

ICS 33.040.40

CCS M19

T/NIDA

全 球 固 定 网 络 创 新 联 盟

T/NIDA 009-2025

高校园区网络评估指标及测试方法

Evaluation indicators and test methods of Higher education Campus network

2025-09-26 发布

2025-10-26 施行

全球固定网络创新联盟（NIDA）发布

目 次

前言	III
1. 范围	1
2. 规范性引用文件	1
3. 术语和定义	1
4. 缩略语	1
5. 高校园区网络评估指标	1
5.1. 总体要求	1
5.2. 基础网络评估指标	2
5.3. 网络应用评估指标	2
5.4. 网络安全评估指标	4
5.4.1. 终端网络安全	4
5.4.2. 链路传输安全	4
5.5. 网络运维评估指标	5
5.5.1. 用户可视	5
5.5.2. 网络可视	5
5.5.3. 应用可视	5
5.5.4. 无线网络自动优化	5
5.6. 网络节能评估指标	5
6. 高校园区网络测试方法	5
6.1. 基础网络	5
6.1.1. 网络扩展	5
6.1.2. 线终端接入带宽	7
6.1.3. 无线终端接入带宽	7
6.1.4. 无线并发数	9
6.1.5. 无线信号覆盖	10
6.1.6. 无线漫游	11
6.2. 网络应用	12
6.2.1. 视频类应用	12

6.2.2. 文件传输应用	19
6.2.3. 其他类应用	21
6.3. 网络安全	21
6.3.1. 终端安全	21
6.3.2. 链路传输安全	24
6.4. 网络运维	26
6.4.1. 用户可视	26
6.4.2. 网络可视	27
6.4.3. 应用可视	28
6.4.4. 无线网络自动优化	29
6.5. 网络节能	30
6.5.1. 网络节能	30
6.5.2. 联动节能	31

前言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利权和著作权。本文件的发布机构不承担识别专利和著作权的责任。全球固定网络创新联盟不对标准涉及专利的真实性、有效性和范围持有任何立场；不涉足评估专利对标准的相关性或必要性；不参与解决有关标准中所涉及专利的使用许可纠纷等。

本文件由全球固定网络创新联盟技术委员会提出并归口。

本文件由全球固定网络创新联盟拥有版权，未经允许，严禁转载。

本文件起草单位：华为技术有限公司、中国联合网络通信有限公司研究院、中国信息通信研究院、江苏未来网络创新研究院、西安交通大学、北京师范大学、北京大学、中兴通讯股份有限公司、厦门大学、河南科技大学、华北水利水电大学、河南理工大学、河南师范大学、中原工学院、河北经贸大学、新疆农业大学、新疆财经大学、昌吉学院、山东理工职业学院、临沂科技职业学院、河南开放大学

本文件主要起草人：张婷、尚群、张哲、翁财忍、李大鲲、田利荣、姜文川、万秀娟、杨帅、谢克炜、袁立权、韩政鑫、刘芷若、陈洁、田小萍、锁志海、胡方舟、徐墨、刘莹、马军锋、王春生、孙士保、赵少奇、罗军锋、朱亚明、李虎群、姜林、安健、沈杰、薄钧戈、张广兴、刘思若、王海涛、李晓燕、王远、张晓宇、王斌、郭跃华、孙祥、彭维平、梁书斌、王建伟、向春枝、刘本仓、杨俊鹏

高校园区网络评估指标及测试方法

1. 范围

本文件给出了高校园区网络评估指标及测试方法，包括基础网络、网络应用、网络安全、网络运维和网络节能的评估指标及测试方法。

本文件适用于高校用户、高校园区网络设计建设方及网络体验和性能评价方对网络的建设和评价。

2. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

T/WAA 013-2025 园区办公场景 WLAN 性能及体验技术要求（基于 IEEE 802.11be）

3. 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4. 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AP: 无线接入点 (Access Point)

FTP: 文件传输协议 (File Transfer Protocol)

PoE: 以太网供电 (Power over Ethernet)

SDN: 软件定义网络 (Software-Defined Network)

SSID: 服务集标识符 (Service Set Identifier)

TCP: 传输控制协议 (Transmission Control Protocol)

UDP: 用户数据报协议 (User Datagram Protocol)

VR: 虚拟现实 (Virtual Reality)

VLAN: 虚拟局域网 (Virtual Local Area Network)

VxLAN: 虚拟扩展局域网 (Virtual Extensible Local Area Network)

WAC: 无线控制点 (Wireless Access Controller)

Wi-Fi 7: 第七代无线网络 (7th Generation Wireless Fidelity)

WLAN: 无线局域网 (Wireless Local Area Network)

5. 高校园区网络评估指标

5.1. 总体要求

高校园区网络评估指标应包括基础网络、网络应用、网络安全、网络运维及网络节能，如图1所示。

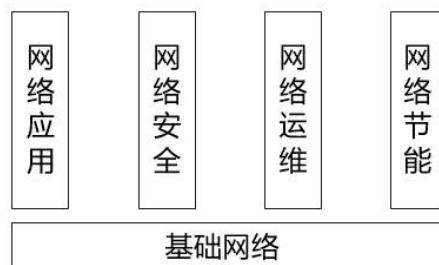


图 1 高校园区网络评估指标架构

5.2. 基础网络评估指标

基础网络评估指标应包括网络扩展、入室接入网络方式、接入带宽、无线网络并发用户数、无线信号覆盖强度及无线漫游，具体要求如下：

- a) 宜支持网络灵活可扩展，包括SDN VxLAN等虚拟网络扩展技术；
- b) 入室网络应支持以太电网络，宜支持有源光网络和无源光网络；
- c) 有线终端接入带宽宜不低于1Gbps；无线终端接入带宽单用户场景应符合T/WAA 013-2025表1要求，多用户场景应符合T/WAA 013-2025表3要求；
- d) 无线网络并发用户数应支持不低于各场景预估的最大并发用户数；
- e) 无线信号覆盖强度应符合T/WAA 013-2025表6要求；
- f) 无线漫游应符合T/WAA 013-2025表8要求。

5.3. 网络应用评估指标

网络应用评估指标应包括视频类应用、游戏类应用和其他类应用，并符合表1的要求。

表 1 网络应用评估指标

一级指标	二级指标	三级指标	应满足项	宜满足项	可满足项
视频类应用	视频会议	单个AP下，AP的信道利用率达到70%以上，30个终端同时进行5分钟视频会议的体验	16个终端视频会议的视频帧率>10fps, 卡顿率<1.5% (基于400ms画面的卡顿时长)	24个终端视频会议的视频帧率>10fps, 卡顿率<1.5% (基于400ms画面的卡顿时长)	30个终端视频会议的视频帧率>10fps, 卡顿率<1.5% (基于400ms画面的卡顿时长)
	视频点播	单个AP下，AP的信道利用率达到70%以上，30个终端同时进行视频点播5分钟的体验，视频清晰度1080P, 码	16个终端视频点播，首缓时间<2s, 卡顿次数=0次, 卡顿率=0% (基于400ms画面的卡顿)	24个终端视频点播，首缓时间<2s, 卡顿次数=0次, 卡顿率=0% (基于400ms画面的卡顿)	30个终端视频点播，首缓时间<2s, 卡顿次数=0次, 卡顿率=0% (基于400ms画面的卡顿)

		率>2Mbps, 帧率>24fps	时长)	顿时长)	时长)
直播	单个AP下, AP的信道利用率达到70%以上, 30个终端同时进行观看5分钟直播, 测试直播的体验, 直播清晰度1080P, 码率>2Mbps, 帧率>15fps	16个终端观看直播的卡顿率<1% (基于400ms画面的卡顿时长)	24个终端观看直播的卡顿率<1% (基于400ms画面的卡顿时长)	30个终端观看直播的卡顿率<1% (基于400ms画面的卡顿时长)	
4K视频 (40MHz频宽)	单个AP下, 40MHz频宽, 观看4K视频5分钟首缓时间<3s, 卡顿次数=0, 卡顿率=0的并发路数, 视频码率>30Mbps, 帧率>24fps	6路	8路	10路	
4K视频 (80MHz频宽)	单个AP下, 80MHz频宽, 观看5分钟4K视频首缓时间<3s, 卡顿次数=0, 卡顿率=0%的并发路数, 视频码率>30Mbps, 帧率>24fps	12路	16路	20路	
VR (40MHz频宽)	单AP, 40MHz频宽, 使用VR (帧率>50Hz, 400ms画面停滞卡顿时间占比<1.5%) 的并发路数	2路	3路	4路	
VR (80MHz频宽)	单AP, 80MHz频宽, 使用VR (帧率>50Hz, 400ms画面停滞卡顿时间占比<1.5%) 的并发路数	5路	6路	7路	

		间占比<1.5%) 的并发路 数			
	短视频	单个AP下, AP的信道利 用率达到70%以上, 30 个终端同时观看5分钟 短视频, 短视频清晰度 1080P, 码率>4Mbps, 帧率>30fps	16个终端观看短 视频, 首缓时间 <1.5s, 卡顿次数=0 次, 卡顿率=0% (基 于400ms画面的卡 顿时长)	24个终端观看短 视频, 首缓时间 <1.5s, 卡顿次数 =0次, 卡顿率=0% (基于400ms画 面的卡顿时长)	30个终端观看短视 频, 首缓时间<1.5s, 卡顿次数=0次, 卡 顿率=0% (基于 400ms画面的卡顿 时长)
文件传输应用	文件下载 (40MHz频宽)	40MHZ频宽, 单个AP 下, 3个终端同时进行 FTP下载文件速率	250Mbps	400Mbps	550Mbps
	文件下载 (80MHz频宽)	80MHZ频宽, 单个AP 下, 3个终端同时进行 FTP下载文件速率	600Mbps	800Mbps	1000Mbps
其他类应用	实时游戏	单个AP下, AP的信道利 用率达到70%以上, 5个 终端同时进行实时游戏 王者荣耀10分钟的体验	5个终端的网络启 动时间<15秒, 10 分钟网络丢包次 数<20次, 平均时延 <150ms	5个终端的网络 启动时间<10秒, 10分钟网络丢包 次数<10次, 平均 时延<100ms	5个终端的网络启 动时间<5秒, 10分 钟网络丢包次数<2 次, 平均时延<50ms

5.4. 网络安全评估指标

5.4.1. 终端网络安全

终端安全指标要求如下:

- a) 应具备终端识别能力, 支持识别办公用哑终端、摄像头、打印机、IP话机等;
- b) 应具备终端防私接能力, 包括HUB、路由器、Wi-Fi热点共享私接;
- c) 应支持仿冒终端识别、告警、自动阻断;
- d) 宜具备网络设备内置终端识别、防私接、终端异常检测能力;
- e) 宜具备终端上联端口的异常流量监测能力防止终端攻击整网安全。

5.4.2. 链路传输安全

链路传输安全指标要求如下:

- a) 交换机应支持防侦听;
- b) AP应支持空口加密传输;
- c) 可支持全链路防侦听和通过物理层防护进行空口防侦听的链路传输安全能力。

5.5. 网络运维评估指标

5.5.1. 用户可视

用户可视指标要求如下:

- a) 应支持查看2星期内用户接入的过程，包括关联、IP地址申请、认证和DNS访问；
- b) 应支持查看用户在AP间漫游的过程。

5.5.2. 网络可视

网络可视指标要求如下:

- a) 应支持无线健康度评估，包括AP上的用户接入成功率、用户接入耗时、漫游达标率、容量占用率、吞吐达标率等统计及评估；
- b) 应支持有线健康度评估，包括设备容量、网络状态、网络性能、网络协议等的统计及评估。

5.5.3. 应用可视

应用可视指标要求如下:

- a) 应支持针对园区内音视频媒体流量的丢包和时延进行实时监控；
- b) 可支持对监控的流量问题通过历史记录进行逐跳定位，空口及有线的丢包和时延测量精度应不低于90%；
- c) 应支持终端音视频流检测。

5.5.4. 无线网络自动优化

无线网络自动优化要求如下:

- a) 应支持周期性和/或事件触发式持续保障；
- b) 无线网络自动优化功能至少应涵盖以下可调参数：信道、频宽、功率，并应具备自适应调整能力；
- c) 在常规应用场景（高密度场景如场馆、报告厅等除外）中，系统应能自动识别并优化80%以上的典型无线网络问题；
- d) 无线网络自动优化应覆盖但不限于以下问题类型：网络覆盖不足、无线信号干扰、信道利用率过高、空口资源拥塞、终端接入容量超限、网络负载不均。

5.6. 网络节能评估指标

网络节能评估指标要求如下:

- a) 应支持免人工规划自动推荐节能策略，推荐的节能策略应不影响业务；
- b) 可支持AI潮汐预测，自动下发节能策略；
- c) 可支持CSI信道感知；
- d) 可支持网络设备与环境设备的联动自动调节，比如照明、空调、暖通等设备联动自动调节。

6. 高校园区网络测试方法

6.1. 基础网络

6.1.1. 网络扩展

测试目的	验证高校园区网络是否具备网络扩展的能力。
------	----------------------

组网拓扑	
预置条件	<p>a) 网络配置平台已完成部署及网络规划导入,设备已配置NETCONF参数; b) 网络配置平台选择管理网络接入方式。</p>
测试步骤	<p>a) 操作员将高校园区内Border和Edge设备接入管理网络（与网络配置平台接入网络方式保持一致），设备上电，检查是否有预期结果a); b) 操作员在网络配置平台上创建VxLAN园区网络，使能underlay网络自动化编排，指定VxLAN网络的外部网络访问和DHCP服务器资源，按照业务规划创建办公和访客虚拟网络，其中办公虚拟网络包含教职工和行政人员两个业务子网，访客虚拟网络包含访客业务子网，在配置平台上下发配置后有预期结果b); c) 操作员使用测试终端分别连接教职工、行政和访客网络，测试不同测试终端之间的连通性，有预期结果c); d) 操作员在配置平台上编排两个虚拟网络之间可以完全互访，再次使用终端测试不同虚拟网络之间的连通性，检查是否有预期结果d); e) 操作员在配置平台上编排两个虚拟网络之间部分互访，只有行政子网用户可以与访客用户互访，再次使用终端测试不同虚拟网络之间的连通性，检查是否有预期结果e); f) 操作员在配置平台上创建新的虚拟网络“一卡通”，并配置只有办公虚拟网络可以和一卡通虚拟网络互访，有预期结果f); g) 再次使用终端分别接入不同的虚拟网络，测试不同的虚拟网络之间的连通性，有预期结果g) 。</p>
预期结果	<p>a) 设备上电后成功被网络配置平台纳管，设备状态正常; b) 在网络配置平台上编排的VxLAN underlay和overlay配置成功下发到园区网络中的网络设备; c) 测试终端连接后能够通过DHCP获取到对应虚拟网络子网的IP地址，办公虚拟网内教职工和行政终端之间可以互访，办公和访客虚拟网之间的终端无法互访;</p>

	d) 网络配置平台编排完全互访策略成功，办公虚拟网的教职工和行政用户均可以与访客用户互访，具备SDN VxLAN能力； e) 网络配置平台编排部分互访策略成功，只有行政用户可以与访客用户互访，教职工用户无法与访客用户互访，具备SDN VxLAN能力； f) 一卡通虚拟专网业务下发成功，终端接入可以获取一卡通虚拟网络的地址； g) 办公虚拟网的教职工和行政用户均可以访问一卡通虚拟网络，访客无法访问一卡通虚拟网络。
备注	无

6.1.2. 线终端接入带宽

测试目的	验证高校园区网络有线终端接入带宽。
组网拓扑	<pre> graph TD WWW((www)) --- Core[核心交换机] Core --- Access[接入交换机] Access --- Client[FTP客户端] Access --- Server[FTP服务器] </pre>
预置条件	在接入交换机下挂有线FTP客户端，确保FTP客户端和FTP服务器网络可达。
测试步骤	a) 有线FTP客户端发起FTP请求，与FTP服务器建立FTP连接，有预期结果a); b) FTP客户端去下载超大文件，记录下载速率和下载时间，有预期结果b)。
预期结果	a) FTP客户端可以跟FTP服务器通过有线网络正常建立连接； b) FTP协议的下载速率符合评估指标。
备注	无

6.1.3. 无线终端接入带宽

6.1.3.1. 单用户带宽

测试目的	验证高校园区网络无线终端单用户带宽。
------	--------------------

组网拓扑	<pre> graph TD WWW((www)) --- Core[核心交换机] Core --- WAC[WAC] WAC --- POE[POE交换机] POE --- TestAP[测试AP] POE --- TestPhone[测试手机] Core --- FlowServer[打流服务器] </pre>
预置条件	<ul style="list-style-type: none"> a) WLAN接入业务已部署完成，测试AP配置直接转发模式，测试手机跟打流服务器之间网络可达； b) 通过WAC设备配置接入SSID，配置SSID频段、频段分别为5G射频，频宽160MHz或6G射频，320MHz。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 使用支持Wi-Fi 7的测试手机，在终端和服务器上部署吞吐量测试工具，终端关联5G频段的SSID并ping服务器，有预期结果a); b) 在终端和服务器上运行吞吐量测试工具，测试上行/下行TCP或UDP吞吐量，测试持续2分钟，记录上行/下行平均吞吐量，有预期结果b); c) 终端关联6G频段的SSID，重复步骤c)，有预期结果c); d) 将终端更换为支持Wi-Fi 6E的测试手机，关联5G频段的SSID并重复步骤c)，有预期结果d); e) 终端关联6G频段的SSID，重复步骤c)，有预期结果e)。
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) 终端成功接入无线网络且能ping通服务器； b) 支持Wi-Fi 7的测试手机5G频段上行/下行TCP或UDP吞吐量符合评估指标； c) 支持Wi-Fi 7的测试手机6G频段上行/下行TCP或UDP吞吐量符合评估指标； d) 支持Wi-Fi 6E的测试手机5G频段上行/下行TCP或UDP吞吐量符合评估指标； e) 支持Wi-Fi 6E的测试手机6G频段上行/下行TCP或UDP吞吐量符合评估指标。
备注	无

6.1.3.2. 多用户带宽

测试目的	验证高校园区网络无线终端多用户带宽。
组网拓扑	

前置条件	<ul style="list-style-type: none"> a) WLAN接入业务已部署完成，测试AP配置直接转发模式，测试手机跟打流服务器之间网络可达。 b) 登录WAC配置无线业务参数，配置SSID频段为5G, 160MHz频宽或6G, 160MHz频宽。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 使用多个支持Wi-Fi 7的测试手机进行测试，在测试手机和打流服务器上部署吞吐量测试工具，所有测试手机关联5G频段SSID并ping 服务器地址，有预期结果a); b) 在测试手机和打流服务器上同时运行吞吐量测试工具，测试上行/下行TCP或UDP吞吐量，测试2分钟，记录上行/下行总吞吐量，有预期结果b); c) 所有终端关联6G频段SSID并ping 服务器，有预期结果c); d) 重复步骤c)，有预期结果d)。
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) 所有测试手机成功接入无线网络且均能ping通服务器； b) 测试手机5G频段多用户上行/下行TCP或UDP吞吐量符合评估指标； c) 所有测试手机成功接入无线网络且均能ping通服务器； d) 测试手机6G频段多用户上行/下行TCP或UDP吞吐量符合评估指标。
备注	无

6.1.4. 无线并发数

测试目的	验证高校园区网络单个AP下接入终端数。
组网拓扑	

前置条件	WLAN接入业务已部署完成，测试AP采用直接转发模式，测试手机跟打流服务器之间网络可达。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 登录WAC配置无线业务参数，配置SSID频段为5G，频宽160MHz; b) 连接1个测试手机接入该SSID进行测试，有预期结果a); c) 同时连接多个测试手机接入同一个SSID进行测试，有预期结果b)。
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) Wi-Fi终端可正常接入; b) 并发的接入无线用户终端数符合评估指标。
备注	无

6.1.5. 无线信号覆盖

测试目的	验证高校园区网络无线信号覆盖。
------	-----------------

组网拓扑	<p>The diagram illustrates a network topology. At the top is a globe icon representing the Internet. A line connects it to a blue rectangular box labeled '核心交换机' (Core Switch). From the core switch, two lines branch out: one to a blue rectangular box labeled 'WAC' (Wireless Access Controller), and another to a blue rectangular box labeled 'POE交换机' (POE Switch). A line from the POE switch connects to a blue smartphone icon labeled 'STA' (Smart Terminal Access). Below the core switch, there is a vertical dashed line with arrows pointing up to '天花板' (Ceiling) and down to '地面' (Ground). A horizontal dashed line with arrows points left and right, labeled '距离10m' (Distance 10m), indicating the coverage area of the STA. A vertical dashed line with arrows pointing up and down is labeled '3m', indicating the height of the STA from the ground.</p>
预置条件	WLAN接入业务已部署完成，AP采用直接转发模式，测试手机跟打流服务器之间网络可达。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 登录WAC配置无线业务参数，在AP上分别配置3个SSID，SSID1设置频段为5G，频宽40MHz，SSID2设置频段为5G，频宽80MHz，SSID3设置频段为5G,频宽160MHz; b) 连接测试手机接入AP1的SSID1，有预期结果a); c) 选取距离AP正下方10米的4个点位，进行下行TCP/UPD打流，持续1min；计算下行平均吞吐，并记录数据，有预期结果d); d) 连接测试手机接入AP的SSID2，有预期结果b); e) 重复测试步骤c); f) 连接测试手机接入AP的SSID3，有预期结果c); g) 重复测试步骤c).
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) 测试手机可以连接到AP SSID1，可以ping通打流服务器； b) 测试手机可以连接到AP SSID2，可以ping通打流服务器； c) 测试手机可以连接到AP SSID3，可以ping通打流服务器； d) 无线信号覆盖数据符合评估指标。
备注	无

6.1.6. 无线漫游

测试目的	验证高校园区网络无线漫游性能。
------	-----------------

组网拓扑	
预置条件	WLAN接入业务已部署完成，AP均采用直接转发模式，测试手机跟打流服务器之间网络可达。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 登录WAC配置无线业务参数，在AP1和AP2上分别配置3个SSID，SSID1设置频段为5G，频宽40MHz，SSID2设置频段为5G，频宽80MHz，SSID3设置频段为5G，频宽160MHz； b) 连接测试手机接入AP1的SSID1，有预期结果a)； c) 模拟测试手机在AP1和AP2之间移动漫游，并启动下行打流，记录漫游过程中测试手机流量的平均吞吐率和最低吞吐率，并记录数据，有预期结果d)； d) 连接测试手机接入AP1的SSID2，有预期结果b)； e) 重复测试步骤c)； f) 连接测试手机接入AP1的SSID3，有预期结果c)； g) 重复测试步骤c)。
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) 测试手机可以连接到AP1 SSID1，可以ping通打流服务器； b) 测试手机可以连接到AP1 SSID2，可以ping通打流服务器； c) 测试手机可以连接到AP1 SSID3，可以ping通打流服务器； d) 无线漫游数据符合评估指标。
备注	无

6.2. 网络应用

6.2.1. 视频类应用

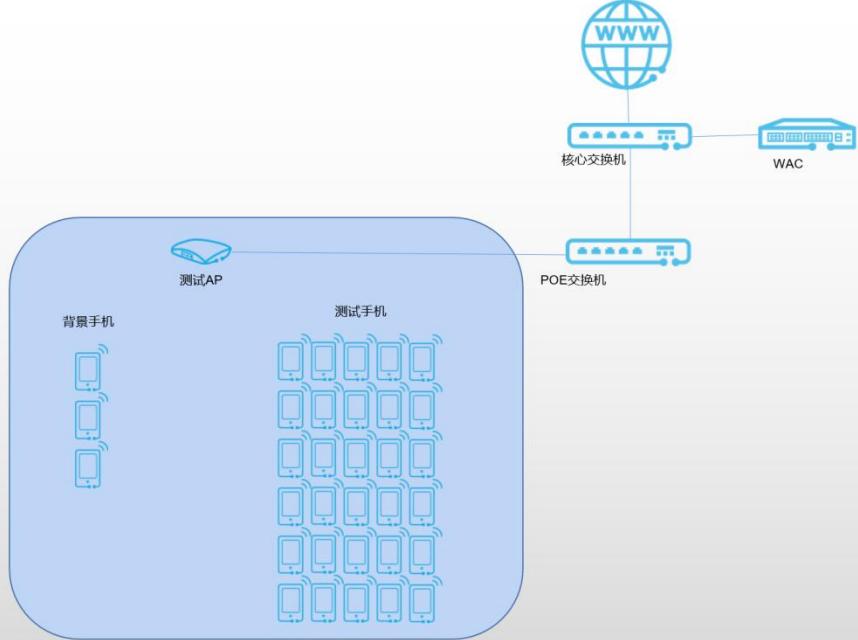
6.2.1.1. 视频会议

测试目的	验证高校园区网络中单个AP下，在AP的信道利用率达到70%以上，30个终端同时进
------	--

	行5分钟视频会议的体验。
组网拓扑	<p>The diagram illustrates a network topology for testing video conferencing. At the top, a globe icon represents the Internet. Below it, a core switch is connected to a WAC (Wireless Access Controller) and a POE (Power over Ethernet) switch. The WAC is connected to a '测试AP' (Test AP), which is then connected to a group of 30 phones arranged in a grid. A '背景手机' (Background Phone) is connected to the POE switch. Other APs are shown connected to the core switch. A '会议主持手机' (Meeting Host Phone) is also present.</p>
预置条件	<ul style="list-style-type: none"> a) 挂顶部署测试AP，通过WAC设备配置接入SSID，配置SSID频段为5G，频宽80MHz。 b) 使用3台背景手机接入做FTP下载业务，使用30台测试手机接入WLAN网络并安装腾讯会议，使用1台会议主持手机加入会议共享屏幕循环播放视频。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 3台背景手机开启FTP下载业务，在WAC上观察AP信道利用率，有预期结果a); b) 使用30台测试手机加入同一腾讯视频会议，开启屏幕录制，进行5分钟业务体验，通过软件分析测试视频数据，有预期结果b)。
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) 测试AP信道利用率达到70%以上; b) 满足视频帧率>10fps,卡顿率<1.5% (基于400ms画面的卡顿时长) 的终端视频会议个数符合评估指标。
备注	无

6.2.1.2. 视频点播

测试目的	验证高校园区网络中单个AP下，AP的信道利用率达到70%以上，30个终端同时进行腾讯/优酷视频点播5分钟的体验。
------	--

组网拓扑	
预置条件	挂顶部署测试AP，通过WAC设备配置接入SSID，配置SSID频段为5G频宽40MHz，使用3台背景手机接入做FTP下载业务，使用30台测试手机接入WLAN网络并安装视频点播的测试工具。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 3台背景手机开启FTP下载业务，在WAC上观察AP信道利用率，有预期结果a); b) 使用30台测试手机使用工具自动点击播放1080p高清视频，进行视频点播5分钟，通过工具运行分析视频播放体验结果，有预期结果b)。
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) 测试AP视频信道利用率达到70%以上; b) 满足首缓时间<2s，卡顿次数=0次，卡顿率=0%（基于400ms画面的卡顿时长）的终端视频点播个数符合评估指标。
备注	无

6.2.1.3. 直播

测试目的	验证高校园区网络中单个AP下，AP的信道利用率达到70%以上，30个终端同时进行观看5分钟直播的体验。
------	---

组网拓扑	
前置条件	挂顶部署测试AP，通过WAC设备配置接入SSID，配置SSID频段为5G，频宽为40MHz，使用3台背景手机接入做FTP下载业务，使用30台测试手机接入使用软件观看直播视频，使用1台直播手机作为直播源循环播放视频，所有手机接入WLAN网络。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 3台手机开启FTP下载业务，在WAC上观察测试AP视频信道利用率，有预期结果a); b) 使用30台测试手机加入直播，观看直播视频，开启屏幕录制，进行5分钟业务体验，通过软件分析测试视频数据，有预期结果b)。
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) AP视频信道利用率达到70%以上； b) 满足视频帧率>15fps,卡顿率<1%的观看直播的终端个数符合评估指标。
备注	无

6.2.1.4. 4K 视频 (40MHz 频宽)

测试目的	验证高校园区网络中单个AP在40MHz频宽下，使用工具测试4K视频播放5分钟的体验。
------	--

组网拓扑	
预置条件	挂顶部署测试AP，通过WAC设备配置接入SSID，配置SSID频段为5G，频宽40MHz，使用10台测试手机接入WLAN网络同一个SSID的5GHz射频，并安装视频播放的测试工具。
测试步骤	使用10台测试手机使用工具自动点击播放4K视频，进行5分钟业务体验，通过工具运行分析视频播放体验结果。
预期结果	满足首缓时间<3s，卡顿次数=0，卡顿率=0%的终端4K视频个数符合评估指标。
备注	无

6.2.1.5. 4K 视频 (80MHz 频宽)

测试目的	验证高校园区网络中单个AP在80MHz下，使用工具测试4K视频播放体验良好以上的并发路数。
组网拓扑	
预置条件	挂顶部署测试AP，通过WAC设备配置接入SSID，配置SSID频段为5G，频宽为80MHz，使用20台手机接入WLAN网络，并安装视频播放的测试工具。
测试步骤	使用20台测试手机使用工具自动点击播放4K视频，进行5分钟业务体验，通过工具运行分析视频播放体验结果。

预期结果	满足首缓时间<3s, 卡顿次数=0, 卡顿率=0%的终端4K视频个数符合评估指标。
备注	无

6.2.1.6. VR (40MHz 频宽)

测试目的	验证高校园区网络中40MHz频宽下教育实训VR应用并发数。
组网拓扑	
预置条件	<ul style="list-style-type: none"> a) 挂顶部署测试AP，通过WAC设备配置接入SSID，配置SSID频段为5G，频宽40MHz； b) 准备4个测试VR头显（建议使用Pico4或Pico4U）及4台渲染服务器（建议搭载英伟达RTX4070及以上显卡，内存16G以上）。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 4个测试VR头显通过WIFI接入网络，4台渲染服务器通过有线GE接口接入PoE交换机，渲染服务器与头显IP在同一个网段，通过StreamVR+ALVR进行应用串流，在ALVR中码率上限设置为50Mbps，帧率72Hz，分辨率4288*2144； b) 在所有VR终端上的开启ALVR串流客户端； c) 在对应的串流服务器上打开ALVR串流服务端，开启针对对应头显的上行过滤抓包，打开VR渲染应用，有预期结果a)。
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) 满足帧率>50Hz，400ms画面停滞卡顿时间占比<1.5%的VR并发数符合评估指标。
备注	<ul style="list-style-type: none"> a) StreamVR采用官方最新版本，应用可采用theBlu或Alyx等需渲染串流的应用来替代，ALVR建议版本20.X以上； b) 基于上行抓包中的Statistics报文中的信息来计算帧率与卡顿率。

6.2.1.7. VR (80MHz 频宽)

测试目的	验证高校园区网络中80MHz频宽下教育实训VR应用并发数。
------	-------------------------------

组网拓扑	
预置条件	<ul style="list-style-type: none"> a) 挂顶部署测试AP，通过WAC设备配置接入SSID，配置SSID频段为5G，频宽80MHz; b) 根据测试目标路数准备合适数量的VR头显（建议Pico4或Pico4U）及渲染服务器（建议搭载英伟达RTX4070及以上显卡，内存16G以上）。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 7个VR头显通过WIFI接入网络，7个渲染服务器通过有线GE接口接入PoE交换机，渲染服务器与头显IP在同一个网段，通过StreamVR+ALVR进行应用串流，在ALVR中码率上限设置为50Mbps，帧率72Hz，分辨率4288*2144； b) 在所有VR终端上的开启ALVR串流客户端； c) 在对应的串流服务器上打开ALVR串流服务端，开启针对对应头显的上行过滤抓包，打开VR渲染应用，有预期结果a)。
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) 满足帧率>50Hz，400ms画面停滞卡顿时间占比<1.5%的VR并发数符合评估指标。
备注	<ul style="list-style-type: none"> a) StreamVR采用官方最新版本，应用可采用theBlu或Alyx等需渲染串流的应用来替代，ALVR建议版本20.X以上； b) 基于上行抓包中的Statistics报文中的信息来计算帧率与卡速率。

6.2.1.8. 短视频

测试目的	验证高校园区网络中单个AP下，在AP的信道利用率达到70%以上，30个终端同时短视频（抖音或快手）点播的体验。
------	---

组网拓扑	
预置条件	挂顶部署测试AP，通过WAC设备配置接入SSID，配置SSID频段为5G HE40，使用3台背景手机接入做FTP下载业务，使用30台测试手机接入WLAN网络同一个SSID的5GHz射频，并安装短视频点播的测试工具。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 3台背景手机开启FTP下载业务，在WAC上观察测试AP信道利用率，有预期结果a); b) 使用30台测试手机使用工具自动点击播放短视频，进行5分钟业务体验，通过工具运行分析短视频点播体验结果，有预期结果b)。
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) AP视频信道利用率达到70%以上; b) 满足首缓时间<1.5s，卡顿次数=0次，卡顿率=0%（基于400ms画面的卡顿时长）的短视频点播终端个数符合评估指标。
备注	无

6.2.2. 文件传输应用

6.2.2.1. 文件下载（40MHz 频宽）

测试目的	测试高校园区网络中单个AP在40MHz频宽下的无线文件下载速率。
------	----------------------------------

组网拓扑	
预置条件	挂顶部署测试AP，通过WAC设备配置接入SSID，配置SSID频段为5G，频宽40MHz，使用3台手机接入WLAN网络。
测试步骤	使用3台手机同时点击FTP下载相同大小文件（3G文件），测试下载速率。
预期结果	3台手机的下载平均速率符合评估指标。
备注	3台手机均应支持Wi-Fi 7。

6.2.2.2. 文件下载（80MHz 频宽）

测试目的	测试高校园区网络中单个AP80MHz频宽下的无线文件下载速率。
组网拓扑	
预置条件	部署面板测试AP，通过WAC设备配置接入SSID，配置SSID频段为5G，频宽80MHz，使用3台手机接入WLAN网络。
测试步骤	使用3台手机同时点击FTP下载相同大小文件（3G文件），验证下载速率。
预期结果	3台手机的下载平均速率符合评估指标。
备注	3台手机均应支持Wi-Fi 7。

6.2.3. 其他类应用

6.2.3.1. 实时游戏

测试目的	测试高校园区网络 5 人公寓型宿舍场景的实时游戏性能。
组网拓扑	
预置条件	在5人宿舍大开间部署面板测试AP，通过WAC设备配置接入SSID，配置SSID频段为5G，频宽40MHz。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 3个背景手机进行文件上传，持续10分钟，有预期结果a); b) 在3个背景手机持续上传业务的背景基础上，5个测试手机通过工具验证游戏性能，有预期结果b)。
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) 5个终端实时游戏的网络启动时间，10分钟网络丢包次数和平均时延符合评估指标。

6.3. 网络安全

6.3.1. 终端安全

6.3.1.1. 终端识别

测试目的	验证高校园区网络的终端识别功能。
------	------------------

组网拓扑	<p>The diagram illustrates a network topology. At the top is a light blue rounded rectangle labeled '集中控制平台' (Central Control Platform), which contains two smaller boxes: '网络配置平台' (Network Configuration Platform) on the left and '网络监控平台' (Network Monitoring Platform) on the right. A vertical double-headed arrow connects these two boxes. Below the platform is a square icon with a circular arrow inside, labeled '核心交换机' (Core Switch). Another vertical double-headed arrow connects the platform to the core switch. Below the core switch is another square icon with a horizontal double arrow inside, labeled '接入交换机' (Access Switch). A vertical double-headed arrow connects the core switch to the access switch. Two lines descend from the access switch to two icons at the bottom: a camera icon labeled '摄像头' (Camera) on the left and a telephone icon labeled 'IP话机' (IP Phone) on the right.</p>
前置条件	<ul style="list-style-type: none"> a) 网络设备和集中控制平台之间建立通信; b) 在网络中配置MAC认证接入业务。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 操作员在集中控制平台上开启终端识别功能，匹配不同的终端识别类型授权不同的动态VLAN; b) 分别使用摄像头和IP话机连接接入交换机端口，观察两种终端的网络状态，有预期结果a); c) 在集中控制平台上查看终端信息和终端认证日志，有预期结果b)。
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) 摄像头和IP话机启动后均能够接入网络，两种终端获取的IP地址段与授权的动态VLAN对应网段一致; b) 集中控制平台上能够查看接入的终端信息，包含识别的终端类型，终端认证日志中可以查看到两种终端匹配到对应的授权。
备注	无

6.3.1.2. 终端防私接

测试目的	验证高校园区网络的终端防私接功能。
------	-------------------

组网拓扑	
预置条件	<ul style="list-style-type: none"> a) 网络设备和集中控制平台之间已经建立通信; b) 在网络中已经配置有线和无线业务。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 通过集中控制平台在网络中接入交换机上开启终端防私接功能，指定防私接防护类型包含HUB接入，路由共享接入以及无线热点共享接入; b) 连接HUB设备到接入交换机端口，并使用有线终端连接HUB设备上网，有预期结果a); c) 连接家用路由器设备到接入交换机端口，使用有线终端连接家用路由器通过NAT方式上网，有预期结果b); d) 使用无线终端连接AP的SSID，通过该终端释放无线热点信号，使用新的无线终端连接热点信号并上网，有预期结果c); e) 在集中控制平台上对所有私接终端进行阻断操作，查看所有私接终端的网络访问情况，有预期结果d)。
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) 集中控制平台上HUB类型私接终端告警，能够显示私接终端的具体信息，包括私接终端MAC、IP地址、接入设备及端口; b) 集中控制平台上路由共享类型私接终端告警，能够显示私接终端的具体信息，包括私接终端MAC、IP地址、接入设备及端口; c) 集中控制平台上无线热点共享类型私接终端告警，能够显示私接终端的具体信息，包括私接终端MAC、IP地址、接入设备及端口; d) 所有私接的终端均被阻断，无法访问网络。
备注	无

6.3.1.3. 终端防仿冒

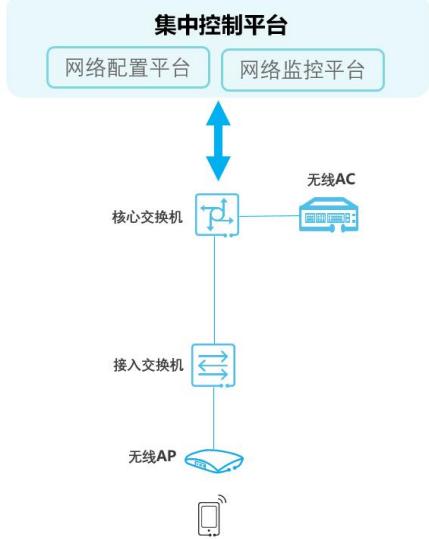
测试目的	验证高校园区网络的终端防仿冒功能。
------	-------------------

组网拓扑	
预置条件	<ul style="list-style-type: none"> a) 网络设备和集中控制平台之间已经建立通信; b) 在网络中已经配置MAC认证接入业务。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 在集中控制平台上开启园区网络的终端识别和防仿冒功能; b) 连接一台合法的摄像头终端到接入交换机, 查看摄像头的网络权限, 有预期结果a); c) 将摄像头断开网络, 在相同位置连接一台PC仿冒摄像头终端接入网络, 查看仿冒终端的网络权限, 有预期结果b)。
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) 摄像头终端能够正常接入网络; b) 集中控制平台上产生仿冒终端告警, 平台将仿冒终端MAC地址加入黑名单并通知接入交换机将终端强制下线, 仿冒终端无法接入网络。
备注	无

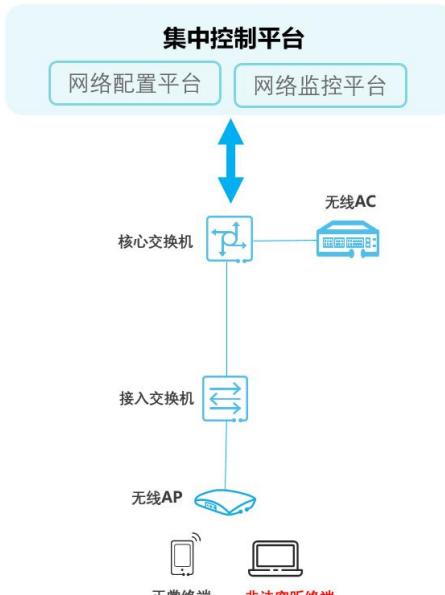
6.3.2. 链路传输安全

6.3.2.1. 有线防侦听

测试目的	验证高校园区网络的有线防侦听功能。
------	-------------------

组网拓扑	
预置条件	<ul style="list-style-type: none"> a) 网络设备和集中控制平台之间已经建立通信; b) 在网络中已经配置有线及无线业务。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 在园区网络的有线链路上使能防侦听加密功能，包含核心交换机和接入交换机之间，以及接入交换机与无线AP之间的有线链路; b) 使用无线终端接入并访问网络，在所有有线链路上监听数据包，查看监听情况，有预期结果a)。
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) 监听到的数据报文均被安全加密。
备注	无

6.3.2.2. 无线防侦听

测试目的	验证高校园区网络的无线防侦听功能。
组网拓扑	
预置条件	<ul style="list-style-type: none"> a) 网络设备和集中控制平台之间已经建立通信;

	b) 在网络中已经配置有线及无线业务。
测试步骤	a) 操作员使用无线终端接入网络，使用另一个终端嗅探空口的无线数据报文，有预期结果a); b) 无线网络使能无线防侦听功能，再次使用终端嗅探空口的无线数据报文，有预期结果b)。
预期结果	a) 终端可以抓取到正常无线终端通信的数据报文信息; b) 终端无法抓取到正常无线终端通信的数据报文信息。
备注	无

6.4. 网络运维

6.4.1. 用户可视

测试目的	验证高校园区网络的用户可视功能。
组网拓扑	
预置条件	a) 网络设备和集中控制平台之间已经建立通信; b) 在网络中已经配置802.1x和Portal认证接入业务。
测试步骤	a) 操作员连接有线和无线终端，有线终端通过802.1x认证接入网络，无线用户使用portal认证接入网络，在网络监控平台上查看用户旅程信息，有预期结果a); b) 操作员使用无线终端在两个无线AP之间移动触发漫游，在网络监控平台上查看漫游信息，有预期结果b); c) 模拟Radius服务器不可达故障（如路由断开等），重新接入有线和无线终端，有预期结果c); d) 在网络监控平台上查看用户接入协议的回放，有预期结果d)。
预期结果	a) 用户旅程信息中能够查看到用户在何时、何地、何种身份以及通过何种方式接入网络，无线用户还能查看接入无线网络的质量信息; b) 在网络监控平台上能够查看用户漫游事件的详细信息，包含漫游前后接入的AP

	及相关网络质量指标; c) 终端接入失败; d) 在网络监控平台上能够查看用户认证接入协议的回放，包含802.1x, Portal, Radius以及DHCP协议的详细交互流程，并能够定位到用户接入失败的原因。
备注	无

6.4.2. 网络可视

6.4.2.1. 有线健康度

测试目的	验证高校园区网络的有线健康度可视化功能。
组网拓扑	<pre> graph TD CC[集中控制平台 --- 网络配置平台 --- 网络监控平台] <--> CE[核心交换机] CE <--> AE[接入交换机] AE --- WT1[有线终端] AE --- WT2[有线终端] </pre>
预置条件	a) 网络设备和集中控制平台之间已经建立通信; b) 有线网络中已有正常的用户和业务。
测试步骤	a) 在网络监控平台上查看有线网络健康度信息，有预期结果a); b) 在接入交换机和核心交换机之间配置OSPF路由协议，通过反复关闭和恢复端口构造OSPF协议震荡事件，在网络监控平台上查看有线网络健康度信息，有预期结果b)。
预期结果	a) 网络监控平台上可以从多维度查看有线网络的健康度信息，包括设备容量（如CPU、内存、ARP表项、MAC表项、ACL表项等）、网络状态（如接口状态、光模块等）、网络性能（如接口拥塞、队列拥塞等）以及网络协议（如OSPF震荡、BGP Peer Down等）等指标的统计和评估; b) 网络监控平台上网络协议维度评估分数下降，监控平台能够分析导致分数下降的原因是网络中出现OSPF震荡故障，并能够查看到OSPF震荡故障发生的设备及时间。
备注	无

6.4.2.2. 无线健康度

测试目的	验证高校园区网络的无线健康度可视化功能。
------	----------------------

组网拓扑	
预置条件	<ul style="list-style-type: none"> a) 网络设备和集中控制平台之间已经建立通信; b) 无线网络中已有正常的用户和业务。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 在无线网络中使用真实终端进行认证上下线、漫游及观看高清直播; b) 在网络监控平台上查看无线网络健康度信息，有预期结果a)。
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) 网络监控平台上可以从多维度查看无线网络的健康度信息，包括无线用户接入成功率、用户接入耗时、漫游达标率、无线容量占用率以及无线吞吐达标率等指标的统计和评估。
备注	无

6.4.3. 应用可视

测试目的	验证高校园区网络的音视频体验监测功能。
组网拓扑	
预置条件	<ul style="list-style-type: none"> a) 网络设备和集中控制平台之间已经建立通信; b) 在网络中已经配置无线业务。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 在园区网络的有线和无线侧部署音视频体验监测功能; b) 操作员使用两个无线终端接入网络并加入腾讯会议或钉钉，在网络监控平台上

	<p>查看视频会议应用的体验质量信息，有预期结果a);</p> <p>c) 使用流量服务器发送背景流量模拟有线网络的丢包，在网络监控平台上查看视频会议应用的体验质量信息，有预期结果b);</p> <p>d) 通过流量服务器发送背景流量，模拟无线空口信道利用率高的场景，以触发高丢包率和时延增长现象；在网络监控平台上查看视频会议应用的体验质量信息，有预期结果c)。</p>
预期结果	<p>a) 网络监控平台上能够逐跳展示视频会议应用在空口和有线链路的丢包和时延信息；</p> <p>b) 网络监控平台上能够定界到有线网络丢包故障发生的具体位置，统计的丢包信息与实际应用的一致；</p> <p>c) 网络监控平台上能够定界到无线空口发生应用体验质量故障。</p>
备注	无

6.4.4. 无线网络自动优化

6.4.4.1. 全局 WIFI 优化

测试目的	验证网络监控平台支持全局网络自动优化
组网拓扑	
前置条件	<p>a) AC、AP和网络监控平台能够互通，AC已纳管到网络监控平台</p> <p>b) 网络监控平台已安装无线网络自动优化特性。</p> <p>c) 网络设备和集中控制平台之间已经建立通信；</p>
测试步骤	<p>a) 操作员搭建一个无线网络连续组网，模拟构造带宽低、信道冲突等场景；</p> <p>b) 操作员在网络监控平台的无线网络自动优化界面，开启监控网络优化，有预期结果a);</p> <p>c) 第二天查看网络全局优化的结果，有预期结果b)。</p>
预期结果	<p>a) 在网络监控平台无线网络自动优化界面，可看到监控的网络信号强度、干扰率等指标；</p> <p>b) 可看到全局网络中各个设备的带宽、信道优化的记录，等待一段时间后可查看优化收益结果。</p>
备注	无

6.4.4.2. 故障自闭环

测试目的	验证网络监控平台支持故障优化自闭环
组网拓扑	
前置条件	<ul style="list-style-type: none"> a) AP和网络监控平台能够互通，AC已添加到网络监控平台； b) 已安装无线网络自动优化特性。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 操作员模拟构造高干扰、弱覆盖、高信道、空口拥塞、非5G优先接入、终端容量超限等故障。 b) 操作员在网络监控平台的无线网络自动优化界面，开启监控网络优化，有预期结果a)； c) 查看无线网络自动优化界面事件处理详情，有预期结果b)。
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) 在网络监控平台无线网络自动优化界面，可看到监控的网络信号强度、干扰率等指标； b) 网络自动优化界面可以看到高干扰、弱覆盖、高信道、空口拥塞、非5G优先接入、终端容量超限等故障自动闭环的事件。查看事件，呈现出事件相关的問題详情、根因定位、优化方案和执行结果，可查看优化收益结果。
备注	无

6.5. 网络节能

6.5.1. 网络节能

测试目的	验证高校园区网络的网络节能能力。
------	------------------

组网拓扑	
预置条件	<ul style="list-style-type: none"> a) 网络设备和集中控制平台之间已经建立通信; b) 无线网络中已有正常的用户和业务。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 操作员在网络中模拟潮汐规律的无线业务模型, 即白天接入用户数及流量较大, 夜间只有少量或者没有终端接入; b) 操作员通过网络监控平台查看整网能耗统计, 有预期结果a); c) 在网络监控平台上查看网络节能策略, 有预期结果b); d) 在网络中应用节能策略后在监控平台上查看节能效果, 有预期结果c)。
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) 网络监控平台上能够直观呈现整网设备能耗以及等量碳排放信息统计以及趋势; b) 网络监控平台能够自动生成节能策略, 包含智能推荐节能时间段, 并支持选举少量无线AP继续工作保障节能时段的用网体验; c) 网络监控平台能够直观呈现节能策略部署前后的能耗对比趋势, 节能效果显著。
备注	无

6.5.2. 联动节能

测试目的	验证高校园区网络的联动节能能力。
------	------------------

组网拓扑	
预置条件	<ul style="list-style-type: none"> a) 网络设备和集中控制平台之间已经建立通信; b) AP挂顶部署，无线网络中已有正常的用户和业务。
测试步骤	<ul style="list-style-type: none"> a) 通过网络配置平台使能无线业务的人员检测功能; b) 操作员位置移动，在网络监控平台上查看人员感知信息，有预期结果a); c) 用户离开无线AP的检测范围，在网络监控平台上查看人员感知信息，有预期结果b); d) 操作员正常静止办公，在网络监控平台上查看人员感知信息，有预期结果c); e) 通过网络监控平台向第三方物联管理系统推送人员检测状态，有预期结果d).
预期结果	<ul style="list-style-type: none"> a) 网络监控平台上人员检测结果为‘有人状态’，并且能查看不同时间段内的人员趋势; b) 网络监控平台上人员检测结果为‘无人状态’； c) 网络监控平台上人员检测结果为‘有人状态’； d) 通过对接第三方物联管理系统可以实现根据人员状态控制照明/空调/暖通等设备的联动开关调节，达到节能效果。
备注	无