



F5G全光园区 技术应用白皮书

Technical & Application White Paper for
F5G All-Optical Campus

F5G全光园区 技术应用白皮书

Technical & Application White Paper for
F5G All-Optical Campus

绿色全光网络技术联盟
中国勘察设计协会智能分会



总体策划

陈泽宇 李洪鹏

主编人员

张 军 卢 希 张锐利 张 旭

焦建欣 张 宜 熊 江 朱立彤

王小安 安卫华 向正权 贾 林

参编人员

高洪福 童维军 陈 应 张 翔

李 鹏 周 博 周安会 姜 伟

李扶雄 卓颖琪 任立全 张 俊

阎传文 贺 宇 郝祥勇 薛大杰

参编单位

绿色全光网络技术联盟（ONA）
中国勘察设计协会智能分会
华为技术有限公司
中国电子工程设计院有限公司
中国中元国际工程有限公司
中南建筑设计院股份有限公司
华建集团华东建筑设计研究总院
北京城建设计发展集团股份有限公司
中国五洲工程设计集团有限公司
山东省建筑设计研究院有限公司
上海诺基亚贝尔股份有限公司
长飞光纤光缆股份有限公司
神州数码集团股份有限公司
中海物业集团兴海物联科技有限公司
烽火通信科技股份有限公司
中建三局智能技术有限公司
浙江一舟电子科技股份有限公司
江苏亨通光电股份有限公司
武汉长飞智慧网络技术有限公司
浙江光大通信设备有限公司

指导单位

中国电子节能技术协会

PREFACE

序 言

过去十多年，我们见证了光通信行业的迅猛发展，光纤入户丰富了人们的家庭网络体验，而光网应用远远不止于此。在云计算、人工智能、物联网和大数据等趋势下，企业数字化转型加速，新一代 F5G 全光网络，在联接容量、带宽和用户体验三个方面均有飞跃式提升，成为教育、安平、酒店、政府、交通、制造等千行百业数字化转型的最佳选择。

据研究机构 BSRIA 预测，到 2022 年全光园区全球市场规模将达 20 亿美元，年复合增长率将达到 46% 以上。然而，要实现光纤网络在企业的普及，产业面临的挑战是艰巨的。我们意识到，产业规范支持和行业标准、场景推广和生态建设等需要持续推进，这便是绿色全光网络技术联盟的意义和使命，希望光通信产业链端到端企业积极参与到产业建设中来，推动工程技术标准和规范，推广行业示范应用，并共同培育产业人才，促进产业深度协同和繁荣，消除产业瓶颈，促进全光产业长期健康发展。

绿色全光网络技术联盟理事长



FOREWORD

前言

近年来，互联网、大数据、云计算、人工智能、区块链等技术加速创新，日益融入经济社会发展各领域全过程，数字经济发展速度之快、辐射范围之广、影响程度之深前所未有。数字经济正成为未来中国经济增长的新引擎，经济新旧动能转换需要产业互联网实现跨产业数字生态联动。中共中央、国务院发布的《关于推动城乡建设绿色发展的意见》指出要推动城市智慧化建设，加快推进信息技术与城市建设技术、业务、数据融合。在政策、技术、资本的联轴驱动下，信息技术与传统产业园区深度融合，赋能传统产业园区转型升级，催生出了新产业新业态新模式，以校园、机场、医院、工业园等场景为代表的多个智慧园区标杆工程项目应运而生。新兴信息技术的落地应用和智慧园区的运营管理都需要安全、耐久、高速、便捷、经济的网络基础设施支撑，F5G 全光网作为第五代固定网络（The 5th Generation Fixed Network, F5G）的关键技术能够担此重任，为园区智慧化转型升级提供更广阔的应用场景和创新空间。为此绿色全光网络技术联盟（ONA）与中国勘察设计协会智能分会联合产业链多家单位，共同编制了《F5G 全光园区技术应用白皮书》，希望能够帮助推进园区智能行业科技创新与产业发展，提高园区智能工程的建设水平，为城市提质增效转型升级带来新机遇、新发展。

中国勘察设计协会智能分会秘书长



CONTENTS

目 录

第一章 全光园区背景和趋势分析..... 1

1.1 缩略语.....	2
1.2 术语.....	4
1.3 全光园区背景.....	5
1.4 园区网的趋势和挑战.....	5
1.4.1 园区网络业务云化的趋势.....	5
1.4.2 无线局域网等新业务的趋势.....	6
1.4.3 网络简化运维的趋势.....	7

第二章 F5G 全光园区定义和技术优势.....9

2.1 F5G 全光园区定义.....	10
2.1.1 F5G 定义.....	10
2.1.2 F5G 全光园区定义.....	11
2.2 F5G 全光园区与交换机园区的差异.....	14
2.2.1 网络架构的差异.....	14
2.2.2 综合布线的差异.....	16
2.2.3 差异总结.....	17
2.3 F5G 全光园区的技术优势.....	18
2.3.1 简架构的优势.....	18
2.3.2 易演进的优势.....	21
2.3.3 智运维的优势.....	24

2.3.4	高可靠的优势.....	25
2.4	F5G 全光网络技术选择.....	27
2.4.1	GPON 的标准演进更好.....	27
2.4.2	GPON 的产业链更健康.....	28
2.4.3	GPON 的安全性更高.....	29
2.4.4	GPON 的性能/可靠性更强.....	30
2.5	F5G 全光网与全光以太网的区别.....	33
2.5.1	F5G 全光网无源汇聚架构更优.....	33
2.5.2	F5G 全光网可靠性更优.....	34
2.6	F5G 全光园区与 FTTH 的区别.....	36
2.6.1	F5G 全光园区安全性更好.....	36
2.6.2	F5G 全光园区可靠性更高.....	37
2.6.3	F5G 全光园区的带宽更高.....	37
2.6.4	F5G 全光园区运维更简单.....	38
2.6.5	F5G 全光园区的终端更多样.....	39

第三章 F5G 全光园区典型应用..... 40

3.1	F5G 全光园区适用环境.....	41
3.2	数字校园.....	42
3.2.1	智慧教室.....	43
3.2.2	智慧办公.....	45
3.2.3	全光宿舍.....	46
3.2.4	平安校园.....	47
3.2.5	无线校园.....	48
3.3	智慧医院.....	49
3.3.1	医院内网.....	51
3.3.2	医院外网.....	53
3.3.3	医院安防网.....	54

3.3.4	医疗城域专网.....	56
3.4	智慧园区.....	57
3.4.1	智慧办公.....	58
3.4.2	全无线联接.....	59
3.5	智慧酒店.....	61
3.5.1	酒店客房.....	62
3.5.2	酒店办公与会议室.....	63
3.5.3	酒店大堂&餐厅等公共区域.....	65
3.5.4	酒店宴会厅.....	66
3.6	智慧制造.....	67
3.6.1	生产网.....	69
3.6.2	视频安防监控网.....	70
3.6.3	办公网.....	71
3.7	金融.....	72
3.7.1	银行营业大厅.....	74
3.7.2	金融智慧园区.....	75
3.8	智慧机场.....	76
3.8.1	机场园区生产网络.....	77
3.8.2	机场旅客 Wi-Fi 网.....	78
3.8.3	机场智慧助航灯.....	80
3.8.4	机场周界入侵检测.....	81

第四章 F5G 全光园区典型案例..... 83

4.1	南京航空航天大学.....	84
4.2	青岛理工大学.....	85
4.3	华中科技大学协和深圳医院.....	86
4.4	山东大学齐鲁医院.....	87
4.5	遵义中医院.....	88

4.6	华为松山湖溪村办公园区.....	89
4.7	烽火科技园二期.....	90
4.8	中海慧智大厦.....	91
4.9	武汉安朴酒店.....	92
4.10	东方日升全光光伏工厂.....	93
4.11	桂林银行.....	95

第五章 F5G 全光园区产业现状与趋势..... 97

5.1	F5G 全光园区产业链.....	98
5.2	F5G 全光园区主要厂商分析.....	98
5.2.1	华为技术有限公司.....	99
5.2.2	上海诺基亚贝尔股份有限公司.....	99
5.2.3	长飞光纤光缆股份有限公司.....	100
5.2.4	烽火通信科技股份有限公司.....	101
5.2.5	浙江一舟电子科技股份有限公司.....	101
5.2.6	江苏亨通光电股份有限公司.....	102
5.2.7	浙江光大通信设备有限公司.....	102
5.3	F5G 全光园区市场规模与特征.....	102
5.4	F5G 全光园区产业政策支持.....	104
5.5	F5G 全光园区产业平台支撑.....	106
5.6	F5G 全光园区技术与应用驱动.....	107

第六章 F5G 全光园区未来展望.....110

声 明..... 113

第一章

全光园区 背景和趋势分析

1.1 缩略语

AES: Advanced Encryption Standard, 高级加密标准。

AP: Access Point, 接入点。

AR: Augmented Reality, 增强现实。

AI: Artificial Intelligence, 人工智能。

AGV: Automated Guided Vehicle, 自动导引运输车。

A-SMGCS: Advanced Surface Movement Guidance Control System, 高级场面活动引导和控制系统。

CATV: Community Antenna Television, 有线电视网络。

CCTV: Closed Circuit Television, 闭路电视。

CT: Computed Tomography, X 射线计算机体层摄影设备。

DR: Digital Radiography, 数字化摄影 X 射线机。

eFBB: enhanced fixed broadband, 增强型固定宽带。

eMDI: Enhanced Media Delivery Index, 增强媒体传输质量指标。

ETSI: European Telecommunications Standards Institute, 欧洲电信标准协会。

EMR: Electronic Medical Record, 电子病历系统。

FFC: Full-fiber connection, 全光联接。

FIDS: Flight Information Display System, 航班信息显示系统。

GPON: Gigabit-capable Passive Optical Network, 吉比特的无源光网络

GRE: Guaranteed reliable experience, 极致体验。

HIS : Hospital Information System, 医院信息系统。

HRP: Hospital Resource Planning System, 医院资源规划系统。

IP-PBX: IP Private branch exchange, IP 化的用户交换机。

IPTV: Internet Protocol television, IP 电视。

IoT: Internet of Things, 物联网。

LIS: Lab Information System, 实验室信息管理系统。

MES: Manufacturing Execution System, 制造执行系统。

MRI: Magnetic Resonance Imaging, 磁共振成像系统。

MPCP: multi point control protocol, 多点控制协议

OLT: Optical Line Terminal, 光线路终端。

ODN: Optical Distribution Network, 光分配网络。

OMCI: Optical network terminal management and control interface, 光网络终端管理控制接口。

ONU: Optical Network Unit, 光网络单元。

OTN: Optical Transport Network, 光传送网。

P2MP: Point-to-multipoint, 点到多点。

PACS: Picture Archiving and Communication System, 医学影像存档与通讯系统。

PET: Positron Emission Computed Tomography, 正电子发射断层成像设备。

PON: Passive Optical Network 无源光网络。

POTS: Plain Old Telephone Service, 模拟电话业务。

PLOAM: Physical Layer OAM, 物理层运行管理维护。

SPECT: Single-Photon Emission Computed Tomography, 单光子发射及 X 射线计算机断层成像系统。

VR: Virtual Reality, 虚拟现实。

WLAN: Wireless Local Area Network, 无线局域网。

XGS-PON: 10-Gigabit-capable Symmetric Passive Optical Network, 10Gbit/s 对称无源光网络。

1.2 术语

F5G: The 5th Generation Fixed Networks, 即第五代固定网络, 以 10G PON, Wi-Fi 6, 单波长 200G/400G 速率的光传输、下一代 OTN 等为代表技术。

F5G 全光网络: 采用 F5G 建设的全光园区网络, 主要包括 F5G 无源光局域网 (POL), 同时也包含 F5G 全光承载。

F5G 全光园区: 以单模光纤为介质, 采用 10G GPON (兼容 GPON)、Wi-Fi 6 为主的第五代固定接入技术构建的园区网络, 主要包括光线路终端 OLT、无源光配线网络 ODN、光网络单元 ONU 等, 能够统一承载数据、语音、视频等多业务, 具备简架构、易演进、智运维和高可靠等特性。

PON: Passive Optical Network 无源光网络, 由光线路终端 (OLT)、无源光分配网 (ODN)、光网络单元 (ONU) 组成的点对多点型号传输系统, 简称 PON 系统。

POL: Passive Optical LAN 无源光局域网, 基于无源光网络 (PON) 技术局域网组网方式。该组网方式采用无源光通信技术为用户提供融合的数据、语音、视频及其他智能化系统业务。

SPL: Splitter 光分路器, 基于光功率分路, 将一路或两路光信号分成光信号以及完成相反过程的无源器件。通常也称为分光器。

Type B 双归属保护: Type B 双归属保护方式, 可针对主干光缆, OLT 的 PON 端口, 整台 OLT 设备及 OLT 的上行端口及上行光纤进行保护。

Type C 双归属保护: Type C 双归属保护方式, 可针对 ONU 的 PON 端口, 配线光纤 (分支光纤), 分光器, 主干光缆, OLT 的 PON 端口, 整台 OLT 设备及 OLT 的上行端口及上行光纤进行保护。

1.3 全光园区背景

随着城市化加速发展，众多发达国家将智慧城市建设作为刺激经济发展和建立长期竞争优势的重要战略。目前美国、德国、荷兰等国家已纷纷迈入这一试验田。在智慧城市这一先行概念的引导之下，“智慧园区”的理念也进入了公众的视野。

园区作为城市的基本单元，是最重要的人口和产业聚集区。园区形态多，数量大，包括产业园区、教育园区、制造园区、科研园区、医院、机场、以商业/办公为主的城市综合体等等。

传统的园区网络都是由业主自建网络，由出口路由器、核心交换机、汇聚交换机、接入交换机、计算机等组成的局域以太网。从接入交换机到计算机等仍以传统的水平电缆（Cat 5（5类线）、Cat 6A（超6类线）等铜缆）为主；近些年，随着光纤网络的快速发展，光纤走进园区，全光园区的解决方案已快速崛起。

园区网络的建设与计算机数据通信网络技术的发展紧密相连，但又并不同频；不同的园区/行业对全光网络的认知程度不同，园区网的升级进度也并不一致，但全光园区是园区未来的发展方向，已得到业界的一致认同。

1.4 园区网的趋势和挑战

传统园区网络的水平布线主要还是延续以4对对绞电缆（俗称网线）为主的模式，主要提供千兆及以下的带宽能力。但信息化和全球数字化发展到现在，数据、算力、通信连接数都在以指数级的速度增长，这些都将催生新的网络架构、技术与基础设施。园区发展和演进面临的趋势和挑战，大致可归纳为以下方面。

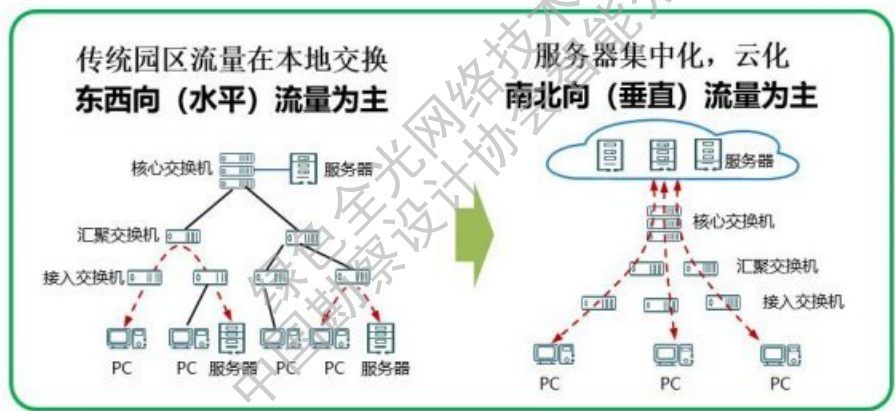
1.4.1 园区网络业务云化的趋势

业务云化需要简单架构，快速部署的网络。

以前的传统园区网络没有业务云化的需求，各种服务器都分散在本地部署，故原来采用的核心/汇聚/接入三层架构的以太网交换机是有优势的，各种终端访问服务器时可实现就近交换（如需要访问部署在同一个接入交换机下的服务器，只需在本接入交换机即可完成交换，业务流量无需经过汇聚交换机），减少对核心网络流量的占用。

园区网络的趋势是业务云化，越来越多的企业都在采用云业务，各种业务和应用服务器都集中部署到了数据中心机房，或部署在公有云/私有云，园区计算机访问服务器都需要到数据中心节点，园区网络的流量模型从原来的以东西向流量为主（水平方面的流量）演变为以南北向流量为主（垂直方向的流量）。

图表 1-1：业务云化导致业务流量的变化



业务云化后，流量由东向向→南北向，网络多层架构成为瓶颈

业务云化后，业务流量由东向向为主转变为以南北向为主，原多层以太网交换机交换的网络架构反而成为了瓶颈，每多一级汇聚或交换，就带来了更大的时延，就带来拥塞丢包的风险。所以需要一个适应网络南北流量为主、架构简单、支持快速部署的网络。

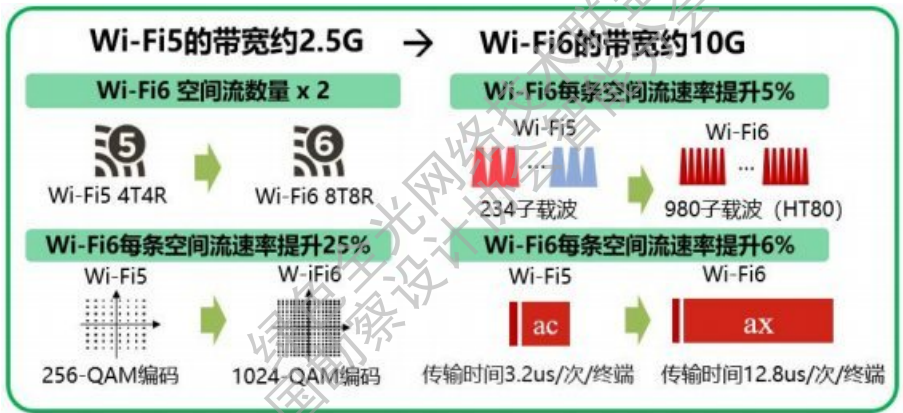
1.4.2 无线局域网等新业务的趋势

无线局域网如 Wi-Fi6 等新业务需要一个能支撑新业务带宽持续演进的网络。

园区从数字连接时代到智能连接时代，Wi-Fi 6 也成了趋势。Wi-Fi6 AP 的空口带宽和 Wi-Fi5 AP 的空口带宽相比有了较大的增强（提升了 4 倍），Wi-Fi6 AP 的空口最大速率达到了约 10GE。故 Wi-Fi6 AP 回传的带宽也需 GE 提升至 10GE，园区网络也需从千兆网络升级为万兆网络。

传统园区部署的 Cat5 和 Cat6 铜缆（网线）面临着带宽瓶颈，无法支持万兆带宽 100 米远的传输，需要全部更换为支持万兆的 Cat6A 及以上网线，若后续升级到 Wi-Fi7（估计需要 25GE 带宽），园区的水平电缆（4 对对绞电缆，俗称网线）还要更换一次，园区综合布线改动工作量非常大。

图表 1-2: Wi-Fi6 需要有更高的回传带宽



Wi-Fi5 → Wi-Fi6，网络面临网线带宽瓶颈

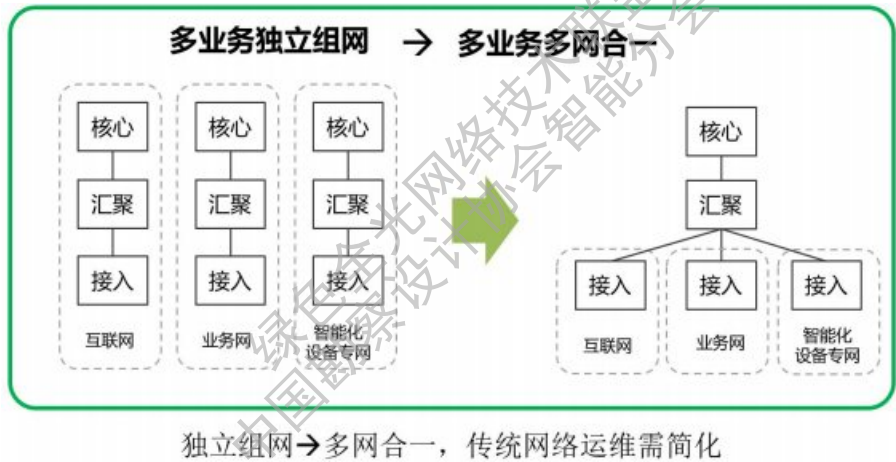
另 IoT 等业务的涌现，接入信息点的数量和网络的规模成倍增加，各种泛智能化电子设备的增多对于园区网络提出更强的稳定性、可靠性以及更大规模终端互联的要求。为实现更多场景的实时互联互通，未来园区网不仅能够连接足够多的终端，且能支撑特定场景下的实时网络互联及超大带宽等要求；所以需要一个高带宽、广接入、可支撑新业务持续演进的网络。

1.4.3 网络简化运维的趋势

传统园区网络通常只是业务网（办公网络），随着园区网络越来越复

杂（除了传统的办公网之外，还新建了包括视频安防监控网络、楼宇自动化网络、建筑设备监控等各种系统组成的智能设备化专网，如果还是采用传统的组网方式，每个园区将会有多张烟囱式网络组网，建设/维护工作量将会几倍级的增加，对维护人力提出了很大的需求。此外，由于网络数量的增加和网元节点的数量增加，导致整个网络非常庞大，园区网络的网元数也非常庞大，如果还是采用传统的维护方式，每台网络设备都需配置一个独立的管理 IP 地址以实现对设备的管理，即需配置为数众多的管理节点，故需要改变优化现有的运维及管理方式，做到简易运维、统一管理，简化网络的管理维护。

图表 1-3：园区网络需能支持简化管理



独立组网→多网合一，传统网络运维需简化

多业务的接入，网络规模的增加，需要一个能简易运维、统一管理的网络：传统园区多业务接入为烟囱结构，多张网络独立成网，运维复杂。IoT 等新增业务导致了接入信息点数量/接入网元数量的大幅增加，也导致了园区网络规模和组网更加复杂，所以需要一个能简易运维/统一管理的网络。

以上应用趋势的出现，现有的传统园区网络已经显得力不从心，现有的传统园区网络迫切地需要进行一轮新的升级。

第二章

F5G 全光园区 定义和技术优势

2.1 F5G 全光园区定义

2.1.1 F5G 定义

F5G 是 The 5th Generation Fixed Networks 的缩写，即第五代固定网络。

F5G 是由中国提出的，欧洲电信标准协会 ETSI 接纳，由业界广泛参与的最新一代固定网络。2019 年 6 月，中国信息通信研究院在上海移动大会上，首次提出了 F5G。2019 年底 ETSI 通过了 F5G 立项，对固定网络的代际作出了定义。F5G 的参与者有诸多机构成员，包括运营商（中国电信、中国联通、意大利电信、法国电信等）、设备商（华为、烽火、康普等）、研究机构（中国信通院、英国标准研究所等）。

过去 40 年，人们的生活发生着了日新月异的变化，人们的通信方式从最初的语音到现在的互联网，从第一代到第四代，网络不仅给家庭带来新的沟通、娱乐方式，并且通过信息化提升企业办公和管理效率，引起办公方式的革命。目前，网络正迈入数字化时代，F5G 和 5G 一起，通过使能产业互联网，掀起一场生产方式的革命，不断丰富人们的沟通与生活，加速行业数字化转型。

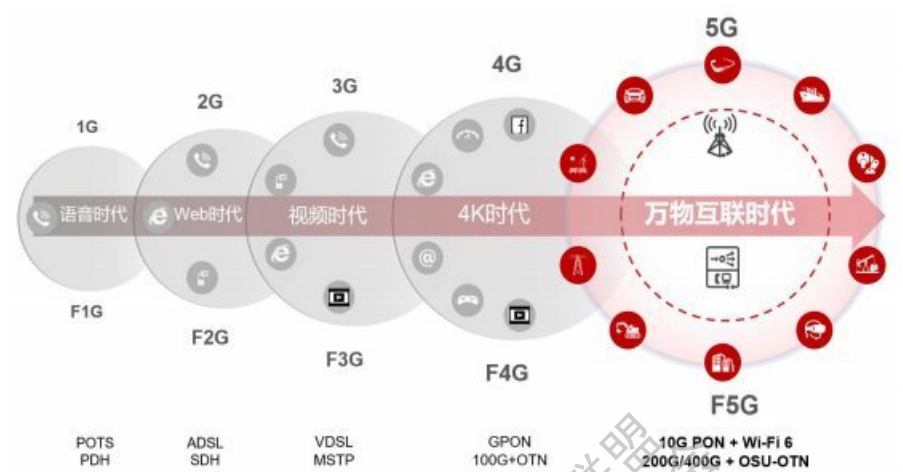
图表 2-1 F5G 固定网络技术代际定义



F5G 与 5G 是协同关系，有线网络和无线网络互相补充，为万物感知

和网络应用赋能。

图表 2-2 固定网络技术与移动通信技术代际



F5G 具备了大带宽（eFBB，enhanced fixed broadband，增强型固定宽带），多连接（FFC，full-fiber connection，全光联接）和好体验（GRE，guaranteed reliable experience，极致体验）三个关键特征，其代表性的技术采用 10G PON 技术、Wi-Fi6 技术、每波长 200G/400G 光传输技术、下一代 OTN 技术等。

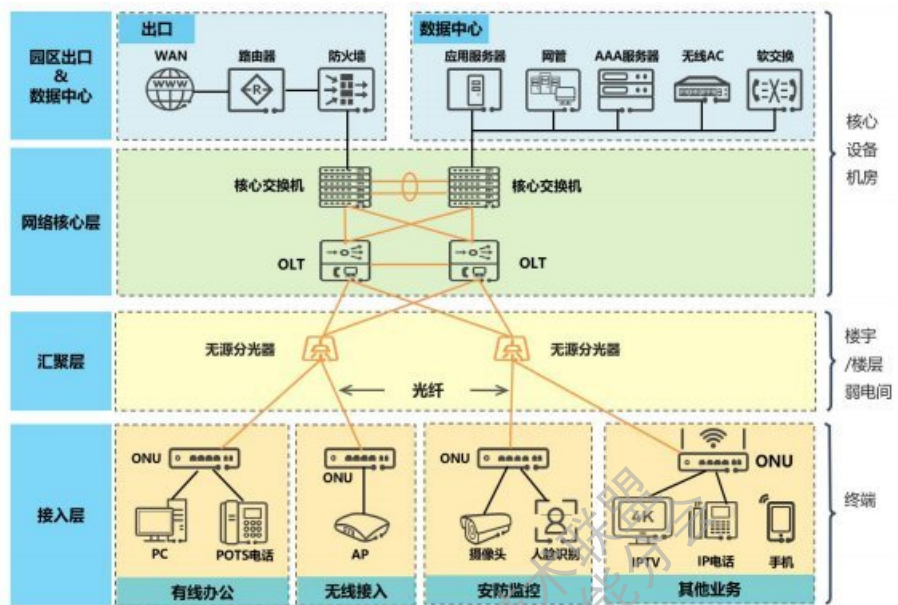
2.1.2 F5G 全光园区定义

光纤网络快速发展，光纤已走进园区，从园区弱电间继续往下延伸。F5G 园区全光园区解决方案已快速崛起。

F5G 全光园区给出了全新的定义：F5G 全光园区是以单模光纤为介质，采用 10G GPON（兼容 GPON）、Wi-Fi 6 为主的第五代固定接入技术构建的园区网络，主要包括光线路终端 OLT、无源光配线网络 ODN、光网络单元 ONU 等，能够统一承载数据、语音、视频等多业务，具备简架构、易演进、智运维和高可靠等特性。

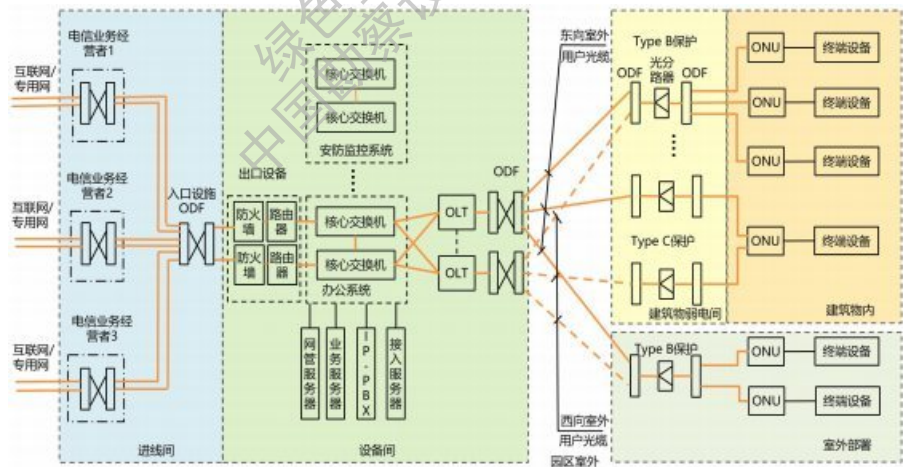
F5G 全光园区主要采用的是 F5G 无源光局域网（POL）技术，OLT 设备和 ONU 设备通过无源的分光器（也叫光分路器）实现 P2MP 的连接。

图 表 2-3 F5G 全光园区定义



F5G 无源光局域网的系统示意图如下图表所示。

图 表 2-4 F5G 无源光局域网系统示意图



F5G 无源光局域网覆盖的园区，可以为多栋建筑物组成的建筑群，也可以为单栋建筑物组成的园区。

F5G 全光网络可根据需要选择不同的 OLT 设备，OLT 设备类型可分

为插卡式或者单机版，常见种类如下图表所示。

图表 2-5 OLT 设备种类划分

规格类型	插卡式			单机版
	规格 1	规格 2	规格 3	规格 4
双主控、双电源热备	支持	支持	支持	--
单台设备支持 GPON 端口数量（个）	≥200	≥96	≥32	≤16
单台设备支持 10G GPON 端口数量（个）	≥100	≥48	≥16	≤16
单台设备接入 GPON ONU 数量（台）	≥6000	≥3000	≥1000	≤512
单台设备接入 10G GPON ONU 数量（台）	≥6000	≥3000	≥1000	≤1024

注：单台设备接入 ONU 数量，GPON 按 32 分光比，10G GPON 按 64 分光比计算。

数据来源：国家建筑标准设计图集 20X101-3

F5G 全光网络可根据不同场景选择不同形态的 ONU 设备，常见的 ONU 设备种类及安装方式如下图表所示。

图表 2-6 ONU 设备类型划分及安装方式

设备类型	主要功能	接口要求	支撑业务	安装方式
类型 1	数据接入	以太网口	以太网/IP 数据/IP 视频	信息配线箱安装
类型 2	数据、语音接入	以太网口/ POTS 口/ Wi-Fi	以太网/IP 数据/ IP 视频/语音/传真/ Wi-Fi	信息配线箱安装
类型 3	数据、IP 语音综合接入	以太网口/ Wi-Fi	以太网/IP 数据/ IP 视频/语音/传真/ Wi-Fi	信息配线箱安装
类型 4	数据接入、POE 供电	以太网口带 POE	以太网/IP 数据/IP 视频/POE	信息配线箱安装考虑设备电源及散热
类型 5	数据、IP 语音	以太网口带	以太网/IP 数据/ IP	信息配线箱安装考

	接入、POE 供电	POE/Wi-Fi	视频/语音/传真/ Wi-Fi/POE	考虑设备电源及散热
类型 6	数据、IP 语音 接入、POE 供电	以太网口带 POE	以太网/IP 数据/ IP 视频/语音/传真 /POE	嵌墙电源盒或者桌 面电源盒(标准 86 盒)安装,信息配线 箱安装考虑设备电 源及散热
类型 7	数据接入、 POE 供电	以太网口带 POE	以太网/IP 数据/IP 视频/POE	室外一体化设计, 采用抱杆或者挂墙 安装,信息配线箱 安装,考虑设备电 源及散热

数据来源：无源光局域网工程技术标准 T/CECA 20002-2019

常见的 ONU 形态包括 SFP ONU，86 盒面板 ONU、提供 10GE 接口的高性能 ONU、易于安装的小体积 ONU 等。

F5G 全光园区采用的光纤为单模光纤，ODN 设备也有多种形态，光分路器（也称分光器）的形态包括盒式光分路器，通用托盘式光分路器，盒式光分路器插箱、机架式光分配箱。可按具体项目的实际需求选用，推荐使用盒式分光器插箱或机架式光分配箱。

2.2 F5G 全光园区与交换机园区的差异

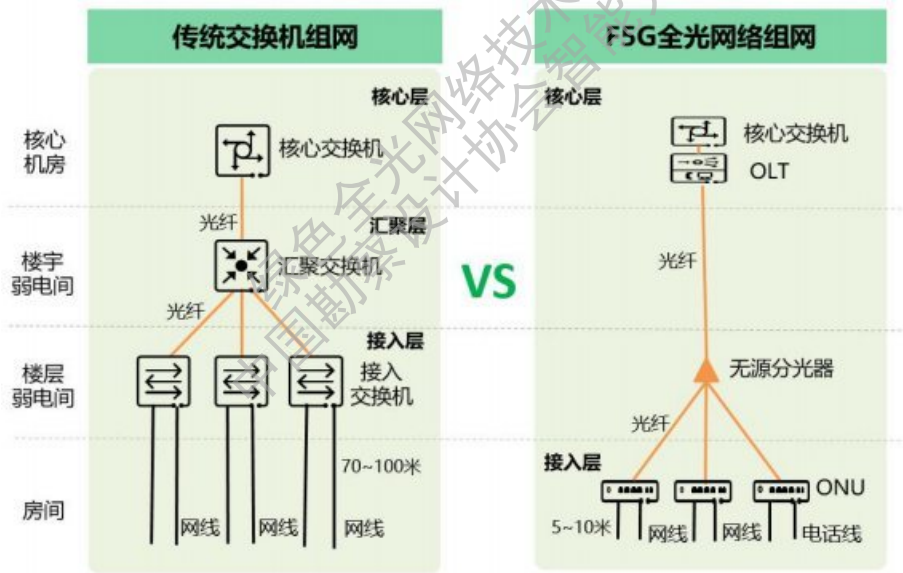
2.2.1 网络架构的差异

传统以太网交换机网络，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，接入交换机一般部署于楼层弱电间。核心交换机、汇聚交换机和接入交换机之间通常采用光纤互连。楼层弱电间的接入交换机提供标准的以太网端口，提供各种用户终端的接入能力。从接入交换机到各种用户终端采用水平电缆（4 对对绞电缆，俗称网线），线缆长度通常不大于 90 米。

F5G 全光网络，核心交换机和 OLT 部署于核心机房，无源分光器通常放置于楼层弱电间，ONU 放置于尽可能靠近最终用户终端的位置。核心交换机及 OLT 和 ONU 之间采用单模光纤互连。ONU 提供标准的以太网端口，提供各种用户终端的接入能力；同时 ONU 也可以提供标准的 POTS 接口，接 POTS 语音话机。从 ONU 到各种用户终端采用 4 对对绞电缆（俗称网线），电缆长度通常小于 10 米。

F5G 全光网络中，ONU 也可支持 SFP ONU 的产品形态，SFP ONU 类似光模块，可直接部署于最终的用户终端（如 Wi-Fi AP 等）的光接口处，实现光纤直接到最终的用户终端，无需再采用 4 对对绞电缆（俗称网线）进行连接。

图表 2-7 F5G 全光网络 and 传统以太网交换机网络的差异



传统以太网交换机网络主要由以太网交换机和（4 对对绞电缆，俗称网线）组成，传统以太网络一般采用三层架构，主要包括核心层、汇聚层和接入层；而 F5G 全光网络架构采用扁平化二层架构，主要包括核心层和接入层，减少了汇聚层。F5G 全光网络一般采用 OLT 和 ONU 设备，中间采用的是单模光纤进行连接。

图表 2-8 F5G 全光网络 and 传统以太网交换机网络比较

网络类型	核心层	汇聚层	接入层
交换机网络	核心交换机	汇聚交换机	接入交换机
F5G 全光网络	核心交换机/OLT	/	ONU

F5G 全光园区采用的设备和技术与传统以太网交换机网络也有区别。F5G 全光网络主要采用的是 OLT 和 ONU 设备,采用的是基于 F5G 的 POL 技术;而传统以太网交换机网络,采用的是核心交换机、汇聚交换机和接入网交换机等交换机设备,采用的是传统的以太网交换技术。

F5G 全光网络中,ONU 需尽可能靠近最终用户终端安装,以缩短 ONU 到最终用户终端的电缆长度(也可采用 SFP 模块形式的 ONU 插入到终端用户终端的光口,实现光纤到终端),需提前考虑 ONU 的安装和取电。

2.2.2 综合布线的差异

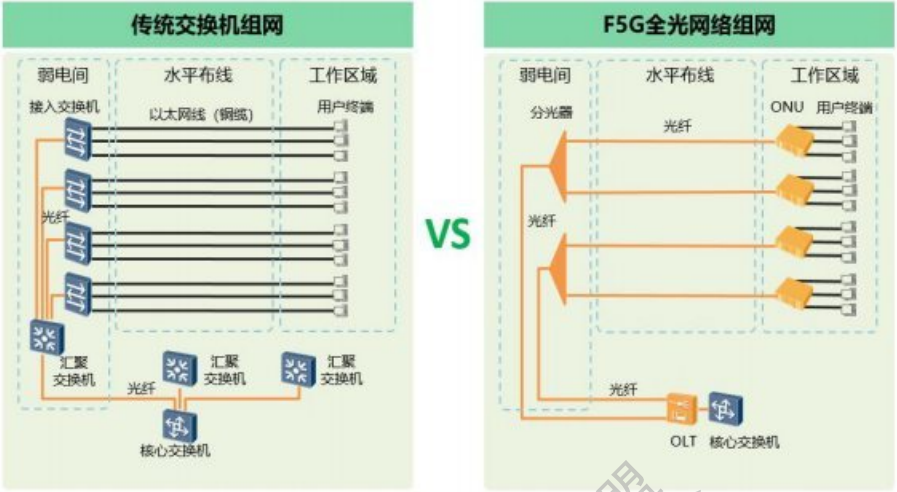
F5G 全光网络 and 传统以太网交换机网络在综合布线上也有差异,主要是在弱电间和水平布线上有差异。

传统以太网交换机网络的综合布线中,核心交换机部署于园区的核心机房,汇聚交换机和接入交换机通常部署于弱电间,核心交换机和汇聚交换机之间,汇聚交换机和接入交换机之间都是采用光纤进行连接,但是从弱电间到工作区域之间的水平布线采用的是水平电缆,通常采用的水平电缆包括 Cat 5 (5 类线)、Cat6 (6 类线)、Cat6A (超 6 类线)、Cat7 (7 类线)、Cat7A (超 7 类线)等。

F5G 全光网络的综合布线主要是采用光纤。核心交换机和 OLT 部署于园区的核心机房,弱电间只部署无源分光器,从核心机房到楼宇/楼层弱电间采用光纤进行连接。ONU 设备部署于工作区域,从弱电间到工作区域之间的水平布线采用单模光纤进行布线。

F5G 全光网络 and 传统以太网交换机网络在布线上的差异如下图表。

图表 2-9 F5G 全光网络 and 传统以太网交换机网络布线上的差异



F5G 全光网络 and 传统以太网交换机网络的主干布线、水平布线的差异如下图表所示。

图表 2-10 F5G 全光网络 and 传统以太网交换机网络的比较

综合布线	主干	水平	工作区
交换机网络	光缆	水平电缆	水平电缆
F5G 全光网络	光缆	水平光纤	光纤/水平电缆

2.2.3 差异总结

F5G 全光园区和传统以太网交换机园区相比，在网络架构和综合布线上都有较大的差异，会带来技术上的优势。

在行业上下游的认知程度上，F5G 全光园区和传统以太网交换机园区相比，认知度还需继续提高。F5G 全光园区目前在园区的普及度相对较低，园区的信息管理部门在选择园区网络基础设施方案时，更习惯倾向于采用本园区已经熟练使用多年的以太网技术。

从设计单位上看，以太网技术已经应用多年，技术相对成熟，占据了局域网领域的大部分市场，不同工程项目间的差异不大，可以减少设计工作量。再加上当前 F5G 网络处于上量期，设计单位对 F5G 全光网络

了解暂时还是较传统以太网交换机组网要弱，也造成当前 F5G 全光网络的建设量不如传统以太网交换机网络。

但在国家信息化产业政策的支持下，“光进铜退”已成为大势所趋，F5G 全光网络在此背景下将得到大力推广。处于产业链上的机构要将自身发展与历史机遇相结合，加强 F5G 全光网络特点和价值理念的宣传推广，加快智慧园区领域的标准编制工作，繁荣产业生态，提升产业影响力，为园区网络基础设施的产业升级和建设发展贡献力量。

2.3 F5G 全光园区的技术优势

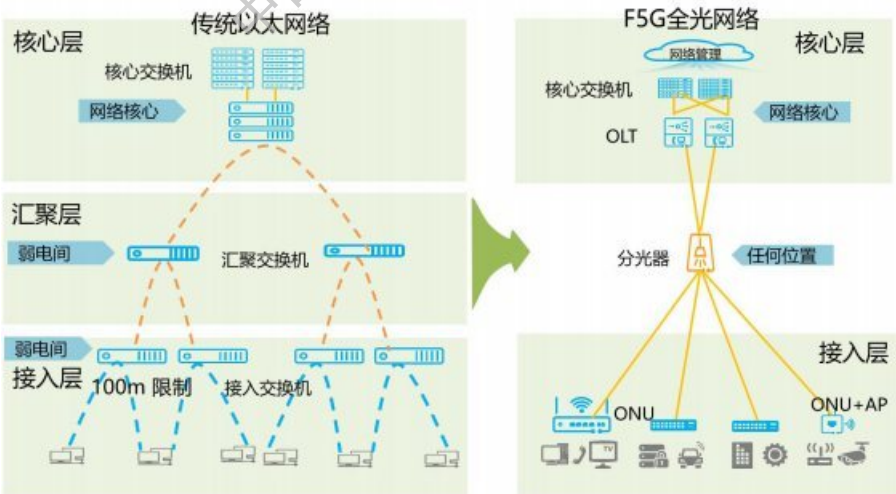
2.3.1 简架构的优势

简架构优势：F5G 全光园区具有网络扁平化，架构简单的优势。

F5G 全光园区和传统以太网园区相比，实现了网络扁平化。F5G 全光园区中，OLT 设备和核心交换机一起部署于核心机房；ONU 尽可能靠近最终的用户终端，中间采用光纤和无源分光器来进行连接。

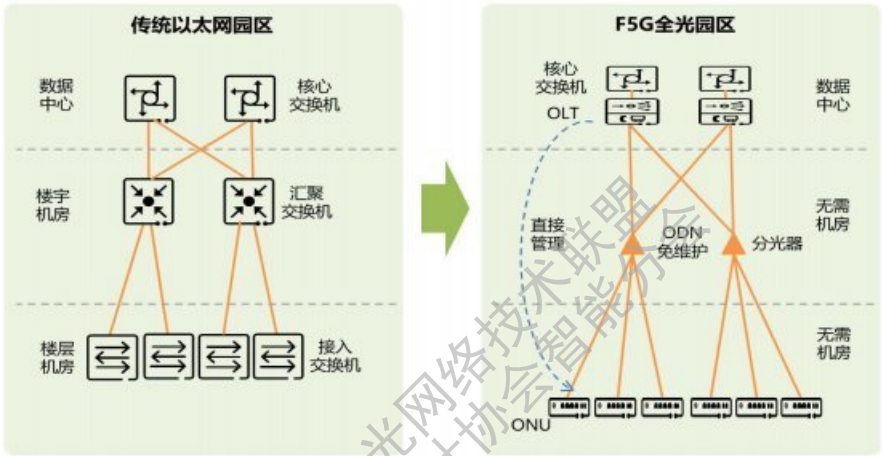
F5G 全光园区网络架构中，采用无源的分光器替代了原来的有源汇聚交换机设备，减少了汇聚层，变更为扁平化的 2 层网络架构，实现了架构上的优化。

图表 2-11 F5G 全光园区简架构的优势



F5G 全光园区采用的无源分光器无需供电，且可部署于任意位置，可考虑取消或者减少弱电间的空间，提高建筑空间的利用率。而且弱电间无源化之后，也可减少原位于弱电间的供电电源设备，空调设备等，减少潜在的火灾风险，也可实现节能减排，促进绿色低碳的发展，实现园区的社会责任。

图表 2-12 F5G 全光园区可减少或取消弱电机房



F5G 全光园区中，由于 ONU 尽可能靠近最终的用户终端，实现了光纤下移，也解决了原来 4 对对绞电缆（俗称网线）的带宽不足及传输距离小于 100 米的问题。光纤下移带来了可以持续升级的带宽能力，同时光纤也可以支持 40km 的传输距离，实现广覆盖功能。

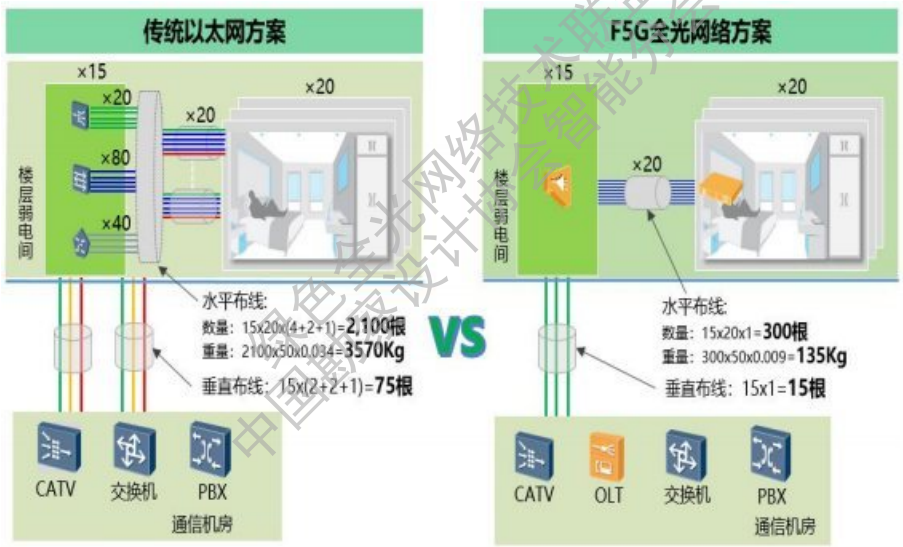
F5G 全光园区的简架构优点，很好地契合了业务云化的趋势。F5G 全光网络中业务可直接从接入侧直达网络核心，减少中间的有源汇聚环节，可提供更低的时延，更好的体验，更少的拥塞点。

F5G 全光园区与传统以太网园区相比，在工程布线方面的优势也非常明显。以一个酒店大楼园区为例，该酒店总共有 15 层楼高，每层有 20 个客房，每个客房需要 7 个信息，这些信息点包括 4 个以太网接口，2 个电话口和 1 个同轴电视口。若酒店采用传统的以太网交换机解决方案，每个房间 7 个信息点需要七根水平布线（水平布线是指从每层楼的弱电

间到房间内部的布线)。那么,每个楼层需要 20 个客房 $\times$ 7 等于 140 根水平布线,即每层楼需要 140 根水平布线。整个大楼则需要 15 层 $\times$ 140=2100 根水平布线。同时,此时的水平线缆都是铜线,重量比较重,2100 根线缆总重量约是 3570kg。

若酒店采用 F5G 全光网络方案,在 F5G 全光网络中,每个房间只需要从弱电间部署一根水平光纤到房间即可。在房间内部,使用 ONU 来把上述 7 个信息点的业务统一承载起来。每层楼 20 个房间,水平布线需 20 个客房 $\times$ 1=20 根水平布线。整个大楼为 15 层 $\times$ 20=300 根水平布线。光纤比较轻,300 根光纤的重量约为 135kg。

图表 2-13 F5G 全光方案 and 传统方案在布线上比较



水平布线的比较: 传统以太网交换机方案中水平布线是 2100 根, 而 F5G 全光网络方案水平布线是 300 根, 传统以太网交换机方案所需的水平布线数量是 F5G 全光网络方案的 7 倍多。重量方面, 传统以太网交换机方案约为 3.5 吨, F5G 全光网络方案约为 135kg, 传统以太网交换机方案是 F5G 全光网络方案的 20 多倍。

垂直布线的比较: 传统以太网交换机方案需要 75 根垂直布线。而 F5G 全光网络方案仅需要 15 根垂直布线, 传统以太网交换机方案所需的垂直

布线是 F5G 全光网络方案的 5 倍。

在工程布线方面，F5G 全光网络方案可节省大量的物料成本和人力投入。

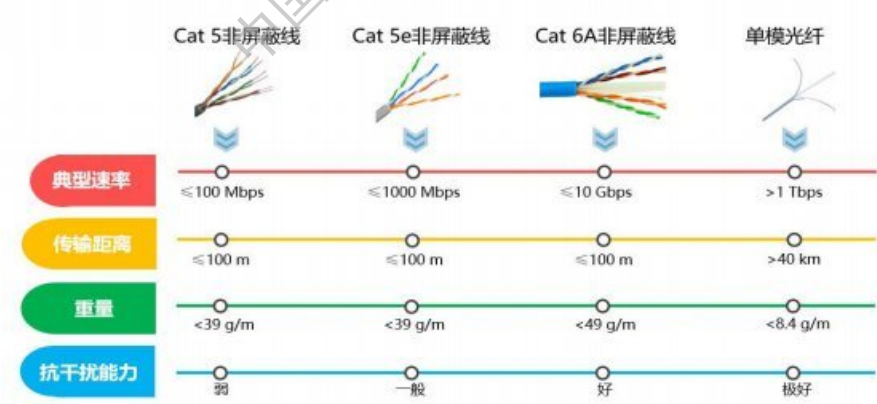
2.3.2 易演进的优势

易演进优势：F5G 全光园区具有易演进的优势。

F5G 全光网络 OLT 和 ONU 之间采用全无源的光纤和分光器，光纤的带宽和以前的 4 对对绞电缆（俗称网线）相比，具有带宽大，重量轻，抗干扰能力强等优点。光纤和无源分光器的带宽可平滑演进，例如带宽从 2.5GE 升级到 10GE，甚至更高带宽的时候，中间的无源网络（光纤和分光器）不需要变更，只需要更换两侧的 OLT 和 ONU 有源设备即可完成带宽的升级。

单模光纤的带宽演进能力远高于传统的水平电缆（包括 Cat5（5 类网线）、Cat6（6 类网线）、Cat6A（超 6 类网线）、Cat7（7 类网线）、Cat7A（超 7 类网线）等），光纤具有超过 1Tbps 的带宽能力，可通过叠加不同的波长以支持带宽的灵活演进，且传输距离可达 40km；而 Cat6A 网线只有约 10Gbps 的带宽能力。

图表 2-14 网线和光纤的传输性能/重量对比

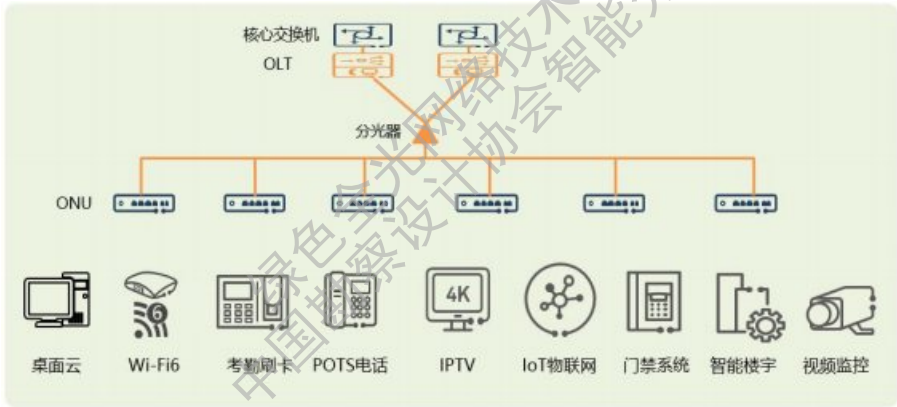


F5G 全光园区采用的光纤具有体积小，重量轻等优势。F5G 全光网采用单模光纤，单模光纤的重量小于 8.4 克/米，Cat 6A 非屏蔽网线的重

量约为 49 克/米，是单模光纤的 5 倍以上。假设对现有建筑进行带宽升级，网线从 Cat 5 非屏蔽网线升级到 Cat 6A 非屏蔽网线，网线重量和体积的增加对于建筑物综合布线使用的桥架大小和承重能力都提出了很高的要求，而采用光纤则可以很好地解决这个问题。F5G 使用的光纤在带宽演进上具有易演进的优势。

F5G 全光网络支持一根光纤承载多种业务，不仅完美兼容传统以太网园区的各种业务，还可提供园区使用的 POTS 语音、CATV 等业务，可实现园区的多网融合，简化网络结构。针对面向未来的万物互联场景，也可支持各种智能 IoT 终端的接入，为 F5G 全光园区建设提供强有力的网络支撑。

图表 2-15 F5G 全光园区支持一纤多业务



F5G 全光园区后续如果需要新增新的业务，可通过更换支持该种业务的 ONU 即可，原来部署的光纤走线等不需要变更。业务演进上 F5G 全光网络也具有易演进的优势。

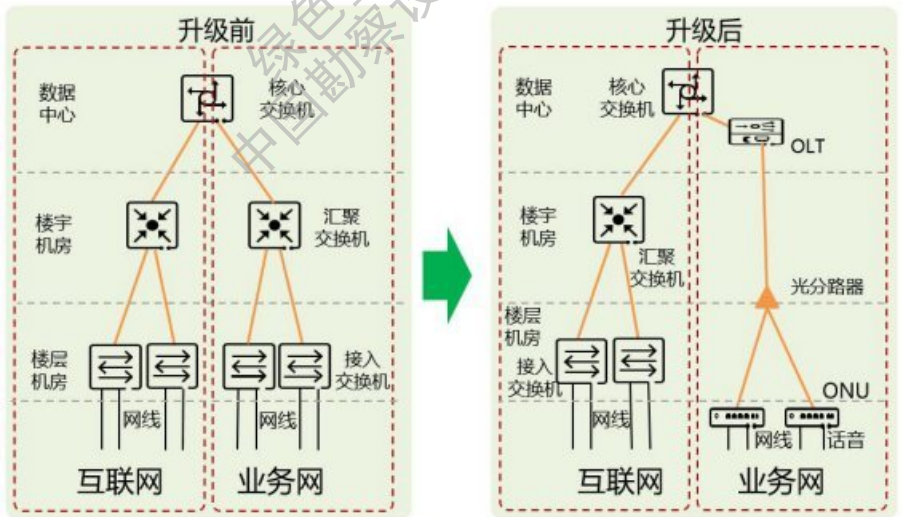
F5G 全光网络也可通过灵活叠加波长实现带宽和业务的平滑演进。F5G 全光网使用的 PON 技术可在同一根光纤中通过灵活叠加新波长的方式提升带宽及支撑新业务，在提升带宽及新增业务过程中不会影响已部署的业务。例如，F5G 全光网中可首先部署 GPON（波长 1）支持桌面办公的场景，后续如果有更高带宽的 VR 等业务，可考虑直接叠加 XGS-PON

（对称 10G GPON，波长 2）来支持，波长 1 和波长 2 之间互不干扰，两个网络间可通过波长进行隔离。通过叠加波长的方式，F5G 全光网络也可支撑业务平滑演进。

F5G 全光园区在园区内信息点数量的变化上，也具有易演进的优势。如果园区某个办公室的信息点数量的有变化（如从原来规划的 4 个网络信息点变更为 8 个网络信息点），只需更换更多端口的 ONU 即可（如从 4 口的 ONU 更改为 8 口 ONU 等），此时无需新增加 4 根水平布线网线，也不需重新更改水平布线的光纤。F5G 全光园区可以支撑网络信息点数量的灵活扩容。

F5G 全光网络可支持和传统以太网交换机网络共存，支持从传统以太网交换机网络灵活演进到 F5G 全光网络方案。如下图表所示，升级过程中可先将业务网由传统以太网交换机网络升级至 F5G 全光网络，互联网仍保持传统以太网交换机网络，F5G 全光网络和传统以太网交换机网络共存。待后续互联网有需求再进行升级。

图表 2-16 F5G 全光网络可与传统网络共存



2.3.3 智运维的优势

智运维优势：F5G 全光园区具备智运维的优势。

F5G 全光园区采用 F5G 无源光局域网技术（POL），OLT 设备是整个 PON 网络的智慧大脑，通过 OMCI 协议对整个 PON 网络的 ONU 设备进行管理和配置；无需再到 ONU 设备进行本地的业务和数据配置，ONU 设备也无需配置独立的管理 IP 地址。

图表 2-17 F5G 全光园区支持智运维



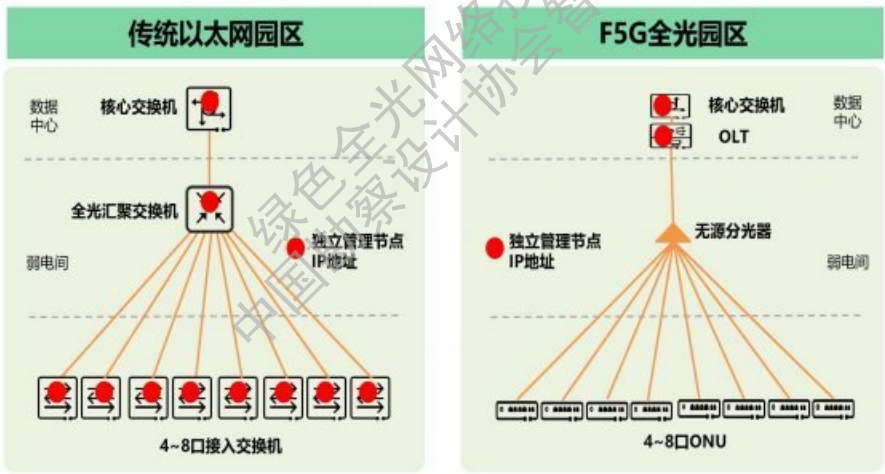
由于 OLT 设备采用了对 ONU 设备的集中管理机制，F5G 全光园区可极大减少了网络的管理节点数量，在数据配置上，所有的 ONU 统一由 OLT 设备进行管理，OLT 对 ONU 设备的配置数据进行保存和下发；此外，F5G 全光园区可支持 ONU 的开局即插即用免调测功能，也可支持维护即换即通免配置功能，提升了网络的部署和管理效率。

由于 OLT 设备实现了对 ONU 设备的集中管理，所以在 OLT 设备或者网络管理设备上都可支持整个网络数据的快速收集和处理，可在网络管理设备上支持对整个网络的部署情况、告警情况、健康度等各种报表进行收集、显示和快速处理。实现整个园区网络的故障实时感知，高效管理，保障业务实时在线。

F5G 全光园区的网络管理更加简单。F5G 全光园区中，OLT 和 ONU 之间采用的是无源光纤网络，无源光纤网络中的光纤或者无源分光器等器件无需管理，也可极大简化了运维。也可考虑采用 OTDR 或者 DQ ODN 等方案实现对无源光纤等的诊断和运维。

F5G 全光园区的管理节点数量远小于传统以太网园区。传统以太网园区中，每台交换机设备（包括汇聚交换机、接入交换机等）都是一个独立管理单元，需要有独立的管理 IP 地址进行管理，所以网络越复杂，交换机的数量越多，管理起来就越复杂。F5G 全光园区中，由于 ONU 在软件管理上无需独立配置，全部是通过 OLT 进行管理，所以不管是多大的园区网络，其管理节点都是几台 OLT 设备及核心交换机，管理更加简单。

图 2-18 F5G 全光园区的智运维优势

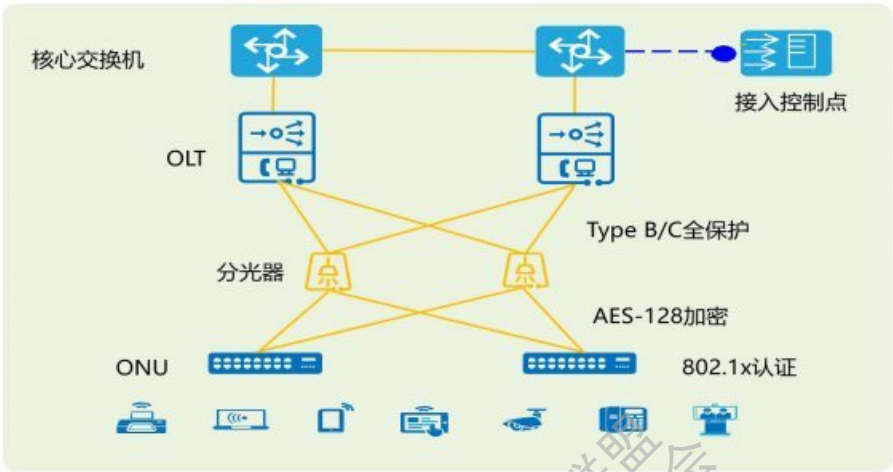


2.3.4 高可靠的优势

F5G 全光园区支持高可靠性的优势。

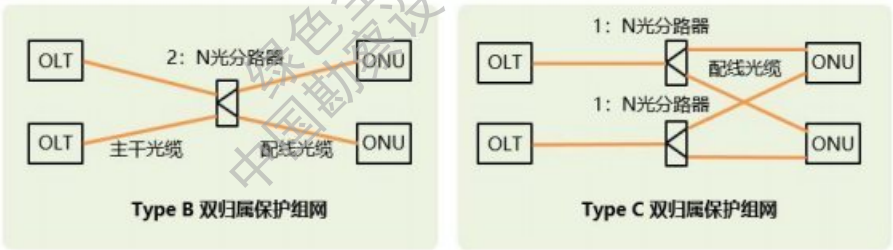
F5G 全光网络可提供 Type B 或者 Type C 的保护方式，支持从 ONU 的上行端口到 OLT 上行端口之间的设备和光纤保护。可根据不同的应用场景选择不同的保护组网方式，提供不同程度的保护。

图表 2-19 F5G 全光园区支持高可靠



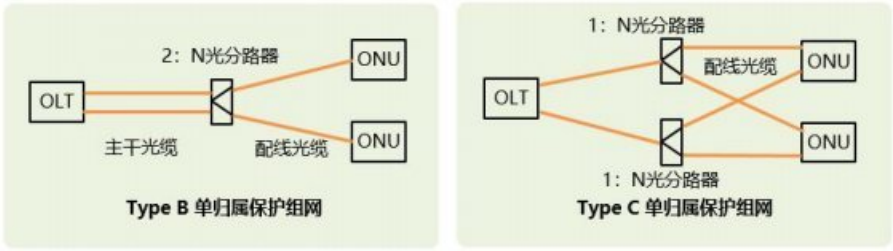
F5G 全光园区中，如果光纤或者设备出现问题，Type B 或者 Type C 会自动触发网络的保护，无需人工干预，实现链路的保护。在 F5G 全光园区中，推荐采用 Type B 双归属保护和 Type C 双归属保护。

图表 2-20 F5G 全光网 Type B 和 Type C 双归属保护



双归属保护需要配置 2 台 OLT 设备，对 OLT 设备本身进行保护，推荐采用这种配置。

图表 2-21 F5G 全光网 Type B 和 Type C 单归属保护



图表 2-22 F5G 全光网络的保护方式

保护方案	保护范围
Type B 单归属	OLT 的 PON 口、主干光纤
Type B 双归属	OLT 设备，OLT 的 PON 端口和 OLT 的上行端口、主干光纤
Type C 单归属	OLT 的 PON 口、ONU 的 PON 口、主干光纤、配线光纤、分光器
Type C 双归属	OLT 设备，OLT 的 PON 端口和 OLT 的上行端口、主干光缆、分光器、配线光缆和 ONU 上行 PON 端口

全光园区采用了光纤作为传输介质，光纤也具有抗电磁干扰，耐腐蚀的优点，可对传输数据进行更好的保护。

F5G 全光园区采用 POL 技术，支持对 PON 传输的数据进行加密。对于 XGS-PON 技术，不管是从 ONU 到 OLT 的数据，还是从 OLT 到 ONU 的数据，都经过 AES128 的加密，不同的 ONU 采用不同的加密密钥，并定期刷新，对用户数据进行加密传输。

F5G 全光园区采用的 ONU 可支持 802.1x 的认证，只有通过 802.1x 认证之后才被允许接入到全光网络中。

2.4 F5G 全光网络技术选择

综合考虑园区业务的安全性、可靠性以及长期的演进性等，F5G 全光园区采用 XGS-PON/GPON 技术，不采用 10G EPON/EPON 技术。10G EPON/EPON 只能在安全性要求远低于园区业务的普通家庭中部分使用。

2.4.1 GPON 的标准演进更好

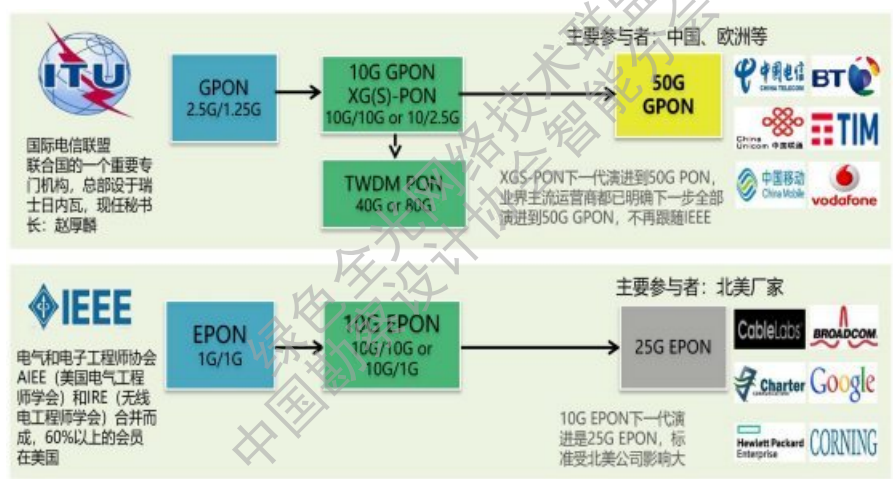
GPON 系列标准是由国际电信联盟（ITU）制定的，当前主流使用的标准是 GPON 和 XG（S）-PON 标准（也包括 40G/80G 的 TWDM PON 标准）。XGS-PON/GPON 系列标准是业界主流使用的标准，主要的参与者包括中国和欧洲等大的运营商。GPON 系列标准的下一步演进计划是演

进到 50G GPON。

EPON 系列标准是由电气电子工程师协会（IEEE）制定的，当前使用的标准是 EPON 和 10G EPON 的标准，下一步计划往 25G EPON 标准上演进。但 25G EPON 标准的主要参与者都是北美厂家，受北美厂家的影响比较大。

业界 90%以上客户使用的都是 GPON/XGS-PON 系列标准。业界主流的客户（运营商）也已明确，后续的演进也不会往 IEEE 的 EPON 系列标准演进，而是会基于 50G GPON 等 GPON 的下一步标准中持续演进。从标准的可演进性上看，GPON/XGS-PON 系列标准的可演进性更好。

图表 2-23 PON 技术标准演进图



2.4.2 GPON 的产业链更健康

采用 GPON 系列产品（包括 XGS-PON 等）的市场是主流市场，市场发货占比大，而使用 EPON 产品的市场持续萎缩，厂家投入意愿低，产业链不健康。

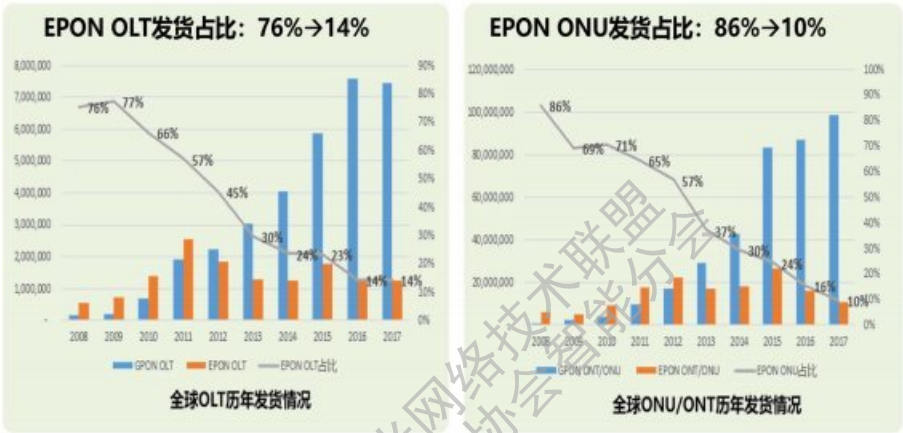
EPON 产品的发货占比逐年减少，大部分运营商已停止 EPON OLT 的新建（国内的 EPON 市场新建也已基本停止），现阶段 EPON 的建设只是将存量 EPON 升级 10G EPON（部分升级为 10G EPON，部分更改为

GPON); EPON 发货量持续下降, 市场萎缩, 业界厂家投入意愿低, 产业链不健康, 相关产品有逐渐停产的风险。

XGS-PON/GPON 系列产品的产业链健康, 业界持续投入, 厂家持续创新, 在高带宽 (20G PON) /低时延/高光功率等上面的创新层出不穷。

XGS-PON/GPON 的产业链更加健康。

图表 2-24 EPON 系列产品的发货量占比



数据来源: 第三方咨询公司 Omdia

2.4.3 GPON 的安全性更高

XGS-PON/GPON 技术的安全性远优于 10G EPON/EPON, 更适合 F5G 全光园区的高安全要求。

XGS-PON/GPON 采用的帧格式安全性更强。EPON 的帧格式是在原以太网的帧格式上进行了扩展, 现在业界有很多基于以太网帧格式 (以太网报文) 的分析软件, 通过这些分析软件, 可对 EPON 的报文进行抓取、识别和分析; 而 XGS-PON/GPON 的报文采用了全新的增强帧格式, 当前通用的以太网帧格式分析软件无法捕获识别 XGS-PON/GPON 的帧格式, 更无法识别里面的报文。XGS-PON/GPON 的安全性更高。

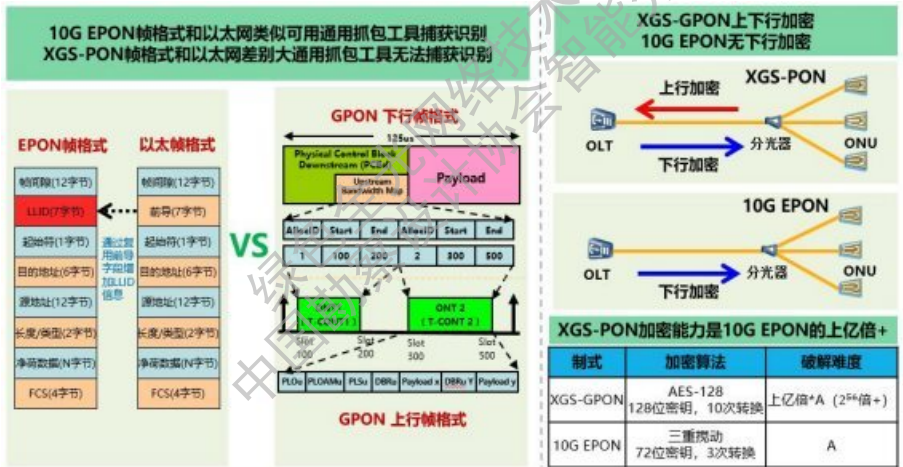
XGS-PON/GPON 的加密功能更全面, XGS-PON 支持把从 OLT 发送到 ONU 的数据, 及从 ONU 发送到 OLT 的数据都针对每个 ONU 进行了

加密操作（对于 OLT 而言，就是发送方向和接收方向的数据都进行了加密操作），而 10G EPON 技术的加密功能比较弱，只能支持从 OLT 发送到 ONU 方向数据的加密操作（对于 OLT 而言，只有发送方向的数据进行了加密操作，接收方向没有经过加密操作）。

XGS-PON/GPON 的加密算法更强大。XGS-PON/GPON 采用 AES128 加密算法，采用 128 位的密钥，破解难度很大，远远超出了 10G EPON 技术所采用的加密算法（采用 72 位的密钥）。如果采用超级计算机破解 10G EPON 的密钥破解需要 1 秒时间，那么同等计算算力的前提下，破解 XGS-PON/GPON 的密钥需要 22 亿年的时间。

XGS-PON/GPON 的安全性更高。

图表 2-25 GPON/EPON 系列安全性比较



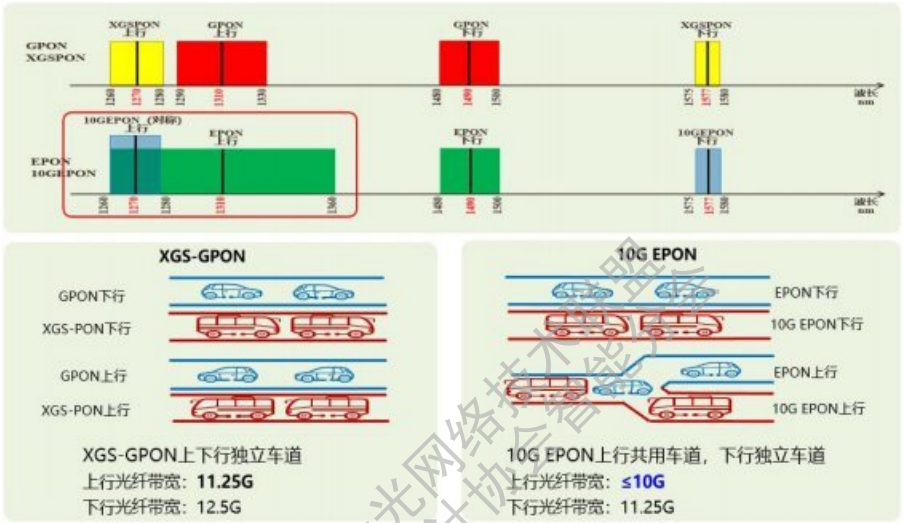
2.4.4 GPON 的性能/可靠性更强

XGS-PON/GPON 技术的可靠性远优于 10G EPON/EPON，更适合 F5G 全光园区的高可靠性要求。

XGS-PON 和 GPON 共存时，XGS-PON 和 GPON 的上行、下行光波长都是独立的，XGS-PON 和 GPON 严格按照不同的光波长进行隔离，GPON 出现故障的时候，不会影响到 XGS-PON 的业务；而 10G EPON 和

EPON 共存时，10G EPON 和 EPON 上行的光波长没有隔离，采用的是同样的波长，如果 EPON 出现故障，将会直接影响到 10G EPON 的业务，也可能导致 10G EPON 的业务中断等。XGS-PON 和 GPON 技术的可靠性和故障隔离能力远优于 10G EPON/EPON。

图表 2-26 GPON 系列的性能/可靠性更强



XGS-PON/GPON 的业务优先级保证的能力远优于 10G EPON/EPON。10G GPON/GPON 将业务带宽分配方式分成 4 种类型，优先级从高到低分别是固定带宽(Fixed)、保证带宽(Assured)、非保证带宽(Non-Assured)和尽力而为带宽(Best Effort)。DBA 带宽分配上又定义了业务容器(traffic container, T-CONT)作为上行流量调度单位。T-CONT 分为 5 种业务类型，不同类型的 T-CONT 具有不同的带宽分配方式，可以满足不同业务流对时延、抖动、丢包率等不同的 QoS 要求。而 10G EPON/EPON 只是在 Ethernet 包头增加了 64 字节的 MPCP 多点控制协议(multi point control protocol)。MPCP 提供了对 P2MP 拓扑架构的基本支持，但是协议中并没有对业务的优先级进行分类处理，所有的业务随机的竞争着带宽。XGS-PON/GPON 具有更优秀的 QoS 服务能力。

XGS-PON/GPON 的运营、维护 OAM 能力远优于 10G EPON/EPON。XGS-PON/GPON 定义了 PLOAM(Physical Layer OAM)，并且定义了 OMCI(Optical network terminal management and control interface)协议专门用于提升 PON 的运营/维护等 OAM 能力。PLOAM 用于更好支持数据加密、状态检测、误码监视等功能。OMCI 信道协议用来管理高层定义的业务，包括 ONU 的功能参数集、T-CONT 业务种类与数量、QoS 参数，请求配置信息和性能统计，自动通知系统的运行事件，实现 OLT 对 ONU 的配置、故障诊断、性能和安全的管理。而 10G EPON/EPON 没有对 OAM 进行过多的考虑，只是简单的定义了对 ONT 远端故障指示、环回和链路监测，并且是可选支持。XGS-PON/GPON 具备了更优的运营、维护 OAM 能力；

XGS-PON/GPON 的时延抖动能力、多业务接入能力优于 10G EPON/EPON。XGS-PON/GPON 按照报文块进行调度，保证高优先级，保证时延很小。XGS-PON 对以太网报文进行切成小的报文块，在发送低优先级报文块（普通上网报文）时，如果发现有高优先级的报文块（例如 VIP 客户的视频会议），就会停下来，先发高优先级的报文块，发完高优先级再发低优先级；XGS-PON 的发送机制保证了高优先级的业务时延很小；10G EPON 按以太网报文进行调度，受报文大小影响，时延大，不可控。10G EPON 按照以太网报文进行调度，如果先收到一个低优先级的大以太网报文（普通上网报文），也必须要把整个以太网报文发完，才能处理高优先级的另外一个以太网报文（例如 VIP 客户的视频会议）；所以导致 10G EPON 的发送机制导致时延很大；

XGS-PON/GPON 技术的标准演进性更好，长期演进性远优于 10G EPON/EPON，更适合 F5G 全光园区的长期发展要求。XGS-PON/GPON 技术是当前业界主流选择的 PON 技术，业界约 90%以上的运营商和 PON 发货都是采用 XGS-PON/GPON 技术，10G EPON/EPON 已被边缘化，发

销量逐年减少，相关产品有逐渐停产的风险；XGS-PON 的安全性、性能和可靠性等都更优。综上所述，F5G 全光园区只采用了 XGS-PON/GPON 技术，不采用 10G EPON/EPON 技术。

2.5 F5G 全光网与全光以太网的区别

F5G 全光园区采用基于 F5G 的无源光局域网（POL）技术。

F5G 无源光局域网作为一种点到多点（P2MP）结构的无源光网络，包含光线路终端 OLT、光网络单元 ONU 二层架构，OLT 和 ONU 无源 ODN 组件连接；全光以太网采用的是点对点（P2P）结构的有源光网络，一般分为核心交换机、汇聚交换机、接入交换机三层架构。和全光以太网相比，F5G 全光网络在网络架构、可靠性、节能减排等有比较大的优势。

2.5.1 F5G 全光网无源汇聚架构更优

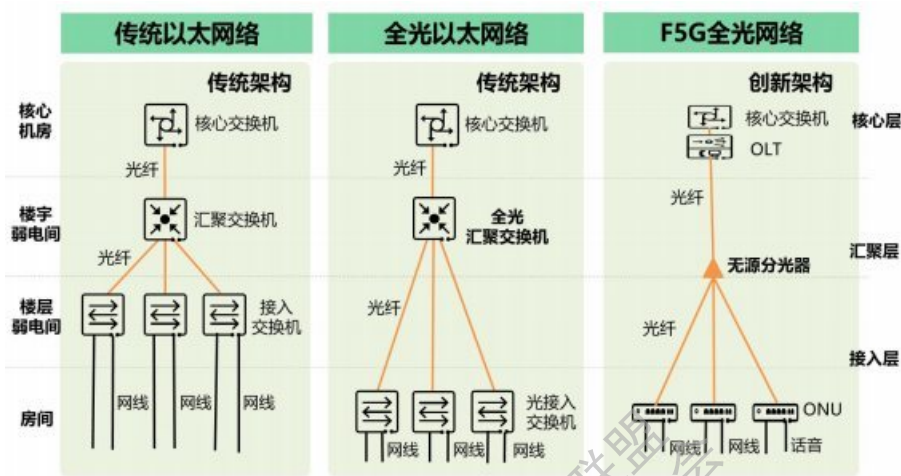
传统以太网采用的是传统的 3 层架构（核心层的核心交换机---汇聚层的汇聚交换机---接入层的接入网交换机），核心交换机放置在核心机房，汇聚交换机放置在楼宇弱电间，接入交换机放置于楼层弱电间；核心交换机和汇聚交换机，汇聚交换机和接入交换机之间都是通过光纤连接；从楼层弱电间的接入交换机通过 100 米内的 4 对对绞电缆（俗称网线）接到房间。楼宇弱电间和楼层弱电间都是有源设备。

全光以太网也仍是传统的 3 层架构（核心层的核心交换机---汇聚层的全光汇聚交换机---接入层的光接入网交换机），网络架构和传统以太网是一样的，差异点就是把接入交换机从楼层弱电间下移到房间内，本质上都是点到点的交换机技术。楼宇弱电间仍需要有源的汇聚设备。

F5G 全光网络为创新架构，网络层次进行了简化，简化为二层架构（核心层的核心交换机和 OLT---接入层的 ONU），从 OLT 到 ONU 中间都是无源的分光器和光纤，不管楼宇弱电间还是楼层弱电间都是无源的。采用的是 F5G 的点对多点新技术。

F5G 全光网络与传统以太网及全光以太网络的对比如下图表所示：

图表 2-27 F5G 全光网络架构优于全光以太网



从网络架构上看，全光以太网和传统以太网是一样的，都还是三层转发架构，都还需要在汇聚层保留汇聚交换机；弱电间也无法做到无源，仍需给全光汇聚交换机供电。

全光以太网后续的演进也还是受限，无源实现平滑升级。全光以太网后续带宽升级的时候，除了升级两端的有源设备之外，还需要升级楼宇弱电间的全光汇聚交换机。传统以太网、全光以太网和 F5G 全光网络的比较如下图表所示。

图表 2-28 F5G 全光网络 and 全光以太网络的比较

网络类型	网络架构	采用技术	弱电间是否无源
传统以太网	三层网络	点对点	有源，楼宇/楼层弱电间有交换机
全光以太网	三层网络	点对点	有源，楼宇弱电间有交换机
F5G 全光网络	二层网络	F5G 点对多点	无源，无源分光器

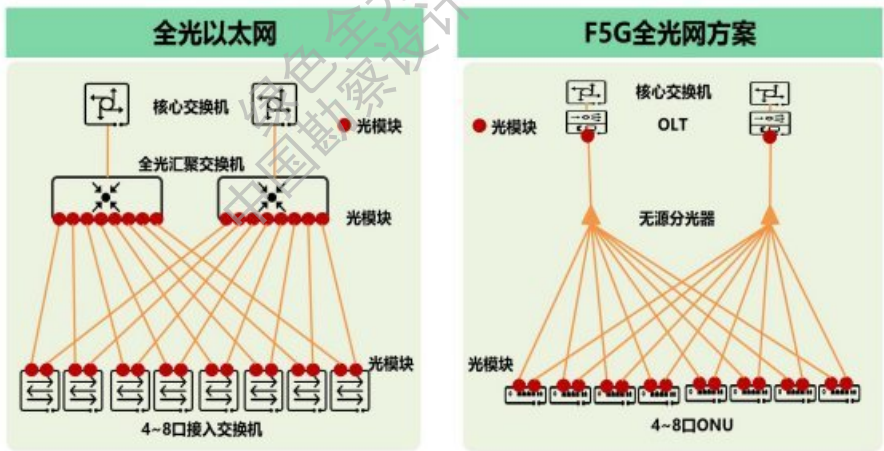
2.5.2 F5G 全光网可靠性更优

F5G 全光网络和全光以太网相比，F5G 全光网络在可靠性/节能减排

上优于全光以太网。

F5G 全光网络和全光以太网相比，在网络组网上减少了大量的光模块。全光以太网方案采用全光汇聚交换机进行光纤的汇聚，由于全光汇聚交换机采用点对点的汇聚技术，所以全光汇聚交换机配置的下行光模块数量需要等同于接入交换机配置的上行光模块数量；而 F5G 全光网采用的是点对多点无源汇聚技术，若采用 1:8 分光器，OLT 的一个 PON 光模块可对应下面 8 个 ONU 的 8 个上行 PON 光模块。如下图表的全光以太网方案中，8 台接入交换机需配置 16 个光模块，2 台全光汇聚交换机也需配置 16 个光模块，共需 32 个光模块。F5G 全光网方案中，8 台 ONU 需配置 16 个光模块（大部分 ONU 都是内置光模块，为方便计算，此处仍按照外置光模块计算），无源分光器无需配置光模块，只需在 2 台 OLT 上配置 2 个光模块即可，共需 18 个光模块；相比全光以太网方案减少约 43.75% 的光模块数量。

图表 2-29 F5G 全光网节省约 50% 的光模块数量



以一个 10000 个信息点的园区为例，如果采用全光以太网方案，选择 4 口的光接入交换机，则接入交换机需配置 5000 个光模块（考虑双上行保护），全光汇聚交换机也需配置 5000 个光模块，共需要配置 10000 个光模块；如果采用 F5G 全光网方案，选择 4 口的 ONU，同等条件下 OLT

和 ONU 只需配置 5625 个光模块（采用 1:8 的分光器），减少了 4375 个光模块；节省了大量的投资；节省了大量的功耗；减少了有源故障点，极大提升了整个网络的可靠性。

光模块的功耗也比较高，通常情况下每个光模块的功耗约在 1W 左右，也即全光以太网方案的功耗将会比 F5G 全光网络方案高约 4375W。F5G 全光园区的节能减排也优于全光以太网园区。

2.6 F5G 全光园区与 FTTH 的区别

F5G 全光园区不等同于 FTTH，F5G 全光园区采用了增强的 F5G 无源光局域网（POL）技术。

随着无源光网络技术（PON）在家庭宽带的广泛应用，其成本、运维及易用性等方面的优势在家庭宽带应用中得到一致认可，光接入技术在 FTTH 场景也得到了广泛的应用。F5G 全光园区是在家庭宽带使用的 PON 技术的基础上进行了增强，以适应园区市场更高的技术要求。

园区场景和家庭宽带场景相比，安全性要求更高，可靠性的要求也更高，也要求有更高的对称带宽，支持更多的业务类型，提供更多的终端形态和安装方式，此外园区场景也要求更高的运维要求。针对园区场景的这些独特要求，F5G 无源光局域网做了针对性的增强，F5G 全光园区和家庭宽带业务相比，在应用和需求方面主要存在以下一些区别：

2.6.1 F5G 全光园区安全性更好

更好的安全性：F5G 全光园区的业务和家庭 FTTH 的宽带业务相比较，需要更高的安全性。F5G 无源光局域网基于 FTTH 成熟的 PON 技术上针对安全性做了大幅增强，包括 ONU 的用户侧端口支持接入认证等安全特性；

FTTH 主要用于家庭接入的客户，通常情况下，ONT 的以太网端口是默认打开的，所接的 PC 等采用的是 PPPoE 的认证方式，认证通过之后，PC 可以上网。

无源全光园区是针对企业客户（包括在一些更高要求的医疗、金融、政企等客户）使用，这些客户的安全性要求更高。所以无源全光园区在安全性上做了增强，通常情况下，ONU 的以太网端口是默认关闭的，额外需要新增类似 802.1x 等认证功能，只有认证通过之后才支持把以太网端口打开。

从应用上看，无 F5G 全光园区里的 ONU 并不仅仅是服务一个家庭或一个客户，而是例如 8 个以太网端口的 ONU 服务 8 个信息接入点，可能是 8 个用户，每个用户之间可能是需要隔离的，从安全性上看和 FTTH 也有较大的区别。

2.6.2 F5G 全光园区可靠性更高

更高的可靠性：F5G 全光园区的业务和家庭 FTTH 的宽带业务相比较，需要更高的可靠性。

FTTH 主要用于家庭接入的客户，对价格的诉求比较高，对可靠性的要求相对而言比较低（如出现故障，只影响某一家庭用户的普通上网等业务），所以 OLT 和 ONU 之间基本没有采用保护手段。

无源全光园区是针对企业客户（包括在一些更高要求的医疗/金融/政企等客户）使用，这些客户对可靠性的要求远高于 FTTH 客户，例如医疗/银行等客户，如果网络出现问题，将会是致命的。所以在 OLT 和 ONU 之间的保护上，F5G 无源光局域网 POL 基于成熟的 PON 技术做了大幅增强，增强了 Type B 和 Type C 保护功能，而且支持两台 OLT 之间的 Type B 和 Type C 双归属保护功能，支持 2 台 OLT 设备之间的无缝切换，极大提升了整个组网的可靠性。

对于如医疗/金融等场景某些高可靠要求的应用，部分 ONU 还提供 2 个上行 PON 端口，支持 Type C 双归属保护，进行端到端的可靠性保护。

2.6.3 F5G 全光园区的带宽更高

更高的双向带宽：随着虚拟桌面、企业上云等多种业务的开展，园区网络的一个显著发展趋势是其业务模型发生了变化，企业的业务流量更

多地变成南北向流量（即企业内部网络终端与云端各类应用和存储服务器之间的直接流量交互），以数据中心为核心的流量交换模型将取代原有的多层本地交换架构，云与用户间的突发性数据交互急剧加大，Gartner 的预测，到 2025 年，80% 的公司都会把数据和工作负载从本地数据中心，向多租户数据中心(MTDC)、托管和云端迁移，并逐渐关闭原有的传统数据中心，因此对网络对称带宽及延迟都提出了更高的要求。在 F5G 全光园区中，通常采用的是上下行对称的 10G GPON 技术，而家庭宽带 FTTH 通常采用的是上下行不对称的 10G GPON 技术。

更多的业务种类：与主要以上网和视频业务为主的家庭宽带用户不同，园区智能化和自动化带来了业务种类的大幅提升，园区交通、门禁、安防、监控、Wi-Fi 覆盖、语音等多种业务对网络业务承载能力提出了高要求，而家庭宽带 FTTH 通常仅提供上网、语音和视频业务。F5G 全光园区 ONU 也额外提供了 POE 功能，实现对终端设备进行供电；

2.6.4 F5G 全光园区运维更简单

FTTH 主要用于家庭接入，网络主要是由运营商进行维护，由于整个网络的规模很大，所以各大运营商培养了一大批专职维护人员，可以提供比较专业的运维服务。

F5G 全光园区是针对企业客户，很多企业园区的规模较少，维护人员也比较少，维护人员需要管理很多各种设备，无法针对 F5G 全光网络配置一个专职的维护人员，所以维护人员没有足够的时间和精力来对 F5G 全光园区进行非常细致的管理。故需要 F5G 全光园区简化管理，OLT、ONU、Wi-Fi 终端多种接入设备可在一张网统一管理，为维护者提供运维可视化管理，为使用者提供体验可视化管理。同时实时监控网络的使用情况，主动识别用户和业务的体验问题，发现潜在故障并识别根因，最终给出修复建议甚至自动修复，监控网络质量的变化趋势，提前分析、预测网络问题及升级扩容需求，给出建议。

2.6.5 F5G 全光园区的终端更多样

FTTH 主要用于家庭接入的客户，其提供的业务相对也比较简单，通常是提供上网业务（需要普通的以太网接口），语音业务（需要普通的 POTS 接口），提供 Wi-Fi 接入的功能等，安装位置上，通过放置在家庭入户的信息箱内，或者放置在电视机或者电脑 PC 旁边。通常 FTTH 的 ONT 设备是普通的盒式设备，一般是一户家庭安装一个 ONT，这个 ONT 的所有端口服务一个家庭客户。

F5G 全光园区主要用于企业接入的客户，其根据客户的需要提供各种接口和各种形态的 ONU 设备。除了需要接 PC 等设备（需要提供普通的以太网接口），还需要接园区内的监控摄像头和无线 AP 设备（这些设备需要 ONU 提供 PoE 供电，故 ONU 需要提供支持 PoE 的以太网接口），在酒店场景，需要对接电视等终端（ONU 需要提供 RF 接口），如果要接 Wi-Fi 6 AP 设备，还需要提供更高带宽的万兆以太网接口等。

从安装场景看，F5G 全光园区的安装场景更多样化，ONU 除了需要支持在信息箱安装之外，还需要考虑在办公桌下安装，或者在 Wi-Fi 6 AP 中，ONU 需要支持做成 SFP ONU 的形态，安装在 Wi-Fi 6 AP 中，以太网端口也有 4 个以太网端口/8 个以太网端口等多种不同的形态。

第三章

F5G 全光园区 典型应用

绿色全光网络技术联盟
中国勘察设计协会智能分会

3.1 F5G 全光园区适用环境

F5G 技术驱动光纤网络的代际演进，为众多新兴场景提供了落地的可能，从而将人类推向“万物互联”时代。无所不在的 F5G 网络，将成为人工智能、自动驾驶、云计算、区块链、传统产业赋能等应用场景的坚实支撑，新兴应用场景的蓬勃发展对于网络能力也提出了更高的要求，从基础设施逻辑来看，光传输链路需要进一步承载指数级增长的数据流量，而光接入端也需要以更低的时延、可靠性来保障网络的体验，对于相关的支撑技术均提出了更高的要求。

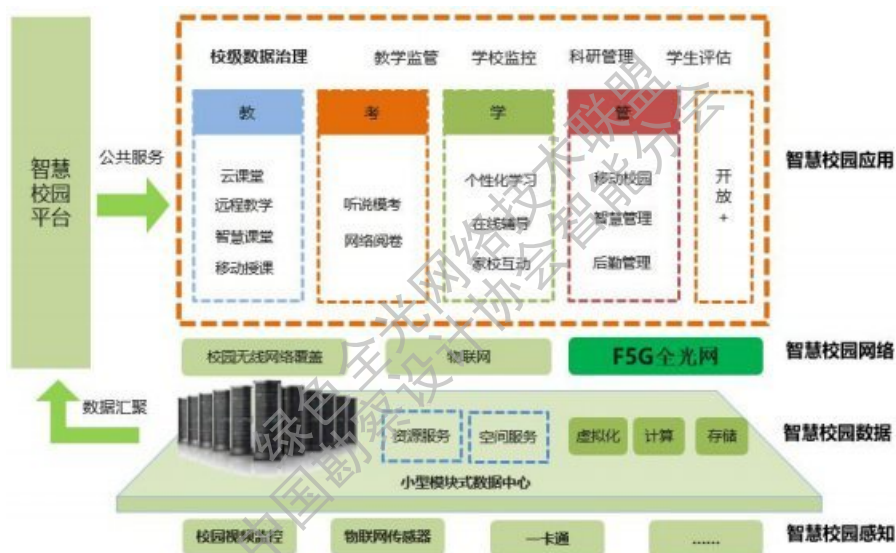
F5G 全光园区主导的场景，例如数字校园、智慧医院、智慧园区等，F5G 技术可很好发挥其简架构、易演进、简运维、高可靠的技术优势。在智慧制造的生产车间场景，F5G 技术采用的光纤可很好解决强电磁干扰等问题，也更适合用于智慧制造等场景。金融、智慧酒店、智慧机场等场景也是 F5G 全光园区的潜力场景。

F5G 全光园区采用了光纤作为传输介质，具备了广覆盖的特点。所以对于一些园区面积大的园区，更适合建设为 F5G 全光园区。传统以太网网线的覆盖范围小于等于 100 米，所以就建设大量的弱电机房以放置接入交换机。这一点对于地理面积相对广阔，人口密集、业务繁多、网络体系比较复杂的园区来说，意味着非常巨大的不便，大量的弱电机房如果管理不善，就意味着带来了额外的消防风险、运维和管理成本。这类园区非常多见，尤其以校园、医院、制造车间、机场等园区最具代表性。这类园区需要提供多种多样的网络连接需求，例如智慧校园场景的学生宿舍、实验室、教师办公室也需要提供不同且优质的网络支持；交通场景的机场园区除了需提供整体智能化的安防与运营要求，同时也要为航站楼 Wi-Fi 6 回传、机场商铺上网等业务要求。F5G 全光园区采用光纤可支持广覆盖，支持多网融合与统一运维，已成为了这几大场景园区的主流方案之一。

3.2 数字校园

随着互联网的发展，云计算，大数据，人工智能的逐步应用，教育逐步从传统教育向智慧教育变革，智慧教育在全面关注“人、教育”的基础上，依托云计算、大数据、人工智能、F5G、VR/AR、物联网等新一代信息技术打造智能化、感知化、泛在化的教育新模式，通过个性化、精细化、沉浸式学习教学，提升课堂教学效果，增强学生学习兴趣，提升学习效率。

图表 3-1 数字校园系统架构

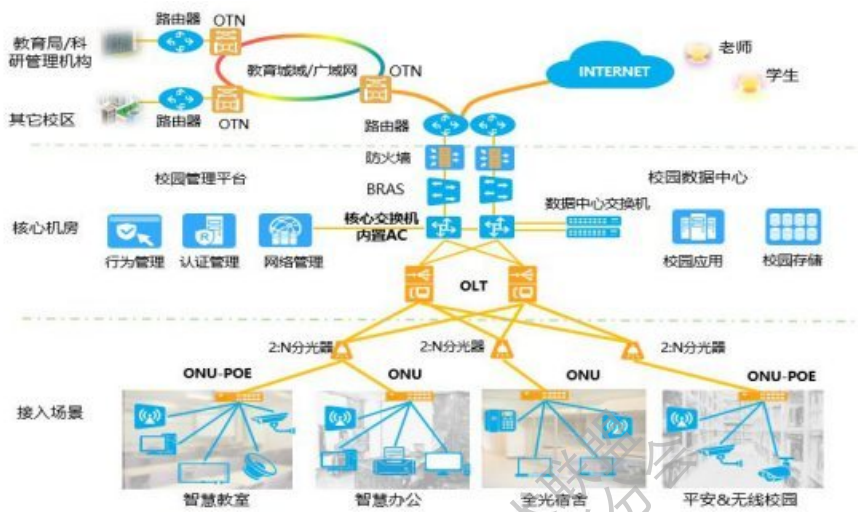


F5G 全光网技术融入教育，将为校园实施教学改革、实现智慧教育目标，提供强大的技术支撑。随着数字技术的不断成熟，打造“多网融合”的新型网络基础设施，实现高数据传输速率、低网络时延，满足云化、高清视频、虚拟现实、物联网通信等大数据量传输，为 AI 的应用提供了坚实的技术支撑和运作基础。

F5G 全光园区在数字校园中应用，主要包括智慧教室、智慧办公、全光宿舍、平安&无线校园等几种不同的应用场景。F5G 全光园区的简架构、易演进、智运维、高可靠的特征很好地适配了数字校园的诉求，为

师生提供全新的教学体验。

图表 3-2 F5G 全光网络在数字校园的应用



3.2.1 智慧教室

智慧教室和智慧课堂是智慧教育最关键的环节，F5G 全光网以大带宽、确定性低时延、一跳入云支持互动课堂、VR/AR 课堂，为学生提供沉浸式学习环境。

F5G 全光园区采用 POL 技术，支持光纤到教室，一网多业务。PON 技术既可采用时隙隔离的方式进行业务隔离（不同等级的业务采用不同的时隙）；也可采用波长隔离的方式进行业务隔离（不同等级的业务采用不同的波长）；匹配不同业务的时延、带宽要求。

图表 3-3 F5G 全光网络在智慧教室的应用



F5G 全光网络还在光纤线路上进行了数据加密处理，通过 OLT 统一管理，不同的 ONU 采用不同的加密密钥并定期更新，增强了光纤线路上数据传输的安全性。

图表 3-4 F5G 全光网络在数字校园的部署



F5G 全光园区提供更高的可靠性，在园教学网中可采用 Type B 双归属保护组网以提供网络的冗余保护，为网络提供高可靠、高稳定的数据传输能力，确保网络 7×24 小时稳定运行，确保不出现教学事故，无需老师带着 U 盘上课（U 盘作为备份）。

智慧教室使用 F5G 全光网络时，可支持以下课堂业务：

- 互动课堂，通过“互联网+教育”，在实体课堂、在线课堂、云课堂上提供不同层次的互动教学环境，师生互动、分组/分层教学、研讨教

学、翻转教学等。

- VR/AR 课堂，通过虚拟现实技术，将传统课堂 VR/AR 化，为学生提供沉浸式教学，研讨教学等。

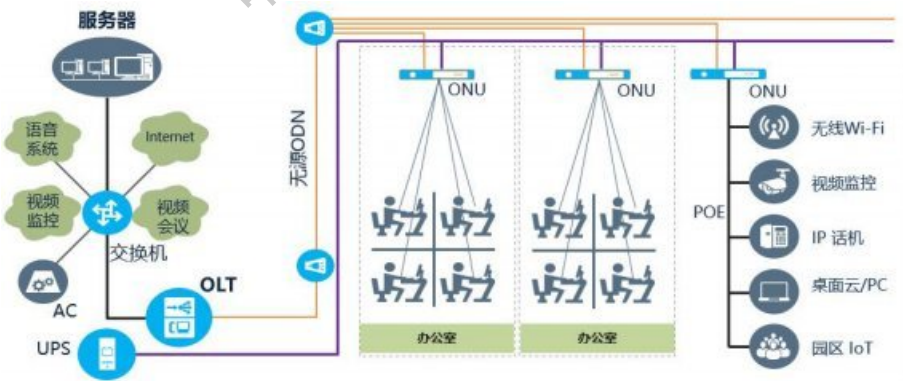
- 全息课堂，全息影像技术应用于教学课堂，除了提供直观鲜活的立体沉浸式体验，还可实现实时、多点虚实交互。

3.2.2 智慧办公

数字校园的智慧办公采用 F5G 全光网络进行建设，提供高速、安全、快速的网络连接功能。

F5G 全光网络中，ONU 设备可提供多种业务接口，满足办公场景不同业务终端的接入要求，可根据不同的接口要求选择不同的 ONU 产品。ONU 可提供 POTS 接口接普通语音话机，提供电话功能；ONU 可提供带 POE 的 10GE/GE 以太网接口，可接无线 Wi-Fi 5/6 AP，提供 Wi-Fi 接入的功能，也可接视频监控摄像头，提供视频监控的功能；ONU 可提供不带 POE 的 10GE/GE 以太网接口，可接桌面云/PC、视频会议终端、IP 话机、打印机等设备，提供智慧办公的功能；ONU 也可提供 10GE/GE 以太网接口，通过物联网关连接园区 IoT 设备等。

图表 3-5 F5G 全光网络在智慧办公的应用

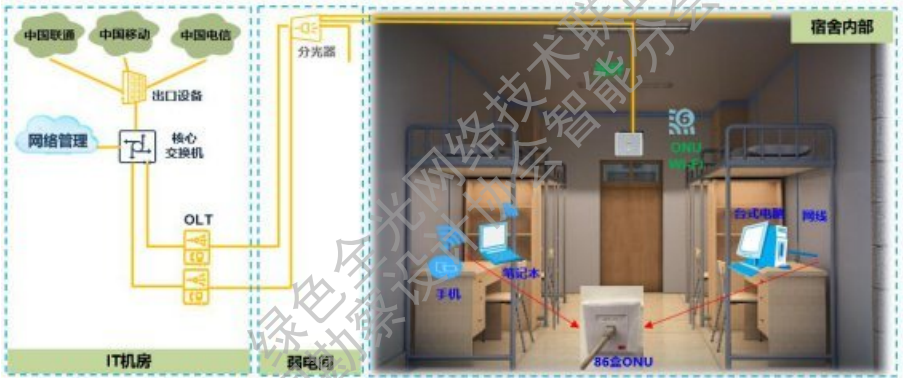


3.2.3 全光宿舍

宿舍也是数字校园的一个重要组成部分。F5G 全光网络打造有线、无线融合的超宽校园宿舍网络，提供宿舍区域学生连接 Internet 网、教育专网、学校内网、网课等，并提多业务及物联网融合承载。

F5G 全光网络中，ONU 可提供 10GE/GE 等标准以太网接口，连接到宿舍内的台式机等，提供提供高速、安全的 Internet 上网功能；ONU 也可通过以太网接口接 Wi-Fi AP，甚至是 ONU 设备本身也可提供 Wi-Fi 6 无线接入功能，支持联接各种上网终端设备，如：上网的电脑，便携，PAD，手机等，以及宿舍区域的互联网终端等。

图表 3-6 F5G 全光网络在全光宿舍的应用



F5G 全光网中，OLT 到 ONU 之间采用无源的 ODN 网络进行连接，提供高带宽、高可靠的全光网络。OLT 对 ONU 侧上来的信息进行转换/汇聚后送到核心交换机，核心交换机通过防火墙和出口路由器接到电信、移动和联通等运营商网络，高速访问 Internet。

可考虑为校园宿舍网单独建设一张 F5G 全光网络，也可考虑和校园内的其他网络合并为一张 F5G 物理网络，凭借 F5G 全光网络的时隙隔离或者波长隔离等技术，实现校园内网和 Internet 网之间的隔离，满足网络安全的相关要求。

3.2.4 平安校园

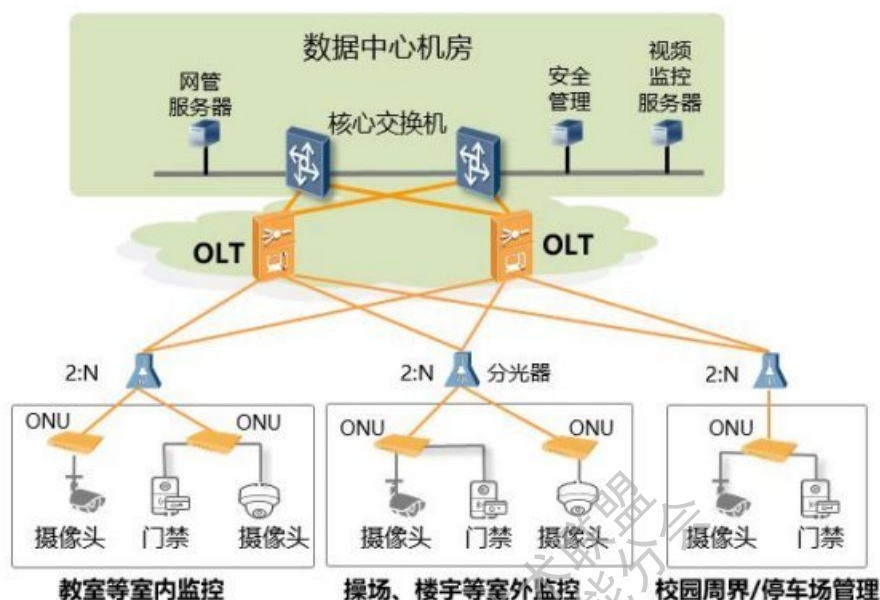
随着近年来校园治安事件时有发生，学校的安全技术防范系统对于校园的安全稳定愈发重要。尤其是对于校园内的重点区域，更需要构建实用可靠、技术成熟、经济合理的安全技术防范系统。

安全技术防范系统主要包括入侵报警系统、视频安防监控系统，出入口控制系统、电子巡查系统、停车库（场）管理系统等。目前视频安防监控系统一般采用不低于 720P 的高清图像，具有数据流量大、持续时间长的特点，对网络的承载能力提出了较高的要求。且由于安全技术防范系统需要满足对校园建筑物、操场等的视频监控，以及重点场所出入口的门禁控制以及停车场等区域的管理，所以需要支持长距离传输。

F5G 全光网采用光纤传输，打破了水平电缆（俗称网线）100 米的距离限制，可支持 40km 的传输距离，具有长距离广覆盖，大带宽的特点，非常适合用于校园视频安防监控网的建设。校园视频安防监控网也可和智慧办公网等共用一张物理网络，并进行隔离。

F5G 全光网的校园安全技术防范网中，ONU 可提供标准的以太网接口（10GE/GE 等）接入监控摄像机、门禁等各种安防设备。ONU 也可提供 PoE 的功能，为监控摄像机等设备进行供电。安全技术防范系统网中，OLT 到 ONU 之间采用无源的 ODN 网络进行连接，提供高带宽、高可靠的全光网络。OLT 对 ONU 侧上来的信息进行转换/汇聚后，通过核心交换机连接到视频监控服务器。

图表 3-7 F5G 全光网络在平安校园的应用



F5G 全光网络支持增强型媒体传输质量指标（eMDI）检测、摄像头黑头检测等功能，能够对视频监控出现的花屏、黑屏等问题进行快速定位，高效承载视频安防监控系统业务，实现对校园区域的实时监控与管理。

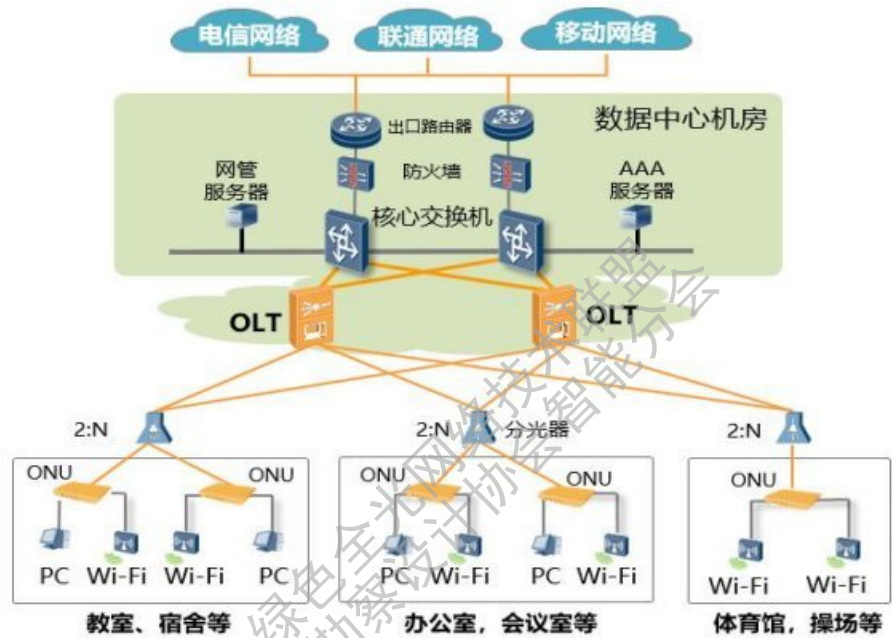
3.2.5 无线校园

随着智能终端的飞速发展和普及，在园区提供 Wi-Fi 覆盖已经是大多数学校的选择。为了更好地服务于校园内的各类用户，需要在校园内按场景业务需求，在各个场景中建设对应的 Wi-Fi 覆盖网络。

无线校园中，可提供学生随时随地上网的功能，学校和教师不再是学生获得资源的唯一渠道，学生可访问的资源除了学校的资源、在线资源外，还有全社会的资源，每个地区都有自身的优势资源，通过互联网可以把这些资源共享起来，互联网支撑各类资源的共享。除数字资源共享以外，还可共享“教师资源”、“环境资源”等，政府、学校以及产业之间将探索支持各种资源共建共享的新模式与新制度。

F5G 提供融合“一张网”，为多业务融合提供支撑，从根本上重构数据框架，实现“一校一库、一数之源、一数多用、动态更新”的资源共享目标。面向老师、学生、家长，提供教育资源、教育服务、教育空间、成长档案全方面的智慧管理服务。

图表 3-8 F5G 全光网络在无线校园的应用



无线校园中，各种物联网终端也通过 F5G 全光网络进行承载，可实现智能感知、上传各类数据信息，打造绿色节能校园，实现校园资产管理、学生出入校园管理、教师考勤管理。可提供校园一卡通、校园车辆导航定位等服务。

3.3 智慧医院

智慧医院内信息系统众多，不仅包括医院信息系统 (HIS)、电子病历系统(EMR)、医学影像存档与通讯系统 (PACS)、实验室信息管理系统(LIS)等医疗专用信息系统，还包括视频安防监控系统、停车场管理系统、出入口控制系统、火灾自动报警系统、建筑设备监控系统等通用信息系统。

当前，医院信息化正从 IT（信息技术 Information Technology）向 DT（数据处理技术 Data Technology）转型，业务数据融合成为趋势，医院原有的烟囱式的网络及数据架构，正在向融合、高可用、极简、智能的方向发展。原来传统网络的多层网络架构带来了更大的网络时延，网络部署也随之变得非常复杂。所以在此趋势下医院迫切需要适应数据融合、架构简单、支持快速部署的网络基础设施。

图表 3-9 智慧医院的技术架构



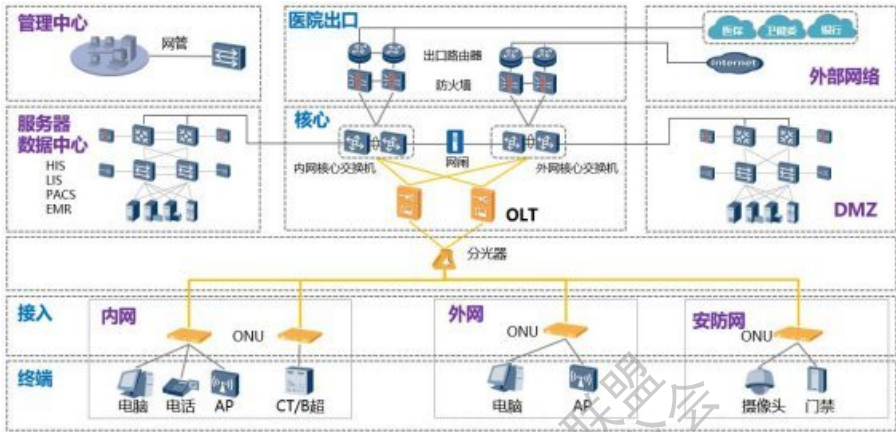
智慧应用：主要包括运营中心 HOC、院长驾驶舱、智慧管理中心（主要提供对资产、人员、车辆、水电气等实现智能化管理）、智慧医疗中心（提供医疗大数据科研、智慧教室、教学资源平台等）、智慧服务中心（互联网医院、医联体、智慧导诊等提供标准化的业务服务体验）。

数字化平台：主要包含技术平台、业务平台和数据平台等。技术平台主要提供融合集成平台、微服务框架引擎、AI 平台、影像识别平台、大数据平台等主要能力组件，为业务平台提供通用技术能力支撑；业务平台包括基础域、业务域、管理（运营）业务域、公共域和接口域五个业务群组成，在混合云微服务框架及引擎上进行开发、测试、部署，通过融合集成平台注册、调用服务，发布为资产；数据平台是实现数据的互联互通、集成标准化、交互共享和结构化的重要基础。

承载网络：主要包括 F5G、5G、以太网等有线、无线承载网络及相

应技术，F5G 技术是承载网络的重要组成部分。F5G 技术和 5G 技术、以太网技术在智慧医院中共存，共同支撑智慧医院的各种业务。

图表 3-10 F5G 全光网的典型医院网络拓扑



智慧医院 F5G 全光网具有网络架构简单，光纤介质无源，带宽演进平滑，运维管理简单等优势，一网承载医院的内网、外网、视频安防监控网（简称安防网），很好地契合了医院的需求。在支撑医院的智慧化演进与数据融合的同时，通过时隙/波长隔离技术实现各子网间的隔离，确保不同应用业务的网络安全等级保护。F5G 全光网也可建设多张物理 PON 网络，每张物理网络分别承载智慧医院的内网，外网和安防网。此外，F5G 全光网还可提供 OTN 技术，支持通过 OTN 医疗城域网，实现智慧医院多院区之间的互联。

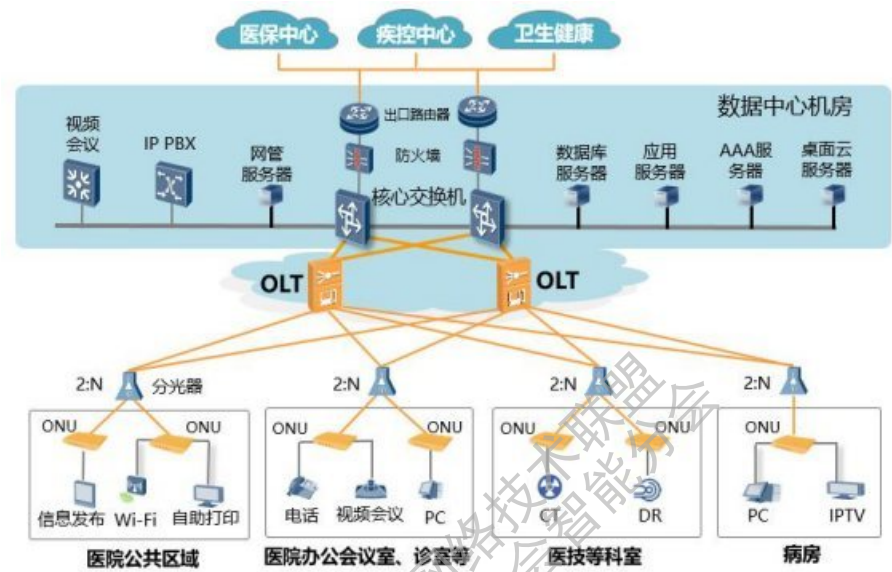
3.3.1 医院内网

医院内网为医疗专用信息应用网络，只对医院内部工作人员开放使用，是医院的核心工作网络。智慧医疗和大部分智慧管理的业务数据均需要由医院内网进行承载，如医院信息系统 HIS、电子病历系统 EMR、实验室信息管理系统 LIS、医学影像存档与通讯系统 PACS、医院资源规划系统 HRP、候诊呼叫、护理响应信号系统、特殊人员定位、导航、重要医疗设备及药品等资产管理等。

作为医院的核心网络，医院内网需要覆盖医院各临床科室的诊区和

病区、医技科室、办公区域、公共区域等诸多场所。F5G 全光网可很好地支撑医院内网的各种业务。

图表 3-11 F5G 全光网的典型医院内网网络拓扑



智慧医院的内网采用 F5G 全光网进行建设，提供高速、安全、快速的网络连接功能，医院中的门诊、急诊、医技、住院、行政、科研、教学等医院内各类场所的内网 PC、打印机、自助设备、PAD、PDA、AP 等各类终端设备通过 F5G 全光网接入到医院的数据中心，快速访问医院内部的各种服务器，确保院内挂号、取号、分诊、候诊、就诊、缴费、取药、护理、检查、检验、治疗等工作的实时高效，提升医生和护士的工作效率，减少患者和家属的等候时间，提高使用者的满意度。

F5G 全光网中，ONU 既可提供 POTS 接口接普通语音话机，也可以提供标准的以太网接口（10GE/GE 等）接各种办公设备及医疗设备，如：医院公共区域的信息发布终端、自助打印机、Wi-Fi 5/6 AP；办公区和诊区的视频会议终端、PC、打印机；医技科室的 DR、CT、MRI、PET、SPECT 等高端医学影像设备；病区的 PC、IPTV 等各种终端。

F5G 全光网中，OLT 到 ONU 之间采用无源的 ODN 网络进行连接，

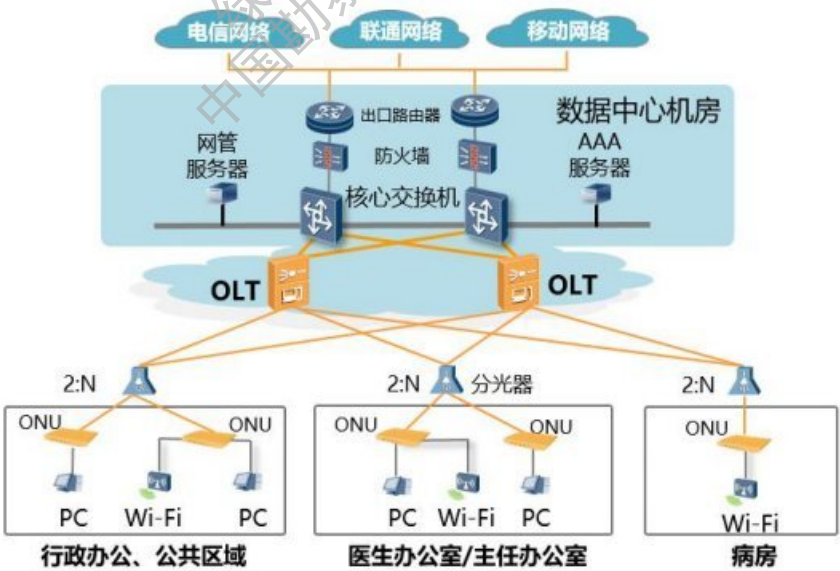
提供高带宽、高可靠的全光网络。OLT 连接到内网核心交换机，内网核心交换机连接到数据中心机房的各种服务器，实现内网各种终端的接入认证、准入控制，实现各种业务数据的存储和调用。内网核心交换机也可通过防火墙和出口路由器接到卫生健康、医保和疾控等主管部门。

F5G 全光网可根据具体的应用场景选用不同的 PON 技术，例如在病房、办公等场景可采用 GPON 技术；在要求高带宽的影像科场景，可选择上下行对称的 XGS-PON，提供上下行对称的 10GE 带宽，满足 DR、CT 等高端医学影像设备的影像数据传输，实现影像数据的快速调用。

3.3.2 医院外网

医院外网主要用于办公室/公共区域等场景的互联网接入及外网 Wi-Fi 接入等，并对外提供预约诊疗、线上复诊、信息公告、结果查询、远程医疗等服务。随着“互联网+医疗健康”的逐步发展，医院建立互联网医院，实现互联网预约、问诊、缴费等智慧服务功能已成为趋势。

图表 3-12 F5G 全光网的典型医院外网网络拓扑



F5G 全光网可很好地承载医院外网，覆盖行政办公、公共区域、医

生办公室、主任办公室、护士长办公室、病房等区域，为患者和医护人员提供高速 Internet 网接入的能力。医院外网可通过网络安全设备与医院内网实现信息交互，既满足网络信息安全等级保护 2.0 的要求，又为患者提供智慧医疗健康服务。

智慧医院的外网采用 F5G 全光网进行建设，提供高速、安全的 Internet 网络访问功能。F5G 全光网中，ONU 可提供标准的以太网接口（10GE/GE 等）联接各种上网设备，如：医院公共区域的上外网的 Wi-Fi AP，PC 等；医生办公室、主任办公室区域的互联网终端；病房区域的外网 Wi-Fi AP 等各种终端。

F5G 全光网中，OLT 到 ONU 之间采用无源的 ODN 网络进行连接，提供高带宽、高可靠的全光网络。OLT 连接到外网核心交换机，外网核心交换机通过防火墙和出口路由器接到电信、移动和联通等运营商网络，高速访问 Internet。

医院外网可单独建设一张 F5G 全光网，也可考虑和医院内网共用一张 PON 物理网络。当医院内外网共用一张物理网络时，可以凭借 F5G 全光网的时隙隔离技术或者波长隔离技术，实现医院内网和医院外网之间的隔离，满足网络系统安全等级保护的相关要求。

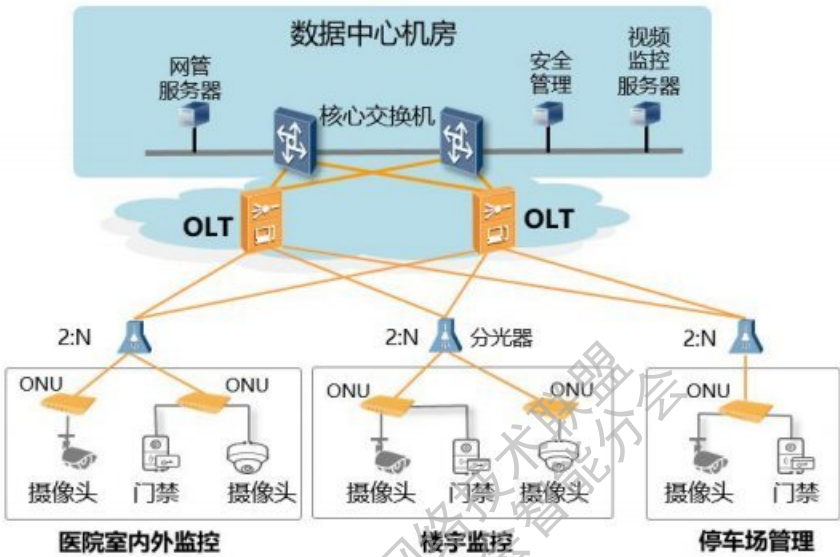
3.3.3 医院安防网

医院的安全防范系统对于医院的稳定运营非常重要。尤其是对于智慧医院内的重点部位和重点公共区域，更需要构建实用可靠、技术成熟、经济合理的安全防范系统。

根据《医院安全技术防范系统要求》（GB/T 31458-2015），医院的监视图像水平分辨率应大于或等于 400TVL，监视图像像素应大于或等于 704×576 ，且监视图像质量的主观评价应大于或等于 4 级要求。按照目前医院视频安防监控系统的通常做法，视频安防监控一般采用不低于 720P 的高清图像，具有数据流量大、持续时间长的特点，对网络的承载能力提出了较高的要求。且由于安防网需要满足对医院建筑物、医院院

区的视频安防监控，以及重点场所出入口的门禁控制以及停车场等区域的管理，所以需要支持长距离传输。

图表 3-13 F5G 全光网的典型医院安防网网络拓扑



智慧医院视频安防监控系统通常与其他智能化系统共同构成智能化设备专网。医院安防网也可和内网等共用一张物理网络，但需进行隔离。

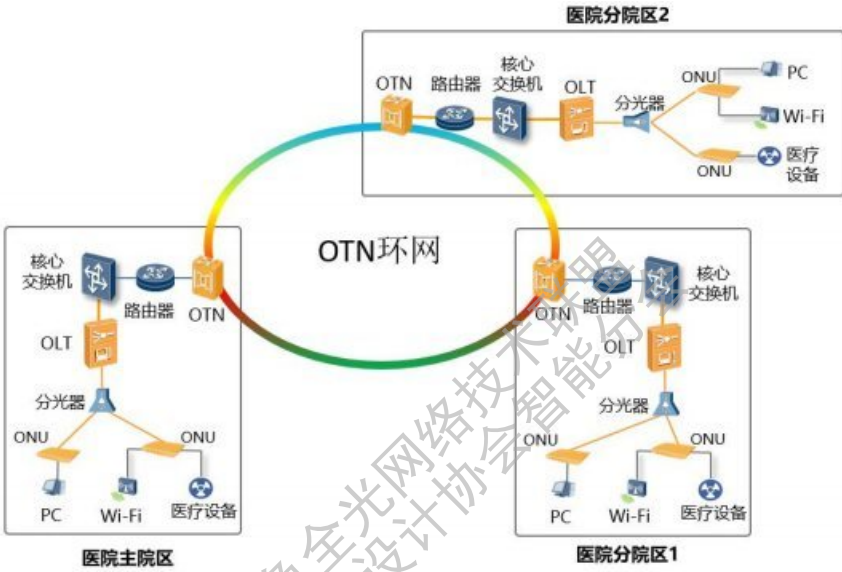
F5G 全光网的医院视频安防监控网中，ONU 可提供标准的以太网接口（10GE/GE 等）接入监控摄像机、门禁等各种安防设备。ONU 也可提供 PoE 的功能，为监控摄像机等设备进行供电。医院视频安防监控网中，OLT 到 ONU 之间采用无源的 ODN 网络进行连接，提供高带宽、高可靠的全光网络。OLT 对接收到的 ONU 发送信息进行转换/汇聚后，通过核心交换机连接到视频安防监控服务器。

F5G 全光网支持增强型媒体传输质量指标（eMDI）检测、摄像头黑头检测等功能，可对视频监控出现的花屏、黑屏等问题进行快速定位，高效承载医院视频安防监控系统业务，实现对医院区域的实时监控与管理。

3.3.4 医疗城域专网

智慧医院通常也存在着多个院区场景，F5G 全光网可以通过 OTN 技术构建一个稳定的医疗城域专网（数据交换环网），为多个院区之间提供高速的互联带宽，实现多个院区之间的数据共享和资源共享。

图表 3-14 F5G 全光网的典型多院区互联网络拓扑



在医疗城域专网中，每个院区有自己独立的路由器、核心交换机及 OLT/ONU 等设备，并且建有独立的 OTN 设备。智慧医院通过租赁运营商的光缆，在多个院区之间建设 OTN 环网进行数据互联和数据共享。智慧医院 OTN 设备建设需充分考虑医院当前现状及未来发展的需求，建议采用 40 波*100G 的配置能力（具备平滑演进到 80 波*100G 的能力）。智慧医院建设医疗城域专网，真正达成了多个院区的多网融合，统一规划、统一管理，实现多院区网络之间数据高速可靠的互联互通。

医疗城域专网能够为智慧医院提供传输带宽高、时延低、多业务灵活调度、网络架构易扩展、系统可靠性高的网络基础设施，满足医疗信息的多院区、远距离互联互通需求。

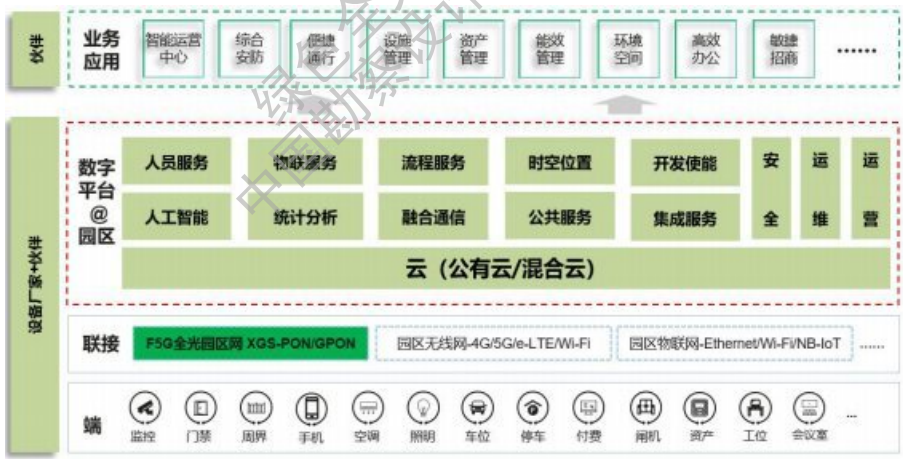
3.4 智慧园区

随着云计算，大数据，人工智能、IoT 等新 ICT 技术的发展与应用，园区业务趋于全云化、视频化、IoT 化，使得带宽/传输距离受限的基于 4 对对绞电缆（俗称网线）的传统以太网交换机网络迎来改革窗。

为进一步加速行业数字化转型，国家十四五规划中也提到了推进 F5G 千兆光网建设，丰富行业应用场景。从园区的业务发展趋势、国家的千兆光网政策，到全球碳中和实践都在驱动园区网络光进铜退爆发式的推进。网络全光化俨然已成为智慧园区的新名片。

F5G 全光园区就是将 F5G 无源光局域网技术运用到企业园区，在水平布线上全面采用光纤替代原 4 对对绞电缆（俗称网线），利用光纤带宽、传输距离不受限的优势，结合 F5G 全光网络极简架构、极简运维、平滑演进等价值优点，将原有烟囱式网络系统进行统一，实现园区业务融合承载，打造高效、绿色、安全的智慧园区网络。

图表 3-15 智慧园区的网络架构



相比传统基于 4 对对绞电缆（俗称网线）的传统以太网交换机网络架构，F5G 全光园区以介质演进、架构创新、运维革新为智慧园区提供强大的连接支持，打造“多网融合”的新型网络基础设施，实现园区各种业务系统的全连接，以及各类业务数据的全量数据汇聚，高数据传输

速率、低网络延迟，满足园区云应用、高清视频、物联网通信等海量数据传输与应用承载。

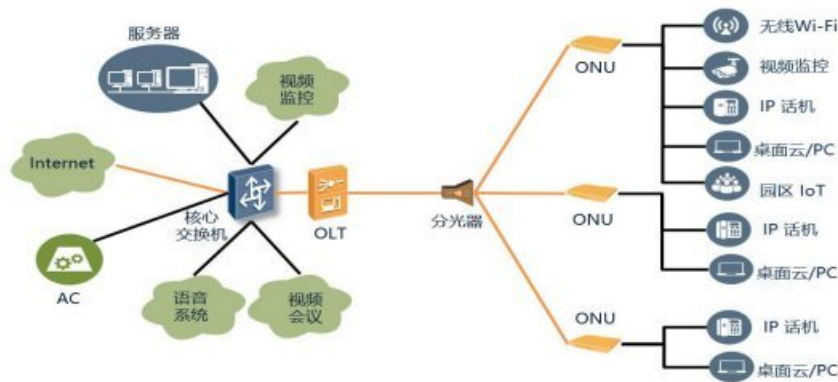
F5G 全光园区以融合“一张网”，为多业务融合提供支撑，从根本上重构数据框架，助力智慧园区系统建设，打破部门界限、系统界限，围绕园区子系统快速接入、数据采集与共享、业务能力服务化、应用开发资产沉淀等支持园区业务数字化运营的核心系统。最终实现园区业务涉及的物联网设备管理、智能化子系统接入、视频安防监控分析、人员和车辆通行业务管理等功能。

3.4.1 智慧办公

智慧办公是智慧园区最关键的应用场景，F5G 全光网络以大带宽、确定性低时延、全光连接支持桌面云千兆接入、高清视频会议、Wi-Fi6 AP 承载，实现随时随地的千兆 Wi-Fi 接入，为数字化办公打造坚实的底座。

F5G 全光网络采用无源光局域网 POL 技术，以光纤替代网线，将原来到楼层弱电间的光纤延伸到房间，到桌面，到设备，以无源分光器替代有源交换机，末端光终端 ONU 既可提供 POTS 接口接普通语音话机，也可以提供标准的以太网接口（10GE/GE 等）接各种办公设备及公共设备，如：桌面云/PC、自助打印机、Wi-Fi 5/6 AP、视频会议终端、视频监控、IP 话机、园区 IoT 等各种终端。

图表 3-16 F5G 全光网络在智慧办公的组网



图表 3-17 F5G 全光网络在智慧办公的部署



F5G 全光网络提供更高的可靠性，在智慧办公网中推荐采用 Type B 双归属保护组网，以提供网络的冗余保护，为网络提供高可靠、高稳定的信号传输能力，确保网络稳定运行。可采用 PON 技术的时隙隔离方式进行业务隔离（不同等级的业务采用不同的时隙）；也可采用波长隔离的方式进行业务隔离（不同等级的业务采用不同的波长）；匹配不同业务的时延、带宽要求。实现办公普通外网访问、内容高优先级业务及高 QOS 业务体验保障。

OLT 对接收到 ONU 发送信息进行转换/汇聚后送到核心交换机，核心交换机连接到数据中心机房的各种服务器（包括各种应用服务器、存储服务器、管理服务器等），实现办公网络各种终端的接入认证、准入控制，实现各种业务数据的存储和调用。核心交换机也可通过防火墙和出口路由器接到 Internet 网、企业分部等。

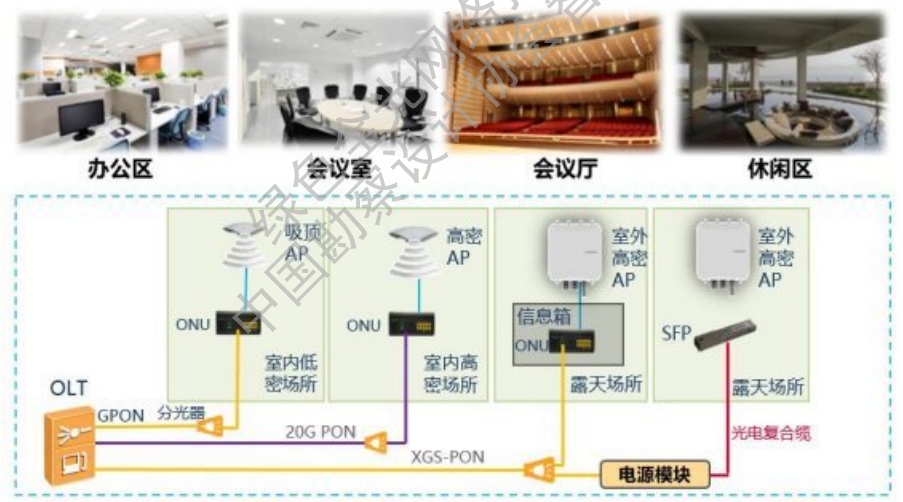
3.4.2 全无线联接

随着智能终端的飞速发展和普及，园区采用 WLAN 覆盖已经是难以阻挡的趋势。为了更好服务于园区员工办公，园区的各个场景中需建设具有较高用户体验的 WLAN 覆盖。F5G 网络架构极简、演进极简、运维

极简，以大带宽、全光联接、确定性体验打造有线、无线融合的超宽园区网络。以写字楼为例，无源光纤凭借灵活轻便的优势，可灵活延伸至园区办公区、会议室、会议厅、休闲区、停车场等不同场景，提供办公、视频会议、上网、等多业务及物联融合承载。通过 F5G 网络承载 Wi-Fi 网络设备实现各类物联网设备的接入。通过无线 Wi-Fi 接入，打造绿色节能智慧楼宇，提供楼宇内资产管理、人员出入管理、员工考勤管理，车辆导航定位等服务。

F5G 全光网络平台可支持不同业务带宽的灵活配置，可以选择不同规格/不同形态的 ONU，面向不同场景打造不同的无线承载方案，支持室内外、一体化、免信息箱等多种应用场景适配，实现 Wi-Fi AP 灵活布放，支持园区无线全覆盖。并通过 AC 统一管理，运维更简单高效。

图表 3-18 F5G 全光网络在全无线联接的应用



F5G 全光园区提供了业界最新的光电复合缆解决方案，更是突破了安装环境恶劣、取电难等长期困扰园区网络的难题，实现光纤可延伸到任何角落，万兆全光承载无处不在，末端 Wi-Fi AP 实现随时随地千兆网络接入体验。实现有线、无线深度融合，高效助力智慧化办公。

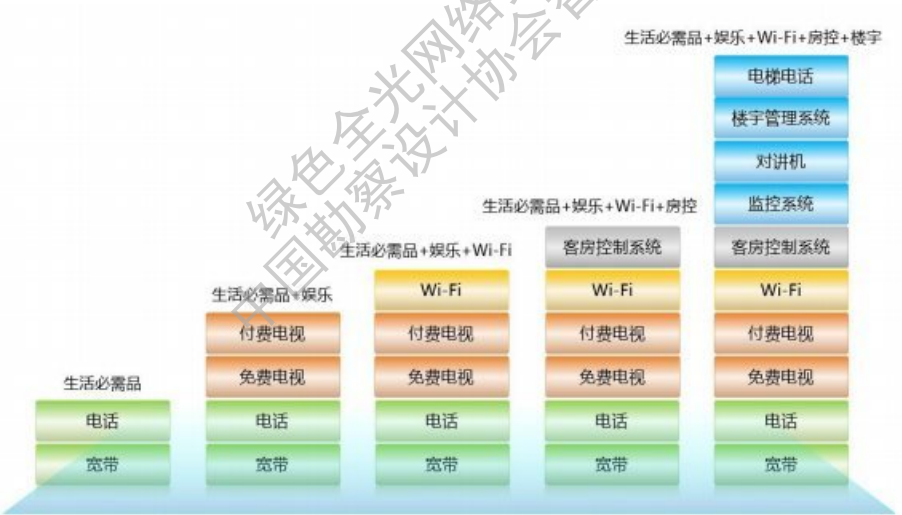
3.5 智慧酒店

酒店作为提供食、住的重要载体，人们对它们的关注度越来越高。酒店的信息化、规模化、国际化已成为酒店发展的必然趋势，酒店装潢、客房数量、房间设施等质量竞争将退居二线。

酒店内的信息化业务也越来越多，从最初的仅提供电话和宽带，到如今支持包含宽带、电话、电视、无线、视频安防监控系统、对讲系统、建筑设备监控系统、建筑能效监管系统、客房集控系统、安全技术防范系统等多种业务。

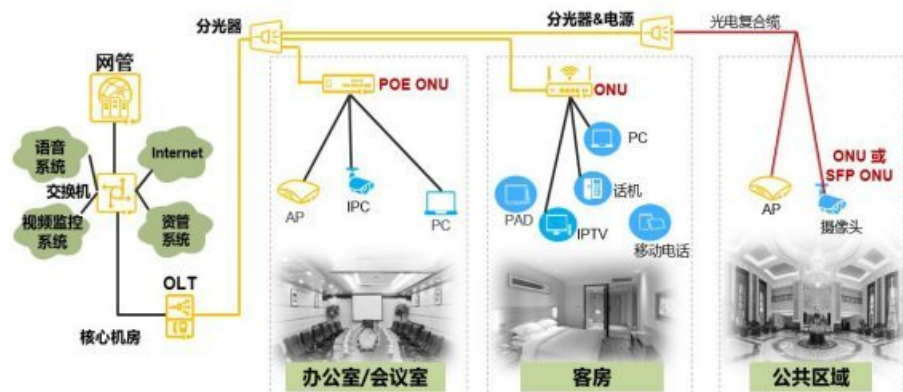
给客人提供人性化的服务已成为酒店管理的目标与方向，而未来酒店的竞争将主要在信息化、智能化、个性化这三个方面展开，即所谓的“智慧酒店”，而全光酒店，则是智慧酒店建设的第一步。

图表 3-19 智慧酒店典型应用



随着用户对视频、数据等高带宽业务的需求不断加大，全光网络成为信息通信网络发展的大势所趋。F5G 无源光局域网（POL）作为一种纯光介质网络，避免了外部设备的电磁干扰和雷电影响，减少了线路和外部设备的故障率，提高了系统可靠性，同时节省了维护成本，是酒店信息通信网络长期发展的必然选择。

图 表 3-20 F5G 全光网络在智慧酒店的应用



F5G 全光网络在酒店行业的应用，是把先进的 POL 技术带入到酒店网络系统，为酒店客房、大堂、办公、会议、公共区域等场所多种业务提供一网承载的先进解决方案。

3.5.1 酒店客房

客房是酒店给客户提供服务最重要的场所，随着信息技术的发展，客房内的网络性能对客户体验也越来越重要。在传统基于以太网交换机的方案中，客房的网络部署复杂，客房内的业务，包括有线网络、无线网络、电视、电话、门禁、客房管理系统等都相互独立，每个接口均从楼层弱电间部署不同线缆到每个房间。酒店楼层弱电间到客房的水平布线种类多，数量大，体积大，重量重。而且，不少酒店的 Wi-Fi AP 在走廊吊顶安装，一个 AP 覆盖多间客房，客户的无线接入体验较差，造成较多投诉。

F5G 全光酒店的客房采用光纤到房间方案，与传统方案每个房间有 5~8 根水平布线不同，F5G 全光方案中从楼层弱电间到每间客房仅需拉一根光纤（考虑备份也可布放 2 根光纤，一根使用，一根备份），房间内采用一个 ONU 来承载房间内有线网络、无线网络、电视、电话、门禁、客房管理系统所有业务。F5G 全光方案不仅节约了大量的布线空间，使得装修更加美观，且每间客房独享一个 AP，可给用户极致的上网体验。

图表 3-21 酒店客房 F5G 全光网络部署



3.5.2 酒店办公与会议室

酒店办公区是酒店员工办公的场所，是维持酒店正常运营的关键区域，酒店办公网络对酒店至关重要。在 F5G 全光酒店方案中，酒店的办公区域网络也采用 F5G 全光网络，而且酒店办公网络也可与酒店其它网络共享同一套物理网络，采用不同的业务逻辑隔离。这样既能保障酒店的业务安全，又能节约网络的建网成本。

酒店办公网络中，F5G 全光方案采用光纤到办公桌的方式，每个办公座位部署一根光纤（考虑备份也可布放 2 根光纤，一根使用，一根备份），放置面板型 ONU；或也可采用多端口 ONU 的部署方式，可采用 4 口或 8 口 ONU，每个 ONU 覆盖 4~8 个办公座位的办公业务。

酒店办公网络中，ONU 可通过一根光纤承载办公区域的所有业务，包括有线网络、Wi-Fi 无线网络、电话、打印机等，真正做到一网承载，简化网络部署，提高网络效率。

图表 3-22 酒店办公 F5G 全光网络部署



酒店会议室网络部署方式和办公网络类似，一般可采用光纤到房间（会议室）的方案，每个会议室从弱电间布放一根光纤到会议室（考虑备份也可布放 2 根光纤，一根使用，一根备份），在会议室部署 8 口或 24 口 ONU，实现会议室内所有业务终端包括 AP、摄像头、会议终端、PC 的统一承载。ONU 可安装在会议室的信息箱，也可安装在会议圆桌下方，具体安装方式可结合装修设计而定。

图表 3-23 酒店会议室 F5G 全光网络部署



3.5.3 酒店大堂&餐厅等公共区域

作为酒店的门户，酒店大堂是客人对酒店的第一印象。绝大多数酒店都把大堂打造成极致体验，其中大堂网络是最为关键设施之一。大堂不仅承载了客户手机无线上网、大堂电视、客户打印机等客户可直接体验的业务，同时也承载了酒店入住、退房业务、前台电话等重要业务，所以酒店大堂网络的可靠性和稳定性极为重要。

F5G 全光酒店解决方案采用光纤到大堂方式，从分光器通过光纤连接到大堂的信息箱或到前台办公桌下方，通过 ONU 来接入前台电脑、电话、无线 AP、摄像头、电视等终端，不同业务采用逻辑隔离方式，通过不同的 QoS 策略来保障关键业务的服务质量。

鉴于大堂业务的重要性，一般建议大堂网络采用 Type B 双归属冗余保护方案，可在工作链路发生中断时，无缝切换到保护链路，保障业务全时在线，保障入住、退房等业务的顺利进行。

图表 3-24 酒店大堂 F5G 全光网络部署



酒店餐厅也采用和酒店大堂类似的组网方式，将光纤连接到餐厅的网络箱或者吧台位置，然后在网络箱或吧台中部署 ONU 设备，通过 ONU 统一承载餐厅内部的无线 AP、摄像头、电视、A/V 系统等。

图表 3-25 酒店餐厅 F5G 全光网络部署



3.5.4 酒店宴会厅

酒店宴会厅是在酒店举办重要活动的场所，经常承接婚礼宴会、行业峰会、企业宴会等重要会议，与会人数密度很高，且部分会议还需要网络直播、网络连线等，对网络的带宽和可靠性都提出了非常高的要求。F5G 全光酒店方案对于宴会厅推荐使用双纤到宴会厅的方式，每个宴会厅部放两根光纤，部署两套 ONU 设备。其中一套设备用于承载无线 Wi-Fi 业务，连接多个 AP，用于与会嘉宾的手机、笔记本电脑等无线上网。另一套设备用于接入宴会厅的摄像头、广播、门禁、电视等业务，用于宴会厅设施的管理。

因酒店宴会厅与会人数众多，带宽需求较大，故建议宴会厅使用 XGS-PON 技术组网，给用户 提供 10Gbps 对称的带宽，满足多人同时高速上网和网络直播的业务诉求。

图表 3-26 酒店宴会厅 F5G 全光网络部署



3.6 智慧制造

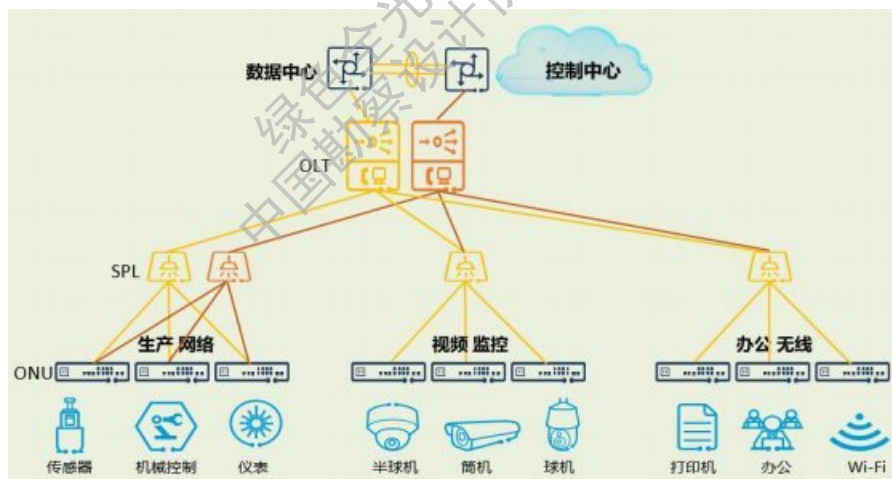
制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基。百年未有之大变局及新冠疫情加速了全球制造业格局的深度调整。在此大环境下，全球主要经济体均纷纷出台各自的制造业战略，包括以德国为代表的欧洲工业 4.0，以美国为代表的工业互联网，以及中国的中国制造 2025。新中国成立尤其是改革开放以来，中国制造业持续快速发展，建成了门类齐全、独立完整的产业体系，有力推动工业化和现代化进程，显著增强综合国力，支撑世界大国地位。然而，与世界先进水平相比，中国制造业仍然大而不强，在自主创新能力、资源利用效率、产业结构水平、信息化程度、质量效益等方面差距明显，转型升级和跨越发展的任务紧迫而艰巨。坚定不移建设制造强国、质量强国、网络强国、数字中国，推进产业基础高级化、产业链现代化，提高经济质量效益和核心竞争力，并通过推动互联网、大数据、人工智能等同各产业深度融合，推动先进制造业集群发展，培育新技术、新产品、新业态、新模式。

图表 3-27 智慧制造要求

	主导厂商	聚焦行业	特点	关键优势
 工业4.0	西门子、博世、SAP及细分行业“隐形冠军”	制造业为主	• 标准化 • 现场技术强 • 需要市场成熟	先进的工业系统 
 工业互联网	5大发起公司：GE、思科、Intel、IBM、AT&T	泛工业 (能源、医疗、制造、交通、智慧城市)	• 事实标准 • 云端技术强 • 现场能力不足	领先的IT技术 
 工业互联网 + 智能制造	信通院、华为、三一重工、航天云网、海尔等	泛工业 (能源、医疗、制造、交通等)	• 场景丰富 • 以5G为核心的ICT技术领先优势	丰富的应用场景 全球领先的ICT技术

园区作为企业的载体，园区管理是制造企业生产运营中重要组成部分。伴随企业数字化转型浪潮到来，智能制造园区迎来前所未有的发展机遇。而 F5G 全光园区作为园区网络的基础设施，必将为制造业转型提供强有力支撑。

图表 3-28 F5G 全光园区在智慧制造的应用



F5G 全光制造园区解决方案把先进的 PON 技术引入到制造领域，打破传统工业光网局限性，为制造园区带来了革命性网络：架构革命，实现厂房“0”机柜；介质革命，实现 10 年不换线；运维革命，实现“1”人“1”厂房。F5G 全光制造园区解决方案能够把制造园区内的生产网络、

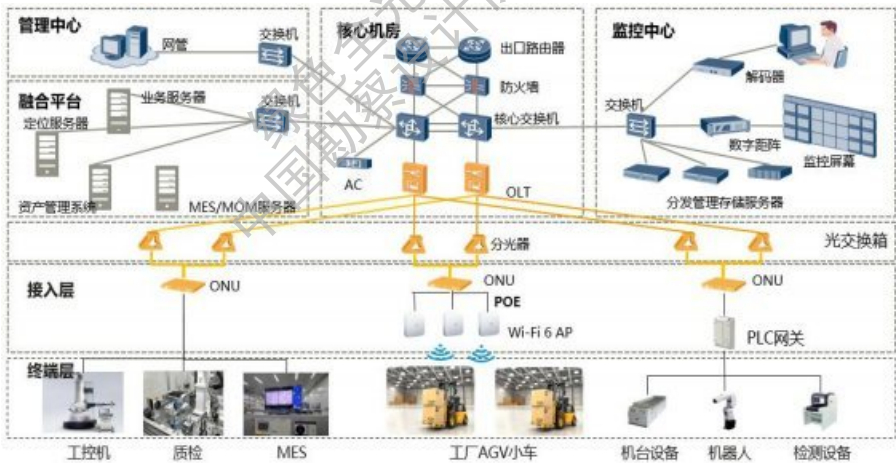
视频安防监控网络、办公和无线网络统一承载起来，提供可靠、简洁和高性价比的网络解决方案，助力企业生产提质、增效、降本和减存。

3.6.1 生产网

生产车间是制造园区中最为重要的场所，用于生产制造企业的产品。不管是汽车制造、IT 制造，还是光伏制造，生产车间内的业务都非常复杂，对网络的要求也是整个制造园区内最高的。现代化生产智能化程度越来越高，对 IT 系统的依赖度也越来越强，因此生产网络的可靠平稳运营对安全生产及可持续生产也尤为重要。

F5G 全光网络采用光纤到机器方案，把光纤直接部署到生产设备，直接接入如 PLC、设备电脑等终端设备，做到光纤直达机器。生产现场的所有网络，包括工控机、测试设备、MES 系统、AGV 小车、机台设备、工业机器人等统一通过 F5G 网络回传至生产控制中心及各应用系统。

图表 3-29 F5G 全光网络在生产网的应用



F5G 全光生产网络具有安全可靠、极简部署的特点。通常情况下生产车间环境恶劣，生产环境含有切削液、防锈液等腐蚀性生产原液，此外有些车间的设备内置不同电机，电磁干扰严重，采用传统以太网方案，线缆、接头极易腐蚀、老化，时常发生故障影响正常生产。而全光网络

“光进铜退”，把光纤下沉到机器，最大限度减少了铜线使用。光纤具备抗氧化、防腐蚀、抗电磁干扰等诸多优势，可有效避免上述问题的发生。

F5G 全光网络在生产网推荐使用工业级 ONU，可在车间恶劣环境下长期稳定工作。网络保护推荐使用 Type B 或 Type C 双归属冗余保护，当工作链路发生故障时，F5G 全光网络可在 30ms 内完成极速倒换，在生产环境中做到无感切换，保障生产业务的正常进行。

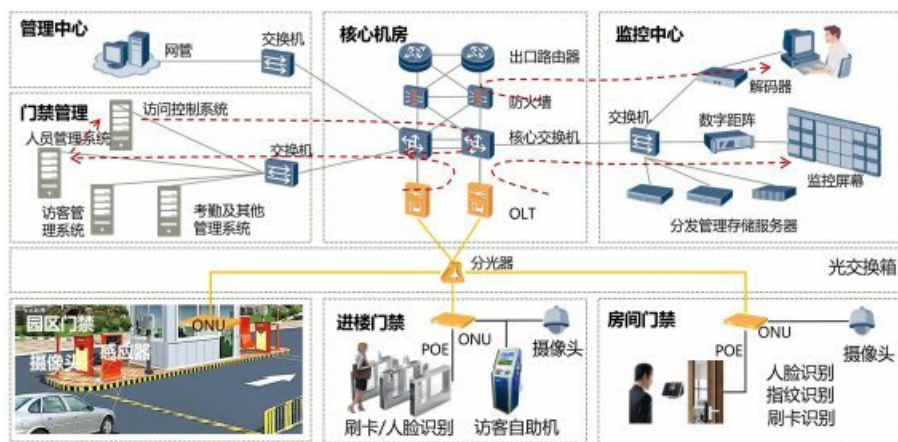
F5G 全光网络采用无源 ODN 设备，与传统方案相比，ODN 体积小、免供电、无需制冷散热，配合 F5G 全光网络长距覆盖优势，在生产车间无需再设置汇聚交换机机柜，节约大量宝贵的厂房空间。

3.6.2 视频安防监控网

制造园区视频安防监控网包括生产车间视频安防监控系统、入侵报警系统、出入口控制系统、停车库（场）管理系统等。F5G 全光网解决方案针对视频安防监控网采用光纤承载方式，通过无源光纤网络实现园区各个角落的监控摄像头数据统一回传。

F5G 全光网络支持星型组网和链型组网两种网络组网方式。星型组网采用等比分光器，适用于摄像头密度较大的场所，如生产车间、办公大楼、餐厅等；链型组网采用不等比分光器，适用于摄像头密度低，尤其是摄像头呈链状分布的情况，如园区周界安防、园区内道路视频安防监控等。F5G 全光网络针对室内和室外场景，提供不同形态的 ONU。针对室内视频安防监控，可采用性价比更高的室内型 ONU，采用网络箱安装方式，通过 POE 给摄像头远程供电；针对室外视频安防监控，可采用室外一体化站点形式的 ONU，将 ONU、电源、备电等统一集成在一个可防水的箱体，支持一体化安装，可以抱杆安装或挂墙安装，安装方便快捷。

图表 3-30 F5G 全光网在视频安防监控网的应用



3.6.3 办公网

企业园区办公网络是企业员工日常处理工作的重要场所，包括公司领导层、研发部门、财务部门、生产部门、供应部门、行政部门等均需要办公网络来承载日常的工作内容，办公网络的性能好坏对企业正常运营起到了至关重要的作用。

F5G 全光网络中，办公网、生产网和视频安防监控网可共用核心层网络设备，中大型企业一般采用不同的 OLT 设备来承载不同业务。对于一些小型企业，也可共用 OLT 设备承载不同的业务，不同的业务采用逻辑隔离。

制造园区的办公网一般包括独立办公室、开间办公区以及会议室。

独立办公室可采用光纤到房间（办公室）的部署方式，每个独立办公室布放一根光纤（考虑备份也可布放 2 根光纤，一根使用，一根备份），在办公室内部署 4 口或 8 口 ONU，用于承载办公室内有线网络、无线网络、打印机、门禁等业务。独立办公室内若有信息箱，可把 ONU 安装在信息箱内部；若没有信息箱，则可把 ONU 安装在办公桌下面。

开间办公室的有线网络和无线网络一般分开部署。开间办公室通常人数较多，对无线网络的带宽需求较大，无线网络推荐采用 Wi-Fi 6，回

传承载网络推荐使用带宽更大的 XGS-PON 技术。有线网络一般采用光纤到办公桌的部署方式，每两个或四个办公座位共享一台 8 口 ONU。ONU 可安装在办公桌下方的信息箱内，推荐采用 XGS-PON 技术。

会议室场景与独立办公室情况类似，采用光纤到房间（会议室）的部署方式，每间会议室布放一根光纤（考虑备份也可布放 2 根光纤，一根使用，一根备份），部署 8 口 ONU，统一承载会议室内部的电脑、AP、会议终端、门禁、视频会议系统、视频安防监控等。ONU 一般部署在会议室的网络箱或会议桌下方。建议采用 XGS-PON 技术，以满足未来 5 年业务演进的需求。

图表 3-31 F5G 全光网络在办公网的应用



3.7 金融

智慧金融是依托于互联网技术，运用云计算、大数据、人工智能等金融科技手段，使金融行业在业务流程、业务开拓和客户服务等方面得到全面的智慧提升，实现金融产品、风控（风险控制）、获客（获取客户）、服务的智慧化。

智慧金融由政策法规、业务驱动、转型驱动和技术支撑 4 个方面进行驱动。

图表 3-32 智慧金融的驱动和支持



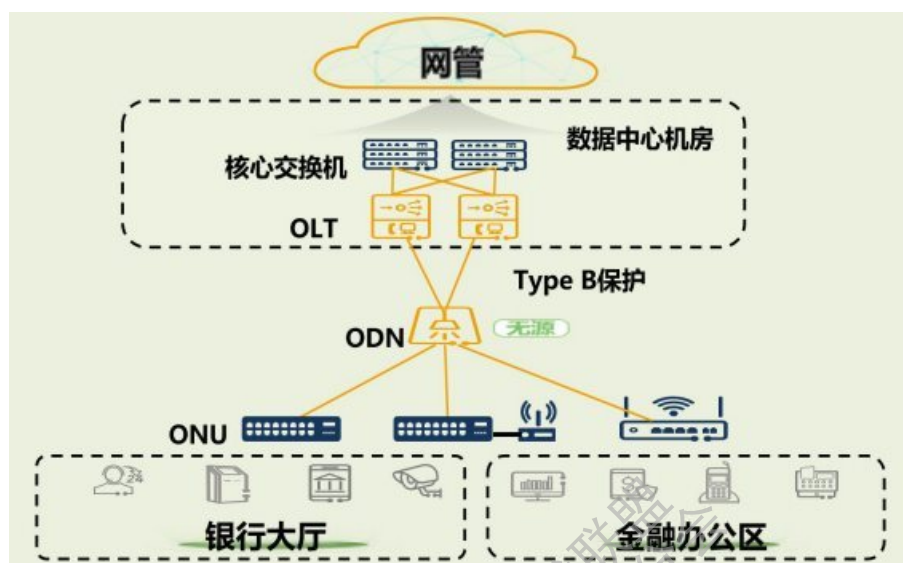
智慧金融相对于传统金融，属于互联网的大背景下传统金融服务的更高阶段，是传统金融与互联网深度融合的产物。

在互联网金融时代，业务云化是大势所趋，原传统柜面交易每秒只会产生几百笔的交易量；在电子商务时代，交易量会上升到每秒 20 万笔；而一些金融高频交易场景，在云计算的超强处理能力的加持下，交易量更是高达每秒 300 万笔；故需要业务云化来支撑。云平台的不断完善，使得基于云平台的线上业务开发也更加敏捷，可以大幅提升新业务的开放效率，缩短业务上市时间。

进入数字金融时代后，无论是银行大厅，还是证券交易，还是金融办公场景，采用移动终端处理业务已经是常态，无线终端也一直在激增，业务与办公网进入了 Wi-Fi 6 时代，需要有更大带宽的网络来支持丰富的无线终端应用；

随着金融业务向线上迁移，金融行业也在不断科技创新，提升了用户的使用体验，银行柜面业务线上化，也使得人员更多的向总部迁移，总部的网络需要适配用户弹性多变的需求，需要网络具备更好的韧性；为了保证银行证券等场所的业务连续运行，也要求网络一旦发生故障，要能够快速的恢复，避免对业务产生实质影响；

图 表 3-33 F5G 全光网络在智慧金融的应用



F5G 金融全光园区网络具有天然的云架构特点，F5G 全光网络只需在中心机房部署核心设备，在靠近用户侧的末端部署光终端，中间的汇聚节点采用无源的 ODN。

无源设备替代传统的有源设备，无源 ODN 的特点是不需要供电，而且体积小，大幅简化整个网络的规划布局，将传统的三层网络架构，变成了两层网络架构。在简化架构的同时，也减少了对弱电间的需求，整体节省了 80% 的弱电间空间，节省了 90% 的布线。

F5G 全光网络从核心机房到终端设备，采用光纤到桌面的设计，光纤可提供更大的带宽，可支持无阻塞的 Wi-Fi 6 回传；光纤的带宽支持可持续平滑演进，可支持 2.5G、10G、50G，甚至更高的带宽的平滑演进。实现一次部署，30 年无忧。

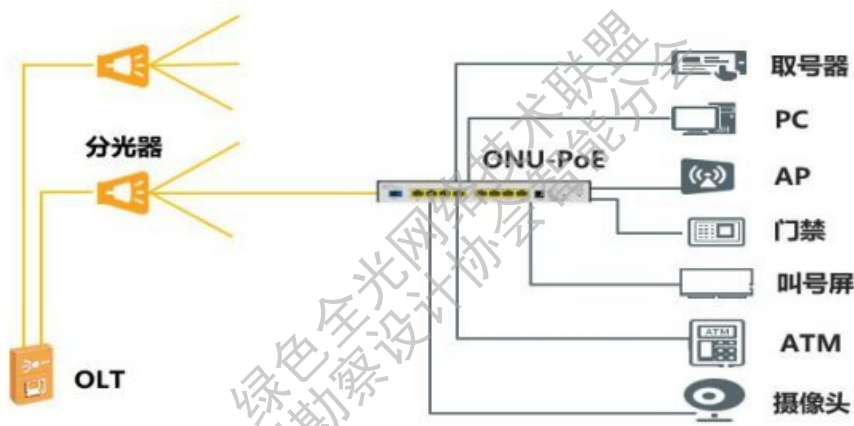
F5G 全光网络可支持终端设备批量配置，自动部署。建网周期可缩短 60%；接入 ONU 可实现即换即通，整体运维效率提升 60%，真正实现极简运维，一人管理一园区。

3.7.1 银行营业大厅

传统网络水平布线采用 4 对对绞电缆（俗称网线），传输距离短，时

延无法保障，安全性较差，只适用于传统的实体网点，而现在的网点早已经发展成为场景化/生态化的金融服务体验店，集营销，业务办理，生态拓展为一体。结合互联网及通讯技术的发展，F5G 全光网络的出现将促进高柜低柜化（高柜：以现金业务为主的柜台；低柜：非现金柜台），低柜无人化。利用 F5G 全光网络的低时延和高可靠性网络特性可实现实时远端授权，PAD 或自动柜员机在线处理业务，由被动的服务变为主动的顾问式服务，提高了客户业务体验和二次营销的成功率。为银行大厅业务的创新提供了更多的可能。

图表 3-34 F5G 全光网络在银行营业大厅的应用



3.7.2 金融智慧园区

随着互联网和金融科技的不断发展，金融智慧园区随之出现，互联网金融使得更多的金融业务云化和线上化，必然带来金融公司不断的互联化，业务开发迭代周期更短，项目维度的虚拟化团队更多，网络安全和人员分权分域更精细。网络需求弹性多变，业务连续运行，故障秒级恢复变成了智慧园区的基本需求。金融智慧园区建设应首选绿色环保和低能耗的方案，结合网络的建设，尽量使用光纤替代铜缆，使用低能耗的设备代替高功耗设备。F5G 全光网络用无源的长距传输解决了铜缆 100m 限制的问题，将光纤下沉到了金融园区的每一个桌面和每一台机器，为金融智慧园区铸就了一张全光高速公路。

3.8 智慧机场

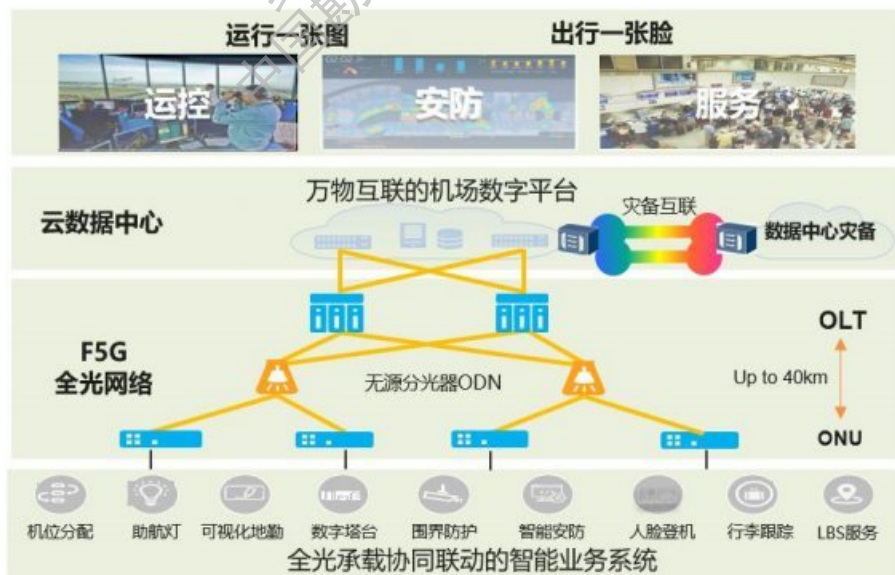
交通行业迎来数字化转型的快速发展期，机场作为城市级的重要基础设施，是城市的门户，也在不断的加深数字化转型。智慧机场就是基于数字化平台，融合 F5G、5G、AI、视频云、大数据、IoT、ICP 等新技术，围绕机场“运控、安防、服务”三大业务领域，构建“出行一张脸”及“运行一张图”的场景化方案，高效支撑机场数字化转型建设。

网络联接作为机场数字化转型的基础，面临着以下挑战：

- 机场业务云化的发展诉求：随着机场业务逐步上云，网络流量剧增，带宽要求 10 倍以上提升；同时上云后网络南北向流量增加，要求网络架构极简，业务应用一跳入云，减少应用时延。
- 简化运维的诉求：随着数字化转型的进一步发展，运行的设备种类和数量越来越多，设备的配置管理和维护变的越来越复杂，需简化管理规模庞大的网络设备，保障设备的稳定运行。
- 持续演进的诉求：机场网络基础设施需满足未来业务的持续演进。

F5G 智慧机场全光网络架构如下图所示：

图表 3-35 F5G 全光网络在智慧机场的应用

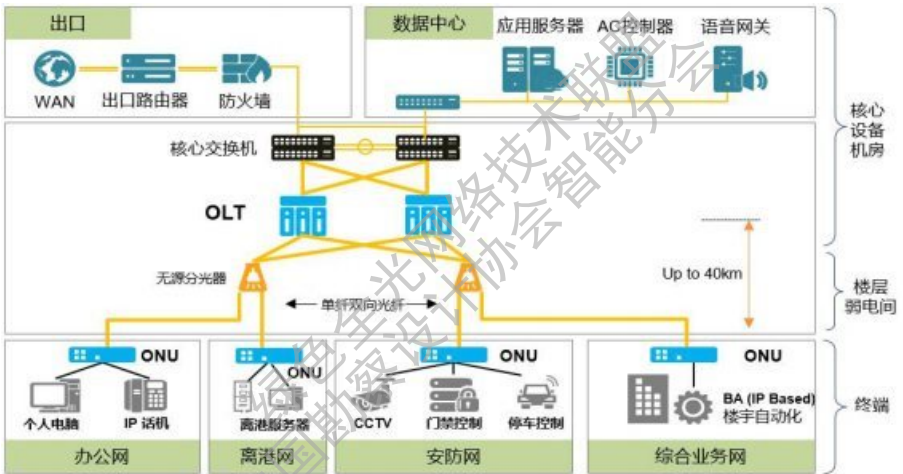


F5G 智慧机场网络采用全光接入，具有简架构、智运维和易演进的特点。简架构减少了对汇弱电间的需求，整体节省了 80%的弱电间空间，节省了 90%的布线。智运维使建网周期缩短 60%，整体运维效率提升 60%，真正实现极简运维。支持带宽平滑升级，实现一次布线，30 年无忧。

3.8.1 机场园区生产网络

机场园区生产业务包括离港、安检、值机、航显、行李分拣、运维网等多种业务，同时还包括办公、免税店等综合接入场景。F5G 全光网络在机场园区生产网络的架构如下图表所示：

图表 3-36 机场园区生产网络架构图



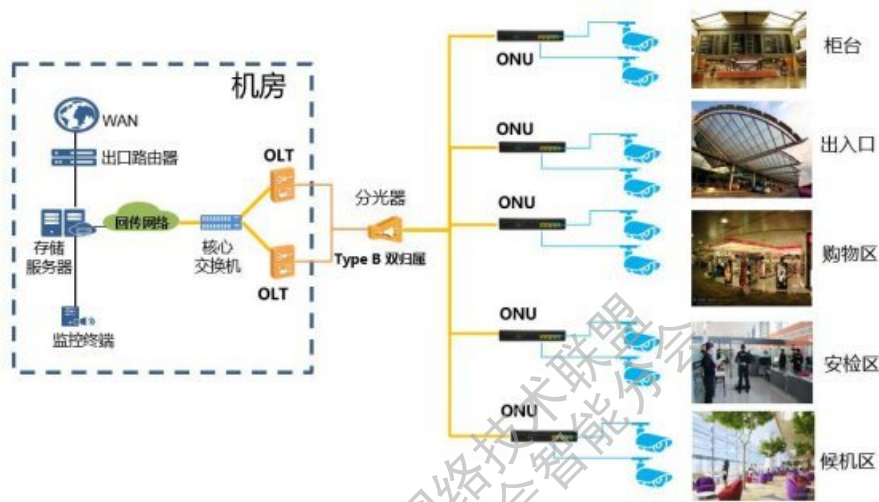
机场免税店/商铺接入：F5G 全光网络具有光纤长距覆盖的优势，可满足机场范围内所有商铺接入。ONU 可接入店内 Wi-Fi，POS 刷卡机等各种终端。

图表 3-37 机场商铺综合接入



航站楼内视频安防监控：航站楼内摄像头分布密度高，分布范围广，利用 F5G 全光网络的 ODN 无源，传输距离远，无需中间机房的优势，可便于在航站楼内部署各种监控摄像头。

图表 3-38 机场航站楼视频安防监控



航班信息显示系统 FIDS 应用场景：F5G 全光网络中，可利用高密 ONU，满足航站楼航班信息显示系统接入的要求。

图表 3-39 航班信息显示系统 FIDS 应用组网



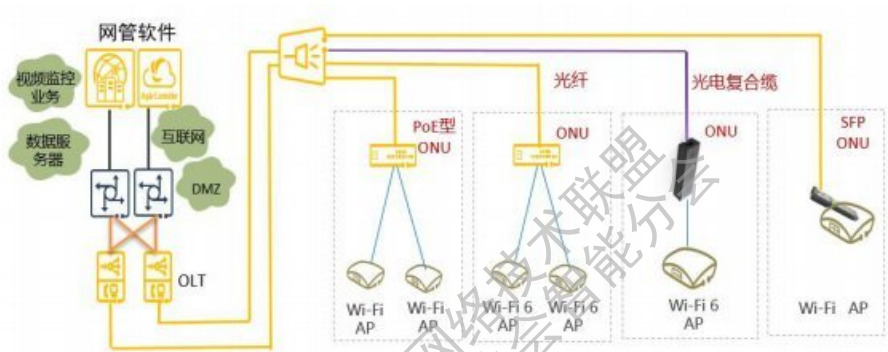
3.8.2 机场旅客 Wi-Fi 网

旅客 Wi-Fi 网络是机场非常重要的一张网络，是衡量机场服务质量的

一个重要指标，民航局《中国民用机场服务质量评价指标体系》明确规定“互联网/Wi-Fi 连接顺畅”作为旅客满意度评价指标的“一级指标”。

机场候机区、安检区区域面积大，旅客密度高，VIP、CIP 区域旅客带宽需求高，机场旅客 Wi-Fi 网络需具备大带宽、广覆盖、高密度等特点。F5G 智慧机场全光网络可很好满足机场的需求。F5G 全光网络在旅客 Wi-Fi 网应用架构如下图表所示。

图表 3-40 F5G 全光网络在旅客 Wi-Fi 网应用架构



F5G 全光网络可很好支持旅客 Wi-Fi 网。如上图所示，F5G 全光网络可提供多种不同的 ONU 来支撑 Wi-Fi 网络。上图中的普通 PoE 型 ONU、高密 Wi-Fi 6 AP 回传 ONU、Mini ONU 及 SFP ONU 均能很好地满足各种场景下 Wi-Fi AP 的接入：

- 普通 PoE 型 ONU：为 AP 提供 PoE 供电，AP 和 ONU 之前距离通常小于 100 米；
- 高密 Wi-Fi 6 AP 回传 ONU：Wi-Fi 6 AP 大带宽回传场景，可为 AP 提供 PoE/PoE+/PoE++ 供电，及提供 10GE 的以太网接口；
- Mini ONU：支持光电复合缆，传输距离可达 800 米；
- SFP ONU：AP 本地取电，光纤直达 AP，覆盖距离可达 40km。

F5G 全光网络可通过不同 ONU 满足不同场景，支持极致 Wi-Fi 体验，支持 Wi-Fi 6 100M 随时随地，高并发，保障 VIP 用户体验。

F5G 全光网络可支持智慧运维，通过 eSight 网管可随时可了解设备

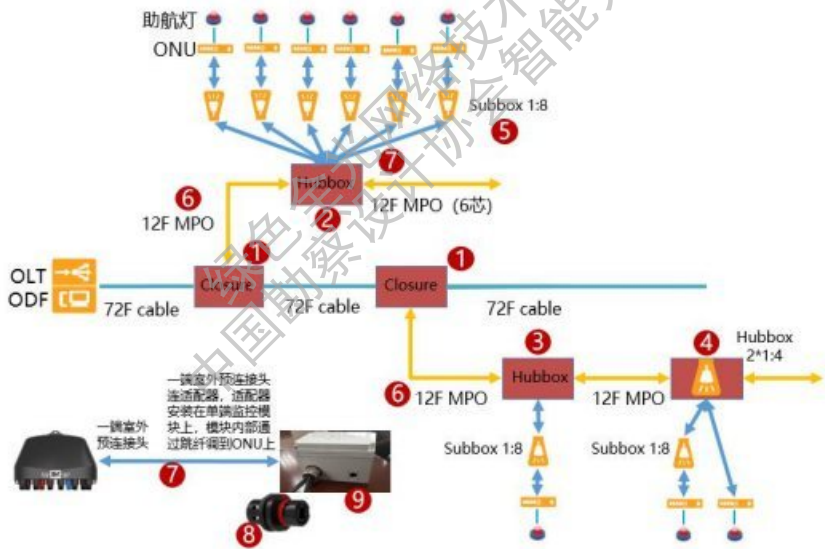
运行状态，主动运维。

3.8.3 机场智慧助航灯

A-SMGCS（Advanced Surface Movement Guidance & Control System 高级场面活动引导和控制系统）是对机场场面航空器、车辆等目标提供监视、控制、滑行路径规划及引导服务的综合集成信息处理系统。A-SMGCS 通过处理机场各监视源信息及控制灯光系统，为空管塔台管制与航空器机坪管制提供服务。民航局已于 2019 年 4 月下发意见，要求各大机场加速推进 A-SMGCS 4 级的进度，自动灯光滑行引导属于 A-SMGCS 的 4 级要求。

F5G 智慧助航灯网络架构如下图表所示：

图表 3-41 F5G 智慧助航灯网络架构



F5G 智慧助航灯网络具有以下特点：

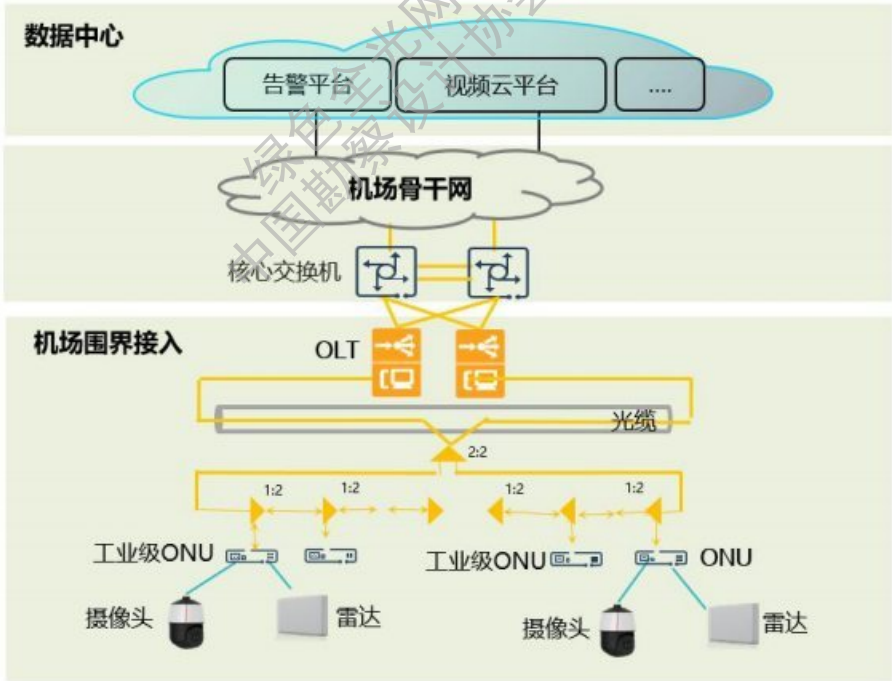
- 广覆盖：采用光纤作为单灯控制信号的传输介质，适配机场飞行区面积广袤的特点。
- 组网灵活：链式组网和星型组网相结合，灵活匹配助航灯分布；
- 预连接 ODN：免熔纤，全程预连接，ODN 网络安装部署效率高。

3.8.4 机场周界入侵检测

民航局于 2017 年更新了民用航空运输机场安全保卫设施行标，对航空器活动区周界的物理围界、道口和入侵报警系统功能给出了详细定义。行标预防、阻止或延缓针对机场和航空器的非法干扰行为，提高对异常事件、突发事件的识别和处置能力，保护机场内人员及财产安全。依据标准内容和管理部门需求，围界防护领域急需引入先进的信息技术，在被动防护基础上建成事前驱离、事发告警、事后追踪的智能围界入侵报警系统。

F5G 机场周界入侵检测方案利用工业级 ONU 连接雷达和摄像头，工业级 ONU 全天候可靠工作，辅以视频复合、预判、跟踪，使得围界入侵事前、事中、事后全流程可管可控。满足 7003-2017 号行业标准全部要求，降低巡逻人员工作强度，提升员工体验。

图表 3-42 F5G 机场周界入侵网络架构



F5G 全光网络机场周界入侵网络具有以下特点：

- 采用 POL 全光链式组网和不等比分分光方案，可以保证机场周界长距离的网络覆盖；

- 工业级 ONU，宽温域，高温可到 70 度，满足室外使用环境；

- 全程预连接 ODN，光纤基础设施部署快捷；

通过围界入侵报警系统，可以远程监测周界情况，实时监控，并且减少防护巡检人员。周界入侵报警系统可以实现事前驱离，避免入侵事件发生，事后亦可定位入侵人员位置及行为，极大限度预防安全事故并降低可能造成的经济财产损失。

绿色全光网络技术联盟
中国勘察设计协会智能分会