

全光网络实践与思考

中国电信研究院副院长 傅志仁



率先实施光进铜退
率先规模部署100G波分系统

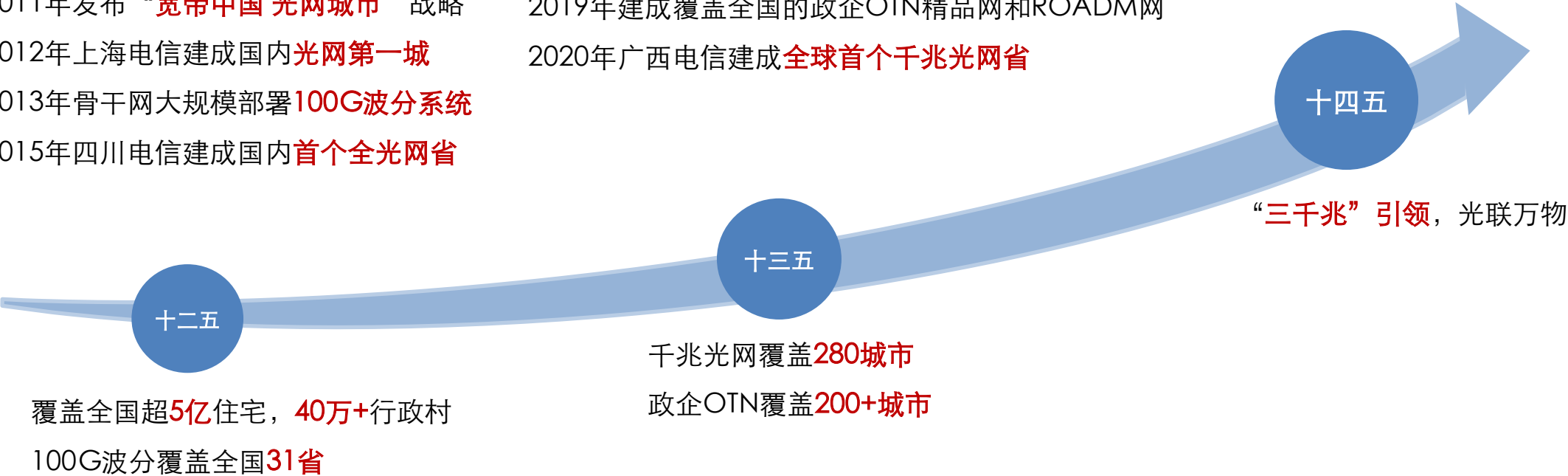
规模推进千兆光宽升级
建成全球最大的全光网络

千兆普及，全光网无缝覆盖
奠定云网融合基础

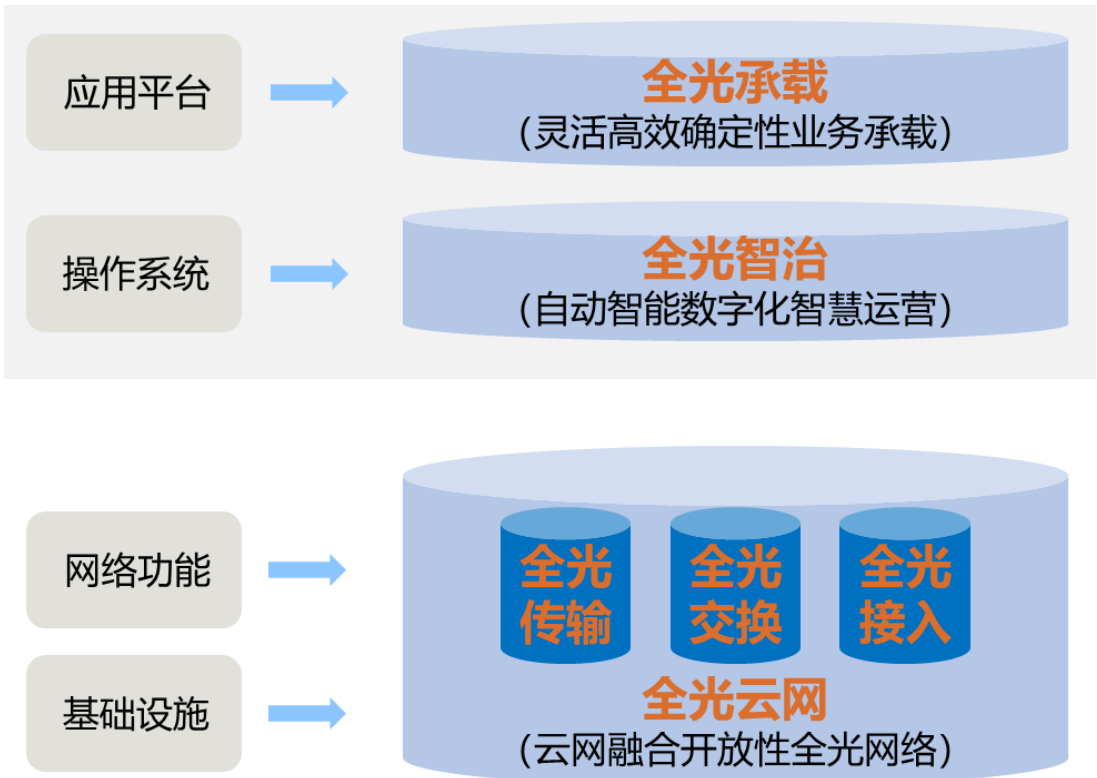
2011年发布“**宽带中国 光网城市**”战略
2012年上海电信建成国内**光网第一城**
2013年骨干网大规模部署**100G波分系统**
2015年四川电信建成国内**首个全光网省**

2016年启动长江中下游ROADM网络
2018年上海电信建成全球**首个千兆城市**
2019年建成覆盖全国的政企OTN精品网和ROADM网
2020年广西电信建成**全球首个千兆光网省**

2023年实现城区及发达乡镇千兆覆盖
2024年基于50G-PON探索万兆应用
2025年重点行政村具备千兆能力，FTTR规模应用
2026年400G ROADM规模商用

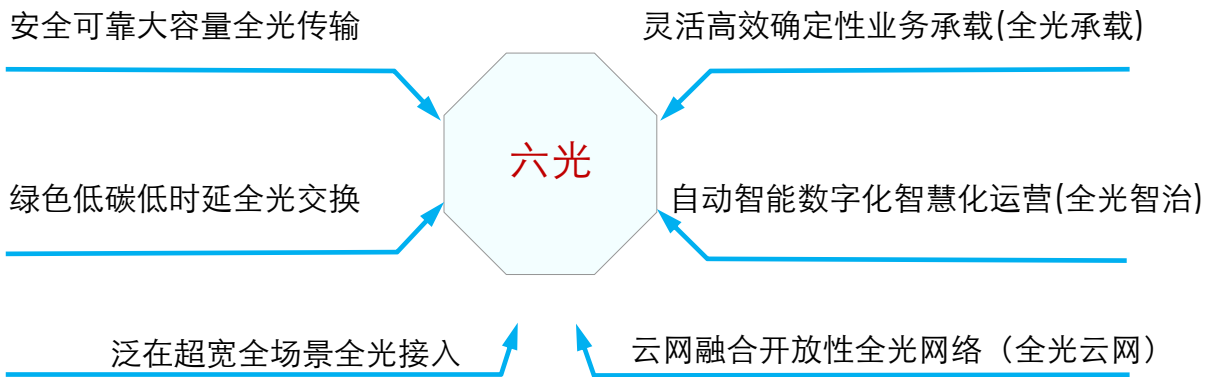


全光网2.0目标技术架构



“三化六光”内涵

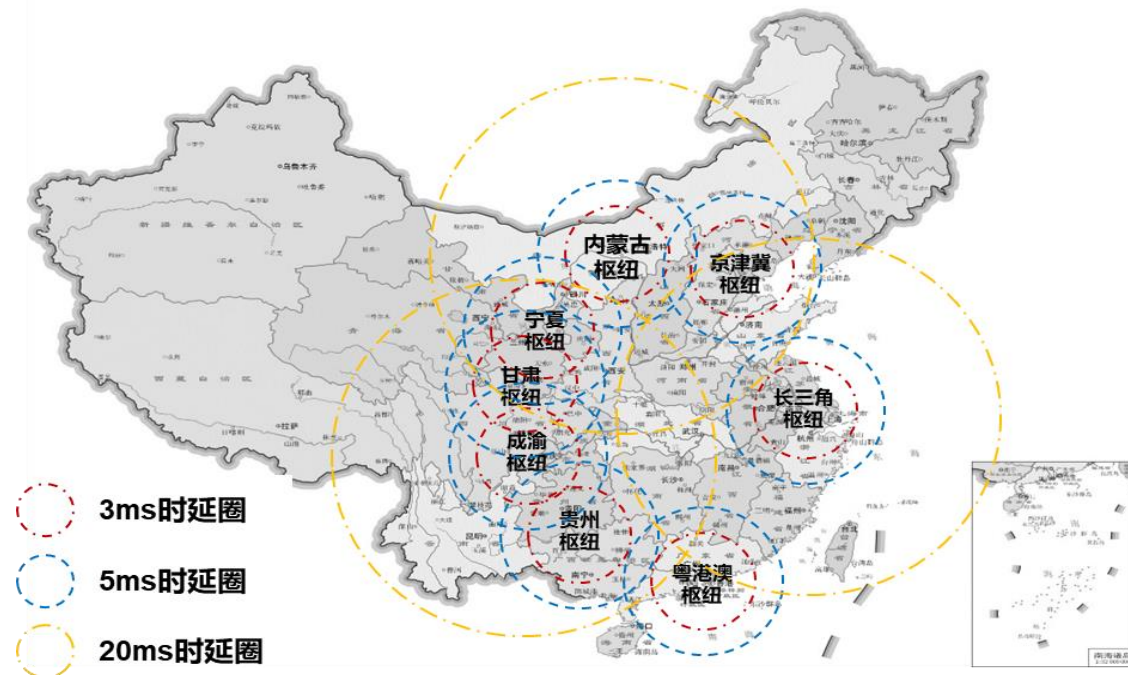
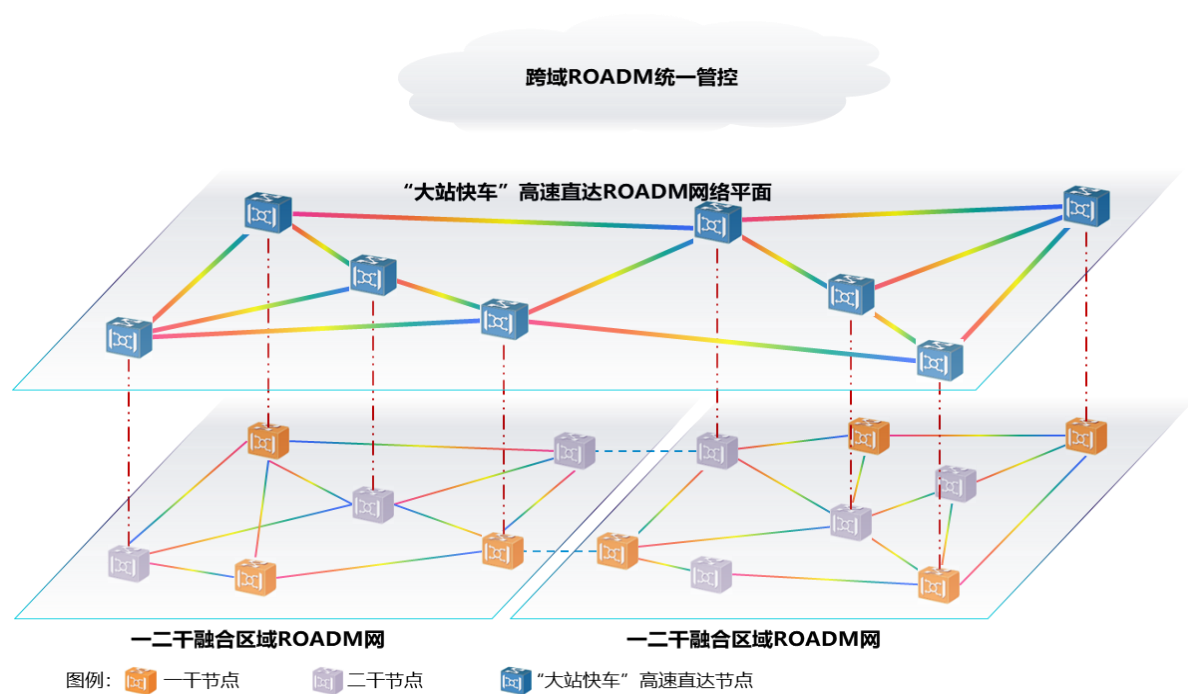
架构扁平化	从国干、省干、城域、接入等多层架构向“骨干+城域”两层架构演进
网络全光化	光网络在传输、接入全光化的基础上，实现交换路由全光化
运营智慧化	自主掌控全光网端到端的自动化和智能化运营能力



架构扁平化 - 基于ROADM构建以DC为中心的多层次时延圈



- 骨干全光网 “多层+分域” 的立体扁平化网络架构
- 打破传统以行政区域为主的网络架构，计划通过提升西部枢纽节点在网络中的层级，东西部直达链路等多种手段，降低东部主要城市到西部枢纽节点的时延，从而构建以DC为中心的多层次时延圈。

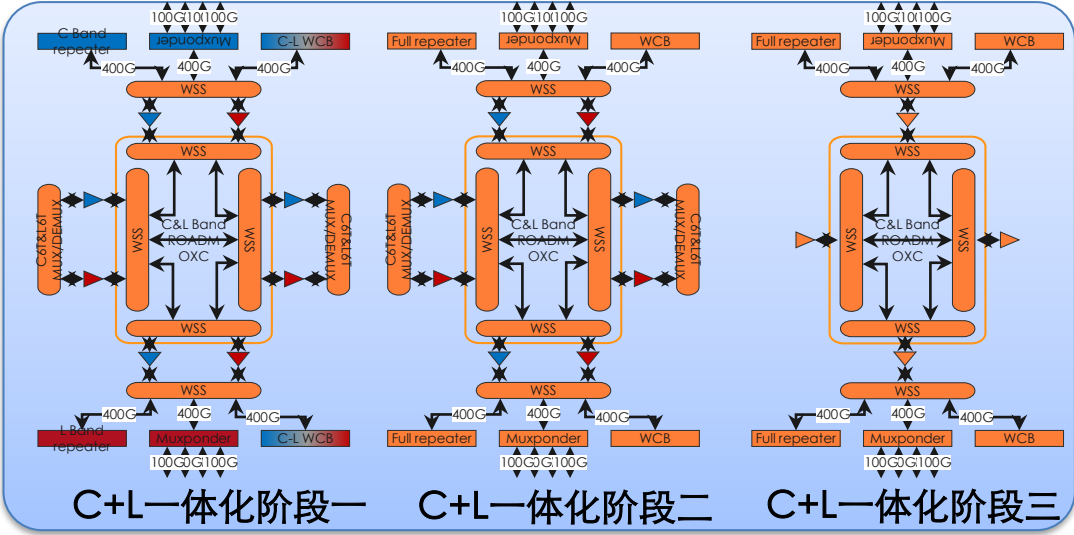
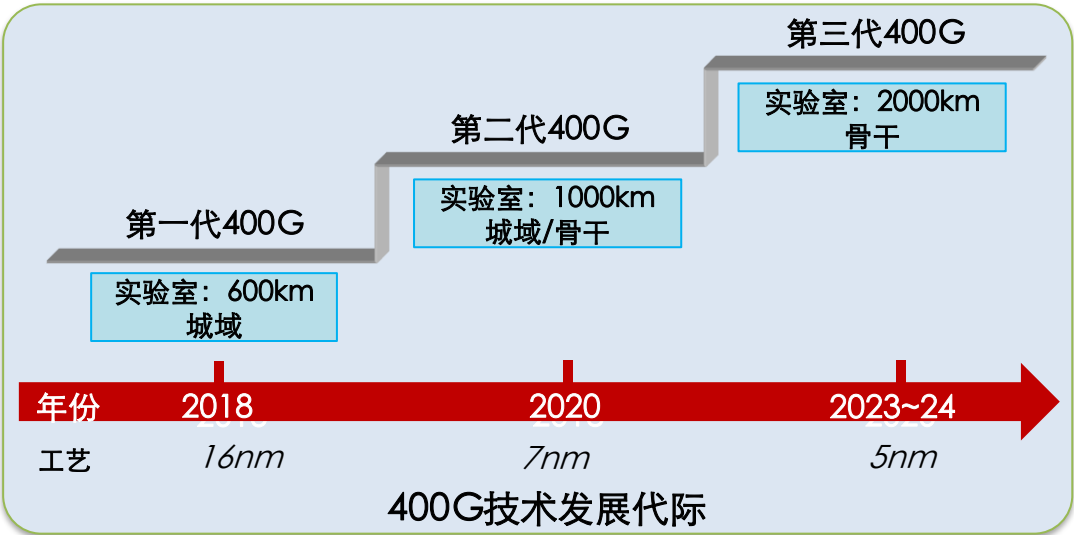


总体情况

- 400G全光传输技术目前已**基本成熟**，现网部署预计采用**多波段高性能调制**传输技术，助力打造高速大容量的**全光运力底座**
- 400G系统常结合**多波段传输**技术，实现**一体化传输**

未来规划

- 国内运营商正在积极推动**400G**传输系统的**（试）商用**，待技术成熟后会进一步推动大规模部署
- 400G全光传输系统的一体化需**产业链**的支持，预计**2026年**可基本成熟，实现全光网一体化架构与调度



1.单波速率达到400G，能够**满足400GE以太网业务**单波长承载需求

2.结合C6T+L6T波段技术，支持80波系统以及单纤容量32T，**系统容量翻倍**

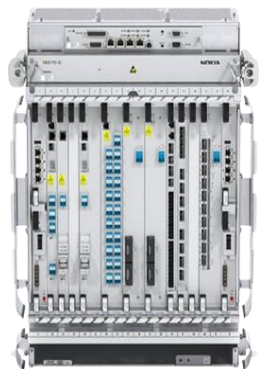
3.**单比特功耗进一步降低**，预估为100G技术的2/3，更符合绿色低碳发展要求

4.采用C6T+L6T一体化全光交换技术，实现系统80个波长间具备任意调谐、调度，结合集中计算+分布式控制WSN控平技术，**最大程度上发挥ROADM全光交换能力**

网络全光化 - 盒式波分助力光网络开放解耦



- 自主研发盒式波分系列产品，定位解决全光网2.0城域波分应用和大带宽数据中心互联应用（DCI、多AZ）场景，面向DCI场景提供自有品牌的云间互联产品与服务，助力打造城域高品质全光网底座
- 光层开放、电层自由接入，实现光电解耦，构建光网开放新生态；控制器统一定义标准接口，多厂商设备直接管理，统一纳管，实现软硬解耦
- 盒式波分系列产品已规模应用



传统框式波分
价格贵、尺寸大、功耗高

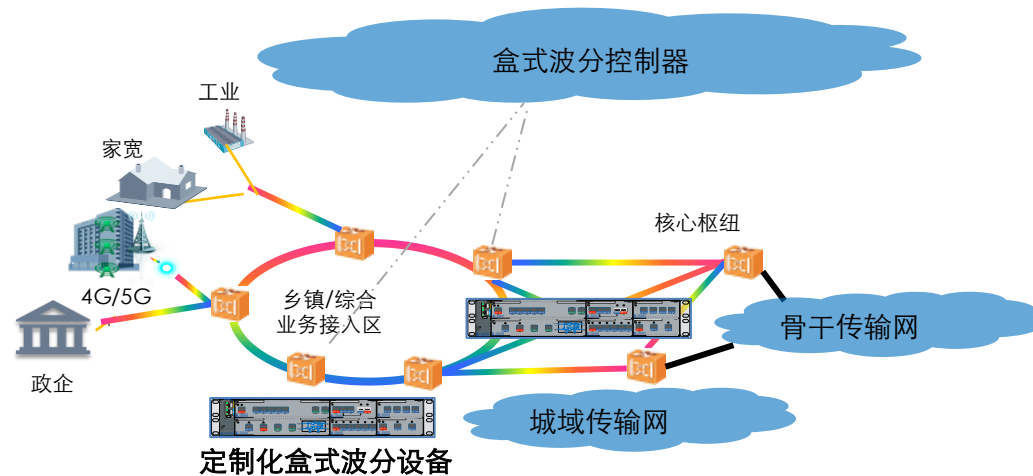
助力云网融合
适配DC化机房

推动开放解耦
降低城域波分组网成本



盒式波分 (DCI-BOX)

降成本、盒式化、低碳节能
散热方式：前后风道，适配DC环境
供电灵活：DC -48V、AC 220V、HDC 240V

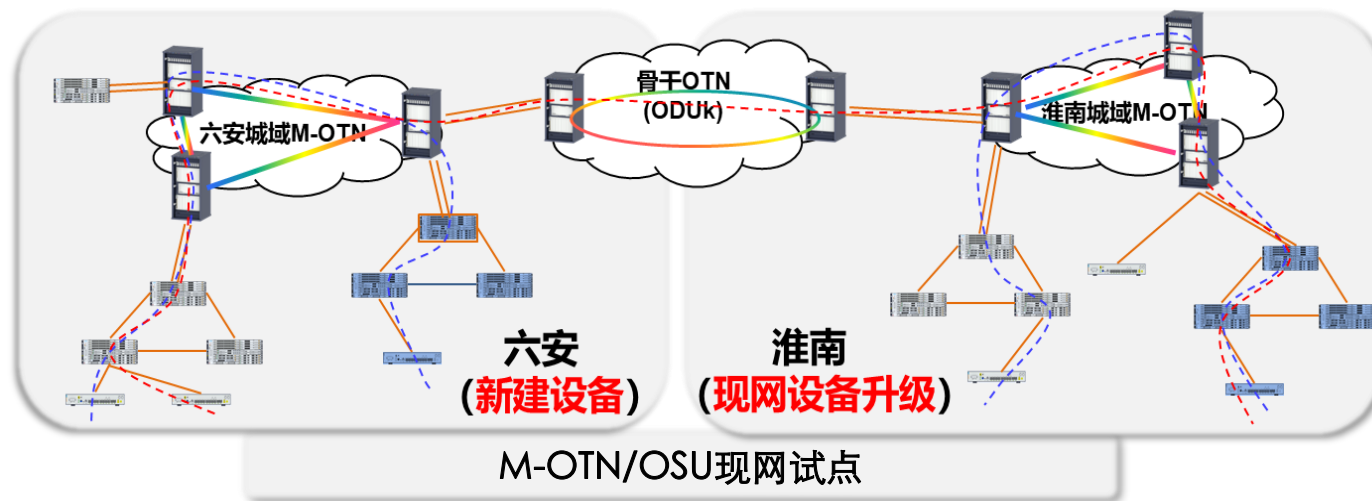
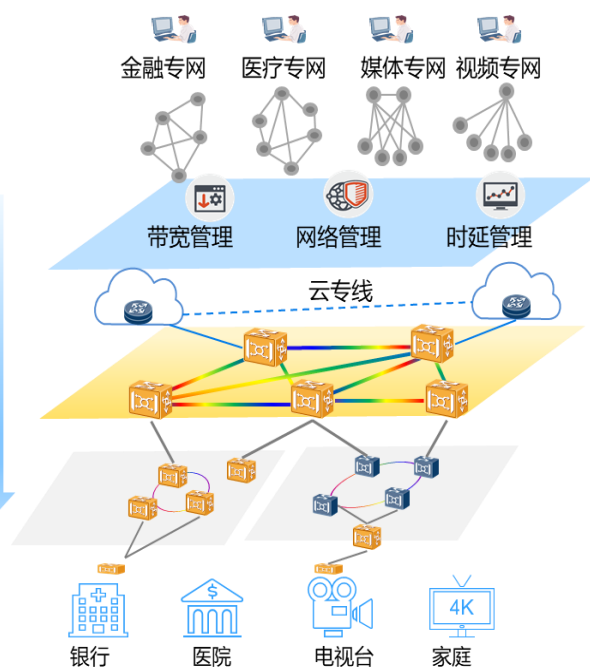


网络全光化 - M-OTN/OSU技术走向商用化阶段



- 大量高价值专线业务依旧保持GE以下的小颗粒属性，现有OTN小颗粒业务承载方案存在设备容量不足、带宽调整不灵活、业务承载方式繁多等问题。
- 中国电信联合业界提出以OSU为核心的M-OTN技术体系，为下一代城域传送网提供低时延、大容量、灵活带宽配置的综合业务承载方案。
- 中国电信在M-OTN/OSU产业发展中引领技术和标准发展，联合产业链上下游各方打造完整的生态圈，积极推进M-OTN/OSU的规模部署和应用。

SDH停建退网和小颗粒专线业务承载需求驱动OTN网络下沉到网络边缘

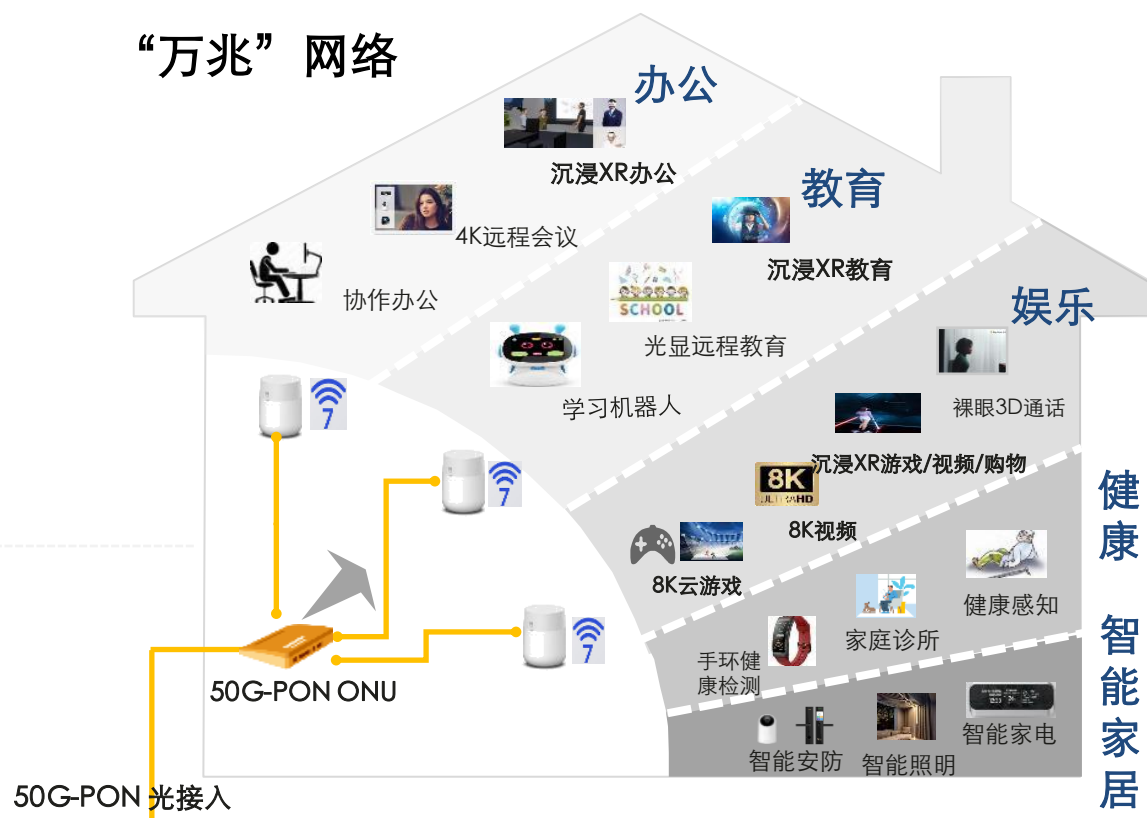


2023年4月，在安徽电信完成业界首次跨厂商、跨地市的现网设备OSU平滑升级试验，验证了OSU技术的规模商用部署能力

网络全光化 - 50G-PON技术趋近成熟，可打造“万兆”网络能力



- 50G-PON实现“万兆”光接入网络底座的关键技术，可为云网融合新应用、VR/AR、机器视觉等新业务提供灵活高速带宽接入能力；中国电信**牵头50G-PON系列标准**，提出了基于多模多代际光模块的50G-PON升级方案，均已纳入国际标准，引领关键技术研究突破；中国电信已**分阶段有序开展现网试验**，持续引领和推动产业发展和先进应用。

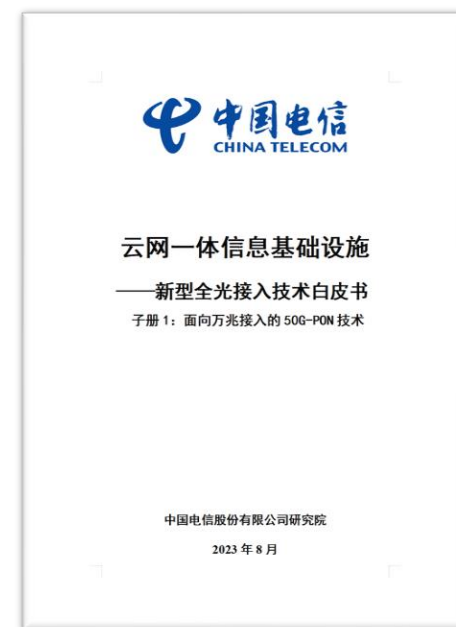


一阶段现网试验10GE/50G-PON覆盖5省6地市
二阶段现网试验GPON/XG-PON/50G-PON覆盖多省

相继发布50G-PON白皮书



5.17上海电信发布
《50GPON全光万兆发展白皮书》



第七届未来网络发展大会
《面向万兆接入的50G-PON技术》

-

海外加速



天翼看家

游戏加速



NAS业务

2H

2B

直播带货



园区覆盖

行业应用



酒店融合

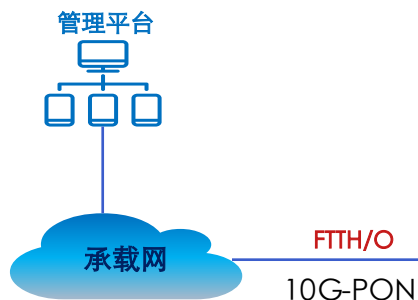
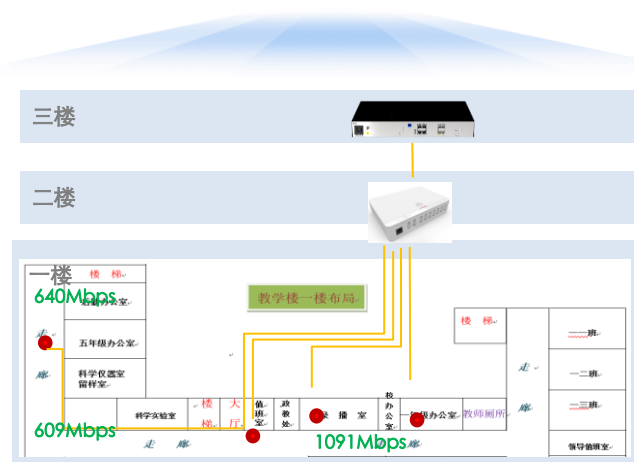


校园办公解决方案及效果

广覆盖：支持在宿舍、教室等校园多个区域高并发接入，稳定性好

优体验：Wi-Fi 6速度快，信号强，漫游无卡顿，带宽达套餐承诺值

有粘性：专线延伸到企业组网服务，增强用户黏性

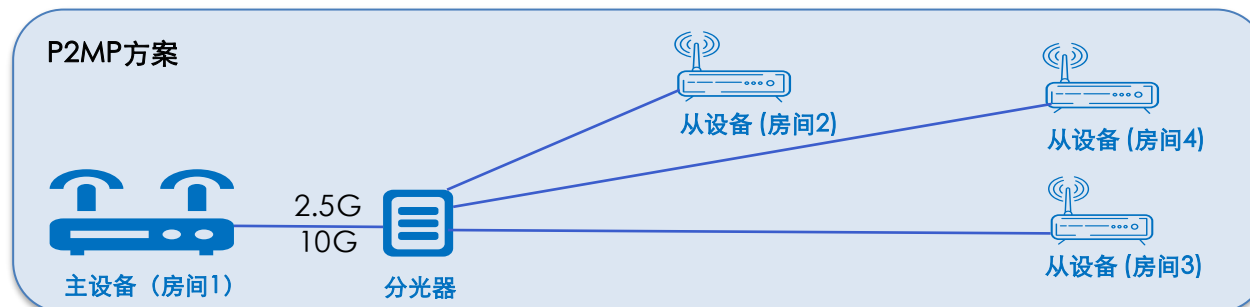


全光泛在连接

主从设备解耦

Wi-Fi协同覆盖

用户体验提升



PAD



摄像头



打印机



手机



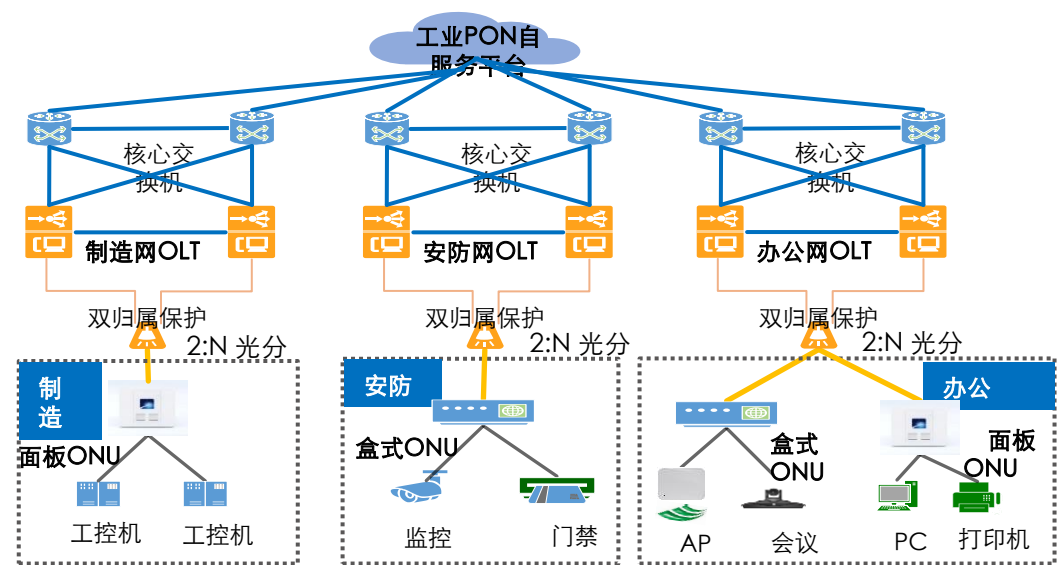
PO

网络全光化 - 工业PON规模应用，构筑工业连接可信光底座



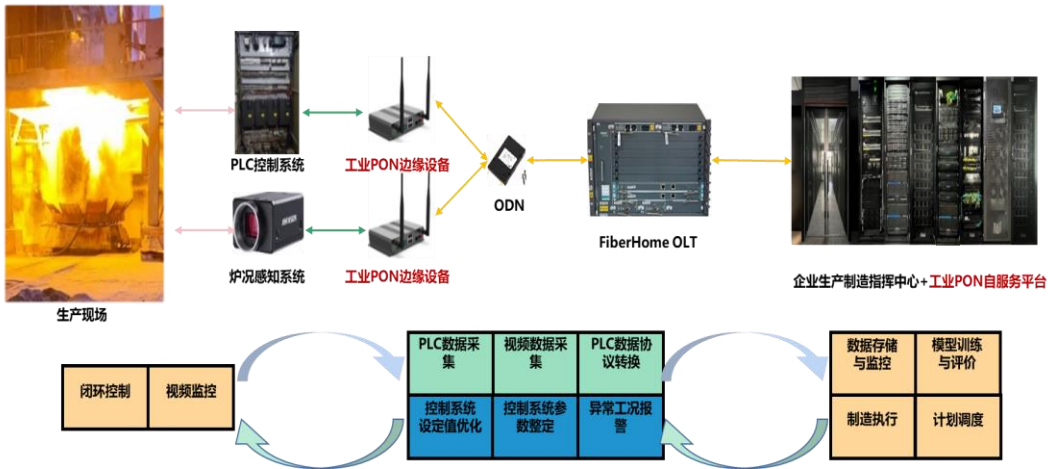
- 行业首创：中国电信行业内牵头提出工业PON理念、架构、及技术方案，为工厂数据的接入和传输提供可信网络通道
- 全光架构：一网到底（生产/办公/安防/无线全覆盖）、一网承载（数据/语音/视频/监控全承载）、一网融合（数采/AI/MEC全融合）
- 技术领先：首创工业PON确定性技术体系，满足工业场景对网络带宽、时延抖动和高可用性等确定性需求，达国际先进水平

3C制造：大型新建工厂案例



- 案例情况：厂区14万平方米，13000个信息点，采用完整的中国电信工业PON技术体系，应用自研的工业PON自服务平台
- 案例特点：降低部署成本、提升网络性能、实现网络自主管控

冶金制造：工业控制应用案例



- 案例情况：基于工业PON承载镁炉延炼的能耗控制业务，采用中国电信工业PON确定性技术体系，应用自研工业PON产品
- 案例特点：控制效果稳定在60微秒，每年节电百万元。

基于SDN理念自主开发，已在多省部署了UMS，盒式波分控制器，工业PON自服务平台等产品。积极推动管控接口标准化，完成网元直控和多厂商设备的统一纳管。从源头提升网络数据采集质量，提升管控效率，为智能化奠定了基础。

算网融合
东数西算



数字化智能运营底座(OTMS)

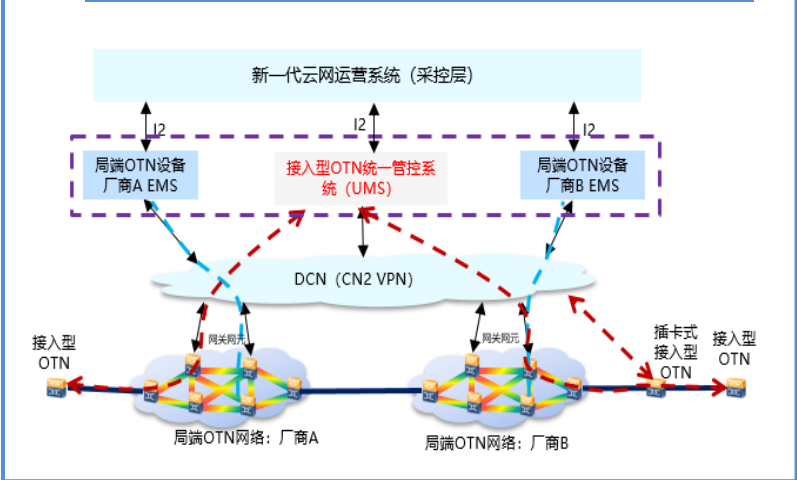


封闭
封闭产业链、单比特成本
成本高、网络掌控力
弱、新需求响应慢

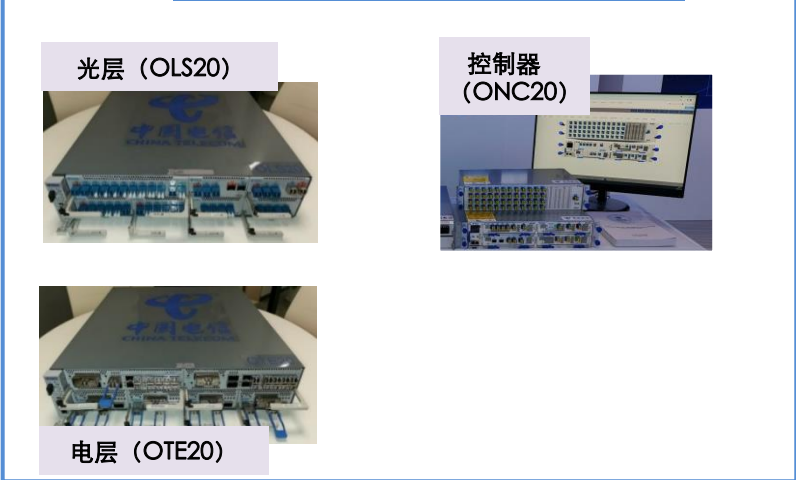


开放
开放产业链、单比特成本
降低、提升网络掌控力、
积极响应创新需求

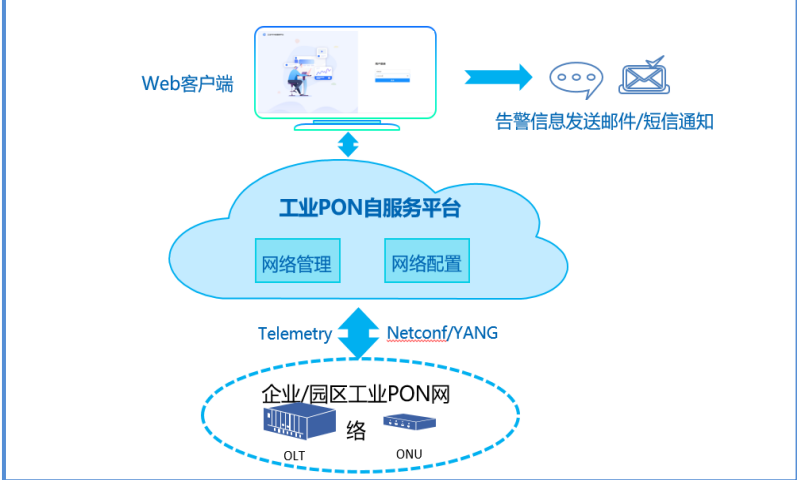
接入型OTN统一管控系统



盒式波分控制器



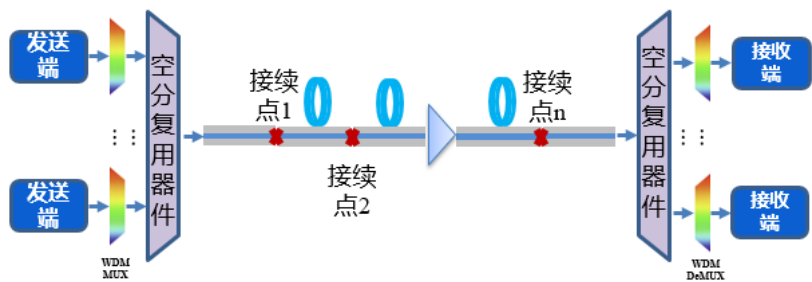
工业PON自服务平台



未来，对新型光纤进行探索以应对容量增长需求，降低建设成本、设备成本和功耗、满足客户对时延的需求；探索下一代更高速PON系统，提升系统容量；将下一代全光网络的范围进一步扩大至自由空间光通信，使全光网成为空天地一体化网络。

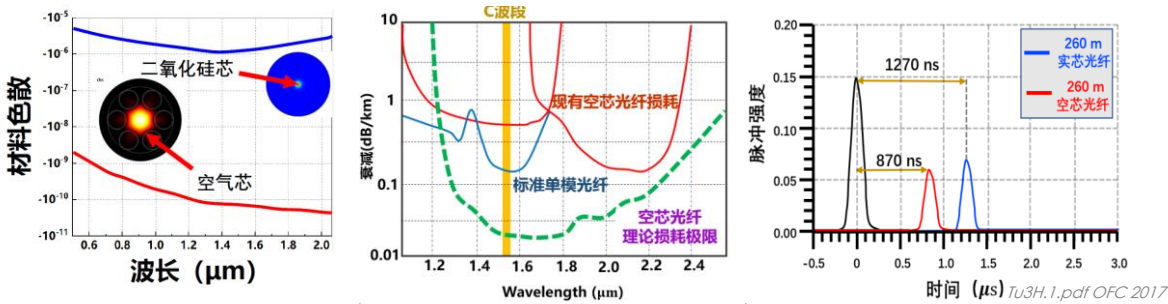
空分复用传输系统

研究多芯光纤和少模光纤的应用场景与系统需求，关注高效率放大、低损快速熔接、低损低串扰器件发展



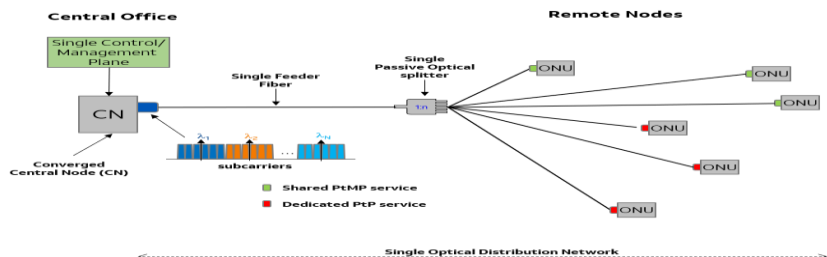
空芯光纤传输系统

研究空芯光纤系统，关注并推动光缆制备、低损耗低回损熔接、部署与运维等技术的发展



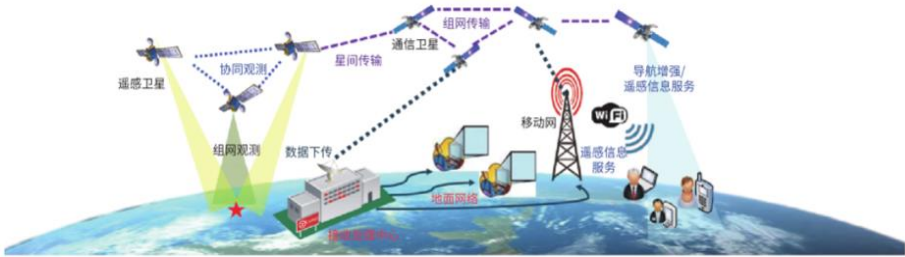
下一代PON VHSP

研究200G系统容量及以上的下一代PON系统架构、关键调制技术，关注核心光电技术发展



自由空间光通信

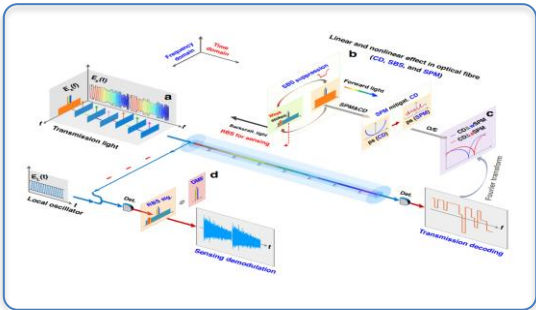
研究大气光通信、卫星间光通信和星地光通信，使全光网成为空天地一体化网络



通感一体，光网络数字孪生、光网络大模型等新型技术，将为光网络智慧化转型持续赋能

通感一体

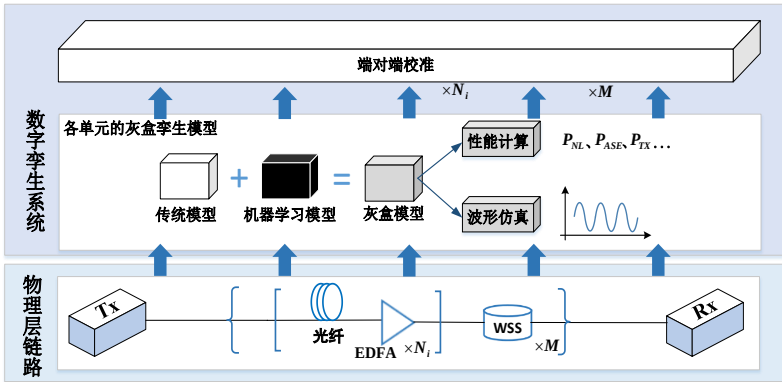
基于通信传感一体化系统架构，实现高速率通信与通信状态监测



共芯共波长传输

光网络数字孪生

在物理网络上建立镜像网络，支撑光网络全生命周期智能化



光网络大模型

构建光网络大模型，助力 L5 级自智网络达成。

Q: "What is BEFFEC_EXC? How did it come about? What impact will it have? How to handle it?"

Problem-solving process of AlarmGPT :

Selected 5 related knowledge: ('BEFFEC_EXC', 'Impact'), ('BEFFEC_EXC', 'Description')

1. Select related knowledges

2. Display output requirements

3. Provide Knowledges

4. Input task

5. Get the answer

Knowledge:

- * The impact of BEFFEC_EXC: There are errors on the line, and when the error rate is low, it is not serious.
- * The description of BEFFEC_EXC: BEFFEC_EXC means Error code over limit alarm before FEC error correction.

Q: What is BEFFEC_EXC? How did it come about? What impact will it have? How to handle it?

A:

BEFFEC_EXC means Error code over limit alarm before FEC error correction. It can be caused by a fault on an inter-site fiber or intra-site multiplexing link, severe signal attenuation during line transmission, or abnormal external environment.

Answer from ChatGPT :

I'm sorry, but I'm not familiar with the term "BEFFEC_EXC." It is possible that it is a specific term or code related to a particular alarm system or device. Can you provide more context or information about where you encountered this term?

Answer from AlarmGPT :

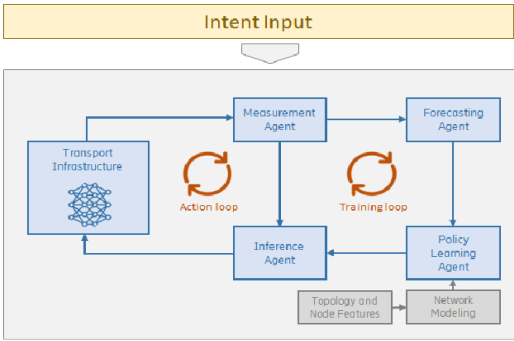
1. BEFFEC_EXC means Error code over limit alarm before FEC error correction. **Description**

2. It can be caused by a fault on an inter-site fiber or intra-site multiplexing link, severe signal attenuation during line transmission, or abnormal external environment. **Possible cause**

3. If the error rate is high, it needs to be resolved in a timely manner to avoid affecting the quality of signal transmission. **Impact**

4. To handle the BEFFEC_EXC alarm, one can check the Span loss in all sections of the link, complete the link commissioning as per standard, check the optical power of NS3, and replace the DCM-A at the receiving end where BEFFEC_EXC was observed. **Treatment**

ALARMGPT



意图驱动光网络

谢谢！

A decorative abstract graphic in the bottom right corner, featuring overlapping, flowing shapes in shades of red, orange, and yellow, resembling a stylized flame or a modern architectural element.