等）进行初步过滤，减少送入大模型上下文的工具数量，提升推理效率与准确性；2）准确选择所需的工具：根据候选工具和用户需求，选择有效相关的工具。

工具参数提取：用户表达的意图常存在不同程度的模糊性，需借助大语言模型与辅助技术，将模糊自然语言映射为工具所需的结构化参数。1）指标表达模糊：如用户说“查一下流量”，实际在系统中可能对应“上行流量”“下行流量”“总吞吐量”等多个精确枚举指标；2）命名实体模糊：用户可能使用简称、别名或口语化表达，如“老图书馆 AP”“东区核心”等，需映射到系统中的标准设备名称或区域编码；3）时间表达模糊：如“最近”“刚刚”“早上”等相对时间表述，需结合当前系统时间转换为精确的时间窗口（如“过去 5 分钟”“08:00~09:00”）。针对上述问题，可通过系统实体标准化匹配、时间表达解析器、同义词映射表等关键技术实现自动化对齐，提升参数提取的鲁棒性与准确性。

应答生成：完成工具调用与参数填充后，系统将工具返回的结构化结果（如设备状态、性能指标、告警日志）注入大模型的提示（Prompt）中。此时，大模型在掌握实时运维状态的基础上，结合其强大的语言生成能力，可生成自然、准确且具备上下文连贯性的回答。



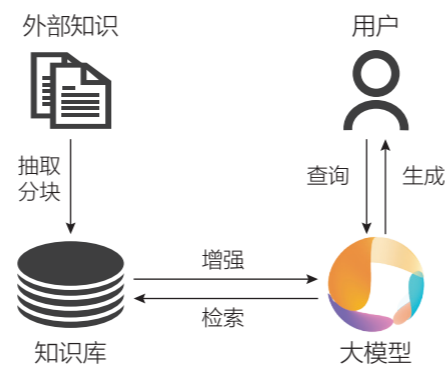
3.3.2 增强型知识问答技术

为使大模型的回答更贴合校园网实际运维规范与用户习惯，系统支持导入各类知识资产，包括 FAQ 文档、运维手册、故障处理指南等。通过检索增强生成（Retrieval-Augmented Generation, RAG）技术，模型在生成回答前，可动态检索与用户当前问题最相关的内部知识片段，并将其作为上下文注入提示（Prompt），从而输出准确和符合用户语境的应答。该能力的实现依赖以下关键技术环节：

多格式文档智能抽取：支持 Word、PDF、Markdown、JSON、HTML 等常见文件的自动化解析，提取文本、表格、列表等结构化或半结构化内容，保留原始语义与层级关系；

语义感知的知识分块：采用基于段落语义边界或主题连贯性的分块策略，确保每个知识块具备完整上下文，提升后续检索的相关性；

混合检索机制：结合向量语义检索（捕捉语义相似性）与关键词/布尔检索（保障术语精确匹配），并通过重排序（Re-ranking）模型对初检结果进行相关性精排，最后引入置信度过滤机制，剔除低相关度片段，确保仅高价值知识参与生成。



3.3.3 思维链编排技术

在日常运维中，运维团队积累了大量宝贵的排障经验。然而，这些经验大多以非结构化的文本形式存在，实际排障仍高度依赖人工操作：运维人员需在多个系统界面之间反复切换，手动查询数据、比对状态、逐步推理，过程繁琐且易出错。

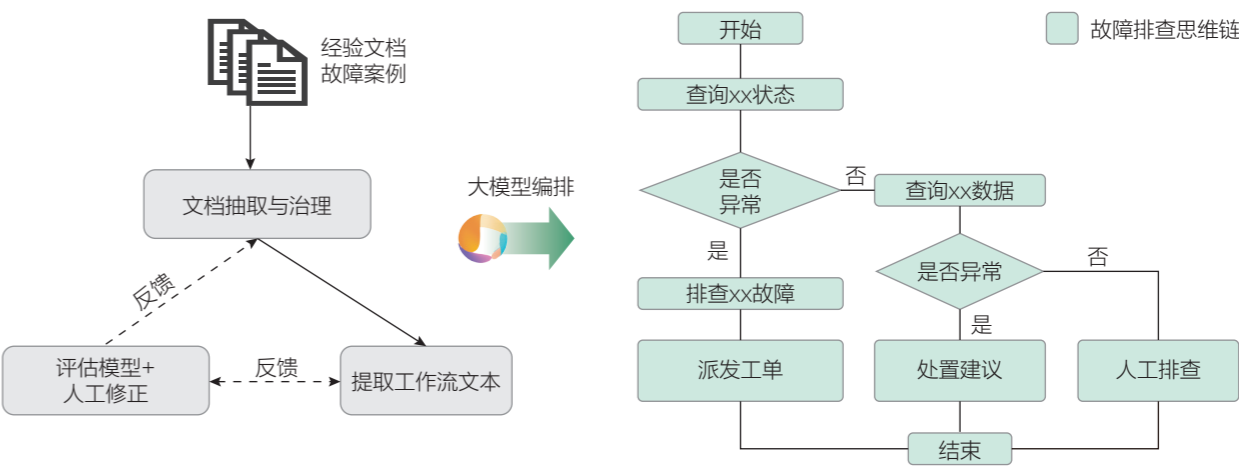
在前述工具调用能力的基础上，可进一步将这些沉淀的排障经验转化为可自动化执行的故障排查思维链。这里的思维链，指的是融合了诊断逻辑、工具调用顺序、条件判断与决策分支的结构化排障流程。一旦构建完成，面对同类故障，系统即可自动匹配并执行对应的思维链，依次调用相关工具、分析返回结果、动态推进排查步骤，最终输出根因定位与处置建议，显著提升运维效率与一致性。

当前大模型虽具备一定的任务规划能力，但其原生生成的推理路径往往存在两个关键问题：一是与实际可用的运维工具不匹配（如调用不存在的 API），二是偏离一线运维人员的真实排障逻辑。因此，思维链编排技术的核心目标，是引导大模型在生成规划时，深度对齐运维团队已有经验和运维系统的能力约束。

文档抽取与治理：系统性收集运维团队多年积累的排障经验，包括产品手册、故障案例、应急预案、最佳实践等文档资源，通过实体识别、关系抽取、语义聚类等技术手段，构建结构化的排障知识库，为后续工作流提取提供高质量的知识源。

工作流提取与思维链编排：基于运维团队特定的知识库和运维系统的能力约束，运用大模型从中提取可执行的故障排查工作流。进一步结合大模型的规划能力和工具调用能力，将其转换为标准化的、可自动执行的故障排查思维链，确保生成的流程既符合专家经验，又适配现有工具体系。

模型辅助的人工校正：结合思维链执行的实际效果，以运维专家为核心对故障排查思维链的合理性和有效性进行专业评估，确保工作流描述符合实际运维需求。同时辅以大模型的自动化评估能力，形成人机协同的校正机制，在保障准确性的前提下显著提高校正效率，并通过反馈闭环持续优化大模型的编排质量。



3.3.4 准确率提升技术

在校园网智能运维系统中，大模型的价值不仅体现在“能对话”，更关键的是“答得准、做得对”。工具调用的准确率直接决定了系统能否真正提高数据查询、故障诊断的运维效率。为此，需从工具设计、模型优化、数据闭环三个维度协同发力，构建一个高准确率、可持续进化的智能运维体系。

工具友好治理：工具调用的准确性，首先依赖于工具本身的“大模型友好性”。所谓“友好”，并非仅指接口规范，而是指工具的设计需充分考虑大语言模型的理解与推理特点。具体而言，一个大模型友好的运维工具应具备以下特征：1）功能边界清晰：明确说明工具的核心功能、最佳适用场景、使用前提条件及不适用情形；2）参数语义透明：每个参数需配有清晰的自然语言描述，说明其取值范围、典型示例及对执行逻辑的影响；同时，应尽量减少参数间的强耦合或隐式依赖，降低模型推理复杂度；3）返回结构可预期：定义标准化的返回格式与关键字段，并说明在不同执行结果（成功 / 失败 / 部分成功）下的信息内容，使大模型能够提前判断返回数据是否足以支撑最终回答，必要时触发补充调用或用户澄清。

后训练优化：通用大模型虽具备强大泛化能力，但在校园网运维这一高度专业化场景中，仍需通过后训练（Post-training）进行领域适配。当前主流技术路径包括：1）监督微调（SFT）：基于高质量的人工标注数据（如真实用户查询 - 工具调用对），对模型进行指令微调。该方法实现简单、训练高效，能快速提升模型在典型场景下的准确率，但需警惕数据覆盖不足导致的过拟合；2）强化学习（RL）：通过与运维环境交互（如模拟调用、人工反馈或系统执行结果），构建奖励信号，引导模型优化工具选择与参数生成策略。该方法泛化能力更强，尤其适用于长尾、复杂或多步骤任务，但对反馈机制设计与算力资源要求较高。

数据飞轮迭代优化：智能运维系统的能力边界并非静态，而是随着用户需求演进、工具能力扩展和运维场景深化而动态增长。为此，需构建一个闭环的数据飞轮机制：1）通过日志埋点、用户显式反馈（如“回答是否有用”）及隐式行为（如追问、放弃等）自动收集高质量训练样本；2）结合运维专家复核机制，对模糊、错误或高风险调用进行标注与归因；3）定期将新数据注入微调或强化学习流程，实现模型能力的滚动更新。

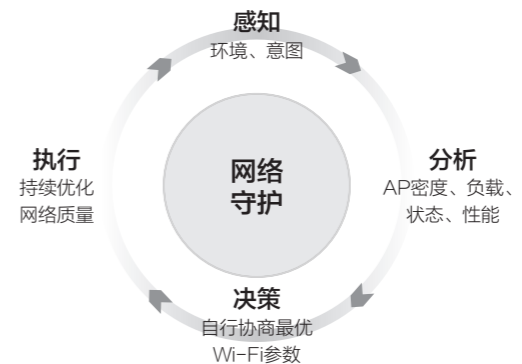
3.4 AI Agent 技术

在数字化转型浪潮席卷各行各业的今天，园区网络作为支撑各类业务的关键基础设施，其复杂性与时俱增，与运维效率及用户体验保障之间的矛盾日益凸显。传统“被动响应式”的运维模式不仅耗费大量人力资源，更难以满足现代业务对网络高可靠性与高质量体验的严苛要求。面对覆盖盲区、同频干扰、容量受限、漫游中断等典型场景问题，本章节所阐述的 Wi-Fi 优化 Agent 应运而生，旨在从根本上解决上述核心矛盾。

Wi-Fi 优化 Agent 的设计理念围绕“自智运维”展开，推动网络运维实现从“人力驱动”向“智能驱动”的范式变革。具体而言，其能力体现在三大方面：在“隐患预防”方面，通过对信号质量、干扰水平、负载趋势等亚健康状态的精准预测与先置干预，将潜在故障消弭于萌芽状态，显著降低业务中断风险；在“自主智优”方面，基于对网络环境的实时感知，系统能够主动、动态地实施覆盖、干扰、负载等多维度的精细化调优，实现网络资源与业务需求的高效匹配，保障极致的用户体验；在“智感自愈”方面，Agent 可在用户感知故障前精准定位根因，并自动执行恢复流程，实现从“分钟级”到“秒级”乃至“零中断”的故障自愈，大幅增强网络的韧性与可靠性。

Wi-Fi 优化 Agent 的实现流程遵循“自感知、自分析、自决策、自执行”的闭环机制。在“感知”阶段，依托数字地图自还原与数字孪生等技术，高效采集基础设施及其运行环境的关键数据，并构建精准的网络模型，为智能决策奠定高保真的环境认知基础；在“分析”阶段，系统具备在射频、信道、功率、负载均衡等多维度

的敏捷分析能力，支撑实时状态下的动态资源优化与配置全局最优；在“决策”阶段，系统能够自主协商并确定最优的 Wi-Fi 网络参数；在“执行”阶段，则通过高效的故障隔离与恢复机制，结合优雅隔离、快速复位等智能手段，在分钟级内完成业务恢复，最大程度保障业务连续性。

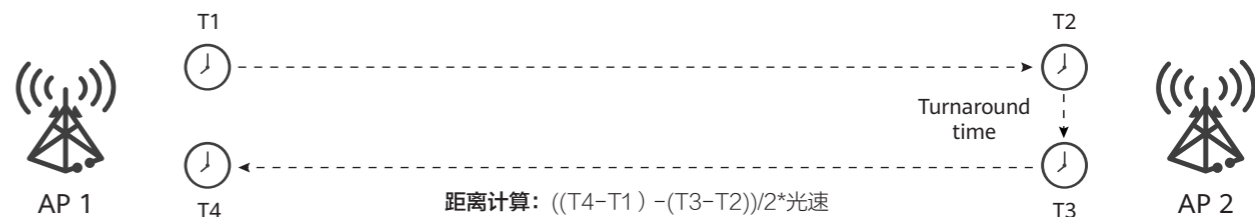


3.4.1 环境感知技术

在 Wi-Fi 优化 Agent 的自主运维体系中，实时、全面且高保真的环境感知能力是实现其自智化功能的基石。为达成这一目标，系统深度融合数字地图自还原与数字孪生等关键技术，对网络基础设施及其运行环境进行系统性数字化映射。该过程致力于高效采集包括性能指标、实时状态数据、AP 间邻居探测信息及动态负载信息在内的多维度关键数据，并以此为基础进行精准建模与仿真，从而将一个抽象、不可见的无线射频环境，转化为一个可被精准认知、分析、预测与操控的数字实体。

这一感知能力的构建，核心在于将物理世界还原为精准的数字地图。数字地图自还原作为该过程的起点，主要通过以下两种自动化方式实现：

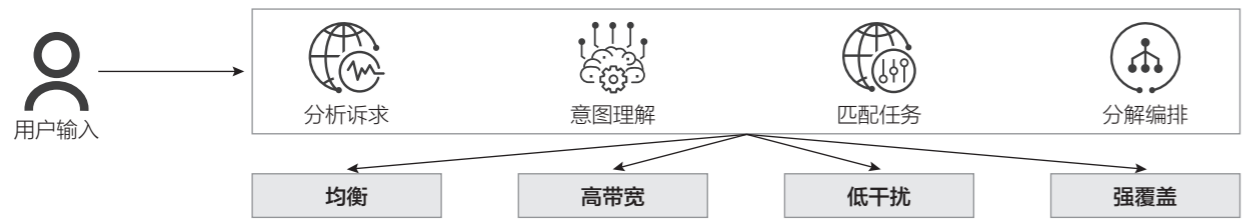
- 基于网络规划文件的数字化导入。**系统支持直接导入由专业无线规划工具生成的网络规划文件。通过自动解析文件中的空间布局、建筑结构以及预设 AP 点位等信息，系统能够无损地完成规划地图数据的数字化输出，并精准建立每个无线接入点的逻辑标识与其在数字地图上空间位置的唯一关联。此方式不仅高效复用了前期的规划设计成果，为零人工干预的快速部署奠定了基础，更确保了 Wi-Fi 优化 Agent 的决策分析与初始设计意图一致，为后续的覆盖模拟、容量规划与干扰分析提供了权威的基准。
- 基于 FTM 的高精度拓扑发现。**在缺乏精确规划文件或实际部署发生变动的场景下，系统启用另一种还原方式——利用精细定时测量技术进行 AP 间的高精度定位。通过测量 AP 之间的无线信号传输时间，系统能够精准计算出它们之间的相对距离与位置，从而自动确定整网的拓扑连接关系，并生成一幅反映真实物理部署的相对精确 AP 点位图。这一技术对于海量 AP 部署的园区、商场等大型场景至关重要，它使得网络在部署完成后能够实现拓扑关系的“自发现”与“自校准”，无需人工勘查即可在分钟级内构建出完整的动态拓扑结构，极大地提升了大规模网络部署与初期优化的效率和准确性。



3.4.2 意图驱动决策技术

Wi-Fi 优化 Agent 的智能决策核心，在于构建了一个多维度协同的先进决策引擎，该引擎通过三大核心机制的深度融合，自主达成最优网络意图模式的选择。首先，它致力于实现多目标串扰最小化，即在干扰、覆盖、带宽、漫游这些相互关联且时常冲突的性能指标之间进行精密权衡；系统通过内置模型深刻理解其内在耦合关系（例如提升功率可改善覆盖但可能加剧干扰，增大带宽可能影响漫游稳定性），从而规避单一优化引发的负面效应，寻求整体性能最佳的全局平衡点。其次，引擎采用多算法融合均衡化策略，其决策并非依赖单一算法，而是综合考量干扰影响度评估算法、终端反馈功率优化算法、疏密自识别算法及终端 AI 漫游基线训练等多种智能算法的输出，形成一个更为精准与全面的综合判断。最后，系统引入用户意图驱动的个性化机制，允许运维人员根据实际业务场景（如设置“覆盖优先”或“带宽优先”），将高层业务需求转化为明确的策略导向。这三者协同作用——在多目标间求平衡、在多算法中取最优、在用户意图下定方向——共同驱动 Wi-Fi 优化 Agent 智能地判断当前环境与业务的最佳匹配点，从而自主、精准地选择并启用最适配的网络意图模式，最终实现网络资源配置与业务体验需求的动态最优匹配。

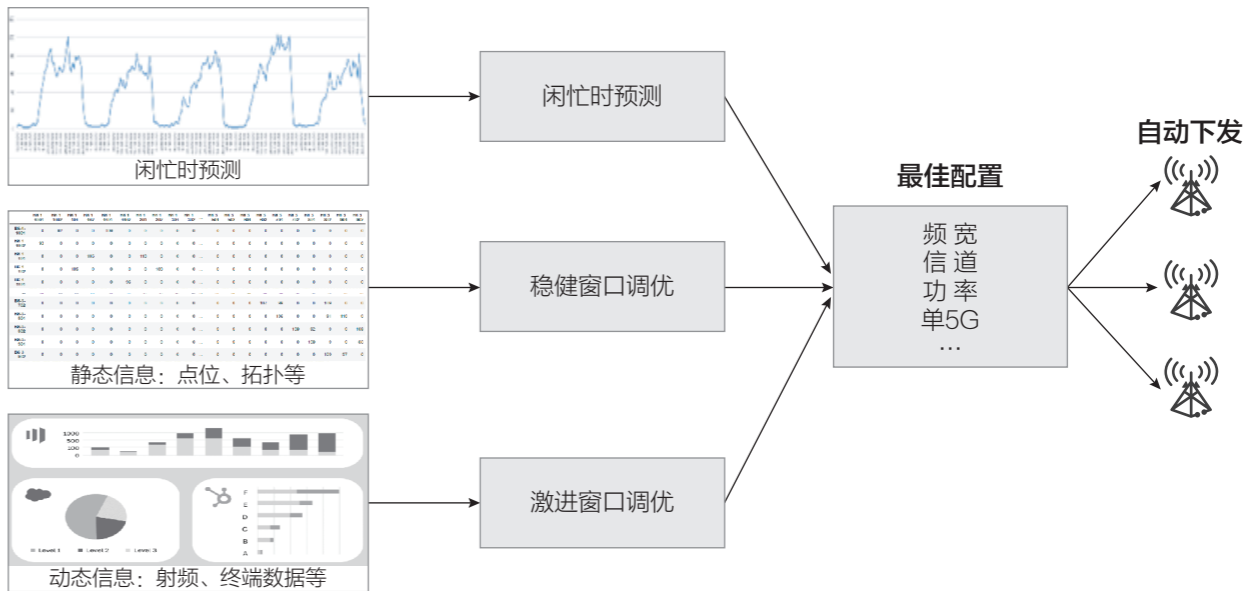
- 均衡模式：**此为系统的默认智能模式。在此模式下，系统对带宽、干扰、覆盖等目标给予同等重要的关注，通过协同决策寻求全局最优的调整方案。它适用于大多数通用场景，能够在保障基本用户体验的前提下，维持网络整体的稳定与健康，是实现“免运维”的理想选择。
- 高带宽模式：**当用户进行高清视频会议、大型文件传输或虚拟现实应用时，可启用此模式。系统将优化重心向带宽最大化倾斜，自动协商并启用尽可能大的射频信道频宽，同时调整关联参数以确保高吞吐量业务的流畅性，为用户提供极致的速度体验。
- 低干扰模式：**在 AP 部署密集、信道复杂的园区或办公环境中，干扰是主要性能瓶颈。启动低干扰模式后，系统将优先考虑信道的纯净度，动用干扰评估算法，主动规避同频 / 邻频干扰，协商并切换到最优的信道配置，显著降低数据传输的误码率与延迟，提升网络稳定性。
- 强覆盖模式：**针对会议室、礼堂等需要广泛信号覆盖或解决边缘区域信号弱问题的场景，强覆盖模式是最佳选择。系统将侧重于信号的扩展与增强，通过功率优化算法，协商并实施最优的发射功率配置，尽力消除信号盲区，确保在广阔空间内提供连续、稳定的网络连接。



3.4.3 自适应执行技术

在智能网络优化系统中，通过调用预集成的自动化工具、多样化 API 接口或直接向设备下发控制指令，系统能够高效驱动底层基础设施执行预设的优化操作流程，并实现对执行全过程的实时监测与反馈。这一机制不仅大幅提升了运维响应的及时性，也为精细化调整无线网络性能奠定了技术基础。在制定针对 Wi-Fi 网络问题的优化策略时，策略的下发时机尤为关键。由于部分关键参数调整——例如信道切换或功率调节——可能导致连接终端暂时性断连，进而影响用户业务体验，传统无线资源管理（RRM）方案通常选择在固定周期执行优化操作，例如在每日凌晨等网络接入人数较少的时段进行集中调优，以规避业务高峰期的潜在风险。

然而，在迈向无人化智能运维的新阶段，为了确保优化策略能够快速生效并持续适应动态变化的网络环境，系统引入了“灵动窗”机制，以实现适时、全自动的策略执行。该机制支持多模式窗口策略：包括“激进窗口”与“稳健窗口”。激进窗口可实现实时或近实时下发，最大限度提升优化效率；而稳健窗口则专门用于处理可能引起终端断连的敏感参数变更，系统通过闲忙时预测，判断网络处于空闲或无人使用状态时自动触发。通过这种双模式协同的智能调度方式，既保障了关键业务不受干扰，也大幅加快了整体优化闭环的响应速度，真正实现了 Wi-Fi 网络在无人值守条件下的精准、及时与自动化运维。



3.4.4 反思优化技术

在 Wi-Fi 优化 Agent 的设计中，反思优化机制构成了系统持续进化的核心闭环。该机制在执行每一项优化任务后，自动对任务结果、执行效率及所采用策略进行多维度评估与分析。通过总结成功经验、归纳失败原因，系统能够动态调整后续策略、优化内部模型参数并实时更新知识库，从而形成从“执行 - 反思 - 学习”的完整迭代循环，不断提升网络优化的精准度与自适应能力。

以 Wi-Fi 网络为例，Wi-Fi 网络环境具有高度复杂性。信号在空间中经历折射、反射与多径效应，导致覆盖质量动态变化；传统依赖人工经验的方式难以寻得全局最优解。以覆盖问题优化为例：为改善弱覆盖区域，通常需要增大 AP 的发射功率；但功率过高又会加剧相邻 AP 之间的同频干扰，反而可能降低整体网络性能。因此，如何在解决现有问题的同时避免引入新问题，成为 Wi-Fi 参数优化的关键挑战。

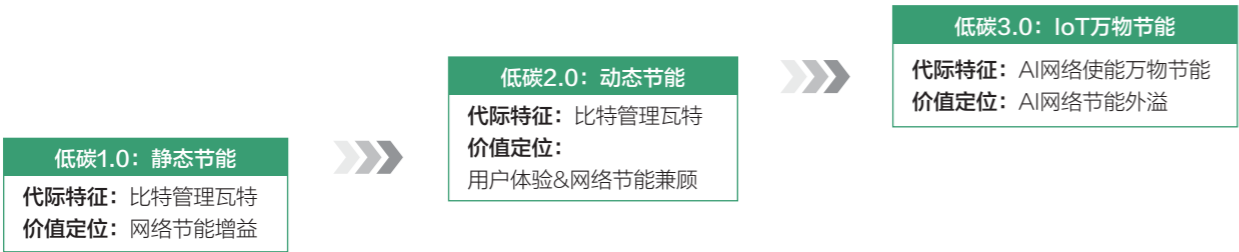
为解决上述难题，我们引入了 Wi-Fi 参数反思迭代算法。该算法以协同优化为核心理念，专门针对参数间的“跷跷板”效应设计。在处理覆盖、干扰、漫游等典型场景时，系统通过强化学习算法在每次优化过程中，

会持续反思历史操作的实际效果，系统评估参数调整的协同影响，并充分借鉴历史总结出的最佳实践，从而在多次迭代中逐步逼近更优的全局策略。通过这种基于经验积累与持续反思的机制，系统能够有效打破传统优化中“顾此失彼”的困境，实现 Wi-Fi 网络性能的稳步提升与长期稳定。

为实现长期、稳定的优化能力，系统还配备了记忆模块。该模块提供持久化的知识存储与经验积累能力，具体存储内容包括网络历史运行数据、事件处理记录、配置基线版本、已验证的最佳实践等。这些结构化沉淀的经验知识，为智能体在执行环境感知、策略规划、实时决策与参数优化等各个环节提供了可靠的历史依据与知识支撑，使得系统能够基于长期运行数据不断精化其决策模型，真正形成具备自我演进能力的自治网络。

3.5 绿色节能技术

随着园区网络覆盖范围的持续扩大，Wi-Fi 设备数量也相应快速增长，网络设备的电力消耗负担日益加重。然而,从时域和空域维度观察,大量 Wi-Fi 设备实际处于轻载甚至空载状态,存在显著的能效优化空间。与此同时,气候变化已成为全球面临的重大挑战之一。园区作为社会经济活动密集、能源消耗集中的典型场景，亟需推进绿色节能方案的部署与应用。作为园区智能化的重要基础设施，无线局域网（WLAN）也迫切需要引入绿色节能机制。园区绿色节能的发展路径，正逐步从聚焦网络设备自身节能，演进为赋能万物互联场景下的系统性能。其代际演进关系如下：

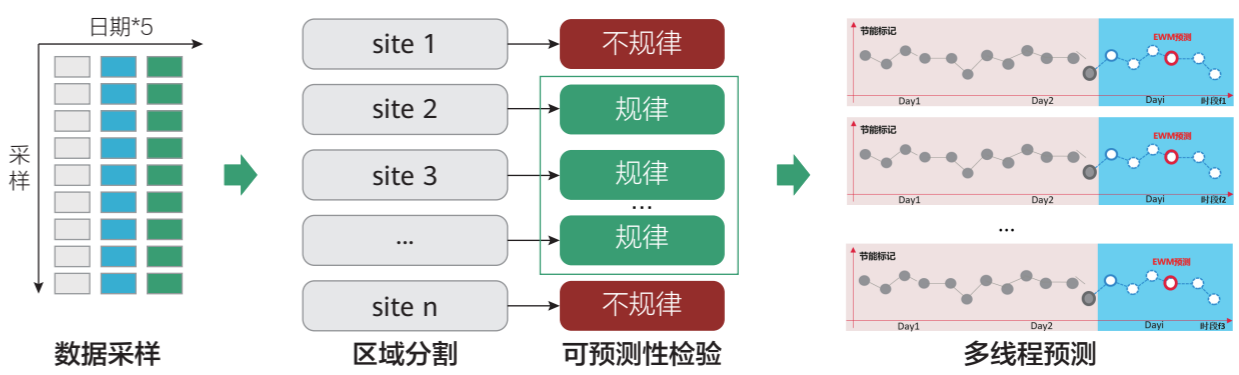


3.5.1 潮汐预测技术

在典型的园区场景中，如高校教室、学生宿舍、企业办公楼等，Wi-Fi 网络设备大多处于 7×24 小时不间断运行状态。即使在无人使用网络的时间段，相关设备仍持续供电并维持工作状态，这一方面造成了大量能源浪费，另一方面也意味着园区网络具备显著的节能优化潜力。

然而，不同功能区域的实际使用时段存在明显差异，统一的节能策略难以适用。为此，我们引入基于大数据分析的人工智能的智能时段识别方法，通过对历史网络流量、接入终端数量等关键指标进行周期性分析，精准识别不同场景下的网络使用“潮汐规律”。系统能够据此为每个区域推荐出合理的网络级节能时间窗口，从而实现分区域、分时段的精细化节能策略部署。

算法机制说明: 本方法以历史网络数据为基础,包括但不限于网络流量、接入终端数量、活跃会话时长等维度。通过AI时序分析算法,系统自动识别具有明显周期性使用特征的网络区域,从中提取出规律性的“潮汐”行为模式,例如每日低峰时段、每周间歇期等。基于所识别出的规律,系统进一步生成适配于具体区域的“网络级节能时间窗”建议,即在该时间窗口内,可在保障基本网络服务的前提下,对指定设备执行节能操作,从而实现有效的能源节约。



3.5.2 动态节能技术

在许多无线办公场景中，网络即使在夜间低负载时段仍承载少量业务流量。为实现在节能减排的同时保障用户体验不下降，我们推出了基于硬件休眠模式的节能方案。该方案依托芯片级变频节能与按需唤醒机制，真正实现“网随人亮”的智能化节能目标。

1、核心技术原理：芯片级变频与按需唤醒

本方案的核心在于利用智能硬件的可编程休眠能力，通过对接入点（AP）工作状态的精准调控，实现动态节能。具体包括：

- 芯片级变频节能：通过芯片内置的电源管理单元，根据实时业务负载动态调整 AP 的工作频率与电压，在低负载时段自动切入低功耗状态，显著降低单设备能耗。
- 按需唤醒机制：在保障基本覆盖与业务感知能力的前提下，使大部分 AP 在无业务需求时段进入深度休眠状态，仅在检测到接入需求时由系统触发快速唤醒，实现能耗与性能的最佳平衡。

2、关键实现机制：哨兵 AP 选举与职责分工

实现该技术的首要环节是构建以“哨兵 AP”为核心的监测与执行体系。其设计与运作机制如下：

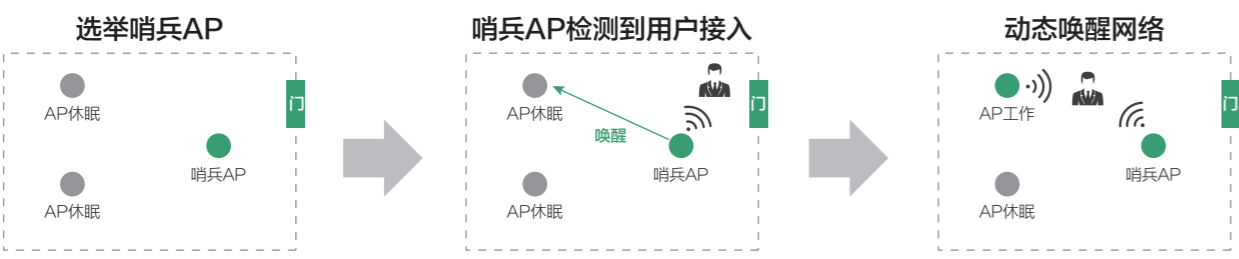
- 哨兵 AP 选举：系统首先依据 AP 间的邻居感知与信号覆盖特征，将物理空间划分为多个逻辑管理区域。随后，基于图论压缩算法，在每个区域内计算并选举出最优的哨兵 AP 与节能 AP 组合。该算法综合考虑节点位置、负载能力与链路稳定性，确保区域划分与角色分配的合理性。
- 职责分工：
 - 哨兵 AP：作为区域内的常驻管理节点，哨兵 AP 全程保持活跃状态，不进入休眠。其核心职责包括：持续为区域内终端提供 Wi-Fi 接入服务，以及实时监测网络容量与业务流量的变化。
 - 节能 AP：在预设的节能时段（如夜间），根据系统策略自动进入低功耗休眠状态，从而大幅降低系统总能耗。

3、智能运维策略：动态感知与精准唤醒

为应对突发业务，系统具备智能化的动态唤醒能力，确保网络性能：

- 业务监测：哨兵 AP 对分片区域进行 7x24 小时不间断的业务感知与容量监测。
- 阈值触发：当监测指标（如用户接入请求激增、网络吞吐量或并发连接数）超过预设阈值时，哨兵 AP 即判定当前网络容量趋于饱和，需扩容覆盖。

- 精准唤醒：哨兵 AP 随即向处于休眠状态的节能 AP 发送唤醒指令。被唤醒的节能 AP 将迅速恢复完整的 Wi-Fi 覆盖与数据处理能力，与哨兵 AP 协同工作，共同保障用户的无缝网络体验。

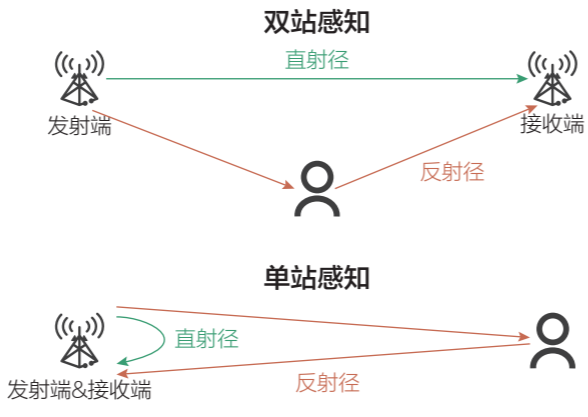


3.5.3 存在感知技术

存在感知的核心在于利用无线信号的传播特性，通过分析信道状态信息来获取环境中的物体运动、位置变化等信息。随着人工智能和信号处理算法的快速发展，从数据中提取有用信息的精度和效率显著提升，智慧节能、智能安防等场景对实时感知的需求日益增长，而传统的感知技术（如雷达、摄像头等）往往需要额外的设备和部署成本，因此通过通信设备本身实现感知功能成为一种高效且经济的方案。

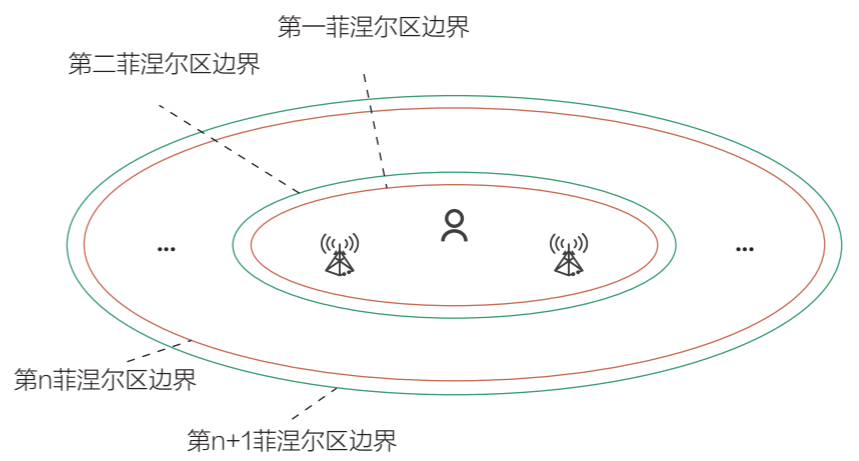
1、CSI 感知技术原理：

WLAN 感知基于电磁波的传播特性，通过探测环境动态变化对无线信号的影响，赋予了 WLAN 设备对周围环境的感知能力。以对人的活动感知为例，日常行为的肢体活动将引起电磁波传播路径的改变。通过分析接收信号的动态变化，我们可以完成诸如人员存在、行为的识别，甚至可以实现对呼吸、心跳这种微弱波动的测量。从形态上看，WLAN 感知又分为双站感知和单站感知。双站感知是指共有两个设备参与感知，分别用于 WLAN 信号发送和信号接收；单站感知则只使用同一个设备同时完成 WLAN 信号的收发。



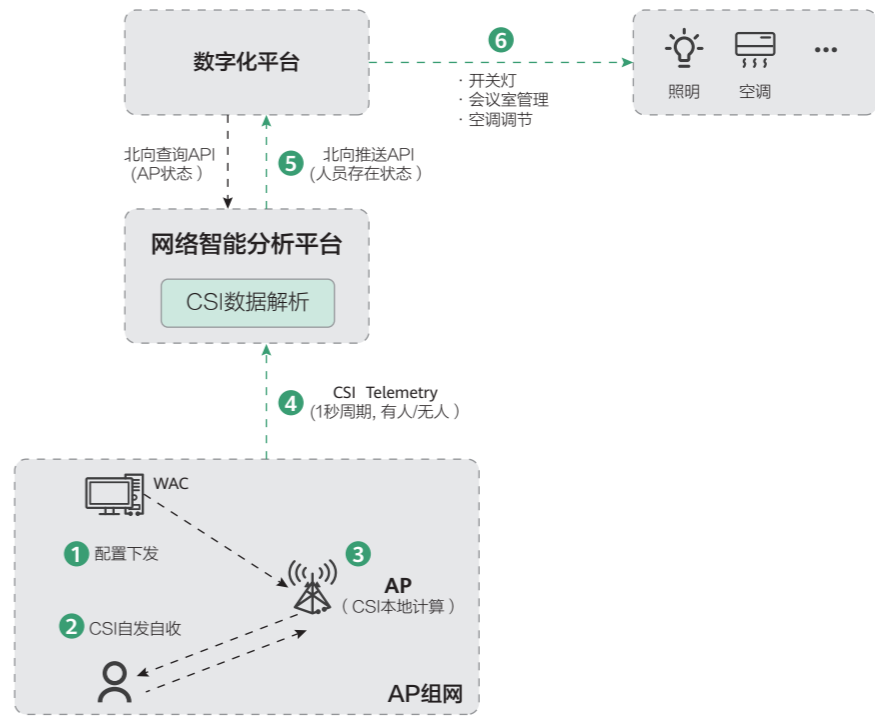
在 WLAN 感知场景，反射物在覆盖区域内运动时，根据其实时位置的差异，接收机可以观测到信号的起伏。换言之，我们可以感知到载波波长量级的微小波动（厘米级），这为我们 WLAN 高精度感知奠定了基础。

上述现象也可以用菲涅尔区解释，菲涅尔区定义为以收发设备为圆心的一簇椭圆，第 n-1 层椭圆到第 n 层椭圆之间的区域称为第 n 菲涅尔区。相邻菲涅尔区边界发射天线到接收天线的波程差为半波长。考虑到无线信号在经过反射时的相位额外旋转，因此在偶数菲涅尔区边界产生最大的信号减弱，在奇数菲涅尔区边界产生最大的信号增强。



2、CSI 感知实现机制：

CSI 感知是 AP 自身的能力，从整体解决方案上，北向对接三方应用系统的接口由网络智能分析平台提供，因此必须配套网络智能分析平台使用，CSI 存在检测功能配合节能管理、入侵检测告警等功能使用。网络智能分析平台通知数字化平台人员存在状态，数字化平台继而控制照明系统、供暖系统等设备的开关，实现“人来灯亮，人走灯灭”的楼宇节能。





04

校园自智网络部署方案

4.1 网络智能分析平台部署方案

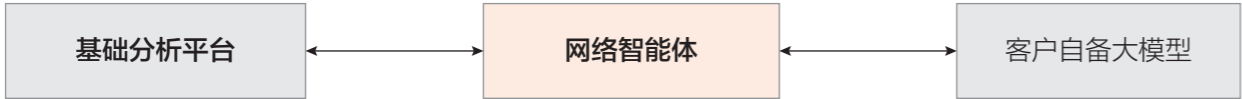


在校园网络智能化运维的探索进程中，针对大模型在运维场景的落地实践，根据需要的运维能力，分为两个部分：基础分析平台和网络智能体。关于网络智能体，主要形成了两种差异化部署路径：其一是以“一体机”为代表的端到端解决方案，其二是通过 API 接口对接用户自备第三方大模型的开放生态模式。前者通过预置优化模型与算力硬件，构建起“开箱即用”的本地化智能中枢；后者则依托现有客户自身大模型资源，实现与已部署成熟模型的融合集成。这两种部署方式在数据安全、响应效率、成本结构及扩展性等方面呈现出显著差异，为校园网络运维的智能化转型提供了多元化的技术选择，具体部署形态如下图所示：

场景一：基础分析平台 + 网络智能体（一体机）



场景二：基础分析平台 + 网络智能体（客户自备大模型）：



4.1.1 基础分析平台

基础分析平台需采用微服务化或容器化系统架构，具备高性能、高可靠、安全可扩展等技术卓越性，灵活高效的架构设计与健康的商业生态，因此迸发出如下的资源部署要求和网络规划要求：

资源部署要求：

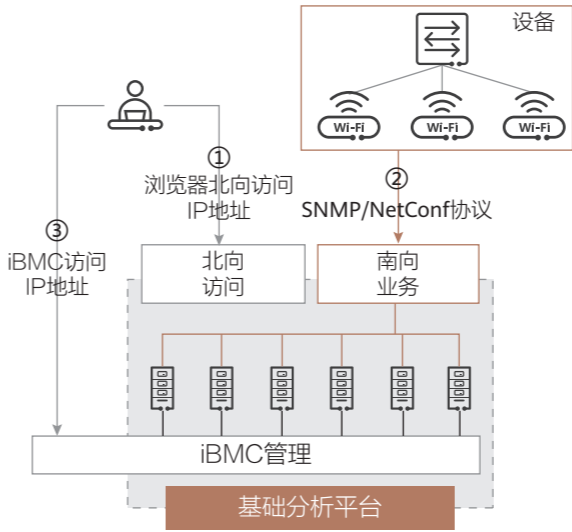
分类	说明
部署形态	支持单机低成本部署、集群高可靠部署
部署介质	支持物理机裸金属直接部署、虚拟机部署、容器化部署
操作系统	支持主流 OS，如 OpenEuler、麒麟 V10、EulerOS、SuSEOS 等，推荐使用纯国产 OS
数据库软件	支持主流 DB，如高斯、Redis 等，推荐使用纯国产 DB 软件
CPU 架构	支持 x86 或 ARM 架构
算力要求	无硬件算力要求，算力体现统一在网络智能体侧

网络规划：

为满足客户对网络安全的严格要求，部分客户要求运维人员不能直接访问设备端网络，存在将设备端与运维人员访问基础分析平台的流量进行物理隔离的需求。因此，基础分析平台需支持网络平面隔离部署，提供单平面与双平面两种部署模式，具体差异如下所示：

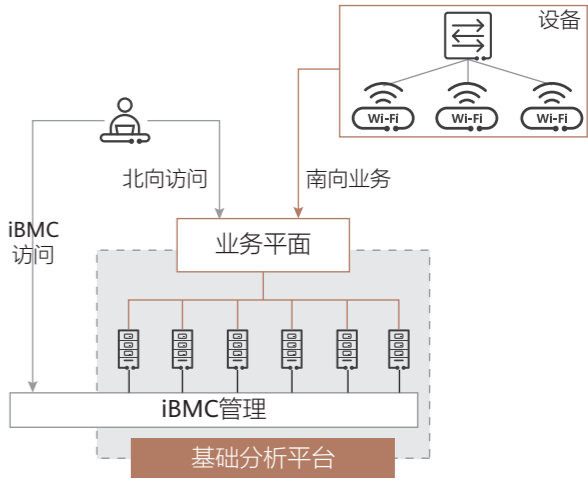
1、双平面组网：南北向平面隔离

双网络平面组网中，每个节点需要 2 个业务逻辑网口，分别承载不同网络平面的数据，以实现两平面间的有效隔离。两个业务平面采用独立网段划分。客户运维人员可通过北向平面接入基础分析平台，但无法直接访问底层设备；而园区基础分析平台则通过南向平面访问设备并接收设备上报的流量数据。值得注意的是，双平面部署方式使得基础分析平台所需的 IP 地址数量显著增加。



2、单平面组网：南北向平面合一

在单网络平面组网架构中，每个节点仅需配置一个业务逻辑网口，该网口负责承载集群所有业务数据。所有业务 IP 地址均位于同一网段内，客户运维人员通过南北向合一平面即可访问园区基础分析平台；同时，园区基础分析平台也在此同一平面内访问设备并接收设备上报的流量数据。这种组网方式结构简单，并且单平面部署模式使得园区基础分析平台所需的 IP 地址数量显著减少。



4.1.2 智能体组件

网络智能体（一体机）

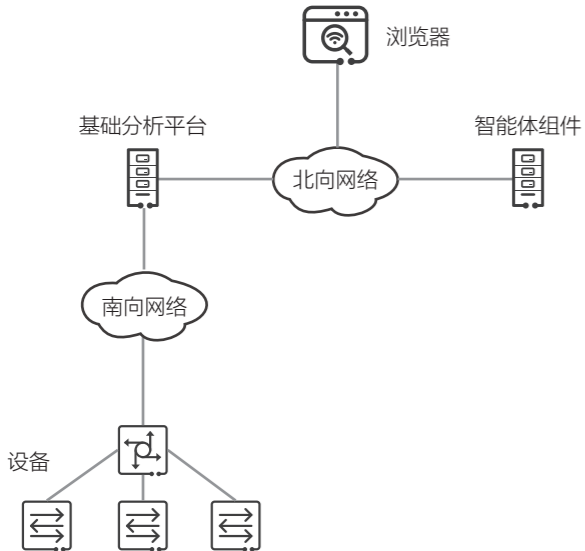
网络智能体一体机部署形态需要将大模型部署到配置了算力卡的高性能算力服务器上，对基础分析平台提供大模型工具调用、增强型知识问答、思维链编排、准确率提升等卓越能力，对部署资源要求满足成本可控、可扩展、安全、生态友好等关键核心诉求，具体资源部署要求如下：

资源部署要求：

分类	说明
部署形态	支持单机低成本部署、集群高可靠部署
部署介质	支持物理机裸金属直接部署、虚拟机部署、容器化部署
操作系统	支持主流 OS，如 OpenEuler、麒麟 V10、EulerOS、SuSEOS 等，推荐使用纯国产 OS
数据库软件	支持主流 DB，如高斯、Redis 等，推荐使用纯国产 DB 软件
CPU 架构	支持 x86 或 ARM 架构
算力要求	有算力要求，根据部署的大模型大小和并发能力综合判定

网络规划：

网络智能体一体机作为基础分析平台的扩展模块，具备架构可拆卸、可复用的灵活对接能力。其组网设计需满足去耦合、简洁性、即插即用及低带宽等核心诉求。在园区网络运维场景中，部分客户提出将大模型资源作为公共资源开放给其他系统使用，统一通过基础分析组件的北向平面进行交互。因此，网络智能体无需规划独立网络平面，可直接复用基础分析平台的北向网络架构。具体组网示意图如下：



平面	说明
北向平面	<ul style="list-style-type: none">用户登录网络智能体界面。需与用户所在网络互通。用于网络智能体对接基础分析平台。
iBMC 管理	<ul style="list-style-type: none">对服务器进行远程管理（VM 场景无）。

网络智能体（客户自备大模型）

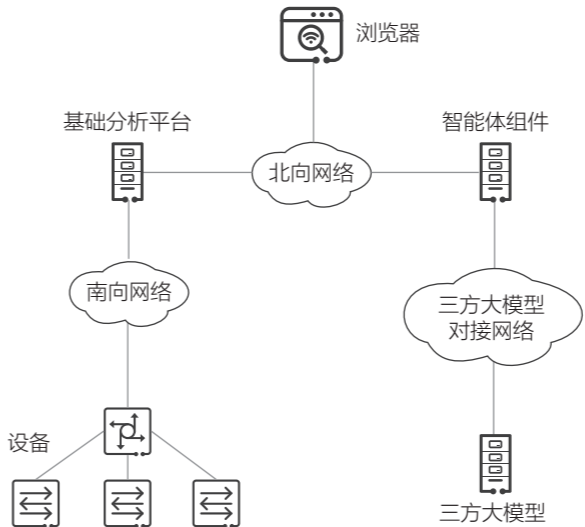
客户自备大模型场景下，网络智能体本身无需部署大模型，因此整体架构需参照基础分析平台，采用微服务或容器化架构，具备高性能、高可靠、安全可扩展等技术卓越性，灵活高效的架构设计与健康的商业生态，整体部署资源要求如下：

资源部署要求：

分类	说明
部署形态	支持单机低成本部署、集群高可靠部署
部署介质	支持物理机裸金属直接部署、虚拟机部署、容器化部署
操作系统	支持主流 OS，如 OpenEuler、麒麟 V10、EulerOS、SuSEOS 等，推荐使用纯国产 OS
数据库软件	支持主流 DB，如高斯、Redis 等，推荐使用纯国产 DB 软件
CPU 架构	支持 x86 或 ARM 架构
算力要求	无硬件算力要求，算力统一由客户提供大模型承载

网络规划：

在客户自备大模型的场景下，网络智能体所需的大模型能力作为客户的核心关键资源之一，大模型资源可能拥有独立的访问网络。因此，需打通网络智能体与客户自备大模型之间的网络连接。多数情况下，建议该网络与网络智能体的北向网络进行复用，同时也支持采用独立的网络平面。对于网络智能体与基础分析平台之间的网络架构，基于架构一致性原则，应尽量保持基础分析平台网络的原有结构不变，确保与一体机场景的网络架构保持一致。具体组网示意图如下：



平面	说明
北向平面	<ul style="list-style-type: none">用户登录网络智能体界面。需与用户所在网络互通。用于网络智能体对接基础分析平台。
三方大模型对接平面	<ul style="list-style-type: none">用于网络智能体对接客户自备三方大模型。一般情况下可以与原有的北向平面合一。
iBMC 管理	<ul style="list-style-type: none">对服务器进行远程管理（VM 场景无）。

4.2 可靠性方案

高可靠要求

高可靠系统，指系统必须具备极强的容错性、韧性和稳定性，能够在预设的运行环境和一定程度的异常条件（如硬件故障、局部软件故障、突发灾难等）下，持续、正确的提供服务，最大限度的检查服务中断时间和数据错误 / 丢失，确保业务连续性，因此园区网络智能运维系统从底层硬件、软件级、节点级、站点级几个层次进行区分，提供整体纵深防御高可靠能力，最大程度的保障业务连续性，提供高质量园区运维服务。具体可靠性能力如下：

硬件高可靠

园区网络智能运维系统的服务器需要满足如下高可靠要求：

- 硬盘可靠性：多磁盘部署，通过磁盘阵列技术（Raid）保证磁盘高可靠；因系统存在高 IO 读写场景，需对系统盘和数据盘进行读写隔离。
- 网口可靠性：南北向网口通过网口 bond 技术，实现网络各平面网口可靠性。
- 服务器配置一致：集群内所有服务器节点硬件配置相同，即 CPU、内存、硬盘、网卡等硬件的规格要相同。

部署高可靠

园区网络智能运维系统通过软件级冗余部署，实现微服务 & 节点级高可靠部署：

- 园区网络智能运维系统单个集群内至少部署三个节点，以实现服务器节点、网络通信的高可靠部署。
- 园区网络智能运维系统采用微服务或容器化架构，通过多实例副本方式实现服务、数据库、大数据底座高可靠部署。

站点级高可靠

园区网络智能运维系统通过站点级容灾，提供站点级别主备备份，站点之间通过数据复制链路进行主备站点数据同步，支持灾难发生后站点级别的主备倒换。

- 无第三方仲裁站点场景：仅支持手动倒换。
- 有第三方仲裁站点场景：支持自动倒换和手动倒换。

带三方仲裁站点容灾自动倒换触发条件：

- 主站点整体故障无法恢复时（地震、火灾、掉电、网络中断等）。
- 主站点关键服务异常且无法自动恢复时。

4.3 可维护性方案

随着业务需求的不断变化和技术的持续演进，园区网络智能运维系统的可维护性不再是锦上添花的特性，而是关乎企业生存与发展的战略基石。当系统出现故障时，高可维护性意味着更短的修复周期、更低的维护成本，以及更稳定的业务连续性；面对功能升级需求时，它则转化为敏捷响应市场变化的竞争力。从长远来看，可维护性决定了软件资产能否从一次性技术投入转化为持续创造价值的战略资源，而非逐渐堆积成制约发展的技术债务。

园区网络智能运维系统需要具备如下可维护能力：

能力项	说明
产品监测	园区网络智能运维系统需要对整体运行状态进行日常监测，客户通过监测可以直观发现问题，快速了解系统运行状态，监测范围需包含但不限于：服务 / 微服务状态监测、软件运行进程监测、中间件（包含数据库、总线、MQ、ETCD、分布式文件系统等）监测、节点监测（包含节点连接状态、CPU、内存、磁盘、IO、网卡吞吐等资源）、底层硬件设施监测、算力监测等。
告警	园区网络智能运维系统出现异常时，需要对客户面进行告警，告警范围包含从底层硬件到节点状态到上层应用到大模型；告警形式支持页面直接告警、短信告警、邮件告警、微信告警等形式，支持不同告警用户自配置，也支持将告警通过北向平面上报到客户三方系统。
健康巡检	维护人员需要定期对园区网络智能运维系统进行日常维护作业，通过园区网络智能运维系统健康巡检能力，可以快速获取系统深层次的故障隐患，以便提前排查解决，避免故障的发生或根据修复建议快速故障恢复。
日志采集	登录园区网络智能运维系统后台需要有较高的权限管控，日常运维人员权限受限场景，当园区网络智能运维系统出现业务故障或系统级故障时，需要有工具能根据故障场景一键式快速采集到后台日志，以便研发团队进行系统性分析排障定位。
故障定位定界	当园区网络智能运维系统出现业务故障或系统级故障时，需要快速的故障定位定界手段，能支撑维护人员精准获取故障信息，进行故障隔离或修复。
备份恢复	软件系统备份与恢复是保障数据安全和业务连续性的关键措施，需要支持实时、定期、按需、增量等多种备份恢复策略，以便系统在面对天灾人祸时有兜底的数据恢复方案，最小化数据损失。
故障替换	当园区网络智能运维系统出现底层硬盘故障、节点 CPU 故障、主板故障等严重且无法人为恢复的故障或部分硬件寿命到期，需要支持快速替换能力，以便快速恢复园区网络智能运维系统服务。
故障恢复（含故障自愈）	出现园区网络智能运维系统业务故障或系统级故障时，系统能快速响应，自动自愈一部分系统类、配置类故障，无法自愈的故障也能快速给出修复建议指导用户修复。



05

校园自智网络成功案例

5.1 清华大学——业内首个园区网络智能体

清华大学响应国家教育新基建战略，正在加速推进网络管理平台升级：为满足在线教育、协同创新及智慧校园的发展需求，为清华大学跻身世界一流大学创造基础条件，清华大学携手华为打造业内首个园区网络智能体——与清华本地部署的 DeepSeek 深度协同，智能体自主处置网络故障，推动网络运维从 " 被动应对 " 跃入 " 自动驾驶 " 新时代。

校园网运维中一个不可忽视的挑战是用户在遇到网络故障或卡顿等事件进行反馈后，运维人员往往难以提供详尽的网络质量报告或确定故障的根本原因。这种情况不仅影响了用户体验，也让清华大学的网络运维团队面临巨大压力，亟待通过智能化手段实现运维模式创新突破。

2024 年 9 月，为满足清华大学面向未来的智能运维诉求，学校携手华为开展联合创新，通过华为 iMaster NCE–CampusInsight，对网络状态和用户体验进行数字孪生与建模，并将网络、用户、终端等多维信息展示在一张“网络数字地图”上，为智能运维打开“全景视角”。清华大学创新引入 DeepSeek 大模型，从传统复杂繁琐的菜单交互演进到自然语言交互，通过智能体辅助处置复杂环境下的网络故障，极大提升了网络运维效率和师生网络满意度。



多厂商多协议的统一管理

为了解决多厂商管理、运维数据割裂、缺乏统一监测视角等问题，华为 iMaster NCE–CampusInsight 系统通过 Telemetry、SNMP、Syslog 等协议打通多厂商数据壁垒，替换清华原有多个运维系统，成为监测全校设备状态、分析网络流量、解析异常数据的主要入口，支撑从日常巡检测到重大活动保障等全场景数字化运营。这种“和而不同”的设备管理能力，为高校存量多厂商设备运维开辟出一条平滑演进的“清华路径”。

网络数字地图开启“全景视角”

当数万网络设备、师生用户、终端的网络体验数据在数字地图上跃然呈现，网络运维仿佛开启了“全景视角”。iMaster NCE–CampusInsight 通过数字孪生与建模，构建体验评估体系，实时感知用户网络体验，从时间和空间维度将用户网络体验进行全方位图形化展示，包括接入位置、接入时间、接入历程（包括关联、认证、DHCP 阶段）、体验质量、漫游情况以及遇到的问题等，帮助网络工程师快速解决用户体验欠佳的问题，真正践行了“以用户体验为中心”的运维理念，提升了网络服务质量与用户满意度。

网络智能体驱动“自动驾驶”

网络智能体 NetMaster 驱动校园网络运维迈向“自动驾驶”，其核心是与清华本地部署的 DeepSeek 深度协同，构建两大能力：网络运维 Copilot 和 Wi-Fi 优化 Agent。

“网络运维 Copilot”改变了系统交互模式，让“自然语言交互”在清华成为现实。用户输入 "xx 用户下载慢，请定位原因"，系统即可理解用户意图，联动 iMaster NCE–CampusInsight 获取用户漫游轨迹、网络体验质量、设备状态信息等数据，在网络数字地图上快速锁定 AP 信道冲突，推送“调整频段 + 优化功率”的解决方案，这种“脑图联动”的呈现方式不仅提升了大模型回答的可信度，更重要的是大幅降低了运维门槛。

“Wi-Fi 优化 Agent”则是业界首个能辅助处理网络问题的 Agent，它 7x24 小时守护着清华宿舍区各个房间的 Wi-Fi 网络，精准感知 AP 部署位置、环境干扰、终端网络体验等，一旦察觉弱覆盖、高干扰等典型 Wi-Fi 网络问题，能自动在覆盖、干扰、频宽、负载等多个维度下找出最佳优化方案，继而让运维人员确定并执行，大幅缩短了无线故障闭环的周期，逐步迈向网络“自动驾驶”阶段。

在数字中国战略引领下，智能化转型正成为教育新基建的核心驱动力。清华大学与华为联袂打造的智能运维方案，为教育现代化注入创新动能，为教育行业提供“自动驾驶”式网络运维标杆，助推“教育数字化战略行动”落地生根。面向未来，清华大学将积极探索适用于高校园区的自动驾驶网络方案，“网络智能体”就像给校园网络安装了智能驾舱，让网络运维也能像开自动驾驶汽车一样简单、高效。



■ 5.2 上海交通大学——基于网络大模型的 AI" 大运维 "



国家“教育新基建”战略下，上海交通大学作为“双一流”顶尖高校，率先领航全国智慧校园建设。目前，学校已建成覆盖徐汇、闵行、黄浦、长宁、浦东、崇明等的无线校园网，日均支撑超 10 万活跃终端及超 40Gbps 无线流量的超大规模校园网络体系，校园网为学校的教学、科研及管理服务构建了高效稳定的数字基座。

2025 年始，上海交通大学携手华为，率先部署了基于 DeepSeek 大模型的智能运维平台，推动校园网络管理实现质的飞跃。依托其完善先进的基础网络设施、标准完整的数据结构以及充沛的算力资源，与华为深度合作，构建了“大数据 + 大模型 = 大运维”的智慧运维体系。这一实践不仅实现了从传统信息化管理向智能化运营的跨越，也为全球高校的网络建设提供了可借鉴的示范样本。

• 全域数据贯通，极大提升运维效率

基于华为网络分析器 iMaster NCE–CampusInsight 和网络智能体 NetMaster，深度协同交大本部署的 DeepSeek 大模型，集成校园网本地认证系统、DHCP 数据湖、DNS 数据湖，构建起覆盖全域数据的智能分析体系。通过对海量运维知识进行深度学习，系统实现多模态内容的按需呈现，显著降低了大型网络监测与数据查询成本，推动日常运维工作向智能化阶段跃升。在此基础上，进一步将该大模型能力接入交大一门式办事平台“交我办”APP，面向师生提供基础问答、咨询服务及部分网络数据查询功能，支持常见网络问题的自助处理，有效提升了服务效率与使用体验。

• 隐患智能发现，持续提升师生体验

学校依托华为网络分析器 iMaster NCE–CampusInsight，在多校区环境中构建数字孪生网络模型，实时监测超过 10 万日活终端的网络连接质量。在此基础上，进一步引入网络智能体 NetMaster 中的“Wi-Fi 优化 Agent”，深入分析 AP 部署位置、环境干扰因素及终端体验数据，一旦识别出弱覆盖、高干扰等典型问题，系统能够在覆盖、干扰、带宽、负载等多个维度上智能推导最佳优化策略并自动执行。这一能力推动网络运维加速向自智网络阶段演进，为师生的网络体验提供持续优化与保障。

■ 5.3 哈尔滨工业大学——通感一体与运管 AI 中枢方案



2025 年 6 月 9 日，哈尔滨工业大学（以下简称“哈工大”）与华为技术有限公司（以下简称“华为”）联合发布“通感一体智慧校园方案”与“校园网运管 AI 中枢方案”。这两大创新成果深度融合华为 CSI（Channel State Information，信道状态信息）智能空间感知技术和基于 AI 大模型的网络运维智能体，打造绿色低碳、极简运维的校园网络智慧空间，为高校数智化转型树立了行业标杆。哈工大将智慧校园建设作为专项规划纳入学校“1+8+N”发展规划体系。秉承‘融合·发展’理念，哈工大与华为基于业界领先的空间感知技术实现校园智慧运营，是哈工大在教育领域的一次重要创新，为构建高质量教育体系奠定坚实基础。

• 通感一体智慧校园方案

通感一体智慧校园方案以华为 CSI 智能空间感知技术为基础，实现物理空间的全域感知，单 AP 即可完成人员动态 + 静态存在检测，判断空间内是否有人，打造 Wi-Fi+X 的校园智能空间。哈工大校区通过通感一体智慧校园方案联动照明系统和智慧屏，实现人来灯亮，人走灯灭，人来屏亮，人走屏熄，打造低碳校园。未来还会联动智能会议系统，提高会议室资源利用率；联动安防系统，在夜间巡检、图书馆和体育场清场等场景定点查找和清离，预防危险事件，建设安全校园。

• 校园网运管 AI 中枢方案

校园网运管 AI 中枢方案，通过华为 iMaster NCE–CampusInsight 网络分析器和 NetMaster 网络智能体，实现校园网设备多厂商纳管、多维数据实时可视，实现校园网络的主动监测、智能报告生成和无线问题辅助闭环。基于 NetMaster 打造大模型智能报告能力，识别运维人员意图自动生成运营汇报、运维总结、网络巡检等多种类型的报告，为运营决策提供数据和分析支撑。NetMaster 融合华为园区网络专家知识与头部高校实际运维经验，当收到网络报障时，即可通过校园 AI 网络问答交互式排障，降低运维难度，大幅提升校园网络运维体验。

5.4 南京大学——破解超大规模校园无线网络运维难题

在现代高等教育中，高质量的数字基础设施是保障教学科研活动正常开展的基础。对于拥有 3 万 AP 和 20 万终端的南京大学而言，校园无线网络已成为支撑高清直播、互动教学等核心业务的关键。为应对由此带来的运维挑战，南京大学引入华为 iMaster NCE–CampusInsight 智能运维平台，旨在利用 AI 技术构建一个能够自我感知、自我优化的“自智网络”，为学校的数字化发展提供坚实保障。

挑战：智慧校园背后的无线网络运维难题

南京大学信息化建设管理服务中心面对的是一张超大规模的无线网络：南京三大校区，无线 AP 超过 3 万台，高峰期在线终端数量可达 20 万个。然后，与之形成鲜明对比的是，中心仅有少量的运维人员。这一现实使得传统以设备为中心的校园网运维模式难以持续，面临三大关键挑战。

- 1. 运维之“难”：无线网络看不见、摸不着，稳定性易受信道干扰、信号遮挡等环境因素影响，故障往往难以复现，导致传统运维难以精准定位根因。
- 2. 规模之“巨”：平均每位运维人员需管理数千台网络设备，同时服务上万名师生及其终端，运维压力大。
- 3. 业务之“急”：高清直播、互动教学、云端学习等关键教学场景对无线网络的体验提出了更高要求，网络质量直接关系到教学活动能否正常开展。

破局“一图一脑”：从“以设备为中心”到“以体验为核心”

面对挑战，南京大学部署了华为 iMaster NCE–CampusInsight 智能运维平台，其核心理念是“以用户体验为核心”，提供了“一图一脑”两大核心能力。

一图，构建“数字孪生”网络，实现全局洞察

“一图”，指的是园区数字地图，它通过“数字孪生”技术，实现了从“关心设备”到“关心体验”的全局洞察能力。园区数字地图通过数字孪生技术，将每一位用户的网络体验进行了全息可视化。管理员可以清晰地看到任何用户在任何时间、任何地点的完整网络体验。当体验不佳时，系统能回溯问题根源，让故障诊断从“经验猜想”变为“证据驱动”。

一脑，用 AI Agent 技术辅助人力，突破管理极限

“一脑”，指的是网络智能体，它是推动网络运维从“人工驾驶”迈向“自动驾驶”的关键，以智能化应对“规模之巨”、以自动化应对“业务之急”。它是业界首个能主动闭环网络问题的 AI Agent，能精准感知网络环境与体验，并依托多目标均衡决策算法，能在复杂环境中智能权衡，生成全局最优的调优策略，避免“按下葫芦浮起瓢”；最后，它能自主执行优化操作，实现 80% 无线故障自发现、自诊断与自修复，将运维人员从繁琐的重复性工作中解放出来。

实践效果：故障处置从“周级”到“分钟级”

以网络环境极具挑战性的某院系为例，部署超过 500 台 AP，具有高用户密度、多信号干扰（如雷达信号）等复杂特征，传统运维方式难以有效应对。

在这里，华为 iMaster NCE–CampusInsight 智能运维平台的能力得到了充分展现。它基于 Telemetry 技术实时采集网络数据，结合大数据分析 with 机器学习算法，深度洞察网络行为、精准识别故障模式，使运维人员能够主动发现并处理高达 85% 的网络隐患。传统模式下，用户报障后需反复“跑现场”确认现象、“蹲现场”

等待复现、“留现场”验证解决，如今这些耗时环节均被远程系统记录与处置所取代，问题处理周期从“周级”大幅压缩至“分钟级”。得益于此，该院系的 Wi-Fi 网络已从学校故障高发榜区域彻底消失。此外，系统通过“网络智能体”实现了常见无线网络问题的自主优化。例如，当智能体检测到某 AP 干扰率过高时，会动态将其信道切换至全局最优信道，使干扰率下降达 45%。面对部分终端设备固守 2.4GHz 频段、不愿接入 5GHz 频段的问题，智能体通过智能功率调控，有效杜绝了“非 5G 优先接入”及“大楼周边有信号却无法上网”等现象，显著提升了整栋楼的网络体验与用户满意度，让科研师生真正体验到高效稳定的无线网络。

这些看得见的改变，仅仅是冰山一角。更重要的是，一部分网络优化都是在 AI 的驱动下自动完成的。这不仅意味着运维人员从被动的故障响应中解脱出来，更让南京大学拥有了一种保障关键教学业务连续性的“智能守护”能力。



5.5 西安交通大学——基于 AI Agent 打造智慧校园新范式

为深入贯彻国家 " 数字中国 " 战略部署，全面落实《教育数字化发展战略行动计划》要求，西安交通大学将 2025 定为 “ 人工智能赋能年 ”，旨在举全校之力，系统推进数智化教育改革与智慧校园建设。在教育部关于加快新时代教育现代化的重要指引下，学校以 AI Agent 为智慧大脑，驱动网络运维智能化升级，打造出具有示范意义的智慧校园新范式。

在 “ 十四五 ” 教育高质量发展规划指引下，学校持续投入资源完善数字基础设施。目前已完成无线接入网络的全覆盖，四校区之间通过 100G 高速链路互联，构建起高效稳定的数据传输通道。全校部署超过 2 万个 Wi-Fi 点位，配合 1.5 万余个物联网传感器，共同构建起一个全方位、立体化的校园网络，有力支撑全校 700 多间智慧教室、跨学科校级 AI 教改虚拟教研室等新型教学空间的稳定运行。

随着校园数字化程度的不断提升，传统的网络运维模式已难以满足日益增长的需求。面对这一挑战，学校深入贯彻落实 " 人工智能 +" 行动方案，基于华为 iMaster NCE-CampusInsight 网络运维平台，引入网络智能体 NetMaster，并以其 Wi-Fi 优化 Agent 为核心，完成了从 " 被动响应 " 到 " 主动防控 " 的运维模式革新，方案具备三大核心能力：

- 1. 精准感知：**以数字地图 +RSSI 作为信息输入，清晰感知 AP 位置，间距，关系等，问题感知更准确。
- 2. 智能决策：**智能识别场景，针对不同场景制定差异化调优策略，多目标融合分析决策最优方案，调优策略更精准。
- 3. 自主执行：**优化措施全自动执行，7*24 小时免人工值守，灵动窗适时调整，调优执行更灵活。

华为网络智能体 NetMaster 的引入，不仅将网络运维人员从繁复的人工调优工作中解放出来，更重要的是构建起了 " 自感知 - 自分析 - 自决策 - 自执行 " 的完整闭环。据统计，系统自动处置超过 80% 的网络问题，平均故障修复时间从天级缩短至分钟级，实地测量网速提升 20%，师生对网络服务的满意度显著提升。

在创新港校区的医药化工板块这一典型应用场景中，Wi-Fi 优化 Agent 展现出卓越的智能运维能力。该板块容纳多个学院，网络环境复杂，接入设备密集，运维挑战极为突出。在日常教学过程中，偶现部分座位无线信号偏弱的情况，虽未影响正常教学，但 Wi-Fi 优化 Agent 及时感知潜在的网络隐患，并提前实施优化，为教学网络的流畅运行保驾护航。

Wi-Fi 优化 Agent 借助高清数字地图智能感知楼内 AP 接入点的运行状态，自主计算并动态调整教室内 AP 的发射功率，在确保无线信号强度的同时，有效避免了对相邻教室的信号干扰。此外，Agent 还自动优化信道配置，彻底解决了长期存在的信道冲突问题。经过一系列精准调控与优化，楼内信号强度恢复 “ 满格 ”，有力保障了智慧教学的顺畅运行。

展望未来，西安交通大学将继续沿着国家教育数字化战略指引的方向，推动 AI Agent 技术向更深度、更智能的方向发展，实现全网统一智能管理。引入数字孪生与预测分析技术，构建网络态势预测系统，建立具备自我优化能力的策略生成引擎，实现网络资源按业务需求的动态精准调配，最终构建具有自主学习与持续进化能力的校园网络运维新范式。

5.6 东南大学——AI 智能体重塑校园网络新体验

在 2025 年的开学典礼上，东南大学迎来了近 1 万名新生，除了新学生的亮相以外，网信中心带来了全新 AI 网络运维方案——网络智能体。典礼现场，网信中心借助系统实时感知并分析网络数据，精准智能调度资源，有力保障了全环节的流畅体验，现场总接入用户数较去年提升 5.8%，总吞吐量较去年提升 16.3%，交出了一份出色的 “ 网络答卷 ”。

该网络智能体深度融合大模型技术，具备三大核心能力：

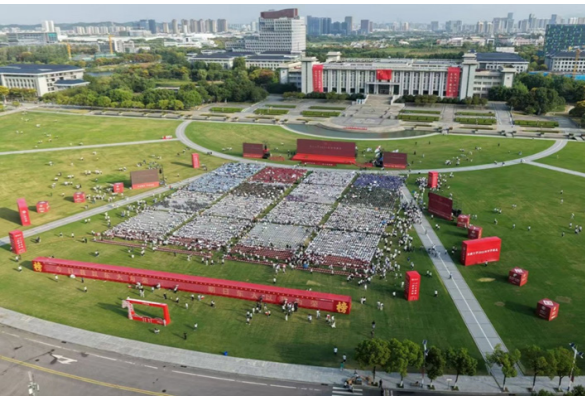
- 1. 自然语言对话式：**基于大模型技术，增量训练千亿级通讯知识，精准理解用户自然语言意图，联动系统多维视图界面，直观展示查询结果。
- 2. 隐患自动定位：**智能识别网络场景，结合知识图谱技术，实现分钟级网络问题定位，在用户报障前提前识别网络隐患。
- 3. 性能自动优化：**借助数字地图与信号测量技术，系统实时监测网络质量，自动分析问题根因、决策最优解决方案、智能下发优化配置，提升运维效率。

目前，网络智能体已深度融入东南大学校园网络运维体系，实现了校园 Wi-Fi 网络 80% 的故障自处置与性能自优化，在日常运维与重大活动保障中发挥关键作用。系统智能识别不同网络场景，主动分析用户行为，并基于 “ 一景一策 ” 的策略机制，辅助网信中心实现对校园网络的精准化、差异化调优，成效显著。

在 2025 年开学典礼的重大活动中，超高密度智能终端并发使用对校园网络质量提出了极高的要求。系统数据显示，本次开学典礼无线网络接入用户数 8000 人以上，同时在线峰值用户数 5861 人，平均在线人数稳定在 5500 人以上，总流量超 2.5TB。无论是接入人数、同时在线人次，还是短时间传输流量等多项指标均领先于往年。通过网络智能体，网信中心对现场应用、用户、网络等多维指标实时进行健康评估，基于多源数据提前对网络流量进行精准预测，为资源弹性调度提供可靠依据，实现资源前置部署，在活动的前、中、后期提供全方位的智能网络分析服务。 “ 每年开学典礼时都会担心人员密集网络卡顿，没想到今年网络智能体完美地应对了考验，让师生的体验再上新台阶！ ” 网信中心老师在现场反馈说。

针对桃园宿舍区既有网络晚间用网高峰时段视频卡顿问题，网络智能体精准识别出功率不足、覆盖盲区、信道干扰等关键问题，自动生成包含自协商 80M 组网、66 个信道调整、AP 功率优化等在内的完整优化方案。仅用 1 天时间，问题得到彻底解决，无线带宽提升 100%，下行带宽达 1200Mbps，实现零信道冲突，成功打造高品质的 “ 蓝光宿舍 ” 体验。 “ 以前宿舍人多时看高清视频经常卡顿，现在连蓝光 4K 视频都能流畅播放！ ” 学生的真实反馈，也印证了网络优化工作的显著成效。

面向未来，网信中心将重点聚焦三大方向：构建融合贯通的数字孪生平台、推进大模型多模态深度适配、实现校园智能体全面普及，从而系统化筑牢数字基座，以创新技术有力支撑中国式教育现代化建设。



5.7 上海科技大学——打造“AI+ 教育” 自智网络

在国家“教育新基建”战略引领下，作为“双一流”建设高校的上海科技大学，持续领航智慧校园建设。目前，学校已成功建成覆盖全校的无线网络，支撑随时随地的学习、科研数据的高速传输和线上流程的及时办理。在教室中，学生可通过无线网络高效完成小组分享、课件共享、作业下发、随堂检测等互动教学环节。校园网为学校的教学、科研及管理服务构建了高效稳定的数字基座。面向未来发展，上科大已将智慧校园建设确立为高等教育数字化转型的核心议题。校园网络的升级不仅是带宽的提升，更是智能化转型，需通过先进算法保障用户体验。为此，上海科技大学携手华为，依托华为网络分析器 iMaster NCE-CampusInsight 和网络智能体 NetMaster，实现了数字化管理、智能化运维与网络自管理，逐步迈向“L4 自智网络”阶段，而人工智能技术的快速发展，将加速这一进程。

校园网从服务型转变成生产型，运维运营压力增大

随着 AI 辅助的教学模式和科研范式的转变，校园网已从服务型网络转变为生产型网络，运维工作面临新的挑战。

1. 网络规模与场景复杂度加大：设备数量庞大（AP 超万台，交换机逾千台）且部署场景多样，AP 体验优及日常运维难度大。
2. 终端与业务需求多样：师生的无线终端型号繁杂，需支撑各类业务场景，包括随时随地学习、高密度互动教学、海量科研数据传输等，对网络体验提出了极高要求。
3. “潮汐式”漫游挑战突出：师生日常在宿舍、教室、食堂等区域间大范围移动，形成了显著的“潮汐式”Wi-Fi 漫游现象，进一步加剧了网络保障的难度。

网络数字地图 + 网络智能体，驱动网络加速迈向 L4 高阶自智

上海科技大学信息中心秉持“师生体验是衡量网络质量的核心标准”这一理念，携手华为，共同构建了以“网络数字地图 + 网络智能体”为核心的智能网络中枢——“一图一脑”，从而打造出 AI 赋能的“自动驾驶”式校园网络。

网络数字地图，从网络监测到全景分析

上海科技大学通过部署华为网络分析器 iMaster NCE-CampusInsight，推动了网络运维的智能化升级。它基于数字孪生技术构建网络数字地图，融合网络、用户与应用三大维度数据，具备强大的全景可视与分析能力。在时间与空间维度上完整记录学生网络体验，可精准追溯用户连接的 AP 设备、真实信号强度、下载速率及网络时延等关键指标。无论师生何时何地遇到网络问题，该地图均能回溯定位原因，显著提升问题解决的效率，让运维工作从基础设备监测迈入了智能全景分析的阶段。

网络智能体，从被动响应到自动优化

网络智能体 NetMaster 彻底颠覆了传统运维模式，其核心“Wi-Fi 优化 Agent”实现了从被动响应到主动优化的跃迁。它是业界首个能自主闭环网络问题的智能 Agent，基于华为 AP 感知下的 200 多个体验指标，能精准感知终端位置、AP 布局、网络体验等，相当于建了一个“高精地图”，再也不用像“盲人摸象式”的去优化网络问题。加上依托 100 多专利打造的多目标均衡决策算法，能像一个全天在线的网络专家，可以自己决策和优化，80% 以上的无线问题可以无需人工介入，就能自动修复。

未来，上海科技大学将加速升级至 L4 自智网络，构建更高效的“网络自动驾驶”模式：在此模式下，复杂的优化分析与决策执行均由系统自主完成，即使是硬件类故障，也可以通过系统的分析和决策辅助运维人员处理，更好地支撑智慧校园发展。

5.8 中国地质大学（武汉）——地学砺新、智慧运维

中国地质大学（武汉）紧扣国家脉搏，围绕《教育强国建设规划纲要》和学校《提升信息化建设水平改革方案》，秉持“师生为本、应用为王、服务至上、示范引领、安全运行”理念，坚持“以制度标准规范建设为基础，以数据赋能教学管服为核心，以网信工作常态管理为根本，以应用创新提质增效为重点，以数字素养全面提升为目标”，加快推进学校数字化转型，积极与产学研用伙伴协同推进基于网络智能的智慧校园标准建设。



在无线网络建设方面，学校自 2015 年起持续推进校园无线网络覆盖，通过多期科学规划与建设，目前已部署近 2 万台无线 AP 设备，实现了对教学、科研、办公、生活等全场景的高质量网络服务。伴随设备规模扩大和新技术的不断发展，学校也积极应对多品牌设备协同、跨区域调度等复杂运维需求，并对部分早期设备进行有序更新，以进一步提升用户在跨区域移动过程中的无缝连接体验。当前，学校正基于整体网络规划，稳步推进无线网络的优化与升级，致力于为师生提供更稳定、高效、智能的网络环境。学校将人工智能技术深度融入智慧校园建设，在今年开学迎新期间，前瞻部署了以 AI 为核心、新一代网络技术为支撑的综合保障方案，有效检验和展示了其智慧校园建设成果，为师生提供了高品质、无缝衔接的数字化初体验。

学校与华为联合打造的网络智能体 NetMaster 全天候实时感知全网用户体验，不仅能敏锐捕捉网络数据的细微波动，还可通过智能算法还原全网状态全景，实现秒级定位潜在卡顿区域。该系统具备强大的自主决策与处置能力，成功处理了多起网络事件。例如，AI 系统通过工单告警发现 51 栋区域存在外部干扰源，经确认是学生私开 Wi-Fi 热点导致信道冲突，在提醒关闭热点后信号迅速恢复正常。AI 引擎可自动诊断根因、触发自愈流程，动态调整参数与路径，已实现对超过 80% 常见网络问题的自动处置，确保无线网络在大负荷压力下依然保持高速、低时延的稳定表现。

学校通过构建以体验为中心的网络管理平台，首次实现全校 Wi-Fi 网络的精细化、可视化管控。运维人员不再面对冰冷的设备告警与复杂日志，而是通过清晰的“数字地图”，实时掌握从接入点到终端用户的全程体验质量，包括信号强度、连接速率、应用流畅度等，真正实现“一图感知全局”。当检测到某区域接入成功率偏低时，通过学校精细化管理系统与华为 iMaster NCE-CampusInsight 协同分析，以终端地址关联到具体工作人员，快速定位到该员工在食堂区域因多次连网失败暴露的网络覆盖盲区，系统自动研判提示增加 AP 点位，实现精准补盲。相比以往只能在现有点位迭代的局限，如今借助智能工具，信息化工作办公室可提前识别潜在问题，从全局角度优化网络架构。

学校通过这套 AI 驱动的智能运维体系，不仅显著减轻了运维人员负担，使其从日常排障中解放出来，专注于前瞻性网络规划与优化，更将学校网络服务质量提升到新高度，为教学、科研与管理活动提供了可复制、可推广的智能化运维新模式，全面赋能学校数字化转型。



06

未来与展望

数字化浪潮席卷全球，校园网络正从传统的服务支撑走向支撑学校战略发展的智能系统，其运维模式的革新已成为智慧校园建设的关键一环。在“十四五”规划收官之年，我国校园网络智能化建设取得了显著成就，高品质校园网络的建设理念深入人心，Wi-Fi 7、万兆入室、千兆到桌面成为高校网络新标准。与此同时，人工智能技术与网络运维深度融合，在 2025 世界人工智能大会（WAIC）期间，全球固定网络创新联盟（NIDA）也发布了全球首个教育行业 L4 自智网络建网标准，为校园网智能化演进指明了方向。“十五五”时期将是校园网络智能运维全面普及的关键阶段，人工智能技术将深度赋能网络运维，网络数字孪生、网络大模型、算法小模型、大小模型协同等关键技术将广泛应用，实现任务级自智闭环系统，构建有温度、有智慧的校园网络智能体。未来已来，唯智先行。让我们携手共进，共同开创校园网络智能运维的新篇章，为中国教育现代化 2030 愿景的实现提供坚实的技术底座。