

全光接入网

行业解决方案白皮书

烽火通信科技股份有限公司

FiberHome Telecommunication Technologies Co., Ltd.

目录

1. 宏观环境.....	1
2. 全光接入网行业解决方案概述.....	6
2.1 简介	7
2.2 网络架构	7
2.3 关键特征	8
2.4 相关技术	9
3. 应用场景与解决方案.....	25
3.1 办公园区场景	27
3.1.1 业务发展趋势.....	27
3.1.2 网络痛点.....	28
3.1.3 全光接入网办公园区解决方案.....	29
3.2 工业制造场景	36
3.2.1 业务发展趋势.....	36
3.2.2 网络痛点.....	37
3.2.3 全光接入网工业 PON 解决方案.....	38
3.3 智慧酒店场景	42
3.3.1 业务发展趋势.....	42
3.3.2 网络痛点.....	43
3.3.3 全光接入网智慧酒店解决方案.....	45
3.4 智慧医院场景	49
3.4.1 业务发展趋势.....	49
3.4.2 网络痛点.....	51
3.4.3 全光接入网智慧医院解决方案.....	52
3.5 智慧校园场景	59
3.5.1 业务发展趋势.....	59
3.5.2 网络痛点.....	60
3.5.3 全光接入网智慧校园解决方案.....	60
3.6 小微企业场景	66
3.6.1 业务发展趋势.....	66
3.6.2 网络痛点.....	66
3.6.3 全光接入网小微企业解决方案.....	67
4 展望.....	71

第一章

宏观环境

全球经济下行趋势持续，数字技术助力复苏

近年来，新冠疫情反复、地缘冲突加剧、能源短缺、贸易保护、高通胀等多种不利因素叠加，全球经济下行趋势愈发明显。而以云计算、大数据、工业互联网、物联网、人工智能等数字技术为核心驱动力，以千兆光网、5G、卫星通信等现代信息网络为载体的数字经济，却呈现高速发展之势，为全球经济复苏带来了曙光。

放眼全球，世界正处于百年未有之大变局，数字经济正引领新一轮科技革命，成为重组全球要素资源、重塑全球经济结构、改变全球竞争格局的关键力量。世界各国高度重视数字经济发展，纷纷将数字经济提升到战略高度，加大研发投入，通过产业数字化转型推动经济的可持续发展。美国发布《关键与新兴技术国家战略》强调，在人工智能、通信和网络技术、半导体和微电子学、量子信息科学等20个技术领域保持领先地位。欧盟发布《2030 数字罗盘：欧洲数字十年之路》计划，提出建设高度专业的数字人才队伍，构建安全、高性能和可持续的数字基础设施，致力于企业数字化转型以及大力推进公共服务的数字化。日本发布《第六期科学技术创新基本计划》，提出推进数字化转型，构建富有韧性的经济结构，在世界范围内率先实现超智能社会 5.0。韩国政府发布“新政”经济发展规划，大力发展数字和绿色经济，重点涉及10个领域，包括“数据大坝”、人工智能政府、智能医疗基础设施等。

聚焦国内，在以习近平总书记为核心的党中央领导下，我国将数字经济上升到国家战略高度。2017年党的十九大明确提出要加快建设“数字中国”。2021年《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》中，数字化独占一篇。2022年党的二十大上，中央又强调构建新一代信息技术，加快发展数字经济，促进数字经济和实体经济深度融合。

信息通信基础设施是支撑数字经济发展和推动产业数字化转型的重要基石，以PON技术为基础的全光接入网是中国新一代信息通信基础设施的重要组成部分，国家出台了一系列政策推动其发展：

- 《政府工作报告》中提出，加大5G网络和千兆光网建设力度，丰富应用场景。
- “十四五”规划和2035年远景目标纲要，强调推广升级千兆光纤网络。

- 工信部出台《“双千兆”网络协同发展行动计划（2021-2023 年）》，提出到 2023 年底，实现“双百”目标：建成 100 个千兆城市，打造 100 个千兆行业虚拟专网标杆工程。
- 工信部发布《“十四五”信息通信行业发展规划》，提出持续扩大光纤网络覆盖范围，完善产业园区、商务楼宇、学校、医疗卫生机构等重点场所千兆光纤网络覆盖。
- 工信部、国家发改委联合发布《关于促进云网融合 加快中小城市信息基础设施建设的通知》，提出到 2025 年，实现“千城千兆”和“千城千池”建设目标。

人类面临前所未有的环境威胁，双碳目标意义非凡

2021 年 8 月 9 日，IPCC 第六次气候变化评估报告第一工作组报告发布。本次报告基于观测资料的最新评估显示，2011-2020 年全球表面温度要比 1850-1900 年暖 1.09°C。报告凸显几个关键词，unequivocal（毫不含糊）：人类通过燃烧化石燃料排放温室气体，造成了全球变暖问题；unprecedented（史无前例）：目前大气中二氧化碳的浓度处于至少 200 万年来的最高点，北极海冰面积是至少过去 1000 年来最低值，目前升温的速度至少过去 2000 年以来前所未有，海平面上升幅度至少过去 3000 年以来前所未有；irreversible（不可逆转）：全球增暖对于气候系统（包括海平面、北极海冰、冻土层、山地冰川和极地冰盖等）的影响，在未来数百到千年的时间尺度上是不可逆的。

积极应对气候变化已成为全球共识，“碳达峰、碳中和”已成为人类共同的使命。截至 2022 年 5 月，全球已有 127 个国家提出或准备提出碳中和目标，欧洲、美国、日本等经济体提出 2050 年实现碳中和，我国则向联合国承诺 2030 年实现碳达峰，2060 年实现碳中和。

根据德国联邦环境局公布的数据，相较于铜线网络，光纤网络单比特能效可提升 78%。光纤取代铜缆作为传输介质，可有效减少铜矿这类不可再生资源的开采需求。基于 PON 技术的全光接入网采用无源设备替换有源设备，拥有极简的二层架构，实现低碳节能。以一个 2000 个信息点的网络为例，每年可减少 26.5 吨碳排放，相当于种植了 1000 棵树。据行业测算，未来 10 年间，千兆光网可助

力中国全社会各领域累计减少约 2 亿吨二氧化碳排放，等效于累计种树约 10 亿棵，将为碳达峰的目标作出巨大贡献。

新业态、新应用驱动信息通信网络联接能力持续提升

随着我国数字经济的深化发展，新业态、新模式正强势崛起，在线教育、远程办公、远程医疗、直播电商等“云上新业态”实现爆发式增长，并逐渐改变人们的生活方式和习惯。同时，机器开始大规模使用，无人工厂、无人零售、无人银行、无人加油站等“无人经济”也呈现急剧增长态势。

时代的年轮滚滚向前，新技术、新应用层出不穷。传感技术作为物联网海量数据和信息的来源，已渗透到我们生活和工作的方方面面。Cloud VR 作为现代信息时代的一大杀手级应用，已广泛应用到娱乐、教育、电竞、营销、旅游等行业或场景。随着 4K 电视进入寻常百姓家，8K 视频也逐渐进入消费者的视野，当前在体育赛事、演唱会、晚会等直播场景都逐渐开始应用。

新业态、新应用推动着通信网络承载能力的持续提升，基于 PON 技术的全光接入网通过带宽的高速演进、连接的不断升级、时延的持续优化、体验的全面升级，逐步实现承载能力的全方位提升，助推数字经济时代各种新业态、新应用的蓬勃发展。

数字化转型浪潮汹涌，全光接入网为千行百业注智赋能

数字化转型是企业整合内部信息，实现降本增效的关键路径；数字化转型是酒店提升服务质量，改善住客体验的重要驱动；数字化转型是学校更新教育理念、变革教育模式的必然选择；数字化转型是医院提高医疗效率、实现资源整合的必由之路……在国家政策和技术发展的双重助攻下，千行百业正加速奔向数字化新时代。

基于 PON 技术的全光接入网正加速渗透到行业领域，助力千行百业数字化转型。作为全球宽带用户规模最大的国家，我国建成了全球规模最大、技术领先的全光接入宽带网络。据工信部统计，截至 2023 年 4 月末全国光纤接入（FTTH/O）端口达到 10.52 亿个，具备千兆网络服务能力的 10G PON 端口数达 1880 万个。随着 PON 技术的规模应用和不断演进，全光接入应用场景也从单一的 FTTH（光纤到户）延伸到千行百业。面向企业、工厂、酒店、影视、教育、医疗、交通等

各行各业数字化转型需求，全光接入网通过光纤到房间（FTTR）、光纤到桌面（FTTD）、光纤到机器（FTTM）、光纤到终端（FTTT）等技术，实现与千行百业深度融合，逐步走向“光联万物”。

第二章

全光接入网行业解决方案概述

2.1 简介

行业专网中，接入网主要用于将最终用户设备接入骨干网络和业务中心，可采用的技术主要有以太网、无源光网络（PON）、5G 和 WLAN 接入等。本白皮书发布的全光接入网行业解决方案主要采用无源光网络（PON）技术，为行业用户构建一张统一的全光接入基础网络，通过多样化的光纤网络终端（ONU）和承载在这张网络上的 5G 及 Wi-Fi 设备，为各类行业应用场景提供高质量的有线和无线接入服务。

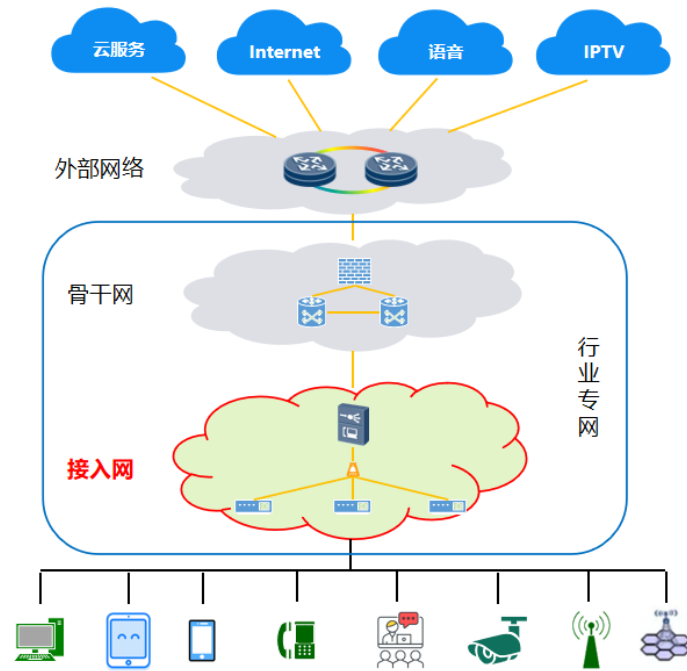


图 1 行业专网整体架构

2.2 网络架构

在行业专网应用的全光接入网主要分为 2 层：汇聚层和接入层。

汇聚层主要为 OLT 设备，通过行业骨干网的核心交换机和路由器连接网络出口，以及专网内的各种数据应用和管理平台，主要功能是提供接入网络的二层/三层交换和路由，与外部网络的安全连接，并提供对整个网络的统一管理。为支持移动承载场景，OLT 还支持外部时钟输入和同步以太网功能，为移动基站提供高精度的时间时钟同步功能。

接入层包括适用于不同应用场景的 ONU 终端，以及连接 OLT 和 ONU 的 ODN 网络。ONU 根据不同场景的需要，可提供以太网口、语音端口、Wi-Fi、蓝

牙、Zigbee、LoRa 等方式连接用户终端和物联终端。用于工业制造场景的 ONU，还支持 RS232\RS485\工业以太网接口，通过 Modbus、CJ/T188 等工业以太网协议连接 PLC 控制器。用于移动承载场景的 ONU，应支持时间时钟同步功能。

ODN 网络包括各种 1:N、2:N 不等比分光器等无源光器件，以及预连接光缆、蝶形光缆等光纤产品，灵活满足行业用户复杂多变的应用环境，以及对网络线路的冗余保护需求。对布放电力线困难的场景，可通过集中供电设备、光电复合分路器和光电复合缆，提供远程供电。

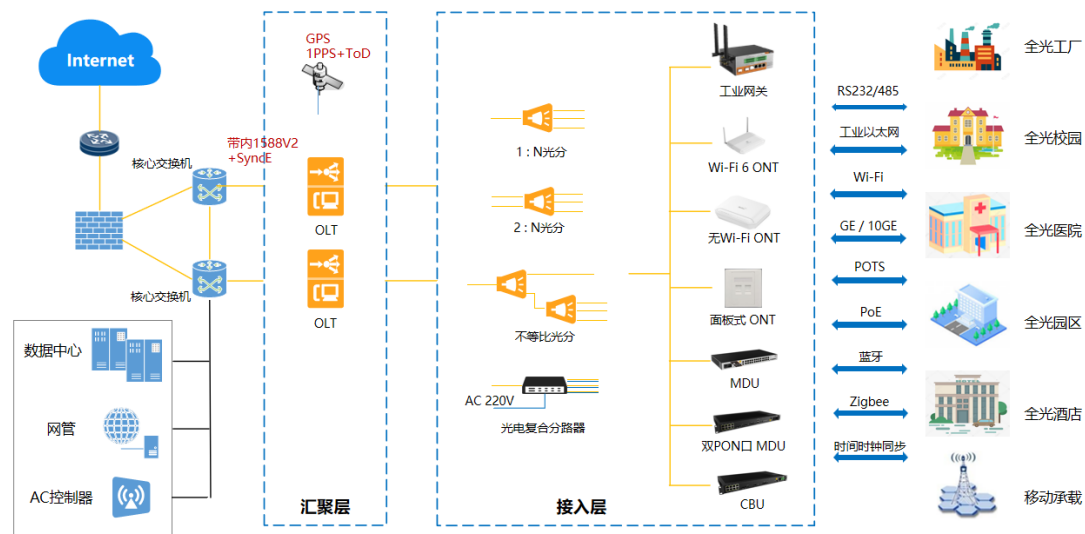


图 2 全光接入网行业解决方案整体架构

2.3 关键特征

在光联万物新时代，全光接入网行业解决方案应具备五大特征，即绿色节能、安全可靠、高效运维、灵活应用、时间敏感，从而更好地支撑千行百业的数字化转型升级。

● 绿色节能

以 PON 技术为基础的全光接入网行业解决方案，通过重构传统网络架构，把传统的基于铜缆的网络向光纤网络转换，并通过无源分光器替换有源的汇聚和接入交换机，大大简化网络架构。一方面可节省 80% 的机房空间和能耗，另一方面凭借轻便体积小的光纤部署，整体布线空间可以节省 90%。全光接入网行业解决方案借助低功耗产品设计、智能节能技术、高性能芯片等方式可有效降低网络综合能耗，助力绿色低碳通信网络建设和“双碳”目标的实现。

● 安全可靠

全光接入网行业解决方案采用光纤替代网线组网，不会受电磁干扰。通过多种保护方式（环网保护、Type B/C 保护、主控/电源/上联主备）实现网络 50ms 内保护切换，通过 AES128 加密、802.1X 认证实现数据高可靠，通过宽温域、高防水、高 EMC 等级的工业级 ONU，保证恶劣环境下稳定的数据传输。同时，基于 PON 技术高度国产化的能力，实现行业组网的自主可控。

● 高效运维

接入网联接着诸多不同类型、不同能力的终端设备，如果主要依靠人工参与网络运维，不仅会占用大量人力，而且效率十分低下，出错风险也很高。为达到敏捷运营和全场景服务的目标，全光接入网行业解决方案需要具备智能化的网络感知能力，通过数据感知、云端训练、线上推理等多级智能引擎，实现智能化的流量分析、性能分析和故障分析，在流量预测和智能带宽调整、网络大数据采集和应用、基于意图的业务快速发放和故障的智能溯源方面可明显提升运维效率，实现自动化、智能化的自我诊断与自我维护，从而实现高效运维。

● 灵活应用

全光接入网已在家庭场景中取得了巨大的成功，当前光接入网正从家庭向政企、园区、工业等领域延伸。PON 网络从 10G PON 向 50G PON 演进，构建起超宽全光底座，能够灵活覆盖各种不同场景，以光为媒介、联接万物的全光城市正逐步走进现实，全光接入网行业解决方案应凭借丰富的产品形态和解决方案，满足各种应用场景，具有场景丰富，应用灵活的特征。

● 时间敏感

工业互联网、智能制造等流程化生产场景，对控制命令等信号传输有严格的时延要求。得益于低时延与确定性时延技术的发展，全光接入网行业解决方案能够为工业领域提供更高效、更安全的全光底座，需要满足时间敏感需求，助力各类制造型企业智能化升级和生产效率的提升。

2.4 相关技术

（1）智能节电

为响应国家低碳节能的政策要求，行业光接入网中需要采用节能技术，在不

影响行业用户正常生产办公的前提下，控制设备功耗，减少碳排放。因为 OLT 处于网络核心层，且负责整个网络数据的交换转发，因此功耗相对较高，节能技术主要是针对 OLT 实施。根据节能技术应用的具体位置，可以将 OLT 节能技术分为以下几个级别：

● 系统级

系统级节能主要是根据检测到的子框和单盘温度，自动控制子框风扇盘的转速，包括分区调速、分级调速和无级调速等功能。分区调速将子框内的单盘划分为左半框分区、主控分区和右半框分区，三个分区独立调速，都支持无级调速。分级调速是将风扇转速分为多个级别，根据检测到的子框温度自动设置风扇转速级别。无极调速按照最低转速对应的占空比为起点，以 1% 占空比为步进，直到 100% 占空比。

● 单盘级

单盘级节能是根据单盘的业务配置情况，临时关闭线卡以及对应的主控盘端口，使其处于休眠状态。OLT 主控盘周期性检测业务单盘和上联单盘的业务配置，空闲时自动关闭单盘，当单盘有新增业务时自动开启单盘。业务单盘根据所有端口是否有授权 ONU，上联单盘根据所有端口是否配置 VLAN 业务来判断是否空闲。

● 端口级

端口级节能是根据业务单盘端口的业务配置情况，临时关闭无业务的端口和光模块，达到节能的目的。业务单盘周期性检测端口的业务配置，空闲时自动关闭端口和光模块，有新增业务时自动开启。PON 业务单盘根据端口是否授权 ONU，上联单盘根据端口是否配置 VLAN 业务来判断是否空闲。



图3 智能节电技术方案示例

(2) PoF 集中供电

全光接入网中，ONU 终端需要尽可能的部署到贴近最终用户的位置，才能为用户提供超宽接入服务，而传统的电力线和 PoE 方式需要单独设计和部署电力线缆，而且有距离限制，不能满足全光接入网的部署需求。同时，为了简化管理运维，实现智能节能，需要对 ONU 的供电进行集中管理。

PoF（Power over Fiber）集中供电是指通过集中供电单元和光电复合缆对远端的终端设备进行供电的部署方案，可支持 200~1000m 距离限制。集中供电单元是将光纤分路器与整流电源集成为一个设备，对外连接光电复合缆，传输光信号的同时为远程设备提供 PoE/PoE+/PoE++标准的供电。光电复合缆集光纤、输电铜线于一体，一端是光电一体连接器，用来连接集中供电单元。另一端可分离成光纤和电力线缆，用来连接 ONU 的电源模块和 PON 端口。因为没有采用网线作为输电导体，因此不受 100m 限制。

PoF 供电方式可应用于多种室内和室外场景，简化全光接入网的安装部署，且集中电源比适配器可靠性更高（防护等级/备电/防拔），可通过远程通断电控制设备开关，低压更安全：

- **室内办公 ONU**

安装方式为嵌墙、办公桌桌面放置，通过光电复合缆远程供电，减免掉适配器，安装简单，不需要信息箱保护。

- **室内无线 AP**

安装方式为吸顶、挂墙，用光电复合缆提供大于 100m 的远程供电，利用 10G PON 技术实现回传带宽 10Gbit/s，未来带宽升级不需要更换线缆。

- **室内摄像头**

安装方式为吸顶、嵌墙，用光电复合缆替代原有的 PoE 网线，提供大于 100m 的远程供电，超清视频数据回传，未来带宽升级不需要更换线缆。

- **室外无线 AP**

安装方式为挂墙、抱杆，用光电复合缆提供大于 100m 的远程供电，利用 10G PON 技术实现回传带宽 10Gbit/s，未来带宽升级不需要更换线缆。

- **室外摄像头**

安装方式为挂墙、抱杆，用光电复合缆提供大于 100m 的远程供电，超清视

频数据回传，未来带宽升级不需要更换线缆。

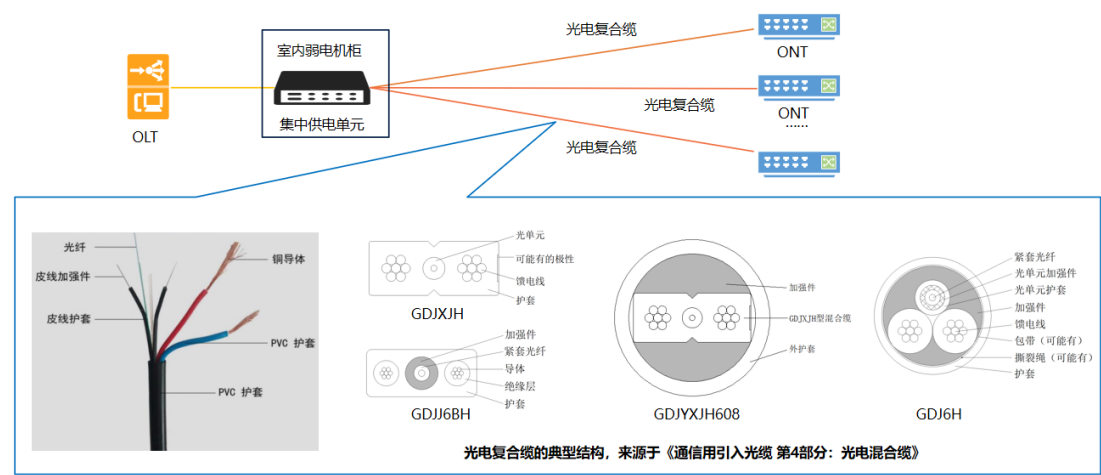


图 4 POF 集中供电技术示意图

(3) 网络保护

与家庭宽带相比，行业用户对网络的可靠性有更高的要求，要求网络具备冗余备份线路，当主用线路出现故障时，业务能在 50ms 内快速切换到备用线路，不影响正常工作。全光接入网中，网络可靠保护技术主要包括针对 OLT 上行链路的保护和针对 PON 网络的保护。

在上行方向，OLT 使用多个上联端口连接核心交换机，端口间可以采用上联端口保护组和基于 LACP 协议的上联链路聚合等方式进行保护和负荷分担。除此之外，应支持 EPRS、MSTP 等以太网环网保护协议，用于需要与上层设备形成环网保护的场景。

在下行方向，采用 Type B/C/D PON 网络保护和 OLT 双归属的方式对 PON 网络的主干和分支进行保护。Type B 保护对 OLT PON 端口和主干光纤提供冗余保护，Type C/D 保护可以对 OLT PON 端口、ODN 网络和 ONU PON 端口提供冗余保护。OLT 双归属保护指的是同一个 PON 保护组所属的 OLT PON 端口分布在不同 OLT 上时，OLT 间建立私有通信通道，ONU 终端同时在 2 个 OLT 上注册，2 台 OLT 保持业务数据同步。正式工作时备用 PON 口处于关闭状态，当检测到光路故障时 ONU 终端在 50ms 内切换到备用 OLT PON 端口，保障业务正常。

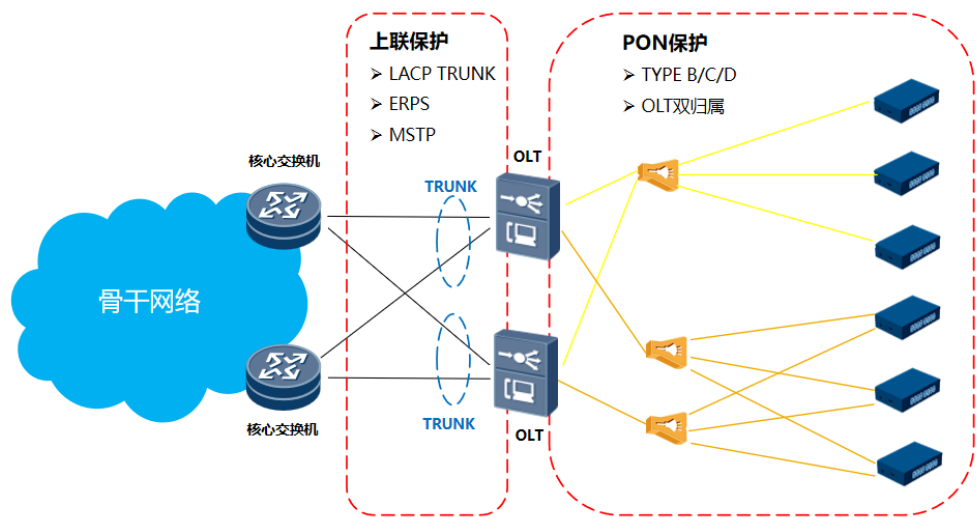


图 5 全光接入网行业解决方案网络保护示意图

（4）网络切片

全光接入网在行业中应用时，通常需要由一张网络承载所有业务，不同的业务优先级不同。对于高优先级业务如工业制造现场监控，为保障业务的传输质量，需要对业务所需的网络资源与其他业务进行隔离，从而满足其对独占带宽和确定性时延的要求。

切片技术将物理 OLT 划分成多个逻辑切片，基于对接入网资源和功能的抽象，实现接入网资源灵活调度和网络能力的按需部署。相关资源包括接入网线路资源、转发资源、协议资源等，相关能力包括管道传送能力、流量调度能力、网络监测和网络维护能力、业务感知能力等。每个切片具备独立的业务部署和管理能力，从逻辑上可以当成一台独立的 OLT 使用。通过切片技术将物理设备虚拟成多个独立的逻辑设备，可以提升设备利用率，降低部署成本。

通过切片技术，一个实体接入网络划分为不同的虚拟接入网络，承载不同的业务。不同切片的转发和控制资源实现独立和隔离，互不干扰，保证转发安全及专线业务高可靠性。

OLT 上的网络切片可以基于 ONU，PON 端口或者 PON 业务板动态创建、设置、修改和删除，并为切片分配相对独立的软件和硬件资源，配置独立的上联端口。切片可以配置不同管理 IP，独立支持操作维护管理功能要求（配置、故障、性能和安全）。

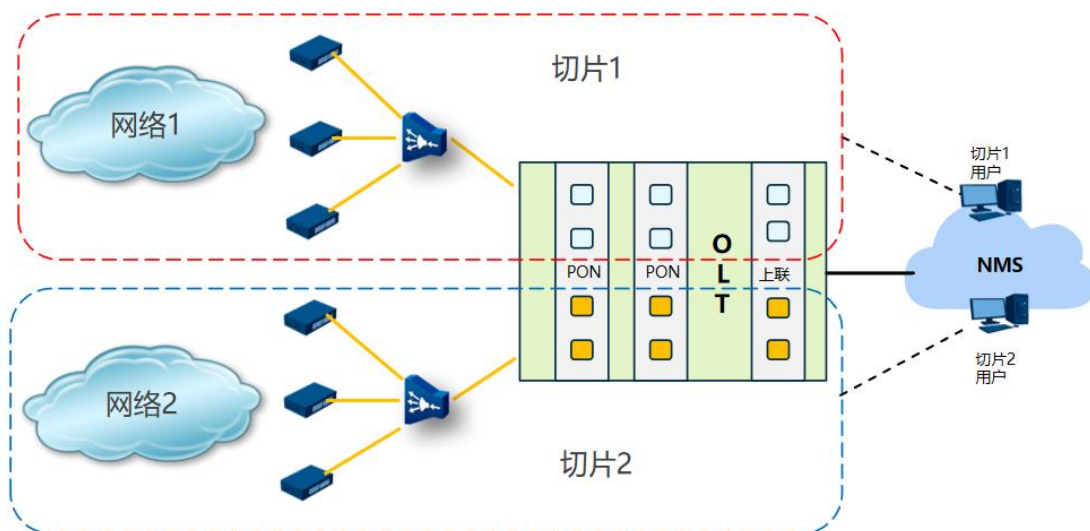


图6 OLT网络切片技术示意图

(5) PON和WLAN融合

随着移动终端设备的应用和发展，行业接入网络已经由单纯的有线接入转变为有线与无线混合接入的方式。同时随着行业应用云化虚拟化，用户接入网络的位置不再固定不变，需要支持用户在任意位置采用任意方式接入网络，并在不同接入方式间无缝切换，满足用户上网行为的复杂性，以及行业客户对于网络安全和网络质量的需求。

为了便于集中管理、集中认证和实施安全策略，行业网的WLAN一般采用AC控制器+FIT AP（瘦AP）的集中式架构，由AC集中管理、控制网络内的所有AP。与全光接入网融合组网时，AC控制器一般采用旁挂方式，部署在OLT或核心交换机一侧。无线数据，包括无线用户的控制和管理，由AP负责转发处理：

- AP设备的接入管理，经过PON网络送到AC处理；
- 无线用户的控制流，包括认证及业务，由AP转换为有线报文上送OLT统一处理；
- 无线用户的接入管理，经过PON网络送到AC处理；
- 无线用户的数据流，由AP本地转发转换有线报文后，交给PON网络转发；

根据AC的硬件设计，可分为独立AC和融合AC两种形态。独立AC是单独的硬件设备，部署在OLT或核心交换机侧。融合AC不采用单独的AC硬件

设备，而是采用在机框式 OLT 上插入 AC 服务板卡，在盒式 OLT 上部署无线管理单元，从而实现在单一设备上完成有线网络和无线网络的归一化管理，降低多设备部署成本。

AP 包括与 ONU 融合和独立 AP 两种方式，后者可通过 SFP 型 ONU 或连接到 MDU 设备回传数据。为适应不同的安装环境，AP 支持 PoE 供电和 PoF 供电等远程供电方式。

全光接入网的网管中集成对 AC 的访问和管理，通过一套系统实现对全网有线和无线接入设备的统一管理、认证、配置和维护。最终用户终端可以在网络内进行 L2、L3 层无缝漫游，无需重新配置，并可实施基于终端位置的安全策略。

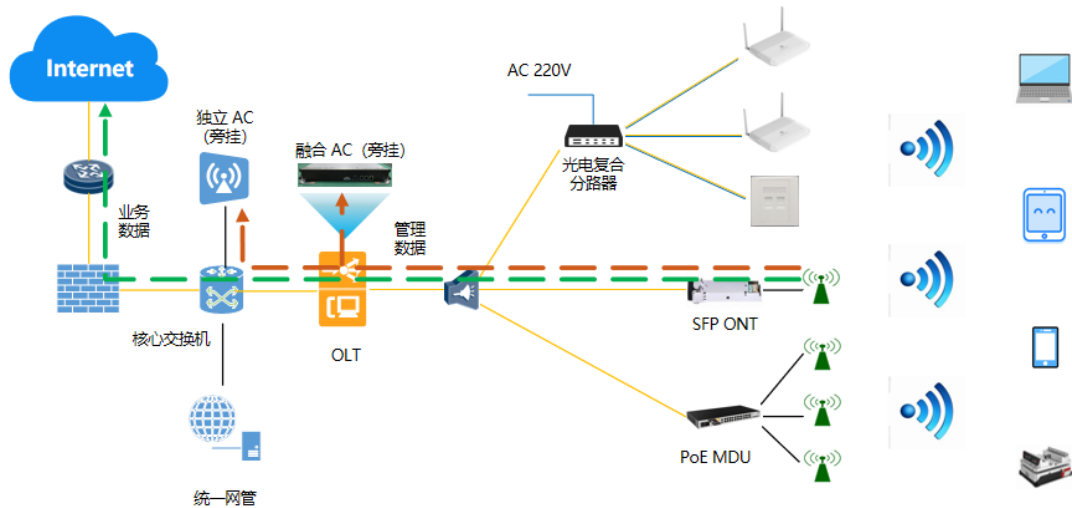


图 7 PON 和 WLAN 融合示意图

（6）故障预测

传统的 PON 网络中，连接 OLT 和 ONU 的 ODN 部分基本都是无源光器件，虽然能极大的降低网络成本，但也导致缺乏有效的光路故障定位手段，无法远程定位光路故障等问题。从 ONU 到 OLT，需逐段人工测试定位故障点，影响运维效率和运维成本。

全光接入网在网管上采用智能化技术，基于实时采集的网络性能和告警数据，如光路性能、PON 口光功率等，选取关键特征如告警起始时间、光路性能变化趋势等建立分析模型，对采集到的大数据进行共性分析，识别光路变化特征，最终还原光路拓扑，定位故障点。然后，根据预设的专家经验库，给出故障处理建议，指导运维人员处理故障或自动进行故障修复，并自动判断故障恢复情况。因为实际应用场景千变万化，开始时故障定位的准确率可能不会很高。但分析模型和经

验库都可以通过迭代学习进行训练更新，在使用过程中不断提高识别准确率。

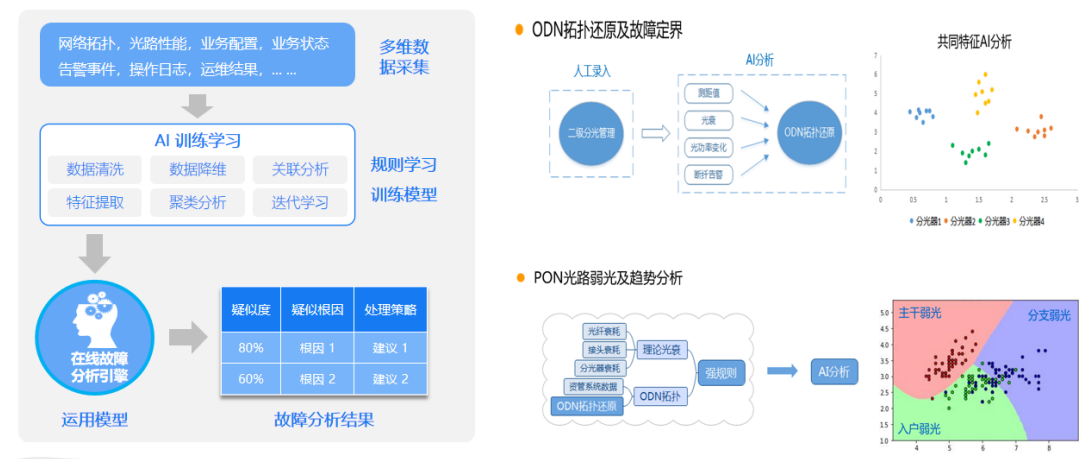


图 8 故障预测技术示意图

(7) 流量预测

网络流量的建模和预测是研究网络发展，提升服务质量的基础。精准地预测网络流量变化，对提高网络稳定性、提升用户体验、优化网络设备规划、节省网络建设成本等具有重要的现实意义。

流量预测本质上是一类典型的时序预测应用场景。针对此类预测应用，较为常用的有 ARIMA 模型、prophet 模型等统计分析模型和 LSTM 模型等神经网络模型。通过流量预测功能，OLT 支持基于周粒度、月粒度对上联口和 PON 的上下行忙时流量均值进行预测，支持对 OLT 下挂用户数进行预测，并根据配置的扩容门限上报相应事件。用户基于这些预测结果及扩容门限事件等，提前制定扩容计划和预算，对越限点优先进行扩容。

流量预测流程如下：

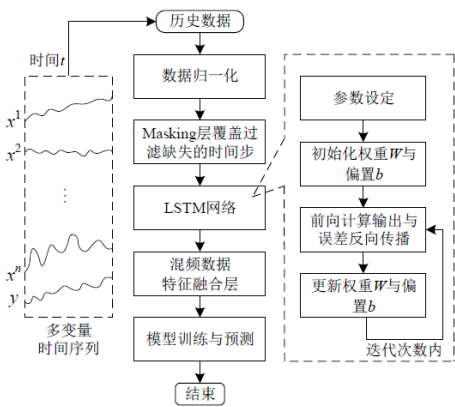


图 9 流量预测技术流程图

(8) Combo / Agile PON

行业应用的多样化,使得不同场景、不同用户对带宽的需求都不一致,需要根据实际需求灵活选择 ONU 终端。同时还需要支持网络的平滑升级,以降低建设成本,保护网络投资。因此,全光接入网目前需要支持 GPON 和 XG(S)-PON 两代 PON 技术共存。在未来网络升级到 50G PON 后,还需要支持 GPON、XG(S)-PON 和 50G PON 的三代技术共存。目前在 OLT 上可通过外置合波器、Combo PON 和 Agile PON 三种方式实现多代 PON 技术的共存。

外置合波器方案将 GPON 端口和 XGS-PON 端口用光纤连接到一台独立的合波设备上,实现不同 PON 技术的共存。

Combo PON 在单个光模块中集成合波器,通过不同的波长通道承载 GPON 和 XG(S)-PON 业务,实现一个 PON 端口下 3 种 ONU 终端 (GPON / XG-PON / XGS-PON) 共存。

Agile PON 是一块业务盘的不同端口可以根据实际需要配置不同的 PON 光模块。行业用户可以根据实际业务需求和建设规划,灵活确定每个端口使用的光模块,如 1-2 口使用 GPON 光模块,3-4 口使用 XG-PON 光模块,5-6 口使用 XGS-PON 光模块。

三种方式中,外置合波器方案需要单独购买和安装合波器,因此建设成本较高,实际应用很少。Combo PON 方案可以一次建设到位,后续不需要在 OLT 上改动硬件配置。Agile PON 方案可以让用户灵活调整 OLT 配置,有需求时再通过更换光模块的方式实现网络升级。用户可以根据自身情况在 Combo PON 方案和 Agile PON 方案中进行选择。

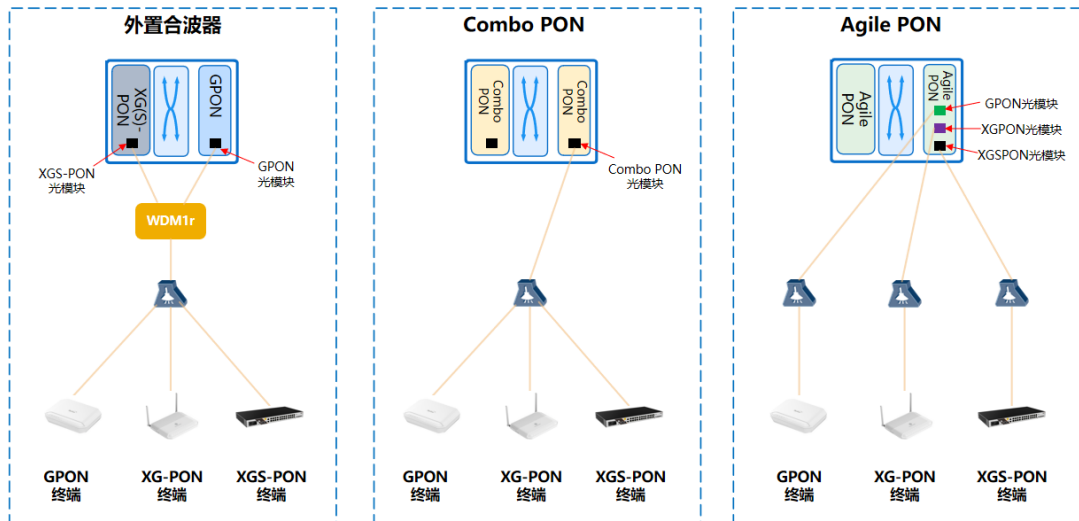


图 10 COMBO/Agile PON 应用场景

(9) 预连接 ODN

预连接 ODN 是基于光纤预制成端光缆进行 ODN 光网络敷设的技术，它采用高性能的工厂预制连接器替代传统的现场熔接、现场快接等方式实现光纤成端。其具备灵活性扩展性高、易部署、易维护、高可靠的特点。

● 施工效率提升

采用预连接技术，可实现全网“零熔接”，极大的提高了 ODN 网络的敷设效率，降低了开通周期。在每个节点的施工时长可由 90 分钟降低到 15 分钟以内。

● 可靠性提升

采用预连接技术，在工厂内完成光纤的成端，排除了施工工人的技术水平以及现场复杂的外界环境干扰，其单个对接节点的损耗可降低至 0.15dB 以内。另外，预连接 ODN 采用无需开启的箱体设计，箱体密封性大幅提升，后期维护也无需开盖，避免内部光器件受到外部环境的影响，极大的提高了网络可靠性。

● 施工成本降低

采用预连接技术替代传统的熔接方案，现场即插即用，大幅降低了施工对工人技能水平、熔接设备的要求，及施工周期，人力成本可节省 30% 以上。

(10) FTTR

FTTR (Fiber to The Room) 是基于光纤组网的新一代行业内部组网方案，它通过将光纤延伸到距离行业用户办公位置尽可能近的位置，使用户可以方便的得

到真千兆的体验。

整个方案由主网关、子网关、光纤配线网、管理平台四部分组成。

● 主网关

主网关的网络位置在 OLT 和子网关之间，可以连接到全光接入网行业解决方案的 OLT，也可以连接到运营商公网 OLT。对 OLT，主网关作为一个独立的 ONU 进行管理。对于子网关，主网关可看作是一个微型 OLT，作为 FTTR 网络的核心，集成 PON 接入、路由、无线 AC 控制器、以及语音接入等功能，提供大容量的业务交换转发能力，对所有的子网关进行统一的管理和配置。

● 子网关

子网关是简化了管理功能的 ONU 设备。与传统的 ONU 设备相比，主要区别是子网关只能通过主网关进行管理和配置，不能通过 OLT 管理和配置。其余功能与传统 ONU 设备相同，可以根据不同场景选用不同规格的产品，为最终用户提供千兆有线和无线接入，以及语音接入功能。

● 光纤配线网

FTTR 方案中的光纤配线网主要面向室内布线，提供适用多种室内场景的线缆和配套的安装工具，包括不等比光分路器、光电复合分路器和光电复合缆、蝶形光缆、透明光纤等。

● 管理平台

用于行业场景的 FTTR 方案的管理平台，是集成管理、控制、分析功能的一体化平台，用于 FTTR 网络内部的配置和管理，包括配置子网关 Wi-Fi 和 AC 控制器功能。通过对 FTTR 网络性能数据的实时采集，实现对 FTTR 网络的可视、可管和可维。该平台可集成到 OLT 管理平台中，也可以通过本地轻量化管理平台以及手机 APP 等方式，提供给行业用户使用。

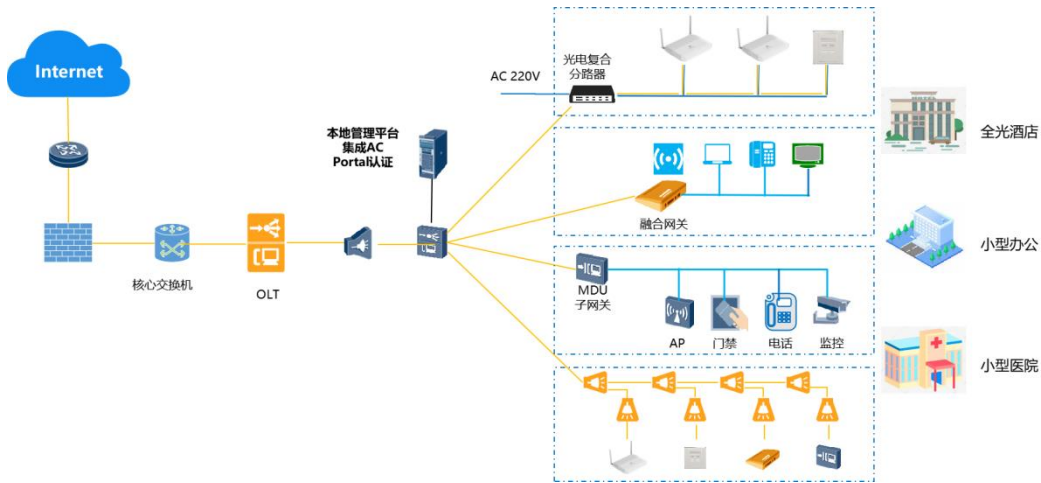


图 11 行业场景 FTTR 解决方案

（11）低时延技术

PON 时延优化技术主要是用于满足行业应用中对网络时延有较高要求的场景，如工业现场远程控制等。

PON 技术上行采用 TDMA 时分复用，每个 ONU 只能在指定的时间段才能发送数据和注册激活，因此 PON 网络的时延主要在上行方向，下行时延通常小于 15us。目前采用单帧多突发、优化注册窗口等技术来减小上行时延。

● 单帧多突发

原有 DBA 调度方案，每个固定帧长（125us）中对多个 T-CONT 进行调度，并不能确保每个固定帧长对系统中每个 T-CONT 都进行调度，所以导致上行数据时延和抖动都较大。单帧多突发调度方案中，可以通过配置，指定某些 T-CONT 为高优先级，确保每一次固定帧长中都会调度该 T-CONT，并且可以按照需求在同一个固定帧长内多次调度同一个 T-CONT，以达到降低转发时延和抖动的目标。

调度周期越短并不代表时延越短，因为单次分配时间片少，数据包被分片发送的可能性越大，可根据低时延需求场景实际需求情况选择固定帧长进行几次调度。

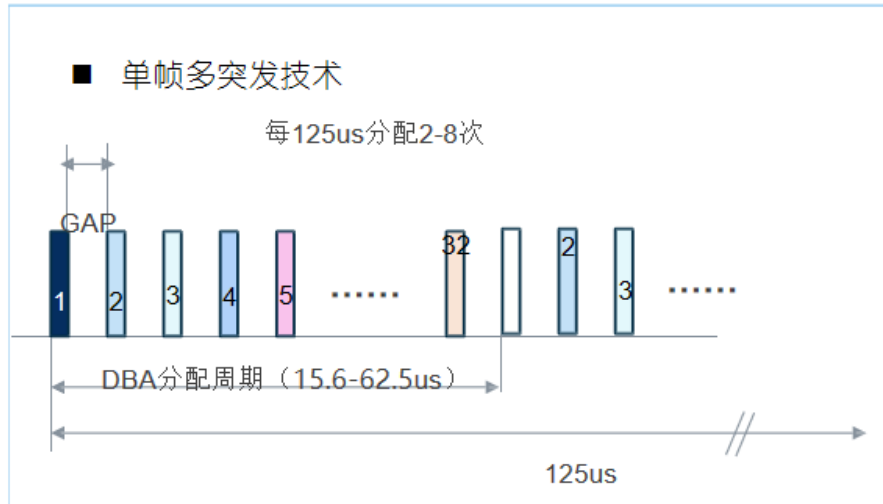


图 12 单帧多突发技术示意图

● 优化注册窗口

优化注册窗口主要解决新 ONU 的注册和测距带来的时延和抖动。OLT 会定期开启静默窗口，期间只允许未注册的 ONU 发送注册请求消息，已上线的 ONU 不允许发送数据。PON 标准中考虑到不同距离的 ONU 达到 OLT 的时延差和降低注册冲突，将静默窗口大小设置为 250us，因此会给 ONU 带来至少 250us 的时延。在行业网络部署中，同一 PON 口下的 ONU 距离差别不会太大，且部署的数量和位置都有详细规划，不会随意变动，因此可以通过减小静默窗口设置来减少时延。如果 PON 口下的 ONU 数量已达到规划数量，OLT 可以通过减少开窗次数或关闭开窗的方法，缩减注册窗口大小，消除因注册窗口带来的 250us 的时延。

（12）工业协议转换

全光接入网用于工业网络时，除了提供超宽低时延的网络接入服务，还可将 ONU 终端与工业网关融合，实现工控设备和全光接入网的一跳连接，降低网络传输时延。融合后的工业网关支持工业现场网络常用的现场总线协议和工业以太网协议。

现场总线是指应用在生产现场，连接智能现场设备和自动化测量控制系统的数字式、双向传输、多点通信的网络技术，一般采用 RS232/485 等串行接口进行通信，最高速率为 12Mbit/s。现场总线最初是由不同的工业设备公司创建，并随着工业的发展形成各自的标准，不同总线的设备之间不能互通。常见的现场总线协议有 PROFIBUS、CAN 总线、Modbus 和 CC-Link 等。

工业以太网是基于 IEEE 802.3 标准和 TCP/IP，支持适用于工业领域的确定性和实时性协议，可用于工业自动化控制及过程控制的以太网技术。与现场总线相比，工业以太网可以满足控制系统各个层次的要求，使得企业的信息网络和控制网络能够实现统一，不同厂商的设备容易实现互联，软硬件成本相对低廉，通信速率高(可达到 1Gbit/s)等优点。常用的代表性协议有 Ethernet/IP, PROFINET, POWERLINK, EtherCAT, SERCOS III 等。

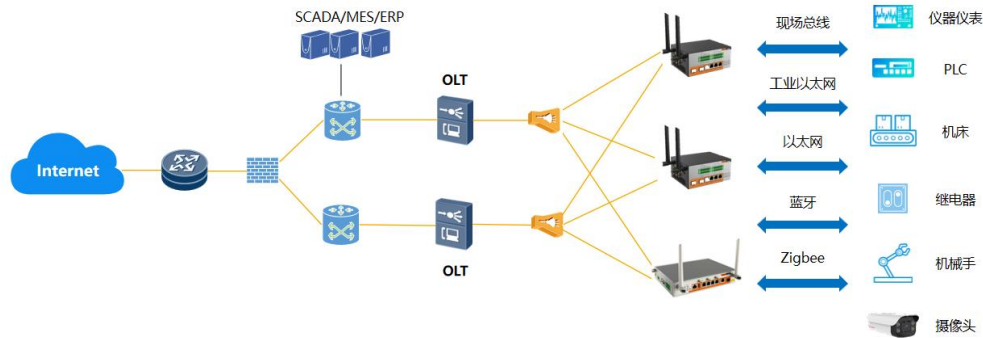


图 13 工业生产现场 PON 应用示例

（13）边缘计算

边缘计算是指在靠近数据源头执行计算的一种新型计算架构，基于融合了计算、存储、网络能力的一体化平台，就近提供边缘智能服务，满足行业数字化转型所面临的敏捷连接、实时业务、智能应用、数据安全等关键需求。在垂直行业应用时，边缘计算可以在靠近最终用户的位置提供数据处理能力，满足各种新型业务如 AR/VR、8K 超高清视频、FTTM（光纤到机器）等对低时延和高可靠性的要求。

全光接入网可以在 OLT 和 ONU 上提供边缘计算能力。OLT 通过在机框上增加边缘算力板卡，使 OLT 具备边缘计算功能。这块板卡采用高性能多核 CPU，内置大容量存储，与 PON 业务盘通过 OLT 高速背板总线通信，可以实时采集全网业务性能数据，进行质量感知和针对性分析，进而网络调优，提高效率和降低运维成本。板卡支持通用操作系统和容器，可以根据用户需求部署边缘计算应用，比如 WLAN 网络的认证、防火墙功能、工业应用等，对数据进行高性能低时延的本地化处理。

对处理时延要求更高的场景如工业制造等，可以通过在 ONU 上部署边缘计

算实现。这种 ONU 终端采用 ARM 或 RISC-V 架构的 CPU，除了提供传统的以太网接入，还支持通过 RS485/RS232 接口、模拟量接口、Zigbee 和蓝牙等技术接入机器设备或物联终端，远程部署边缘计算应用，实时采集设备的性能数据并进行大数据分析，及时在线预警和故障报警，提高维修预防有效性，降低设备故障发生率，提高生产保障能力。

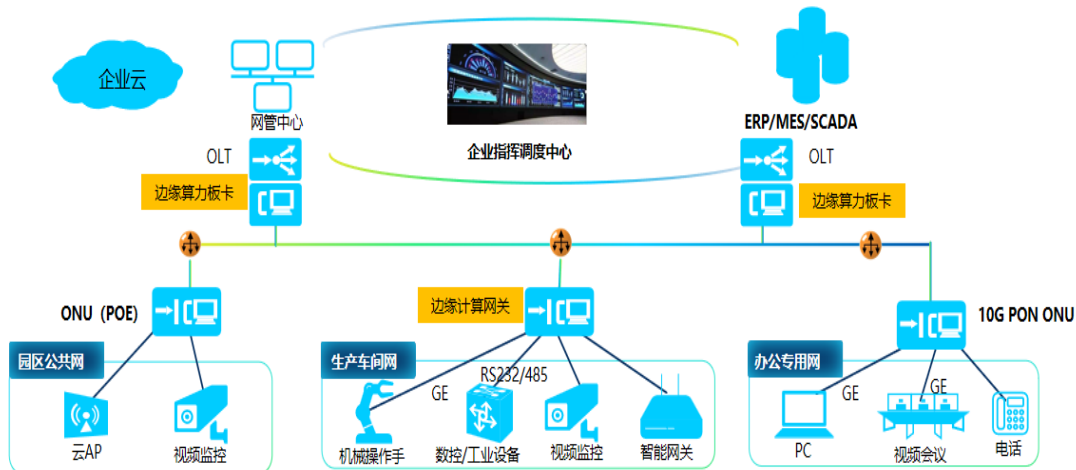


图 14 工业生产现场 PON 边缘计算部署示例

(14) 时间时钟同步

全光接入网可以通过承载 5G 小基站的回传业务，实现和 5G 的融合组网。基站的回传除了对带宽和时延有要求，还需要网络中的基站之间保持严格的时钟同步，以避免交叉时隙干扰，因此 5G 基站需要同步信号。目前基站优先使用卫星的定位信号，获取时钟同步。但行业网络中，5G 小基站的安装位置灵活多变，在卫星信号难以获取的室外楼宇遮挡较严重区域、室内区域等，需要采用同步以太网技术实现基站间的时间时钟同步。

5G 基站时钟同步需求主要是为了保持确保载波频率与标称频率一致，达到 0.05ppm(parts per million，百万分之一)，与 LTE 基站的要求相同。

时间同步的需求主要体现在三个方面：基本业务时间同步、协同业务时间同步和新业务时间同步。基本业务时间同步需求主要是为了避免上下行时隙干扰，精度要求 3us ($\pm 1.5\text{us}$)。协同业务如 MIMO、多点协同 (CoMP)、载波聚合 (CA) 等技术对时间同步均有严格的要求。根据 3GPP 规范，在不同应用场景下，精度要求 65ns/130ns/260ns/3us 等不同精度级别。新业务主要是用于 5G 承载车联网、工业互联网等场景时，需要提供基于到达时间差 (TDOA) 的基站定位

业务，对时间同步的要求较高。若要实现 3 米的定位精度则对应的基站同步误差不能超过 10ns，1 米的定位精度则要求不能超过 3ns。

为满足上述需求，全光接入网中可采用 SsyncE 技术实现时钟同步，采用 1588v2 实现时间同步。OLT 设备支持外部高精度参考时钟和时间同步信号的输入，如：BITS、同步以太接口和 1PPS+TOD 等。设备内置时钟模块，完成对参考时钟和外部时间的跟踪和锁定，生成系统时钟和内部系统时间，并提供给 PON 业务板卡。PON 的下行线路时钟同步于系统时钟，并支持 G.984.3 标准中定义的时间同步协议，通过光纤将时间时钟信号传递到 ONU。ONU 从线路恢复时钟，实现对 OLT 外部输入参考时钟的同步跟踪，将获取到的时间同步输出给下级设备使用。

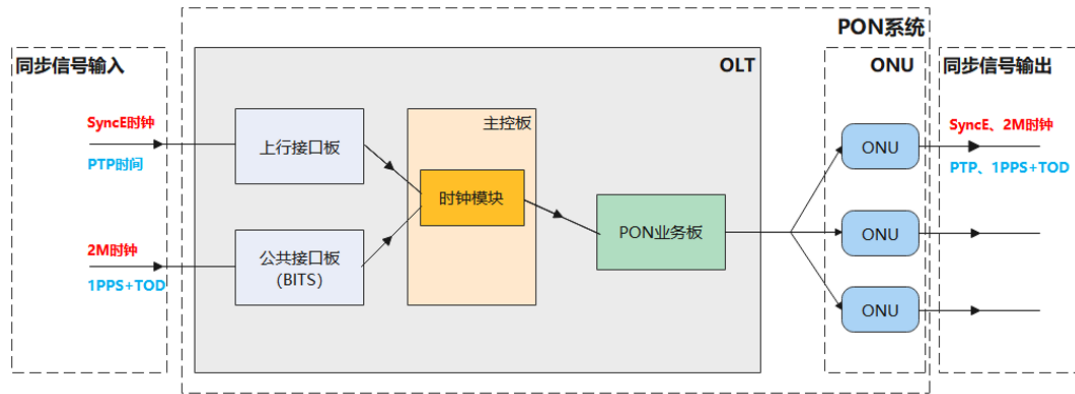


图 15 PON 时间时钟同步示意图

第三章

应用场景与解决方案

具备绿色节能、安全可靠、高效运维、灵活覆盖、时间敏感等五大特征的全光接入网行业解决方案，可满足园区、酒店、工厂、校园、医院等各场景的需求，为千行百业数字化转型升级注入新动能。

在办公园区，企业云上办公、超高清视频会议、数字孪生、AR/VR 等新兴应用的兴起，对园区网络提出很大挑战。园区 IoT 也是园区的一个重要应用场景，多达上万个 IoT 设备的联接需求，以及多种终端体系形成的复杂网络架构，远非传统园区网络解决方案所能承受。在产业园区部署全光接入解决方案可灵活覆盖产业园区有线/无线办公、安防、语音等业务，有效支撑产业园区的数字化转型。

在工业领域，随着制造业规模的日趋壮大，传统的工厂内网络性能、稳定性、维护成本、业务改造升级等方面已经逐渐无法跟上制造业本身的发展步伐。同时，工业设备种类繁多、工业通信协议格式各异，协议承载和分析的成本巨大，工业企业急需灵活、智能的协议分析解决方案。基于全光接入网的工业 PON 解决方案，可实现生产车间超宽带、高可靠、低时延的光纤传感网络，满足流程制造工业对时间敏感的需求，赋能工业数字化转型，助力中国制造向中国智造的升级。

在酒店领域，传统的酒店组网采用一端口一线的方式，所用的线缆、设备较多，无论是前期布线，还是后期维护都比较复杂，给弱电布线人员增加很大工程量和成本。通过在酒店部署全光接入解决方案，将 OLT 与三层路由功能融合并下沉至酒店机房，在不改变现有运营商机房设施、不增加其与酒店之间光纤数量等资源投入的情况下，让光纤直达酒店的每个房间。同时，不仅一张网络满足客房、安防、无线、门禁等全场景覆盖，还能实现酒店全光 Wi-Fi 无缝漫游，在帮助酒店节省资源投入的同时，为住客带来了便捷、高速、稳定的优质网络体验。

在医疗领域，影像业务的在线化和数字化是智慧医院的难点之一，一次 CT/MR 检测产生上百张图片，需要高带宽的网络传输。传统的交换机网络，多层的汇聚以及线路的质量，难以实现端到端的 10G 无阻塞保障，无法满足实时在线阅片的需求。在医院部署全光接入解决方案，以其极简架构，天然契合医疗影像大带宽数据传输特征，相比传统网络具有经济高效、安全可靠、可持续等特点。

在教育领域，随着网络技术飞速发展，为了实现各种系统和校园的特色应用（例如海量教学文件共享、实时多媒体教学、协同通信等应用）运行更加流畅，

学生宿舍、图书馆、教师办公室、教学楼、饭堂、体育场馆、礼堂等校园内设施运作更加协调，需要校园网络具有高带宽、广覆盖的承载能力。在校园部署全光接入解决方案，凭借其上下行对称 10G 带宽、40km 广覆盖能力，可打造流畅体验的校园网络环境。

在小微企业，面临“提质、增效、降本、减存、绿色、安全”等多重发展目标，数字化转型不可避免。然而当前我国小微企业网络能力整体偏低，掣肘数字化转型。与大型企业相比，90%以上的小微企业均采用自建自组模式，从公开市场购买设备，缺乏专业的组网能力。政企 FTTR 组网凭借多方面的优势，成为小微企业组网的新选择，在小型办公、连锁超市、沿街商铺等场景都已有成功商用案例，成为小微企业网络建设的新选择。

高质量的全光接入底座，是数字新基建的基石，是保障产业园区、工业制造、酒店、医疗、校园等数字化应用快速发展的关键。全光接入网行业解决方案在超高速率、用户体验、使用场景和智能运维方面持续优化与升级，可适应多元化的行业需求，助力千行百业创新发展，加快推进全行业数字化转型，为数字经济发展保驾护航。

3.1 办公园区场景

3.1.1 业务发展趋势

办公园区作为以促进某一产业发展为目标而创立的特殊区位环境，是产业调整升级的重要空间聚集形式，为企业提供大量基础设施、企业服务和机会，对区域经济的发展起到重要支撑作用。随着我国经济进入高质量发展新时代，办公园区的发展也呈现几个趋势：

绿色低碳化

办公园区是碳排放的重点区域。在双碳目标的驱动下，办公园区的低碳建设正加速驶入快车道，以清洁生产、节能减排为重点的绿色技术正贯穿办公园区的数字化转型全过程。“近零碳园区”、“零碳园区”成为办公园区双碳转型的阶段性和终极目标。

设施智慧化

伴随着云计算、大数据、人工智能、物联网等新型技术的发展与应用，现代办公园区正向具备迅捷信息采集、高速信息传输、高度集中计算、智能事务处理和无所不在的服务提供能力的智慧园区转变。企业上云、园区 IOT、高清视频监控成为办公园区常见的应用场景。

资源共享化

当前办公园区逐渐向“办公、自然、社会”系统化方向转变。办公园区不仅要加强推动产业发展的功能，更要加强为人服务的能力。办公园区正围绕企业与人才的需求，构建基础设施共享、信息数据共享、服务配套共享等资源共建共享平台，满足办公园区内人才工作、休闲、消费的需求，搭建宜产宜居的生态综合体。

3.1.2 网络痛点

机房能耗大，节能减排难

办公园区多采用基于网线的传统以太网交换机组网，通常面临着大量交换机占用机房的问题。有源设备多导致产业园区用电量大，也就需要更多的空调散热。据统计，有源设备功耗每增加 100W，就会有 10-20W 损耗在电能转换、分配和传输中，空调和制冷的功耗会增加 120W，因此有源设备的能耗会成倍放大。

流量南北向，网络架构落后

企业上云渐成趋势，交互流量模型从东西向演变为南北向。视频会议、高清监控等业务分辨率 1080P 已是刚需，4K 甚至 8K 也已不鲜见。传统网络带宽不足、架构落后，且以太网铜线易成为传输瓶颈，经常造成网络拥塞。办公园区亟需一张大带宽、架构简化的网络。

企业独立建网，资源难共享

传统办公园区网络数据、监控、电话、视频等多张网络并存，故障难定界，运维工作复杂。部分园区还存在网络规划不合理、入住企业自购设备、独立建网现象，造成企业网络投资浪费。办公园区数字化转型过程中，亟需一张可以统一

承载各种业务、企业可共建共享的基础网络。

3.1.3 全光接入网办公园区解决方案

POL（Passive Optical LAN）全光园区解决方案，是以 PON 技术为基础，采用 OLT、ODN、ONU 等设备的新型园区组网方案，通过 ODN 无源组件部署，变传统以太组网的三层架构为两层架构，实现网络扁平化；无源汇聚替代有源汇聚，节省机房空间和能耗；通过不同类型的 ONU 选型，统一承载办公园区内数据、监控、语音等多种业务。同时，POL 全光园区网络可根据入住企业需求划分独立资源，实现园区网络共建共享。

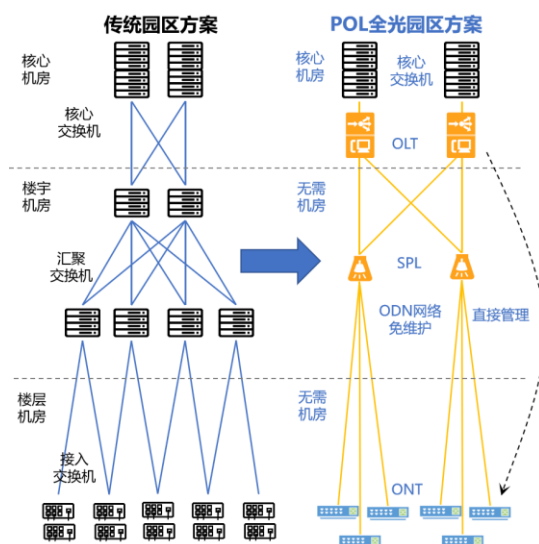


图 16 传统以太园区方案与全光接入园区方案对比

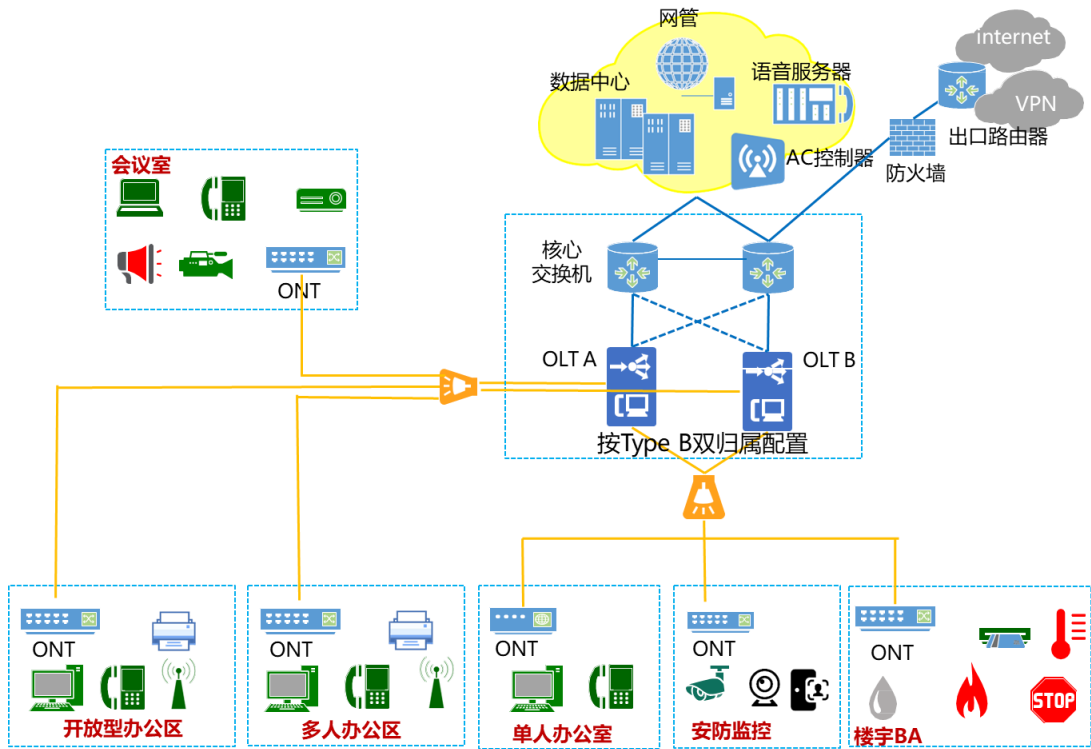


图 17 全光接入网产业园区解决方案组网图

关键能力

(1) 支持智能节电

OLT 支持风扇智能调速、板卡智能休眠、端口智能关闭等节电技术，实现园区网络绿色节能。

(2) 支持网络切片

OLT 支持 PON 板级、PON 口级、ONU 级粒度切片，切片内资源独立，切片间互相隔离。网管支持分权分域，满足不同企业独享切片资源，共享物理设备需求。

(3) 灵活支持 GPON、XG/XGS PON、GE/10GE 等接入方式

根据园区业务流量和接入方式需要，可选支持 GPON、XG/XGS PON、GE/10GE 的 OLT 及 ONU 设备。

(4) 支持简易、智能运维

支持 Web 简易网管、网络故障预测、流量预测等智能运维手段。

典型场景

（1）开放办公区

通常开放办公区面积比较大，由较多个办公位组成，接入终端数量多，常见接入终端种类有桌面电脑、便携、平板、固定电话、手机、打印机、传真机等。扩展需求多，易出现私接、环路等问题。

开放办公区常见应用业务包括办公系统高速接入、FTP、共享文件、内网服务器应用及云办公、视频会议等新型办公业务，日常访问流量大，横向访问频繁，需要高带宽、高并发、低延时，对上行带宽要求高。

建议方案：

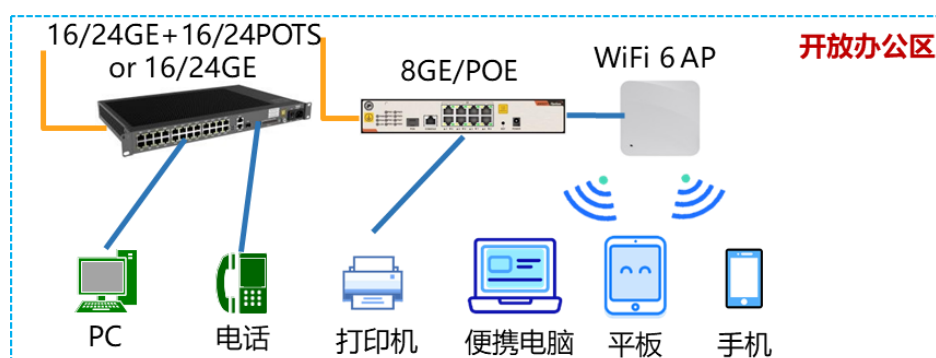


图 18 开放办公区组网示例

开放办公区通常人员数量众多，信息接入密度较高，一般采用 10G PON MDU 实现千兆到桌面集中接入。有线上网、固定电话业务通过在办公楼层弱电间或办公区信息箱集中部署 16 或 24 口 XG-PON MDU，再水平放装千兆网线至办公区工位信息面板，缩短网线传输距离，满足办公信息点千兆高速上网及 IP 电话融合接入需要。无线业务按需选择普通吸顶 Wi-Fi6 AP 及高密吸顶式 AP，并通过可 PoE 供电的多口盒式 MDU 供电，MDU 至 AP 信息点可支持 100 米距离，在办公区域灵活选取天花板梁下或墙壁合理部署两类高速 AP，实现高速 WLAN 网络全覆盖。

（2）单人办公室

通常用于领导、专家的独立办公场所，接入终端数量较少，常见接入终端种类有桌面电脑、固定电话、智慧屏、便携电脑、平板电脑、手机等。需接入的业务通常包括办公上网、视频会议、WLAN、固定电话等。业务流量模型与开放办公区类似，但通常并发流量较小。

建议方案：

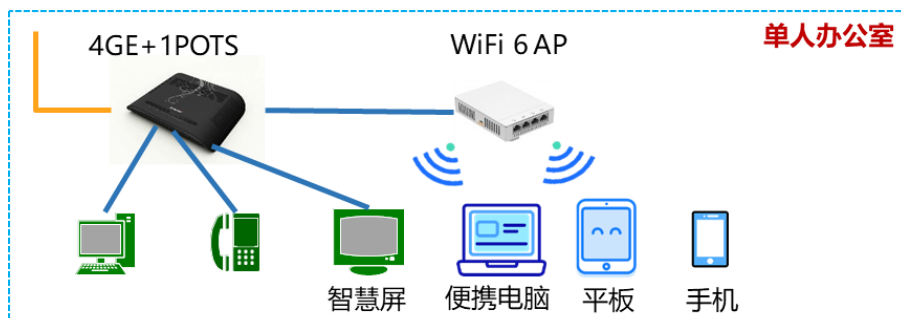


图 19 单人办公室组网示例

单人办公室，一般采用光纤到桌面部署。有线终端个数不多，可以直接使用面板式 AP，利用面板式 AP 上的少量以太网口满足有线终端接入需求，然后通过 ONU 以太网口 PoE 供电下联 AP，提供无线信号。

（3）多人办公室

通常用于财务室、实验室等专用办公场所，接入终端数量少，常见接入终端种类有桌面电脑、固定电话、智慧屏、便携电脑、平板电脑、手机等。

需接入的业务通常包括办公高速上网、视频会议、WLAN、固定电话、传真、打印等。业务流量模型与开放办公区类似，但通常并发流量小。

建议方案：

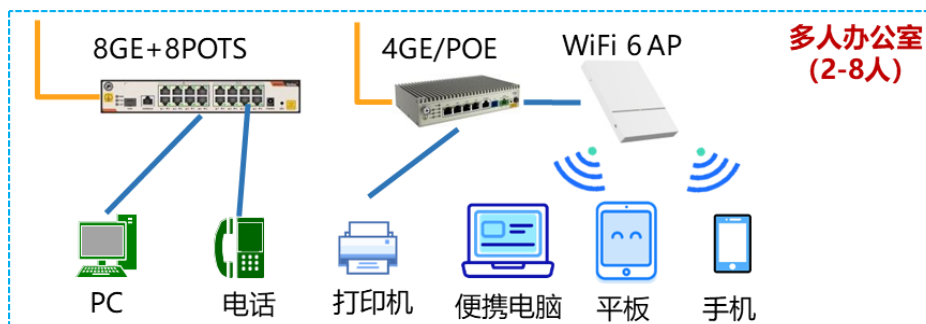


图 20 多人办公室组网示例

多人办公室，一般采用光纤到桌面部署。有线终端接入可以部署 8GE+8POTS 规格的盒式 ONU，可满足 PC 和电话的有线接入，无线网络通过部署吸顶式 AP，配合支持 PoE 供电的盒式 ONU，ONU 以太网口 PoE 供电下联 AP，提供无线信号。

（4）会议室

会议室通常接入终端种类较多，常见接入终端种类有会议大屏、固定电话、中控设备、便携电脑、平板电脑、手机、会议摄像头等。

需接入的业务通常包括办公上网、视频会议、WLAN、固定电话等。

会议室场景当前云办公、视频会议等新型办公业务，有大带宽、高并发、低延时的需求，对上行带宽要求高。

会议室的流量主要是以终端到数据中心、办公专网、互联网的纵向联接为主。

建议方案：

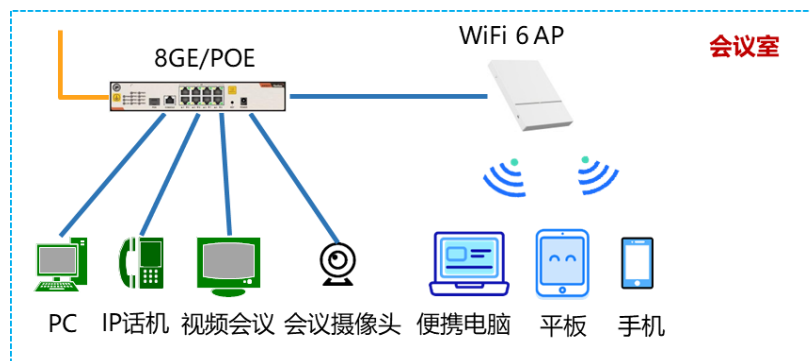


图 21 会议室组网示例

会议室，一般采用光纤到桌面方式部署，有线接入终端数量少时可以部署 4 口桌面式 ONU，端口可以支持 PoE 供电，配合视频会议、AP 满足基本接入需求。当有线终端接入需求较多时，可以部署 8GE 规格的盒式 ONU，按需配置光模块，可满足 PC、视频会议的高速有线接入，无线网络通过部署吸顶式 AP，配合支持 PoE 供电的盒式 ONU，ONU 以太网口 PoE 供电下联 AP，提供无线信号覆盖。

（5）安防监控

安防监控通常接入终端数量较多，常见接入终端种类有安防监控摄像头、考勤机、闸机门禁、物联终端设备等。

需接入的业务通常包括监控视频、考勤、闸机、IoT 物联接入等。

园区公共区域视频监控摄像头部署点位多，流量并发量大，同时人员流动量大，通过无线访问外网并发高、流量大。从流量需求分析，安防监控摄像头视频回传的北向流量为主；闸机、门禁、考勤、物联网设备等有线设备接入分布比较分散，需要结合园区分布规划设备布放。

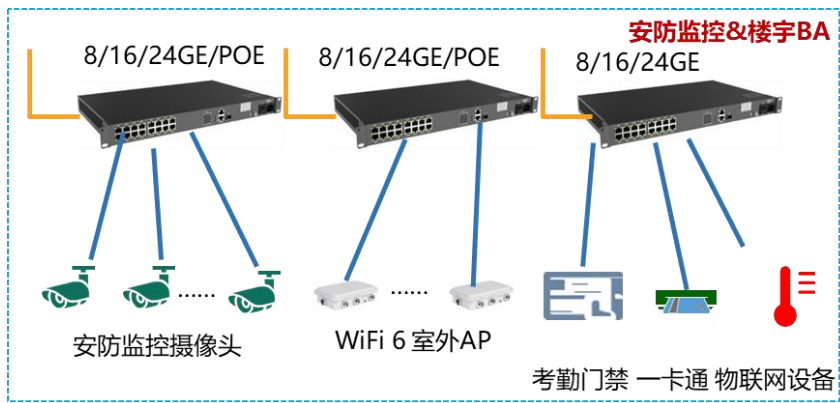


图 22 安防监控组网示例

安防监控网络，一般选用支持 PoE 供电的盒式 8/16 口 MDU 设备，按点位实际分布情况规划设备部署区域，减少有线传输距离，网线距离尽量不超过 80 米，选取合理位置部署，为下联的摄像头、室内外 AP、门禁、物联网等设备提供稳定千兆接入。室外区域无线覆盖选取专用的室外型 AP，采用多种可靠设计，支持抱杆等多种安装方式，可以满足灵活按需部署的需要。

(6) 周界安防

针对封闭式园区，通过布设分布式光纤传感设备，可同时满足园区入侵监测、电力管廊异常温度识别以及挖掘保护。

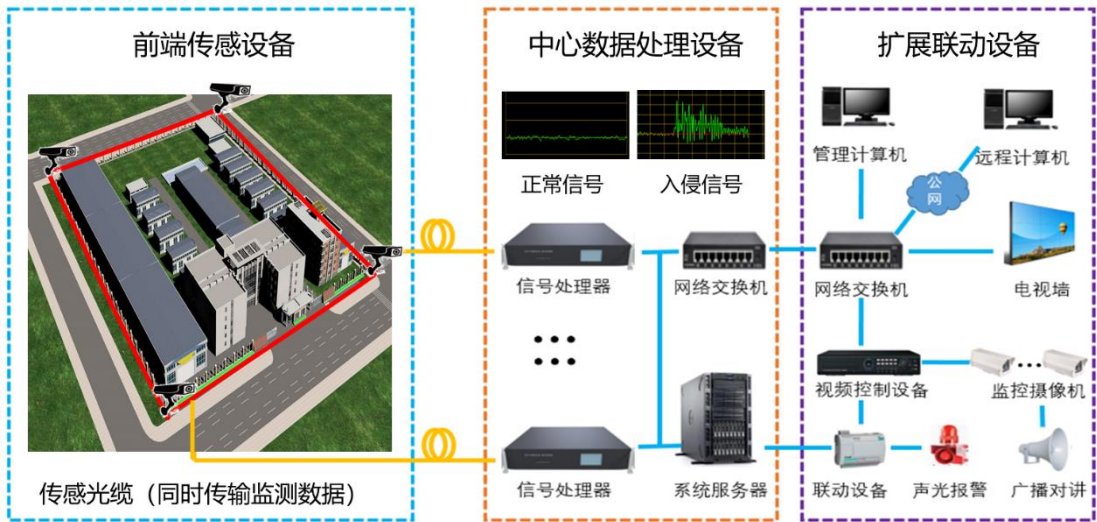


图 23 周界安防组网示例

案例

某大型通信企业研发中心全光网络

背景:

- 某通信企业研发中心办公园区总建筑面积 9.4 万平方米，容纳超过 1 万人进行办公和科研；
- 园区网络需为研发中心办公人员提供最先进的网络服务，架构扁平化，支持多种接入方式，有线无线统一覆盖，全网络高等安全防护，同时全网具备面向未来平滑演进能力。

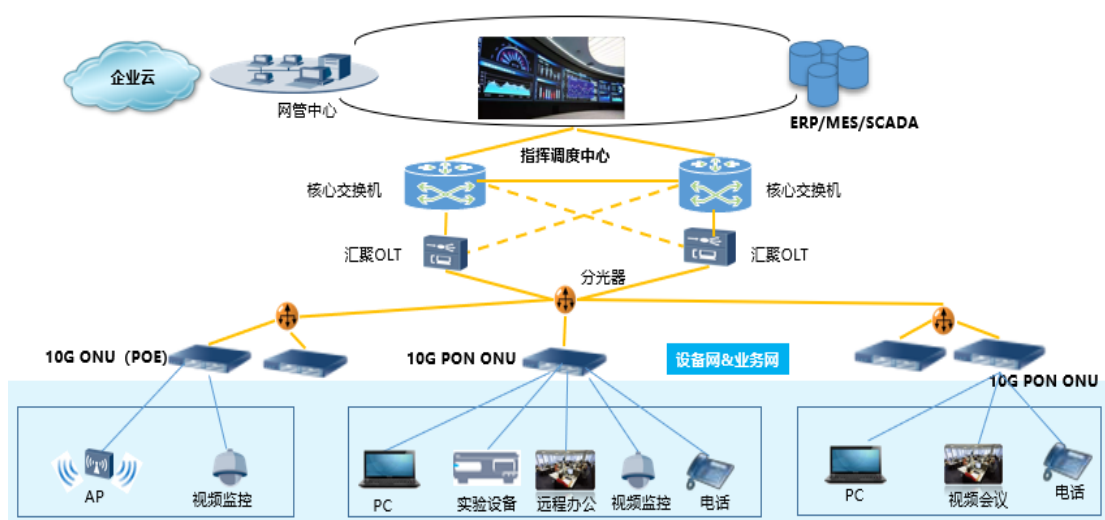
解决方案:

图 24 某大型园区组网架构图

- 整套园区网络使用 POL 全光园区方案，XG-PON 技术全万兆接入，用户端全部配备千兆端口；
- 每栋大楼分别布置 2 台 OLT 进行热备保护，全光网络链路采用 TypeB 双归属保护；
- 办公室根据大小布置 8/16/24 口 XG-PON MDU，联接 PC、门禁、电话、电视、实验设备等业务；
- 采用图形化网管进行统一管理。

客户价值:

- 整套网络采用 XG-PON 技术，万兆到室内，千兆到桌面，满足所有业务的高带宽需求；
- 全链路进行双归属保护，实现高安全防护等级；

- 网络扁平化，且采用统一网管，提升后续网络运维效率和便捷性；
- 易扩容、易演进，满足未来平滑升级的需求，减少重复投资；
- 网络架构扁平化，1个月即可完成全部施工，节省建设时间成本。

3.2 工业制造场景

3.2.1 业务发展趋势

制造业数字化转型，建设智能工厂成趋势

云计算、大数据、物联网、人工智能等新兴信息技术与制造业的深度融合，正引发制造业研发设计、生产制造、产业形态、商业模式、业务运营、决策方式、组织形态、企业文化等全方位的深刻变革。智能工厂是制造业转型的重要实践领域，已引起制造行业的广泛关注和高度重视，提升数字化、自动化能力是智能工厂的普遍建设方向。制造企业通过通信网络实现设备的互联互通，结合工业软件的应用，实现智能化、自动化生产。

产业链供应链自主可控，强链补链行动纷纷开展

随着全球形势的不断变化，制约和影响工业制造产业链供应链安全稳定的因素增多，产业链供应链加速重构，逐渐形成本土化、区域化、多元化趋势。2022年政府工作报告指出：“开展重点产业强链补链行动。传统产业数字化智能化改造加快，新兴产业保持良好发展势头。”工信部指出，所谓“强链”，就是进一步锻造长板，让长板变得越来越长，增强发展主动权。所谓“补链”，就是补齐短板和弱项，确保关键时候不“掉链子”。

数据驱动生产，IT、OT 数据贯通渐受重视

当今社会客户需求多样化、个性化，面对客户的个性化定制、个性化服务需求，如何通过大数据实现智能制造，满足客户需求是当下制造企业关注的重点。数据是制造业最核心的资产，有效利用数据可以实现服务化延伸、规模化定制、网络化协同、柔性化生产。智能制造的核心是数据革命，数据的获取、数据的存储、数据的分析、数据的传输都会带来一系列的变革。打通企业内外部的产业链

及价值链，通过数据提升 IT 和 OT 的协同能力，从而实现生产、产品和服务三者的创新，是打造生产制造企业核心竞争力的关键。

3.2.2 网络痛点

多系统并存，信息孤岛林立

在工业制造企业向智能制造转型的过程中，信息系统建设应围绕企业的管理职能进行。客户管理系统、生产系统、销售系统、采购系统、订单系统、仓储系统和财务系统等多系统并存，且数据被封存在各自系统中，不同职能部门之间无法互通，业务平台与软件系统间形成了严重的数据壁垒。信息孤岛化导致数据多口采集、重复输入和多头使用及维护，影响信息的准确性，阻碍信息共享与反馈的时效性，影响业务执行；同时还存在数据整合困难，制约有效决策的问题。智能工厂建设亟需一张网络，实现信息孤岛的打通，让数据在企业内部高效流通，实现数据和决策的上通下达。

网络自主性低，存“卡脖子”风险

在工业制造通信系统中，工业交换机在生产现场得到广泛应用。当前生产制造企业广泛使用的工业交换机仍以国外品牌为主，核心技术受制于人。一旦出现技术封锁、标准封锁、网络攻击等问题，将可能导致企业数据泄露、生产停滞不前，后果十分严重。近年来随着外部政治经济环境的深刻变化，越来越多的工业制造企业在数字化转型过程中，意识到产业链自主可控的必要性和紧迫性，在智能工厂通信网络建设时，优先考虑自主可控的解决方案。

工业协议标准不统一，互联互通难

工业软硬件系统存在较强的封闭性和复杂性，工业领域使用的通信协议七国八制，除主流的 PROFIBUS、Modbus、CAN、HART、EtherCAT、EthernetIP、Modbus/TCP、PROFINET、OPC UA，还有大量的厂商私有协议。在工业现场，不同厂商生产的设备采用不同的工业协议，要实现所有设备的互联，需要对各种协议做解析并进行数据转换，数据采集困难，耗时又费力。

数据实时性要求高，网络时延及边缘计算能力成挑战

工业制造企业都对数采业务的实时性需求强烈，包括数据采集的实时性和数据处理的实时性。精密生产及运动控制等场景对数据采集的实时性不断提高，传统网络对于高精度、低时延的工业场景难以保证重要的信息实时采集和上传，无法满足生产过程的实时监控需求。部分场景对数据处理的实时性也提出高要求，例如粒子加速器的束流监测系统，采集频率高达数兆每秒。采样率高意味着单位时间的数据量大，如果数据不进行处理直接传到上层平台，对网络带宽、时延和平台处理能力都提出很大的挑战。

3.2.3 全光接入网工业 PON 解决方案

基于广泛应用部署的公众网络 PON 技术演进而生的工业 PON 解决方案，可以一张网络打通工厂生产各系统到生产车间/现场之间的屏障，提升全流程生产效率。还可提供各种工业接口和工业协议对接支持能力，实现工厂内不同厂家的工业设备互联。同时通过低时延技术及开放平台边缘计算能力，保证数据采集及数据处理的实时性。另外，由于 PON 技术在我国公众宽带的规模应用，产业链成熟，国产化程度高，很大程度上降低了“卡脖子”风险。

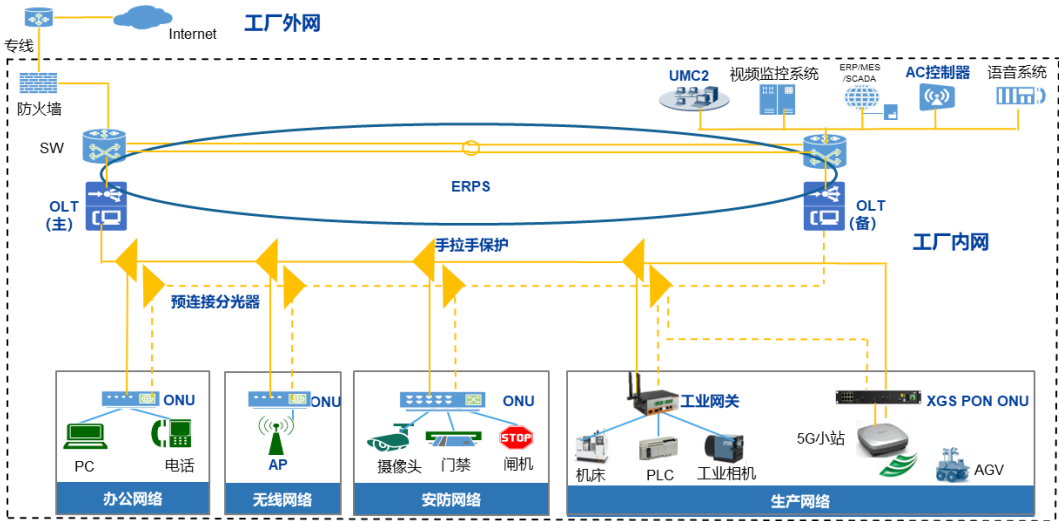


图 25 工业 PON 解决方案组网架构图

关键能力

(1) 时延抖动优化

支持单帧多突发、优化注册窗口等技术降低 PON 系统时延，支持固定时隙开窗类技术实现时延确定性。

(2) 开放平台边缘计算

OLT 和工业 ONU 支持两级边缘计算，OLT 支持边缘算力板卡，工业 ONU

支持容器化部署，支持二次开发工业 APP。

（3）支持工业协议转换

工业 ONU 支持 Modbus TCP/RTU/ASCII、OPC UA、S7、IEC101/104、CJ/T188、DL/T698.45、DL/T645、Zigbee、MQTT、RESTful 等协议。

（4）支持时间时钟同步

工厂内有一体化小基站部署需求场景，OLT 及 ONU 设备支持 SyncE 及 1588V2 等时间时钟同步能力。

（5）支持双链路备份

OLT 支持双电源、双主控、双上行，支持 ISSU 升级不断业务，OLT 及 ONU 支持 Type A/B/C/D 组网保护，保证切换时间在 50ms 以内。工业 ONU 支持 PON/以太网/5G 上行，上行链路支持有线/有线、有线/无线双备份。设备具备工业级宽温域、高防水等级、抗电磁干扰能力。

典型场景

（1）产线数据采集

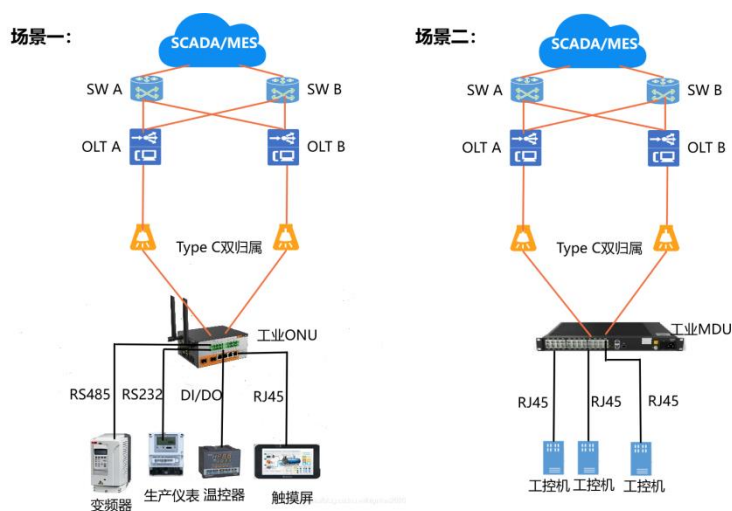


图 26 产线数据采集示例

产线数据采集有两种场景，第一种是生产设备接口类型不统一，可采用支持 RS232/RS485/DI/DO/RJ45 端口的工业 ONU，在 ONU 上进行工业协议转换，转换成可与上层 SCADA/MES 系统通信的协议。第二种场景是生产设备通过工控机统一成以太网接口，根据产线工控机数量可采用支持 8/16/24 RJ45 接口的 MDU 与上层平台通信。

对于实时性要求高的数据采集和处理场景，OLT 设备版本需支持低时延技术，OLT 需内置边缘计算板卡，ONU 具备容器化部署能力。由于产线数采对网络可靠性要求高，可采用支持双 PON 口上行的工业 ONU，与 OLT 组成 Type C 双归属保护。

(2) 生产现场机器控制

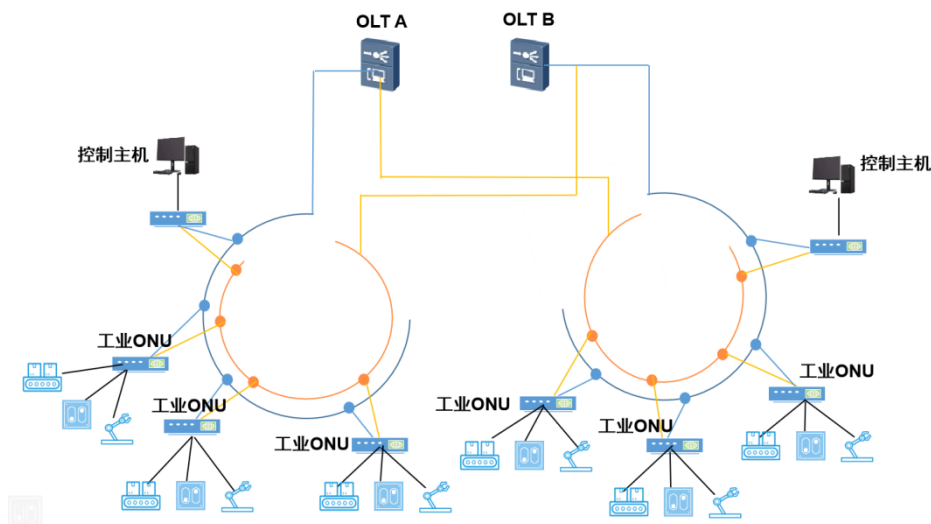


图 27 生产现场机器控制示例

生产现场机器控制，要求网络具备 99.999% 以上可靠性，可采用两台 OLT、ONU 双 PON 口、主干光纤、分光器、尾纤双链路备份，组成 TypeD 保护，采用不等比分光器组成链式网络。由于部分工业控制场景需要确定性时延，需要采用时延、抖动优化技术，满足确定性控制需求。

(3) 一体化小基站回传



图 28 一体化小基站回传示例

部分工厂处于较为偏僻的地段，移动信号覆盖较差，存在在厂区内部署一体化小基站补盲场景。该场景可利用工业 PON 进行一体化小站回传，回传 MDU 需具备至少一个 10GE 接口，并支持 XGS PON 上行，OLT 具备向 50G PON 平滑演进能力。若一体化小基站不支持 GPS/BD 等无线时间同步，还需选择支持时间时钟同步的 MDU 和 OLT。MDU 和 OLT 建议支持 SyncE 和 1588V2，时间同步精度建议低于 $0.05\text{ppm} \pm 100\text{ns}$ 。

(4) 可移动产线



图 29 可移动产线示例

部分工厂存在产线移动调整，并要求设备搬迁完成后快速上线、稳定运行的场景。该场景可以采用预连接产品，实现机房到产线的光信号传输及光路由调度，全链路各节点采用高防护抗冲击的预连接盒体，通过预连接光缆连接盒体。全链路实现“0”熔接，采用端接方式进行连接，整条链路可随产线一同迁改，迁改后无需技工即可完成线路开通，实现业务快速上线。

案例

某知名互联网企业工业 PON 项目

背景：

某互联网企业是全球知名的智能手机制造商，我国 3C 行业龙头，当前力图打造行业“灯塔工厂”，实现“以一带百”效应。3C 产品制造本身具有生产周期短、更新迭代快、质量可靠性要求高等特点，制造业对产品高端化、装备智能化、管理精细化、生产组织网络协同化的智能制造组网需求迫切。工厂产线数据采集面临传输线路质量差、传输时延高、时延不稳定等痛点。

解决方案：

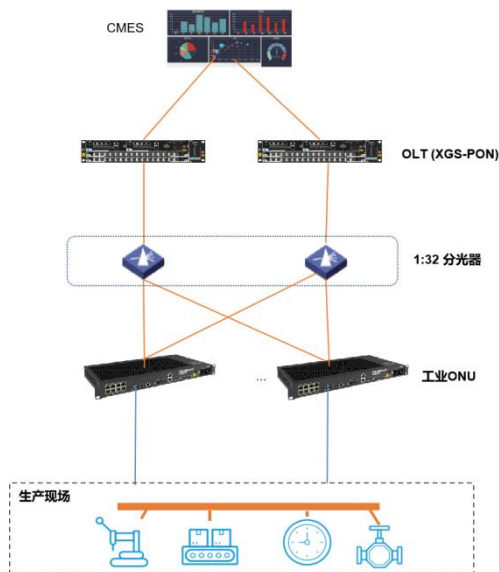


图 30 某企业工业 PON 项目组网示意图

- 厂区网络使用工业 PON 方案，部署 XGS PON OLT 组成 Type B 双归属保护，满足生产网络高可靠要求；
- OLT 采用低时延优化技术，满足生产现场数据采集 1ms 内时延需求；
- 支持多种数采协议的工业 ONU 部署到产线进行数据采集；
- 厂区办公全部采用面板式 ONU，千兆到桌面。

客户价值：

- 实现“黑灯工厂”，自动化率>99.9%；
- 低时延高可靠生产环境，网络时延<1ms，抖动 us 级，50ms 链路切换，工业级 ONU 满足严苛生产环境要求，网络可靠性 99.999%；
- 网络支持平滑升级，XGS-PON 到 50G PON 平滑演进；
- FTTD 光纤到桌面，简洁美观。

3.3 智慧酒店场景

3.3.1 业务发展趋势

智慧能力建设成为酒店发展的新方向

随着物联网、云计算、大数据的发展，智慧酒店的理念也开始被更多的人所了解,通过对酒店信息化、数字化改造，可以解决长久以来酒店行业同质化、入住

退房流程繁杂、人力沟通效率低下、能源成本巨大等问题。酒店智慧能力的提升既能为酒店提供快速、高效、低成本的升级能力，又能为酒店打造差异化优势，更能为住客提供个性化、贴心细致、潮流的入住体验，是酒店行业发展的新方向。

住客体验打造成为酒店生存的突破口

随着中国文化旅游事业的蓬勃发展，酒店行业内竞争日趋激烈，住客对酒店的要求不再只停留在酒店装潢、房间基础设施等质量方面，应用先进的信息化技术以提升住客体验成为了增强酒店生存能力的突破口。首先，需具备快速稳定的语音、数据和视频通信能力。其次，从酒店订房、入住到退房，需要提供丰富多样的智能应用，包括 VR 选房、自助入住、自助退房、智能开门、智能开关、智能窗帘、智能音箱、智能灯光、智能魔镜以及远程空调等多种智能服务。最后，住客人身安全、隐私安全、网络安全也是赢得住客信任和青睐的重要因素。

连锁效应提升成为酒店经营的增长点

目前中国 65%以上的酒店仍为单体酒店，单体酒店在管理效率和经济效益上相比连锁酒店，其竞争力明显不足。大部分的单体酒店，在没有专业管理团队和品牌酒店集团强大背景的支持下，知名度不高，在消费者面前缺乏曝光机会，导致客源降低，酒店收入不足，经营困难。近几年由于疫情影响，酒店行业经营承受了巨大的压力。数据显示，2022 年较 2021 年同期，其酒店客房出租率下降了 24.3%，客房价格下降了 20.2%，每间可售房收入下降了 49.2%，酒店客房数量下降了 12%。但是，连锁酒店客房量逆势增长 4%，酒店连锁化率提升了 9% 通过酒店连锁化可扩大地域覆盖空间，酒店品牌化、连锁化可提高酒店客源和入住率。

3.3.2 网络痛点

在三千兆时代背景下，基于云网融合的发展趋势，宽带和视频娱乐已成为酒店的免费基础服务。随着手机、平板智能终端和高速上网服务的快速普及，旅客在家庭场景中的互联网使用习惯自然会延伸到酒店场景。相关调查报告显示，89% 的受访者反馈根据可靠免费 Wi-Fi 决定在哪里住宿，94% 的受访者根据 Wi-Fi 质量决定逗留酒店时间长短。当前大多数酒店网络设备老旧、网速慢、方案复杂、

维护难度大、成本高，旅客抱怨上网体验和视频体验差，难以享受互联网 OTT、多屏互动等新业务服务。当前大多数酒店网络采用以太网交换机传统组网模式，酒店通过集成商采购基础网络设备，自行建设自行维护，建设和维护成本高，具体表现在如下几个方面：

组网成本高

随着通信技术不断发展，以交换机组网为代表的传统酒店组网方案已无法满足日益丰富的酒店业务需求。为满足一间客房的语音、上网、电视以及客房智能业务，需要用到多达六根线缆以及六个端口，使用的线缆类型超过 5 种，包括网线、闭路电视线、电话线、门禁传输线和电源线等，而且每层楼至少需要用到三种不同的通信设备，难以实现一网承载视频、电话、宽带、Wi-Fi 等多种业务。网络架构复杂，极大增加了施工走线的难度及成本，导致酒店投资成本高。而且繁杂的走线令后期的维护也难以开展，更别提美观。

另外，在酒店网络建设过程中，场勘、方案设计、设备采购、系统调测需多个设备厂家协调，导致建设周期长，不利于酒店快速开业提前收益的发展要求。

上网体验差

调查表明，80%的受访者将稳定好用的免费 Wi-Fi 作为选择酒店的重要因素。传统的布线通过网线和交换机级联进行组网，布线中使用的线缆和接头较多，接头松动、铜线老化等原因导致网络故障频发。同时，通过在每个楼层布置无线路由器的方式实现酒店 Wi-Fi 覆盖，但由于酒店客房较多，房间相距也很近，各个信号源之间存在严重的信道干扰，难以通过专业的 Wi-Fi 覆盖和调优手段对 AP 进行统一集中管理，导致视频聊天卡顿、视频会议掉线、网页刷新缓慢、游戏交互延时大，住客上网体验非常差，不利于树立良好的酒店品牌。

管理运维难

因酒店网络设备标准不统一，品牌型号混杂，多套系统并存，导致无法在同一个管理平台上对网络和设备进行统一集中管理。电视、电话、上网等出现问题后难以快速定位，需要分别找不同的供应商排查问题，故障处理时间长，住客投诉多，酒店回头客少，客房入住率下降，从而影响酒店营业收入。

3.3.3 全光接入网智慧酒店解决方案

针对上述问题，结合酒店的行业特点及酒店集团 IT 标准进行全方位的考量，酒店急需打造一张简组网、智漫游、低成本、易维护、可管理的一网承载多业务的网络系统，既要保证宽带网络高速、稳定，提供高速 Wi-Fi 接入，实现 Wi-Fi 全面覆盖、无缝漫游，又要支持智能物联网设备接入，还要实现安全上网统一认证，网络可维护可管理等。为提升酒店创收空间，需充分利用酒店所有场所电视和网络资源展示自身品牌形象，完成周边商业信息的推送，为住客提供个性化服务体验。全光接入网智慧酒店解决方案在施工部署、业务体验、统一运维、安全规范等方面需具有明显优势。

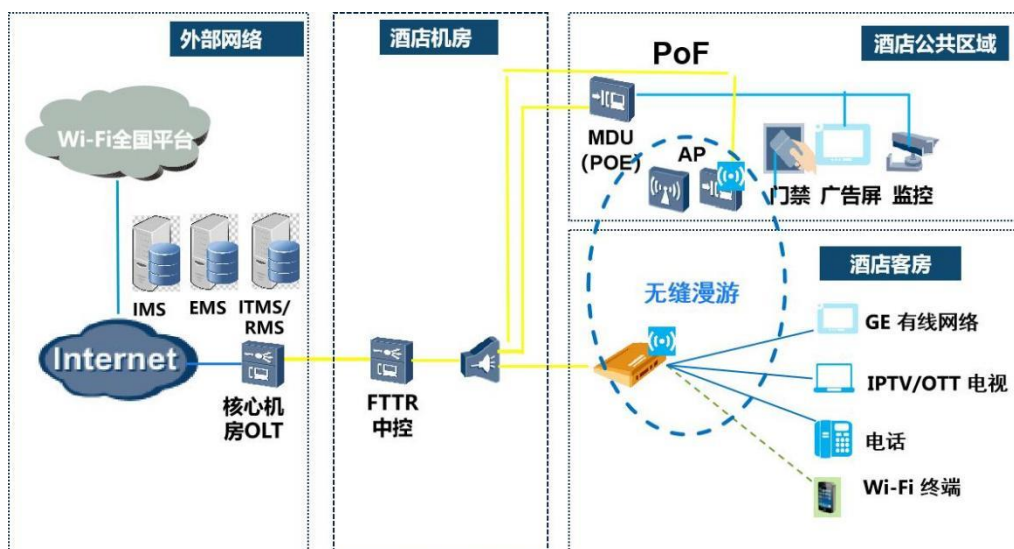


图 31 全光接入网智慧酒店解决方案组网图

关键能力

（1）支持功能高度集成

酒店全光中控设备支持 OLT、路由器、防火墙、Portal 认证、融合 AC、DHCP Server、NAT 等多种设备功能合一，客房融合终端支持 ONU、AP、机顶盒三合一，支持有线网络接入、无线网络接入、语音和 IPTV，可有效降低酒店网络建设成本。

（2）支持双上联接入

酒店全光中控设备支持双路 GPON/XG(S)-PON/10G EPON/GE 上行，可实现

酒店全光大带宽接入，双 PON 上联可保障酒店接入的可靠性。

(3) 支持多 PON 口下行弹性扩展

酒店全光中控设备支持多个下行 PON 口，配合融合网关、吸顶 AP 等设备，实现终端有线和无线接入，单台中控设备支持至少 200 个融合终端接入，可满足酒店超过 200 个客房网络需求。

(4) 支持 Wi-Fi 无缝漫游

支持与运营商商业 Wi-Fi 平台对接能力和本地 Portal 认证能力，通过中控设备内置的 AC 控制器，可管理酒店公区所有的 AP 及客房内融合终端 Wi-Fi，实现全酒店区域无缝漫游，漫游切换时延小于 50ms。

(5) 支持多种视频类及增值业务

融合终端支持运营商 IPTV、OTT、投屏等视讯业务。融合终端支持定制开机 EPG，接入认证支持 Portal 个性化界面，以客房电视大屏和电脑手机等打造超级融合广告媒体。

(6) 支持安全审计确保住客隐私

融合终端支持对接公安机关安全审计平台，住客不再担心酒店客房网络信息泄露、隐私安全问题，同时也可避免由于酒店人流量大，住客自带的电脑病毒攻击造成酒店网络的不稳定。

(7) 支持 PoE、PoF 供电方式

MDU 支持 PoE(Power Over Ethernet)，可为多个下挂的 AP、摄像头等集中供电，以满足 Wi-Fi 接入、视频接入和安防监控的需求。

光上行吸顶 AP、面板 AP 支持 PoF 供电，可简化网络架构，减少施工布线的工作量。

(8) 支持隐形光缆布线

支持隐形光缆+隐形轨道槽保护，透明材质，可走明线，网络改造无需敲墙打孔埋管。可采用抗弯曲性能较好的 G.657B3 光纤，弯曲半径小于 5mm，适用于酒店客房内小角度铺设。

(9) 支持多种管理方式

融合终端支持由 ITMS、RMS 平台管理。中控设备支持本地或远程 Web 管理，支持运营商 EMS 管理。

典型场景

(1) 客房



图 32 客房场景示例

酒店客房是住客在酒店内主要的活动场所，主要业务需求为有线、无线上网、电视、电话、门禁等业务，可通过布放一台融合终端，为住客提供高清电视、有线无线接入、电话、门禁服务。客房内布线可采用隐形光缆，保证客房内简洁美观。

(2) 公共区域



图 33 公共区域场景示例

酒店大厅、会议室等公共区域，主要业务需求为无线覆盖、有线接入及安防监控，通常会部署吸顶 AP 和摄像头。可根据信息点数量，部署 4 口、8 口 MDU；根据终端设备的供电方式，可选支持 PoE 功能的 MDU。对于只需提供 Wi-Fi 覆盖场景，可部署支持 PoF 供电的光 AP，既能满足无线接入的要求，也能降低施工布线的工作量，整体装修效果更美观。餐厅的主要业务需求为无线覆盖、电视及电话业务，规模较小的酒店可通过布放融合终端满足餐厅网络需求，规模较大的酒店可通过分别布放 AP 和融合终端满足无线覆盖和电视、电话需求。

(3) 前台

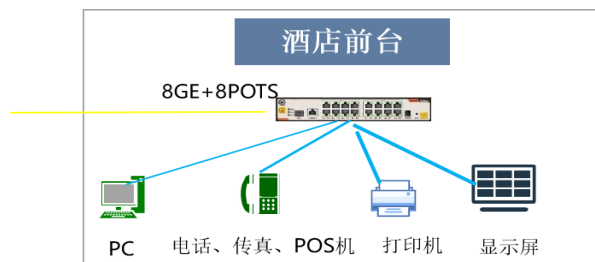


图 34 酒店前台场景示例

酒店前台的主要业务为有线接入、电话、传真、POS 机、打印机、显示屏等业务，可通过部署带语音口的 MDU 实现覆盖。若前台有无线接入需求，可通过部署 AP，连接到前台 MDU，实现无线网络覆盖。

案例

某五星级酒店全光接入网智慧酒店项目

背景：

某五星级酒店位于市中心繁华商业区，硬件设施豪华。该酒店共 23 层，酒店客房共 380 间，要求客房之间、客房与公区之间和楼层之间实现 Wi-Fi 无缝覆盖，酒店网络要求具备实用性、可扩展性、先进性、专业性、开放性、安全性、服务性和经济性。

解决方案：

- 在酒店机房部署 2 台酒店中控，支持 380 间客房融合终端接入；
- 在每间客房部署一台融合终端，承载酒店客房有线、无线和视频；
- 在大堂、餐厅和走廊部署 4 口 PoE MDU，满足摄像头、AP 接入；
- 在大堂、餐厅和走廊部署 PoE 供电 AP，满足公区无线覆盖。

客户价值：

- 中控设备高度集成，机架占用空间少；

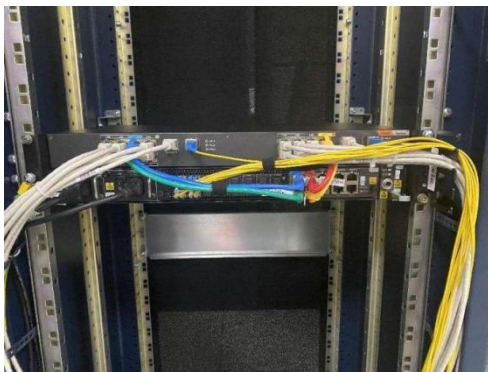


图 35 中控设备安装示例

- 隐形光缆布线，客房更美观；

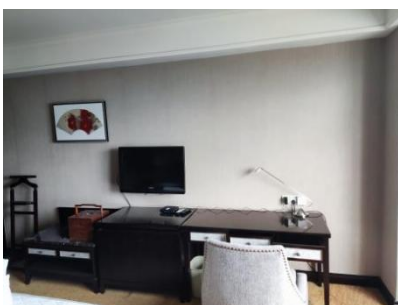


图 36 酒店客房隐形光缆安装示例

- 业务快速上线：200 个房间 2 天开通所有业务；
- 体验大幅提升：漫游切换 50ms 以内；
- 酒店资产轻量化，设备归属运营商，建设成本降低 70%；
- 扁平化组网，网络结构简单，施工成本降低 50%以上；
- 一张光纤网络承载所有客房业务，可支持灵活升级扩容；
- 节能环保，每房每年省电 50 度以上。

3.4 智慧医院场景

3.4.1 业务发展趋势

医院信息化建设是医院业务发展的基础，很大程度上影响着医院医疗服务能力的提升。我国医院信息化建设起步较早，但早期以药品管理和财务核算等单一功能系统建设为主。进入本世纪初，随着医疗业务规模的成倍增长，医院信息化建设迎来爆发期，国家对电子病历实施的指引标志着医院由基础信息系统建设向智慧医院建设的转变。尤其是“十四五”期间，随着《国务院办公厅关于推动公立医院高质量发展的意见》、《关于进一步完善预约诊疗制度加强智慧医院建设

的通知》等一系列政策文件的陆续颁布，对推动云计算、大数据、物联网等新一代信息技术与医疗服务的深度融合和推动智慧医疗、智慧服务、智慧管理“三位一体”的智慧医院建设都提出了新的挑战。

新技术助推，智慧化建设成潮流

近年来，各类创新技术和应用逐渐出现，医院内的业务场景也逐渐增多。基于互联网、物联网等技术发展，医疗技术软硬件厂商将 AI、云计算等创新技术与高速网络平台相结合，应用于外科手术治疗和远程医疗等，不仅可以节诊疗治疗时间，还可以构建跨区域的医联体，整合医疗资源，提升医院整体运营和管理效率，为医生和患者提供更便利的诊疗和就医服务。在新技术的支撑下，各种新的医疗服务系统也陆续上线，推动着医院信息化建设的不断扩展和提升。新兴信息技术的落地应用和数字化、智慧化医院的运营管理，都将要依托于更加便捷、经济、安全、高速的医院网络基础设施。

节能降耗，绿色低碳化成趋势

随着医院基础设施和信息化更新建设速度的不断加快,在软硬件条件得到快速改善的同时，医院各项能耗指标也不断增加。智慧医院建设体系中，面向医院管理人员的“智慧管理”系统和面向患者的“智慧服务”系统都需要各类医院基础医疗设备及辅助服务终端支撑。随着医院各类治疗诊疗仪器、自助终端等医疗设备日益增加，对医院园区网络的能源消耗越来越大，而这些基础医疗设备的能源利用对医院医疗服务来说是刚需，很难减少规模，因此园区基础网络设备的节能降耗对于建设绿色低碳智慧医院尤为重要。

融合承载，网络简架构易运维成刚需

医院一般有内网、外网、设备安防网等多张功能网络同时部署，医院内各个场所分布有电脑、打印机、自助设备、手持终端、信息发布终端、互动电视终端、视频会议终端、示教演示终端及物联终端、监控摄像头等各类设备，这些终端设备通过连入医院内基础网络和各类医疗应用服务器，支撑医院内部医生和患者通过网络实时传输诊疗、检验、治疗、缴费等数据信息，另外也可满足医院楼栋安全安防管理等需求。一网承载医院多业务，支撑多设备的融合接入，并能进行统

一配置和运维管理，是智慧医院信息化建设的发展需要和趋势。

3.4.2 网络痛点

信息化建设分步实施，网络扩展困难

医院信息化建设的“分步实施”主要是根据医院工作的流程和医院管理的实际状况确定系统网络实施的步骤，后一步骤应以前一步骤提供的软件、硬件基础作更大范围的扩展和应用，这样医院的信息化建设就可以逐级提升，实现向更高级的平滑过渡和发展。由于医院的软件系统和网络设备不断的增加以及信息化建设的不断提升，越来越多临床科室会依赖于医疗系统所提供的诊断结果和图像信息，系统中的数据量和规模也会越来越大。医院传统网络的多层网络架构一般部署较为复杂，在医院传统以太网交换机网络中，从核心层、汇聚层到接入层，各类交换机层层堆叠，一般采用点对点的级联方式，这种点到点的级联方式不仅耗费较多线缆资源，带来更多数据传输时延，也难以满足当前医院各类网络应用和业务流量不断增加的需求。医院基础网络架构设计上需要考虑今后系统扩充和网络演进的要求，保障当前业务发展需要的同时，也要为未来的信息化业务发展预留网络扩展空间。

设备占用较大机房空间，能源消耗大

目前我国大部分的优质医疗资源集中在少数人口规模较大、密度较高的大型中心城市中的大型医院，部分医院床位利用率超过 100%的情况仍然存在。因此医院在新建园区大楼时也重点考虑将更多空间留给住院和医疗诊疗办公部门，对于医院基础网络铺设所需的网络机房需要尽量减少占地空间。在医院传统以太网交换机网络中，核心交换机部署于核心机房，汇聚交换机部署于楼宇弱电间或者楼层弱电间，接入交换机部署于楼层弱电间，这些设备及配套电缆设施需要占用大量的机房空间，且都需要电源接入，消耗医院大楼大量电力能源。降低基础网络设备占用的机房空间及医院整体网络的节能降耗将为智慧医院发展奠定基础。

医院网络运维复杂，专业维护人员少

当前医院的信息系统越来越庞大，医院专业的信息维护人员少、技能不足等

问题日益凸显。医院基础网络系统的设计应充分考虑易维护性，设计上尽量采用易于维护的网络架构，操作尽量简单，并保证系统能够安全、可靠运行。医院园区新建或改造过程中，建设一张极简架构、简易运维的新型网络成为医院智慧化发展的需要。通过一张网管理所有业务，可以简化管理运维过程，减轻医院专业网络维护人员的运维负担，将医院信息中心紧张的人力资源从繁重的网络运维压力中释放出来，投入到其他项目工作中，提升医院整体管理效率。

3.4.3 全光接入网智慧医院解决方案

智慧医院的基础网络一般分为医院内网、外网、设备安防网等功能网络，全光接入网智慧医院解决方案可以融合承载各功能子网的所有终端设备及各类医疗或管理业务。在全光接入网方案中，采用 PON 网络架构，组网便捷，医院新增业务或新的信息系统上线带来的信息点位扩充可方便扩充。OLT 与 ONU 之间采用无源 ODN 网络进行联接，取代医院传统网络中汇聚层各类设备及电缆设施，有效减少设备对楼层弱电间和机房的占用，且无源设备无需电力能源开销，为医院的绿色节能发展奠定基础。基于 PON 网络技术特点，接入光纤的传输距离可远超传统网线传输距离，对医院园区的各个信息点位可灵活部署和扩展，提升园区安防设备部署的便利性。采用全光接入网整体建设，通过一套网管系统可全面管理各功能子网的接入层设备与业务，界面简洁，运维简单，提升医院管理人员管理效率。

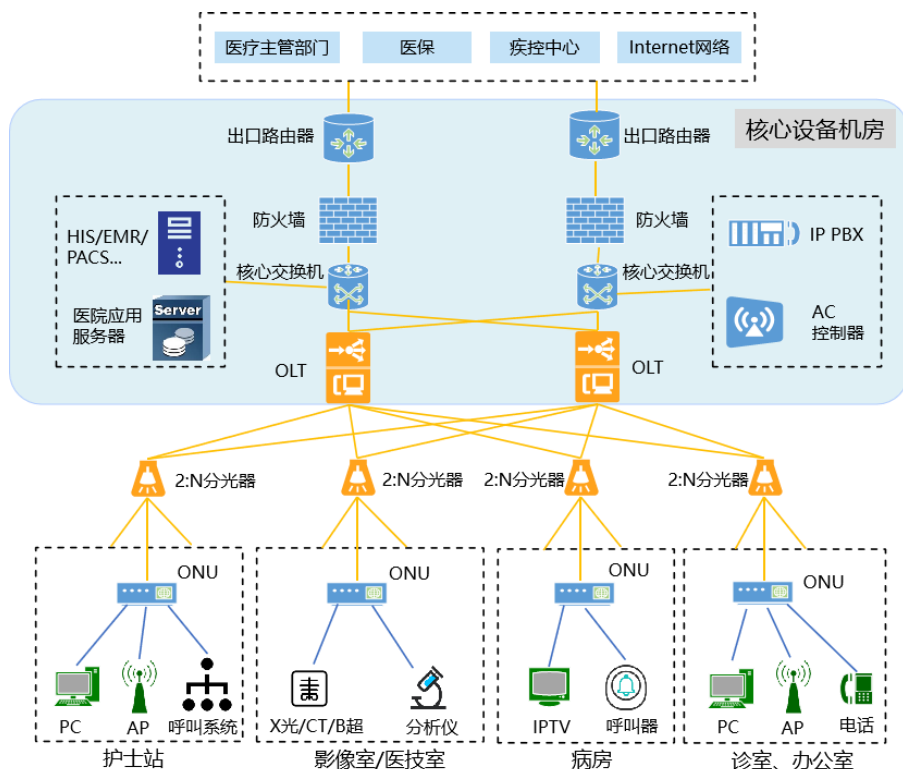


图 37 全光接入网智慧医院解决方案组网图

关键能力

(1) 支持链路高可靠性保护

医院内部各科室及医疗点的数据信息都非常重要，不能有断联或丢失，需要对网络数据传输进行高可靠性保护。全光接入网络采用 Type B 或 Type C 双归属保护提供网络的冗余容灾保护，为医院内部信息数据的安全传输保驾护航。

(2) 支持 GPON/10G PON 混合组网，网络建设可分步实施

医疗影像科医师通过网络对 CT 或核磁共振等影像实时调阅、浏览及处理的需求，可通过对称 10GPON 满足要求；日常办公场景可根据医院流量需求灵活选择使用 GPON/10GPON 满足需求。

(3) 支持多形态 ONU，支持光纤到桌面

根据医院业务场景对应的信息点位要求，可按需部署机架式、盒式 ONU 或面板式 ONU 等多形态 ONU 设备，机架式或盒式 ONU 适合高密度多信息点位部署场景。结合医院的整体光纤布线方案，在医院的诊室、办公室等场景可选用面板式 ONU，实现光纤到桌面。

(4) 支持易掏接光缆，一缆上整楼

支持具备“易开剥、易抽芯”的易掏接光缆，根据院区内业务需求楼层，可采用一根光缆从下铺到顶，每层掏接出所需要的业务单元，避免多条光缆铺设。

典型场景

(1) 诊室

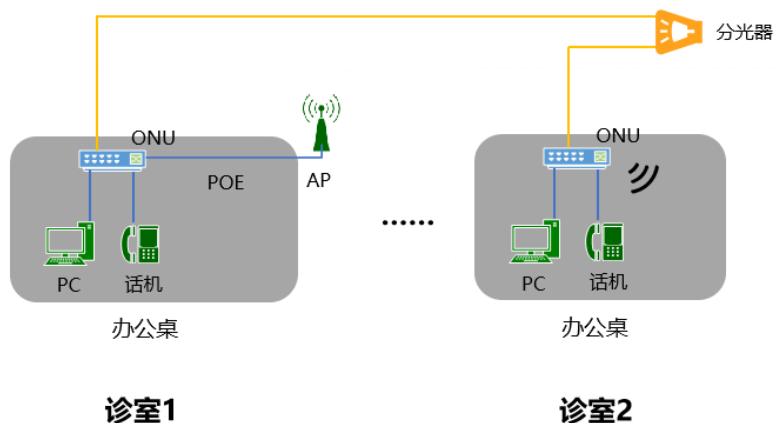


图 38 诊室场景示例

医院诊室是典型的医院内网业务场景，主要业务类型有：Internet 上网、打印机、无线 AP 等数据业务及电话语音业务。单人诊室的接入信息点数量为 2-3 个数据，1 个语音，双人诊室的接入信息点数量为 2-3 个数据/工位，1 个语音/工位。

建议方案：

对于单人诊室，可以使用 GPON 上行，用户侧 4GE+1POTS 口的终端 ONU 设备；对于双人诊室，可以使用一台 GPON 上行，用户侧 4GE+2POTS 口的终端 ONU 设备，或两台用户侧 4GE+1POTS 口的终端 ONU 设备完成接入，根据整体医院光纤布线方案，也可选用面板式 ONU 进行部署。无线上网业务可选择面板式 AP 或普通吸顶 AP 进行接入。通过各类终端接入，可满足医生使用电脑办公、电话、打印文件、AP 无线上网等业务需求。

(2) 病房

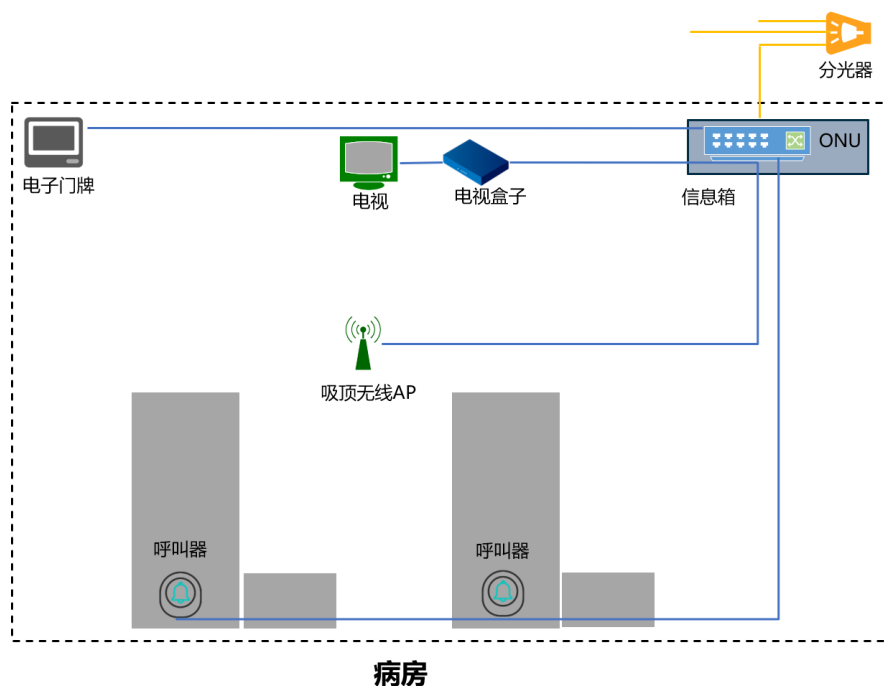


图 39 病房场景示例

医院病房是融合了医院内部网络和外部网络访问需求的业务场景，主要业务类型有：Internet 上网、信息发布系统、IPTV、无线 AP（可选）等数据业务及电话语音业务（可选）。医院病房的接入信息点数量为：8-20 个数据，1 个语音（可选）。

建议方案：

光纤直达病房，病房内多种业务通过光纤和接入 ONU 承载，病房内可选择 8 或 16 或 24 口 GPON 上行 ONU 设备；如果进行室内无线覆盖，可选择支持 PoE 功能的 ONU 设备给 AP 供电；对于有语音电话需求的病房场景，可另部署一台带 POTS 口的 GPON 上行 ONU，支撑电话业务接入。电子门牌、呼叫器、无线 AP 等通过以太网口接入，电视按需通过以太网接口接入医院 IPTV 系统。病房 ONU 可安装在信息箱中，也可选用面板式 ONU 直接部署在桌面或墙面。整体全光接入部署方案可满足患者通过网络呼叫外部医护人员、上网、通过信息发布系统即时了解医院或诊疗信息、通过 IPTV 观看电视等业务需求。

（3）影像室

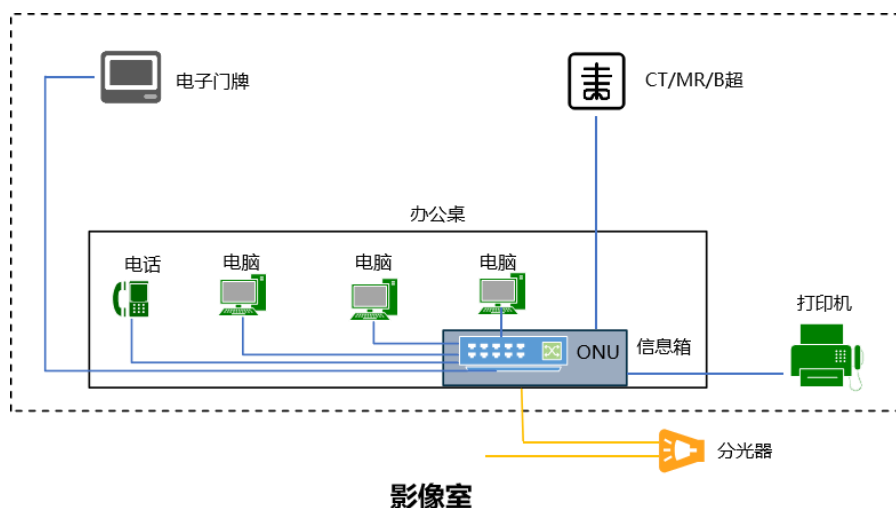


图 40 影像室场景示例

医院影像室是医院内网重要业务场景，CT、MR 等医疗设备会持续产生大量高清医疗影像，影像科室医生需要实时观看或频繁调阅这些影像资料用于医疗诊断，对于网络带宽要求较高。主要业务类型有：上网、打印机、门禁设备连接等数据业务及电话语音业务。接入信息点数量为 2 个数据/工位，1 个语音/工位，按影像室规模部署多个工位及对应信息点。

建议方案：

考虑到影像室对于网络带宽的高要求，可以使用 XG-PON 或 XGS-PON 上行的终端 ONU，ODN 接入选择低分光比保障带宽能力，按影像室工位规模，选择 8 或 16 或 24 口 ONU 设备，同时可以选择兼具多 POTS 口形态设备，满足语音电话需求。影像室 ONU 设备一般部署于信息箱内，方便统一布线。通过 10G PON 终端设备接入，可满足影像室医生快速调阅高清医疗影像资料需要，提升医疗诊断效率。

(4) 护士站

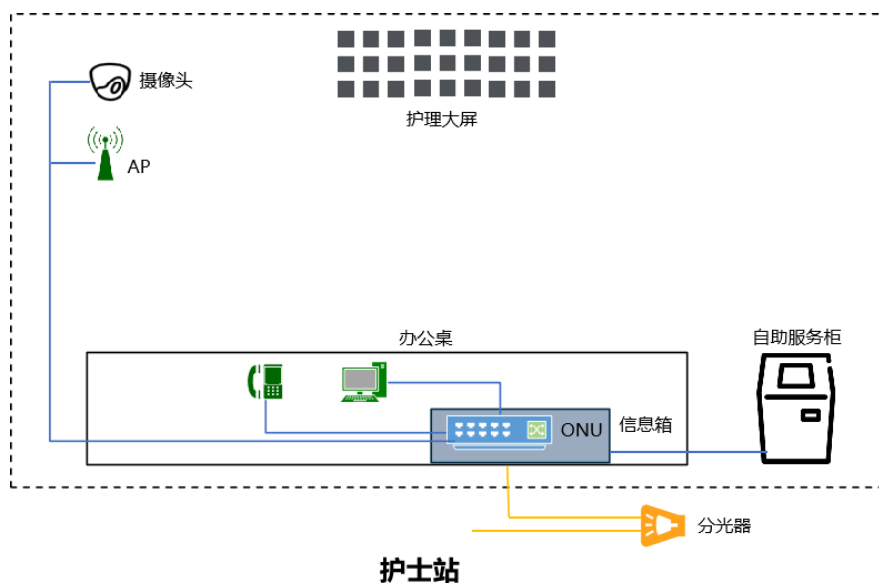


图 41 护士站场景示例

护士站需要同时接入医院内部网络和设备安防网络的业务场景，护士需要通过访问医院内网获取医生诊疗信息和患者用药等治疗方案，医院管理人员需要通过设备安防网对护士站及周边工作环境进行监控。主要业务类型有：内部上网、自助服务柜、打印机、IPTV、无线 AP、监控摄像头等数据业务及电话语音业务。医院护士站的接入信息点数量为：8-20 个数据，1-2 个语音。

建议方案：

通过全光接入组网，可承载护士站的多种网络业务。为满足电话语音业务，可以选用一台 GPON 上行，用户侧 4GE+2POTS 口的终端 ONU 设备接入。护士站其他设备接入可选择 8 或 16 或 24 口 GPON/10G PON 上行 ONU 设备，ONU 带 PoE 功能可以给 AP 供电。ONU 可部署在护士站办公桌下面，也可以安装在信息箱中，根据整体医院光纤布线方案，也可选用面板式 ONU 直接部署在桌面或墙面。整体全光接入部署方案支撑护士站多业务终端同时接入网络，可满足护士站的护理大屏信息或医院 IPTV 内容展示、内网上网、电话、呼叫信息接收、摄像头监控等业务需求。

案例

某大型中医院全光接入网智慧医院项目

背景：

某大型中医院新院区，总建筑面积达 8.8 万平方米，设置床位 600 张。建筑功能包括：门诊、医技、住院、行政办公、停车等，是市级重点民生工程项目。院区对网络要求为融合承载、高可靠、大带宽、易部署、简运维。

解决方案：

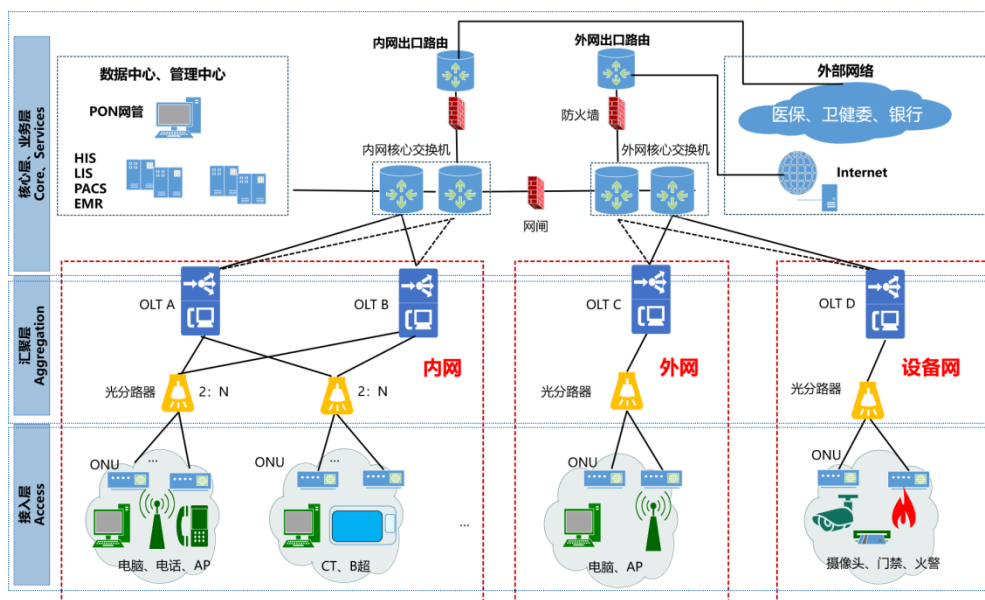


图 42 某大型医院全光接入网智慧医院项目组网示意图

- 医院全光接入网方案局端采用 XGS Combo PON 网络技术，业务侧采用 GPON/10G PON 终端混合组网。
- 通过 OLT Type B 双归属保护支持网络的冗余保护，提升网络安全性，核心层通过网络隔离设备进行物理隔离，确保医院不同功能网络间的信息安全传输。
- 在医院视频示教室及影像科等场景，采用 XGS PON 终端提供对称万兆带宽，有效支撑高清视频交互、医疗影像资料实时传输。
- 基于全光接入网，医院内的办公电脑、医疗服务终端、医技仪器与安防设备统一承载，合网管理。

客户价值：

- 灵活扩展：全光接入网络通过 OLT 的多 PON 口和 ONU 的多用户口可灵活扩展业务终端和对应信息点位，满足医院新业务持续发展和分步建设需要。

- 节能降耗：全光接入网的 OLT 与 ONU 之间采用无源 ODN 网络部署，无源设备无需电力能源消耗，为医院整体绿色节能发展奠定基础。
- 安全可靠：通过 Type B 双归属冗余保护机制，提升网络安全性，PON 技术天然具备的加密、时隙隔离等信息安全技术保障业务可靠安全传输。
- 极速互联：10G PON 技术组网，提供高带宽网络，支持医院高清视频会议、医疗影像实时传输需求场景，提升医疗信息化水平。
- 运维简便：基于 PON 技术的点到多点的两层网络，架构简单，网络复杂度低，运维简便，提升医院整体管理运营效率。

3.5 智慧校园场景

3.5.1 业务发展趋势

在教育信息化的大背景下，建设“智慧型”校园，成为教育信息化的重要组成部分。教育逐步从传统教育向智慧教育变革，智能化、感知化、泛在化的教育新模式，个性化、精细化、沉浸式的学习教学，让校园智慧化趋势愈发明显，主要表现在以下几个方面：

教学场景愈发多元

随着通信技术和多媒体技术在校园的应用，远程教育、交互式学习，成为传统教育的重要补充。云课堂、远程课堂使得学生不再受空间限制，随时随地都可学习；AR/VR 教学、全息教学则让学生获得更直观、生动和沉浸式的学习体验。

物联应用越加广泛

越来越多的物联网应用不断涌入校园，校园一卡通、RFID 资产管理、管网监控告警等。通过各种传感器及标签识别等技术在校园里广泛应用，能够实现便捷化的学生服务和精细化的教学资源管理，减少不必要的资源浪费，实现科学的教学资源管理。

信息安全渐受重视

大数据环境下，互联网社交软件在校园里的大量使用，让校园成为网络诈骗的高发区域。在校学生的数据安全已成为广大学生、家长、教师等教育行业人群

关注的焦点，也成为教育信息化的重要挑战，保障数据安全既要保障校园信息系统的安全，又要保障校园网络的安全。

3.5.2 网络痛点

传统校园网络带宽不足

随着云课堂、VR 课堂的不断普及，教室和教育云平台之间的数据传输占据校园网络比重逐渐增加，安防监控的高清化对网络带宽的需求也越来越高。传统以太校园网络存在五类线传输、多层架构组网现象，网络带宽不足、易拥塞。

传统校园网络不易扩展

校园内大量物联终端接入，需要经常性增加信息点。传统网络铜线传输距离限制，新增信息点超过 100 米需要再增加网络设备，扩展性存在瓶颈，导致校园网络设备及布线改造反复，运维和改造成本增加。

传统校园网络多网承载

校园存在教学、办公、宿舍、管理、语音、安防等多个专网，接入终端类型及业务多样化，多为独立建设，独立维护，尤其是校园语音网，由于建设时间较早，一般采用传统 POTS 话机，每部话机使用 2 芯线缆接入到楼道接线箱，再通过大对数线缆集中接到楼栋配线架，再接到机房。有多少部话机，就需要多少对线缆，对管线和桥架资源占用极大。

3.5.3 全光接入网智慧校园解决方案

采用全光接入网来搭建校园全光网可实现光纤替代网线组网，对称 10GPON 提供上下行 10Gbps 大带宽，无源的 ODN 网络及多种数据加密、安全认证技术提供更高的网络可靠性，P2MP 架构支持弹性扩容，可向更高速率的 50G PON 平滑演进。

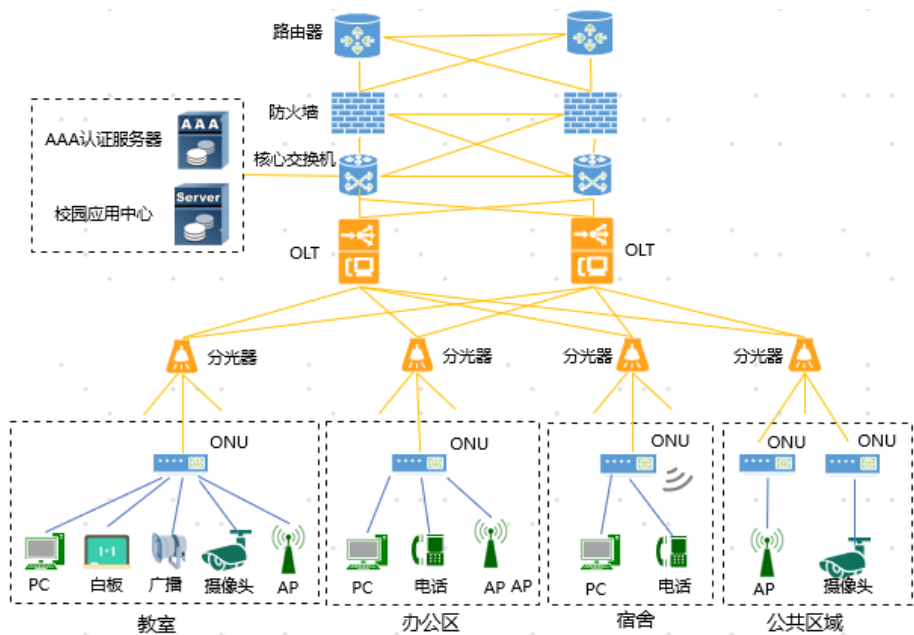


图 43 全光接入网智慧校园解决方案组网图

关键能力

(1) 支持 10GPON、Wi-Fi6

OLT 支持对称及非对称 10GPON，AP 及 ONU 支持 Wi-Fi6。

(2) 支持多业务融合承载

支持不同规格的 OLT、ODN、带语音/不带语音 ONU、面板式 ONU、不同规格 AC、AP 等设备选型，一张网络融合承载校园教学、办公、语音等业务。

(3) 支持多种安全防护机制

支持 MAC 绑定，802.1x 认证等，防止非法用户接入设备。支持用户隔离，广播抑制，防 DOS 攻击等功能。

(4) 支持简易运维

支持轻量级网管，满足校园网络业务快速开通、简易运维要求。

校园网出口建议采用具备较强的路由能力及智能负载分担功能的路由器，部署防火墙提供安全防护、VPN 等功能，确保网络安全。

校园网核心建议采用高性能大容量核心交换机，通过多台堆叠实现大量数据的高速可靠转发，包括东西向和南北向数据的转发。

OLT 一般采用 Type B 双归属组网保护，提高网络的可靠性。

可以在接入层和汇聚层配置端口隔离，所有东西向流量都上行到核心交换机处理，也可根据实际情况，在汇聚层 OLT 和接入层 ONU 开启 VLAN 内的二层

互通，降低核心交换机的负载。

接入侧 ONU 可按需采用各种规格，包括 PoE 型 ONU，语音型 ONU，带 Wi-Fi 功能的 ONU 等，满足不同类型终端的接入需要。

在网络规划上，可在同一套设备上部署教学网、办公网、宿舍网等，实现多套网络的统一承载，通过网络切片等技术实现网络间的逻辑隔离。对于语音网络，可采用同时具有数据端口和语音端口的 ONU 设备，将电话线终结在终端 ONU 侧，ONU 内置语音处理模块，将语音信号转化为 IP 包，通过上联的光纤 PON 口接到分光器，再由分光器聚合接入到机房 OLT 设备上。通过二次汇聚（ONU 终端汇聚多部话机，分光器汇聚多台 ONU），大大减少电话系统所需的布线数量，且可以在不改变接线端口的情况下灵活配置座机号码与座机位置的对应关系，使得管理工作高效有序。由于语音业务对网络的质量要求较高，因此在做业务配置时，可以将语音业务单独用一个 VLAN ID 标识，在 ONU 和 OLT 上将语音和其他业务区分开来，并配置高等级的 DBA 带宽调度策略，保证语音业务在传输过程中的 QoS。安防网一般由于主管部门相对独立，且与公安部门对接，所以多采用单独组网。

在网络管理上，对于 ONU 终端数量不超过 200 台的校园，可考虑提供支持本地部署的轻量级网管。一方面可降低客户在网管服务器硬件支出方面的压力，又避免了部署在公有云上的安全问题。此轻量级网管提供配置管理、运维管理、设备升级和设备管理等功能模块，涵盖了日常网络运维的主要操作功能。运维人员只需通过 PC 浏览器或客户端软件，即可管理全网设备。且界面内容全部与日常配置相关，无需面对专业程度极高的复杂网管操作。

全光接入网智慧校园解决方案的主要优势之一就是架构稳定，持续提速。在网络升级时，ODN 无需重新施工，只需更换 OLT 侧的 PON 板卡和终端 ONU 即可平滑演进。更进一步，对于现阶段只需 GPON 就可满足，但后续需要升级到 10G PON 的客户，可考虑在局端使用 Combo PON 板卡或可插拔光模块的 Agile PON 板卡，在终端选择支持可插拔光模块的多模 ONU 终端。在网络升级时，只用更换 PON 板卡和终端设备上的光模块即可完成网速的提升，最大限度地保护了用户的已有投资。

典型场景

(1) 智慧教室

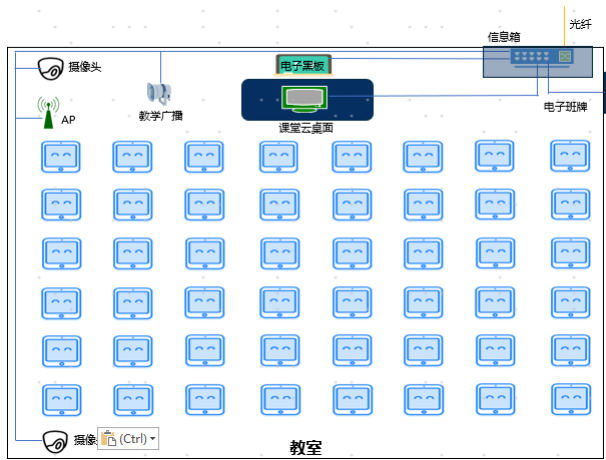


图 44 智慧教室场景示例

智慧教室场景中，光纤直接入教室，ONU 可放在信息箱或壁挂托盘上，无源分光器一般位于楼层弱电间。需选择无风扇自散热的 ONU 终端，避免风扇噪音对教学的影响。可根据教室内终端接入的数量选择不同接口数的 ONU 设备，建议最少采用 8 口 ONU，可根据需要采用 16 或 24 口（多用于计算机室）。若教室内摄像头或 AP 取电困难，可考虑采用支持 PoE 的 ONU 设备。

(2) 学生宿舍

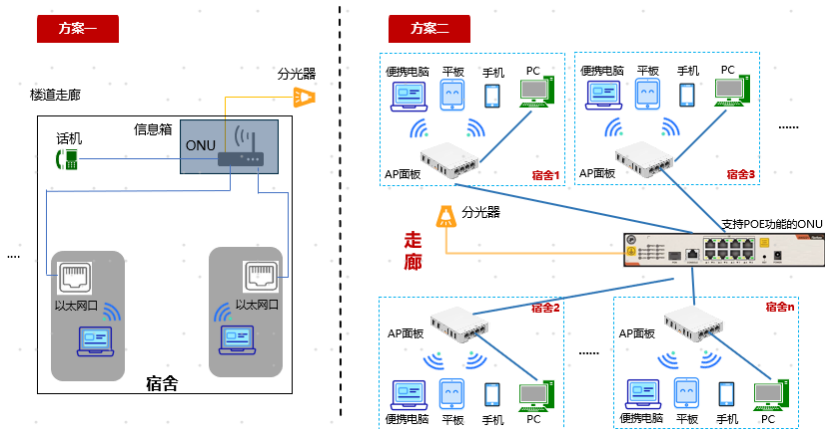


图 45 学生宿舍场景示例

学生宿舍有两种常见方案。一种是采用带 Wi-Fi 功能的 4GE+1POTS ONU 设备，每个网口通过布线拉到每个学生书桌前的 86 面板上，提供固网接入。语音口可按需接宿舍电话，无线通过设备自带的 Wi-Fi 功能提供，与家庭用户的 FTTH 方式类似。另一种方案是在每个房间部署一个面板式 AP，该面板同样支持 4 个

GE 口，提供四个网口接入。面板支持 PoE 受电，通过上行网线接入到部署在楼道处的 PoE 型 ONU 设备，用 FTTF（光纤到楼道）的方式来部署。

(3) 平安校园

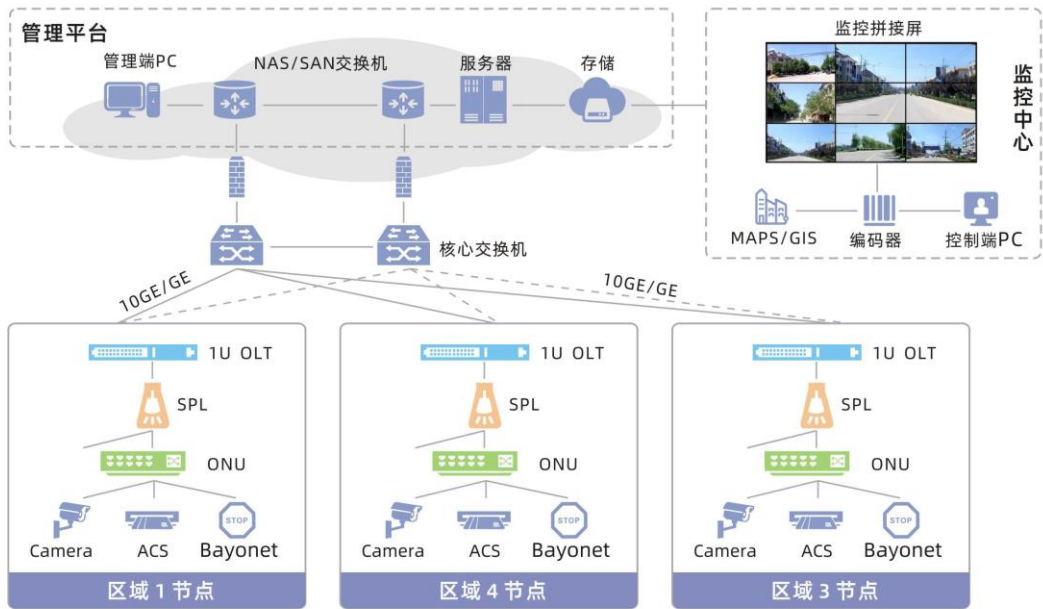


图 46 平安校园场景示例

视频监控多采用 Type B 组网保护，确保网络的可靠性。为安全起见，一般采用支持 MAC 地址绑定、802.1x 等功能的 ONU 设备，防止非法设备的接入。室内摄像头部署密度大，多采用等比分光；室外视频监控范围广，摄像头距离远，为节省主干光纤，可考虑采用不等比分光。室外部署 ONU 时，可考虑配备保护箱体，可采用 PoE 型 ONU 方便为摄像头供电。

(4) 无线校园

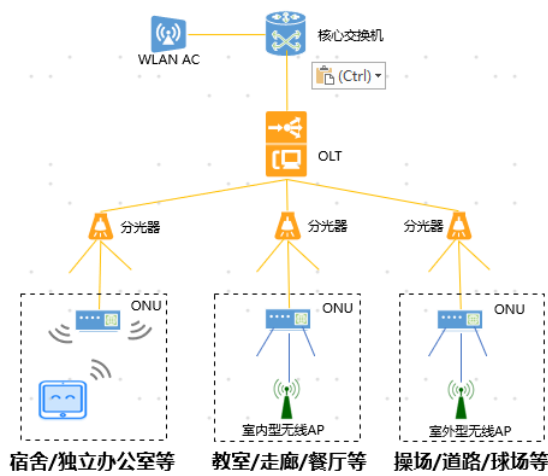


图 47 无线校园场景示例

对于信息点比较密集的场景，如餐厅、礼堂，考虑采用高密 AP，分光比不宜超过 1:32，ONU 口数不宜超过 8 口，建议至少按照每台 AP 具有 400Mbit/s 的上下行来规划带宽。宜选择 PoE 型 ONU 方便为 AP 设备供电，同时需考虑接入 AP 的功率，如功率较大，ONU 需要支持 PoE+甚至 PoE++。

案例

某高校全光接入网智慧校园项目

背景：

某高校信息处计划对学校的双创楼和图书馆进行全光改造，图书馆的计算机室要考虑 ROM 服务器上传和下发考试资源带来的大带宽需求，同时要考虑考试结束时同时提交产生的带宽峰值问题。在下发考试或提交答卷时，短时大带宽冲击下，方案要充分考虑对网络的冲击问题，不能对校内其他业务造成影响。

该项目采用全光接入网建设方案，使用 XG COMBO PON 和 XGS COMBO PON 混合部署。使用两台 OLT，各型 ONU 100 多个，信息点近千个。两台 OLT 组成 Type B 保护，图书馆计算机室采用 XGS PON ONU，充分保证上传下载高带宽需求，教室采用支持 PoE 的 ONU，满足教室内数据及摄像头供电需求。办公室采用面板式 ONU，保证安装及布线美观。

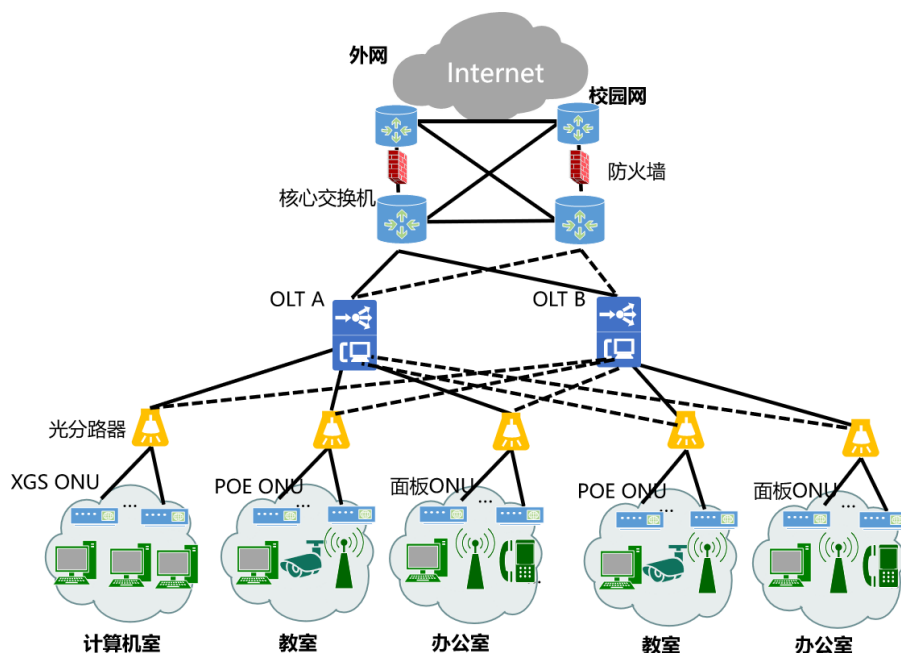


图 48 某高校全光接入网智慧校园项目组网图

客户价值：

- 高带宽：万兆到教室，千兆到桌面，打好信息化教学网络基础；
- 低成本：线路成本、设备成本、机房成本、能耗成本大幅降低；
- 简架构：多层变两层，网络扁平；多网融合，承载统一；
- 便管理：采用图形化网管统一管理，自动下发配置，即插即用；
- 易演进：满足未来平滑升级需求，减少重复投资。

3.6 小微企业场景

3.6.1 业务发展趋势

信息技术飞速发展已对我国的经济结构和社会观念造成彻底改变。受益于通信基础设施建设和互联网发展，小微企业所处的环境早已从一时一地扩展到以网络为媒介、客户为中心，将企业组织管理、研发制造、市场营销、售后服务紧密结合的信息经济环境。在信息经济环境的背景下，小微企业原有的经营管理方式、商业发展模式必然向着拥抱信息化、加强信息化的方向持续转变。

3.6.2 网络痛点

网络覆盖效果差

大多数小微企业的内部网络是通过自行购买交换机、路由器等网络设备，自行组网，网络设备品牌不一，性能参差不齐，导致企业内部网络覆盖效果较差。主要表现为，网络覆盖不全面，无线路由器由于安装布放没有规划、无线性能等限制，网络覆盖率不能达到 100%，同时企业内部不同区域的漫游切换效果差，出现切不成功或漫游掉线等问题，导致上网或视频会议卡顿掉线等，严重影响企业员工办公体验。

带宽升级有瓶颈

虽然运营商给小微企业提供的入企带宽一般有数百兆或千兆，但进入到企业内部，由于组网设备或网线规格如五类线的限制，到办公点的带宽速率经过各类网络设备的多层级收敛后一般难以达到千兆。对于企业多人办公、视频会议、大量文件传输对应的大容量带宽场景，企业内部网络的带宽速率成为瓶颈，而要升

级对应内部带宽，则需全面更换组网设备，费时费力，且效果难以保障。

内部组网复杂，管控难

当前运营商对于小微企业网络的管理一般只到入企光猫或交换机处，企业内部的网络设备一般是业主自行购买，自行组网，各设备间一般通过网线简单级联，没有主设备或统一网管管理，企业内部网络犹如黑盒，难以管控。同时企业内部对于三层交换、语音电话等业务都需购买对应专业设备，多种业务则需多种设备，不同种类的设备在企业内部的统一管理维护成为一大难题。

为解决小微企业网络体验差、运维困难等痛点，全光小微企业解决方案通过 FTTR-B 设备和极简组网，为小微企业搭建高质量、易运维的全光网络，助力小微企业数字化经营；通过不同规格的主网关形态、丰富的全光子网关以及灵活的组网模式，适用于 20 人至 500 人不同规模的企业场景。

3.6.3 全光接入网小微企业解决方案

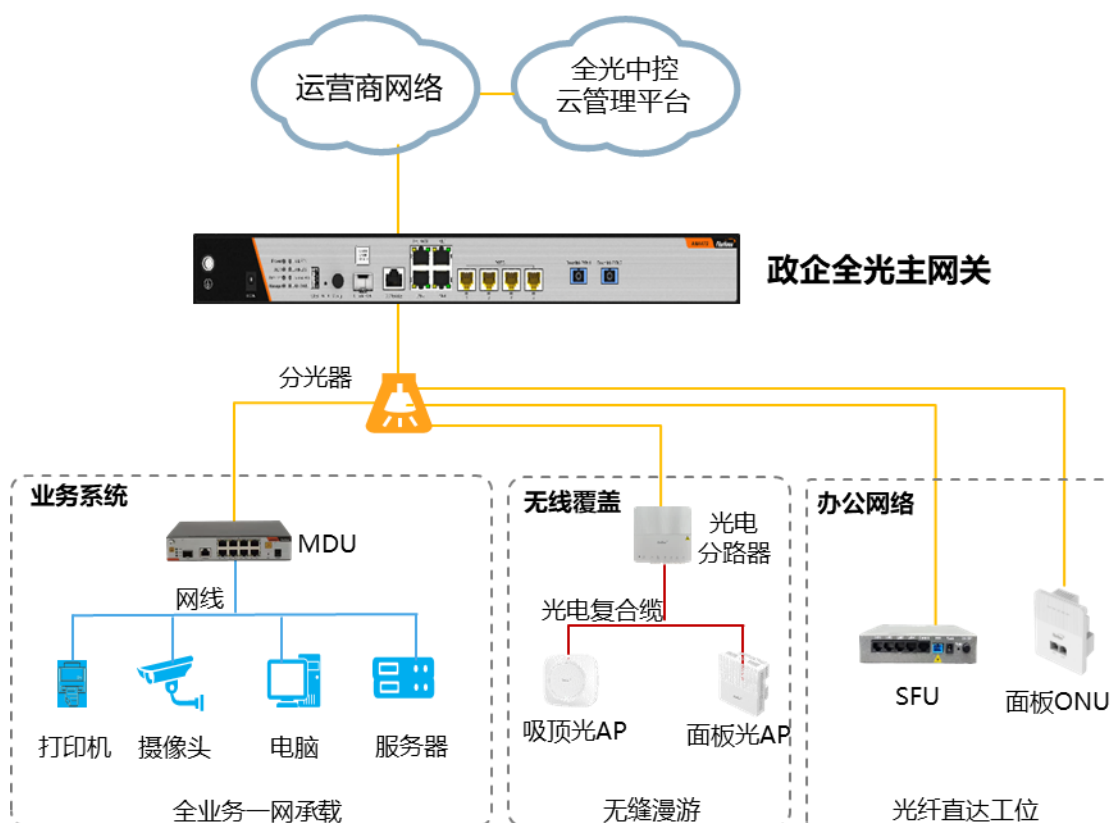


图 49 全光小微企业解决方案组网图

FTTR-B全光小微企业组网方案以政企全光主网关为核心，下挂不同类型的

终端满足业务系统、无线网络和办公网络需求。整体方案具备集中管控、平滑演进、稳定可靠、云边协同、绿色安全、内网闭环运维等特征，可以在多个维度为小微企业客户提供高品质的宽带业务体验。其中的关键能力包括：

(1) 高集成度主网关。AC、OLT、路由器、防火墙、交换机、DHCP Server “6”合一，在保证小微企业网络安全可靠的同时，明显降低网络建设成本。

(2) 全光 Wi-Fi 覆盖，无缝漫游。吸顶式 AP 和面板式 AP 灵活部署，实现无线全覆盖，并通过 Mesh 增强等技术，实现零感知 50ms 无缝切换，满足移动办公的需求。

(3) PoF/PoE 远程供电。终端设备集中供电，省去终端电源适配器成本，并可以实现远程集中控制开关，比分散性供电可靠性更高。

通过以上的关键能力与小微企业网络承载能力相匹配，助力企业内部网络升级，提升企业运营效率，带来的客户价值包括：

(1) 低成本。P2MP 精简架构，融合主网关“一机多能”，一套设备统一承载 Wi-Fi、语音、IPTV、安防、办公、物联等企业所有网络业务。

(2) 优体验。双频 Wi-Fi 6 超千兆覆盖，全网统一 SSID，50ms 快速漫游切换；XG(S)PON 接入，10G 大带宽支撑企业云化服务。

(3) 快部署。主网关具备多种上联方式，可灵活部署；终端设备支持 POF 集中供电，兼容 SC1/SC2 两种规格；整体方案支持 Web 网管简易开通。

(4) 易运维。极简架构减少网络设备数量和种类；网络状态内网可视，快速定位故障。

随着小微企业数字化转型的持续深入和千兆光网基础设施建设的持续推进，FTTR-B 全光解决方案正在成为小微企业网络建设的首选方案，FTTR-B 将成为小微企业的优质网络底座，为小微企业用户提供低成本、优体验、快部署、易运维的网络升级方案，助力中小企业用户实现数字化升级。

典型场景

(1) 商铺门店

沿街商铺、餐馆、地产连锁、便利店、咖啡店等微型企业场景，企业面积多在 100 m² 以内，用户规模多在 20 人以内。该类企业主要需求是互联网连接以及稳定可靠的无线覆盖。该场景可采用政企 FTTR 方案 1 台主网关及 1-2 台光 AP 实现网络覆盖，根据需求可选支持带语音口的面板式 ONU 满足语音业务。

（2）商务楼宇大开间

写字楼小型工作室、社区超市、健身房等小型企业场景，企业面积多在 200 m² 以内，用户规模多在 50-100 人之间。该类企业主要需求是上网、上云以及高密度的无线接入。该场景可采用政企 FTTR 方案 1 台主网关及 2-4 台光 AP 实现网络覆盖，根据需求可选支持带语音口的面板式 ONU 满足语音业务。

（3）商务楼宇多隔断

写字楼中小企业、诊所、教培机构等小型企业场景，企业面积多在 300 m² 以内，用户规模多在 100-300 人之间。该类企业主要需求是稳定可靠的有线上网及高密度的无线覆盖。该场景可采用政企 FTTR 方案 1 台主网关及面板式 ONU、4-8 台光 AP 实现网络覆盖，根据需求可选支持带语音口的面板式 ONU 满足语音业务。

（4）小型商超

小型商超、社区医院等场景一般面积在 300 m² 以上，用户规模在 300-500 人之间。该类企业主要需求是高密度的无线覆盖、部分点位有线接入、多 SSID 区分内部与访客等。该场景可采用政企 FTTR 方案 1 台主网关及面板式 ONU、8-16 台光 AP 实现网络覆盖，根据需求可选支持带语音口的面板式 ONU 满足语音业务。

案例

某网络科技公司网络建设项目

背景：

某网络科技公司共有员工 80 余人，租用商务写字楼的一个单位作为办公场所，分为办公室、财务室、前台、公共办公区和会议室等。公司日常业务要经常访问网络，需要搭建一个网络实现员工安全稳定上网，接入速度达到 100M，全部区域实现无线覆盖，且支持无缝漫游。

解决方案：

采用政企 FTTR 组网，主网关接入运营商网络，最大带宽达 1000Mbps。开放办公区域采用多端口 MDU 产品，为每个工位提供百兆数据连接和语音接入。重点监控区域采用 PoE MDU，为门禁和摄像头提供远程供电。办公室/会议室采用 POF 供电的 Wi-Fi 6 子网关，提供数据、语音和无线接入服务，可实现流畅无卡顿的远程会议接入。整间办公室通过 POF 供电的面板式 AP 和吸顶式 AP 提供 Wi-Fi 6 无线覆盖，通过集成在主网关内的 AC 功能实现有线和无线统一组网，无缝漫游。

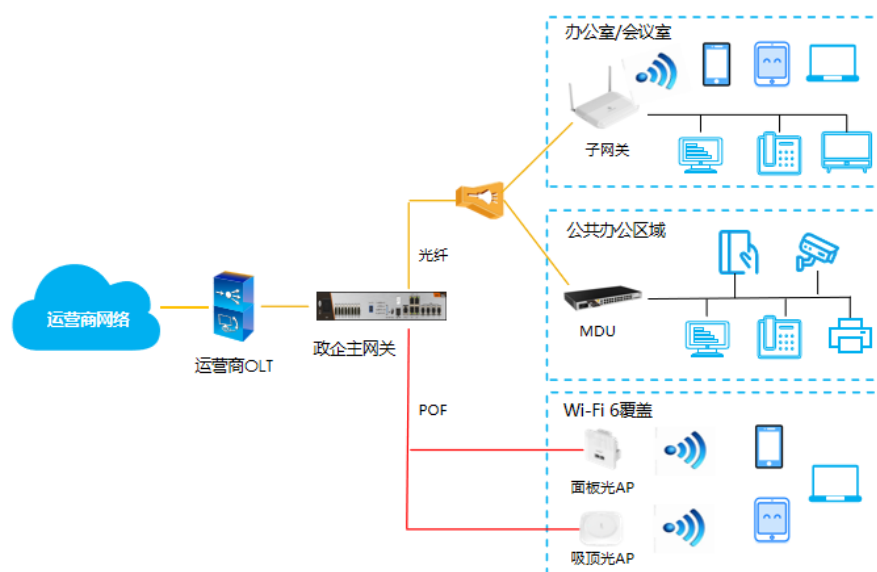


图 50 某小微企业网络建设项目组网图

客户价值：

- Wi-Fi 6 全覆盖，支持多用户并发高速稳定上网；
- PoF 和 PoE 远程供电，终端部署灵活、方便、快捷；
- 主网关内置 AC、Portal 认证和上网行为管理，网络管理简单高效；
- FTTR 组网建设成本低，且后续可平滑升级，不需要重复改造网络。

第四章

展望

随着行业数字化转型的加速推进，新技术正全面渗透到各个行业。作为行业数字化转型的关键基础设施，全光接入网承载能力面临新技术快速演进带来的挑战。我们认为未来全光接入网会具备如下特点：

超大带宽、海量连接

XR 智慧教学、三维立体化教学，让学生能通过交互式、沉浸式方式快速了解物理结构、原理等，正给教育行业带来巨大变革。XR 技术不断向超高清、深度沉浸、3D 高保真等方向发展，未来 12K 甚至 24K 内容将更加普遍，对网络的要求体验速率达 Gbps 的量级。

全息通信通过虚拟人体 3D 形象在医疗领域的应用，让远程全息会诊、远程全息门诊成为可能。全息通信利用全息显示技术，捕获处于远程位置的人和周围物体的图像，通过网络传输全息数据，在终端处使用激光束投射，以全息图的方式投影出实时的动态立体影像，未来会成为广泛应用的信息媒体。全息通信要求网络可并行支持多路大尺寸、高分辨率的全息显示数据传输，带宽需求达 10Gbps 量级。

生产线上通过数字孪生技术对生产自动化虚拟调试，需要通过部署大量传感器采集海量的数据进行持续分析及优化。数字孪生海量数据采集、高精度图像构建、高清视频监控的应用，都要求网络支持大规模的连接数量、超高带宽传输能力。

未来的全光接入网通过 50G PON、光与 Wi-Fi 融合、Wi-Fi7 等技术，可实现带宽和连接能力的大幅提升，满足 XR 智慧教学、远程全息医疗、产线数字孪生等业务诉求。

极低时延、极其可靠

元宇宙将未来的远程办公以“面对面”、“沉浸式”、“协同式”办公成为可能。元宇宙利用科技手段进行链接，与现实世界映射与交互，打造具备新型社会体系的数字生活空间，未来会逐渐进化，最终成形。在元宇宙中实现 XR 和触感业务协同、全息感知通信等技术要实现 1ms 端到端时延。元宇宙的控制流负责发送控制信号，要求网络具有确定性和传输可靠性等特点。

机器控制与协同生产基于生产作业流程，可以实现人机物与环境的多维度协

作，未来将从智慧工厂切入，逐步扩展到能源、交通、农业等多个领域。机器控制与协同生产需要精准地感知工作环境及机器动作，准确地执行控制指令，要求网络超高可靠、超低时延及超强确定性。

未来的全光接入网通过端到端硬切片、时延抖动优化等技术，将实现微秒级时延及纳秒级抖动，匹配机器实时控制、元宇宙远程办公等低时延及确定性时延应用诉求。

算力内生、通感融合

机器视觉工业质检在消费电子、半导体、汽车、金属加工、包装等生产制造行业已逐渐应用。在工件在线检测、机器人视觉定位等场景，要求机器视觉质检系统具备高精度并行计算、实时或近实时处理能力。这些应用场景不仅要求端侧具备算力，还需要云、网侧具有强大的算力。未来的全光接入网将通过边缘计算能力的大幅提升，实现算力内生，将算力和网络深度融合，走向算网一体。

算网一体的网络将具备大规模快速计算能力，为通信和感知的融合打下良好基础。未来的全光接入网通过 Wi-Fi 感知、光纤感知等技术，将实现通感融合，并广泛应用于医疗呼吸监测、园区周界安防等场景。

智能闭环、高度自治

为满足未来全息通信、沉浸式 XR、元宇宙等新场景的多维需求，未来的全光接入网需要更智能、更灵活的资源控制和分配来保障用户的极致体验。通过数据采集、智能训练与推理、网络数字孪生，系统可智能分配和控制业务对应网络资源、智能预测网络运行趋势，智能识别网络潜在问题与风险，智能决策调整及优化，实现系统的自我闭环。

随着未来网络功能越来越灵活，整套系统对运维人员的要求也越来越高。参数的配置随着网络功能的灵活将日趋复杂，通过专家经验进行网络管理将会成为网络运维和管理的瓶颈。通过 AI 和大数据技术与全光接入网的结合，未来的全光接入网会从基于专家经验的人工运维向基于业务意图的智能运维方向演进，实现网络系统高度自治。



烽火通信科技股份有限公司

www.fiberhome.com

版权所有：烽火通信科技股份有限公司。保留一切权利。

非经烽火通信科技股份有限公司书面同意，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本手册内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。