



中国移动
China Mobile

SPN设计理念和核心技术

李晗

中国移动集团级首席专家

中国移动研究院基础网络技术研究所 所长

2023年3月

www.10086.cn



1

SPN设计理念及基本架构

2

SPN小颗粒技术

3

总结



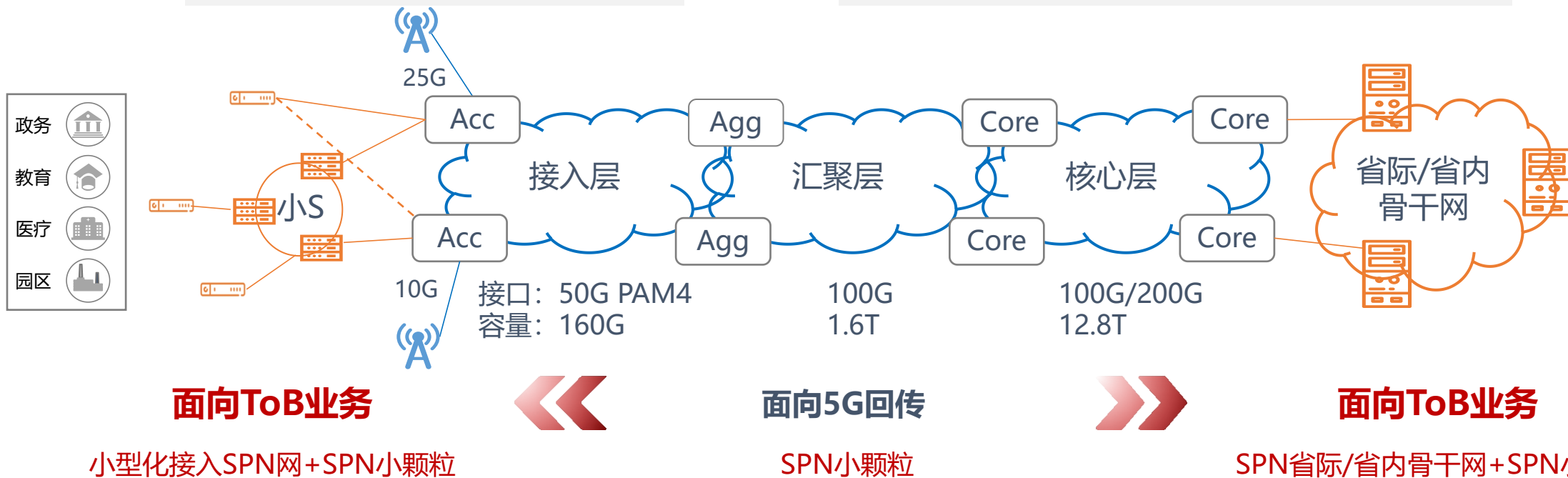
- 截止2022年9月，中国移动5G网络已覆盖**360+**城市，服务**5.57亿**5G套餐用户，已落地5G行业商用项目超**10000**个
- 中国移动已实现**SPN承载5G网络回传**，已部署**40万端**，覆盖**全国县级以上城区**，**网络性能优异、稳定**
- 面向**5G垂直行业**和**政企专线**等ToB业务承载，SPN将向“**大**”和“**小**”两极演进，支持**SPN小颗粒技术**，建设**SPN省际/省内骨干网**和**小型化接入SPN网络**，实现ToB业务**端到端软、硬切片、高性能、高安全**承载

SPN承载5G回传优势

- 既支持软切片，又支持硬切片
- 真正与无线、核心网端到端切片拉通

SPN承载专线/专网优势

- 既支持软切片，又支持硬切片，以前以太网专线仅有软切片
- 时隙交叉，安全性高，P节点转发时延低至2us

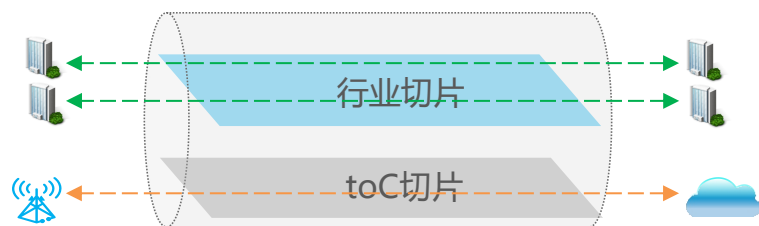




2022年“SPN 2.0赋能千行百业 切片专线构建数智未来”发布会上，中国移动**集团政企事业部**重磅发布**基础版、进阶版和定制版**三款SPN切片专线产品，标志着**SPN正式进入**5G垂直行业和政企专线等**ToB市场**

基础版：切片专线

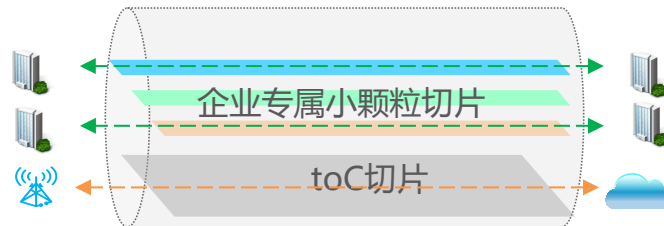
共享切片，泛接入、快开通



- ✓ 切片：行业客户MTN切片
- ✓ 隔离：用户间VPN隔离
- ✓ 重路由保护：具备
- ✓ SLA可视：标配
- 开通进度可视：可选配
- 线路拓扑可视：可选配

进阶版：精品切片专线

单用户专属小颗粒，超高确定性



- ✓ 切片：用户小颗粒MTN交叉 (FGU)
- ✓ 隔离：用户独享切片，物理隔离
- ✓ 重路由保护：具备
- ✓ SLA可视：标配
- ✓ 开通进度可视：标配
- ✓ 线路拓扑可视：标配

定制版：行业切片专网

行业专享切片，行业一体化服务



- ✓ 切片：根据需求定制，两类均可选
- ✓ 隔离：专网与其他用户切片隔离
- ✓ 重路由保护：具备
- ✓ SLA可视：标配
- 开通进度可视：可定制
- 线路拓扑可视：可定制

1 张专属切片网络

- MTN小颗粒切片技术，租户级专属切片

2 种确定传输能力

- 确定带宽、确定时延

3 重安全可靠方案

- 1+1主备路由、逃生路径、5G备线

4 类在线自助服务

- 进度、性能、拓扑可视、自助调速

All 全场景可定制

- 10M~10G带宽、点到点/多点、本地/跨市/跨省

 SPN已应用于**5G传媒、教育、交通、电网、医疗**以及**工业园区**等，差异化优势逐渐显现

5G大带宽高质量承载

SPN实现：大带宽 0丢包率



北京移动-央视国庆阅兵、春晚直播



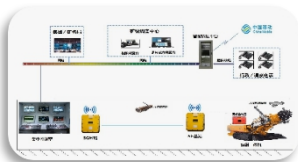
成都移动-腾讯“王者荣耀”赛事



青海移动-变电所监控

ToB低时延高可靠切片承载

SPN实现：硬隔离，单节点10微秒以内，端到端时延1毫秒以内



山西移动-新元煤矿



广西移动-五菱车联网



福建移动-远海码头



江苏移动-苏州工厂

MEC互联和业务灵活归属承载

SPN实现：full-mesh灵活连接

自动化部署和智能监测

SPN实现：自动开通，随流业务性能精确检测



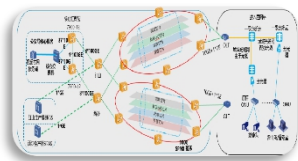
北京移动-大规模自动开通



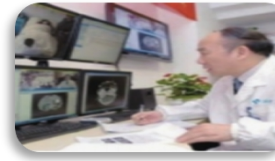
浙江移动-全网随流检测

固移融合承载

SPN实现：4G/5G和专线统一承载



陕西移动-亮雪工程



河南移动-郑州医疗专网

光大证券对SPN优势点评

× 光大证券-通信行业事件点评：5GR16标... ...

2020年,我国运营商启动5G独立组网,从目前三家5G承载网方案来看,移动的SPN(切片分组网)投资规模较大,且或更能满足5G不同业务等级的要求,5G时代中移动业务优势或更加明显。

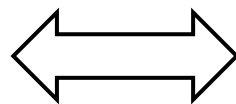
切片的核心理念和路线之争



网络切片是5G的**内生**功能，以**TDM**为代表的**硬切片**和**分组**为代表的**软切片**技术都在争夺5G回传市场

硬切片

- ✓ 确定时隙
- ✓ 传输性能稳定保障：不受其他切片客户流量负载变化影响



- ✓ 分组报文区分机制+QoS保障机制
- ✓ 传输性能较稳定保障：高突发、高负载时，低优先级切片可能会受到影响

软切片

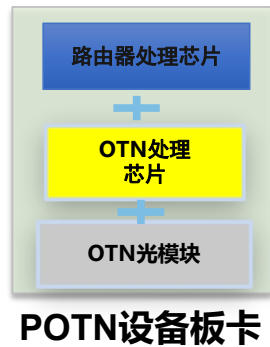
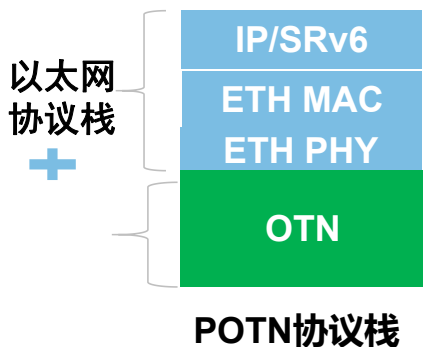
具备防错连能力，确保切片内业务不会被发送到其他节点或端口

切片内业务不会泄漏到网络管理或控制通道中，客户无需感知网络控制平面

硬切片技术路线：TDM叠加分组

代表技术：POTN/MOTN

协议栈复杂，需要多芯片叠加，无法沿用以太网产业链



软切片技术路线：分组自身增强

代表技术

L1增强：FlexE
(灵活以太网)

仅实现接口隔离，交换内核采用分组，无法支持硬切片



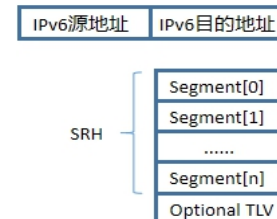
L2增强：TSN
(时间敏感网络)

基于时间对分组流量进行优化调度实现低时延



L3增强：SRv6
(IPv6段路由)

通过源地址路由以及SDN实现确定路由调度和资源保障





针对硬切片，中国移动提出“**分组内生TDM**”的创新技术路线

基于**TDM Inside Ethernet**的理念，实现分组交换与TDM融合，面临**三大架构设计挑战**

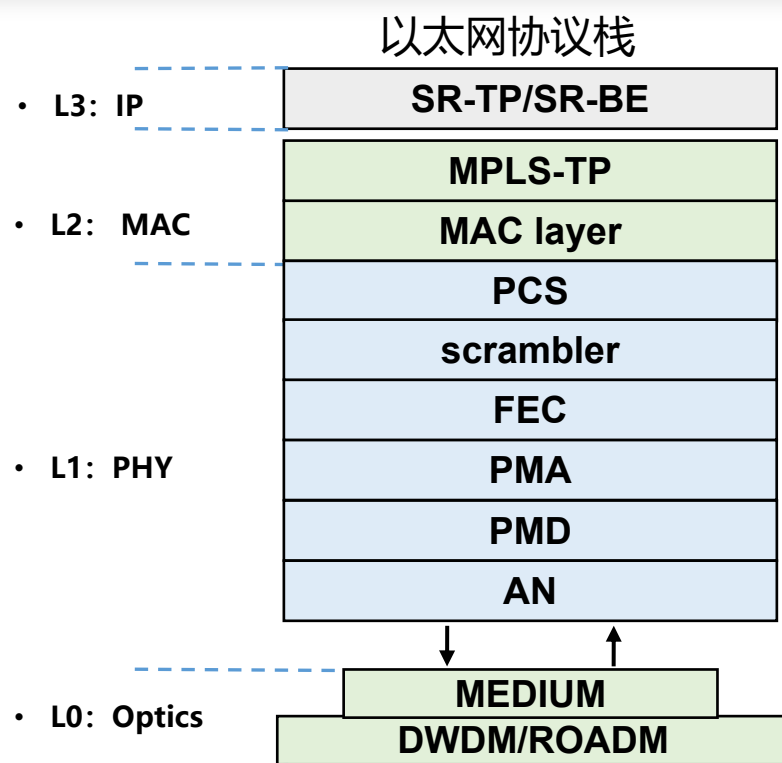
无损：TDM实现硬切片，电信级，低时延

灵活：分组实现软切片，灵活路由，统计复用

高效：充分利用以太网芯片和光模块产业生态

ITU-T SG15 Q11工作组主席，IEEE fellow高度评价：

“有必要定义一种适合于以太网的新的TDM技术，而不是将现有具有独立完整管理的TDM技术简单地与以太网技术叠加。中国移动（CMCC）率先开创了这项技术。”



挑战1：如何在以太网协议栈中引入TDM层网络

- 以太网物理层有多个子层，在**哪个子层**引入TDM，如何选取TDM所需的定长单元实现交叉连接

挑战2：如何在不增加速率情况下构建TDM开销

- TDM层网络需要丰富的开销（CC, CV, APS, REI, RDI, LF, RF, BIP, DM, LM ...），为了重用以太网协议栈和芯片**不能改变以太网信号结构**，为了重用以太网光模块，**不能增加信号速率**

挑战3：如何保持以太网协议栈的可靠性设计

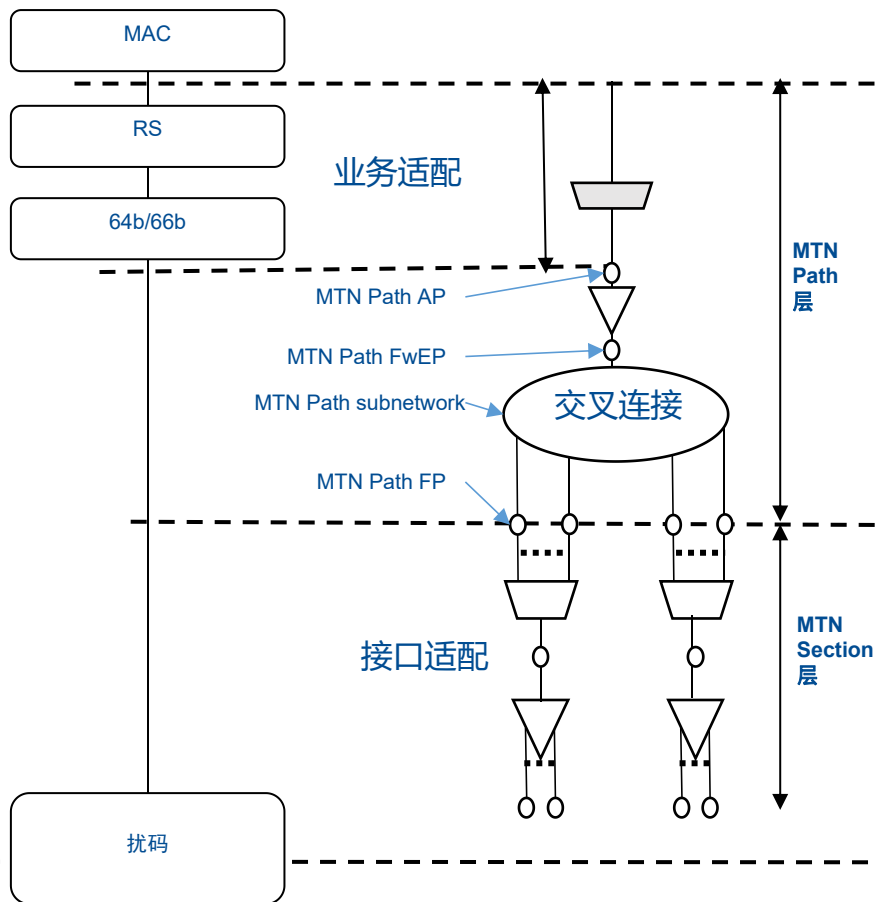
- 以太网协议物理层要求确保其错误收包平均间隔时间（MTTFPA）能达到宇宙寿命级别（>100亿年），引入TDM交叉连接打破了MAC与PHY的固定对应，会产生**误码扩散效应**，如何解决？



提出在**以太网PCS（物理编码子层）上半部分**构建TDM层网络的架构设计和基本机制

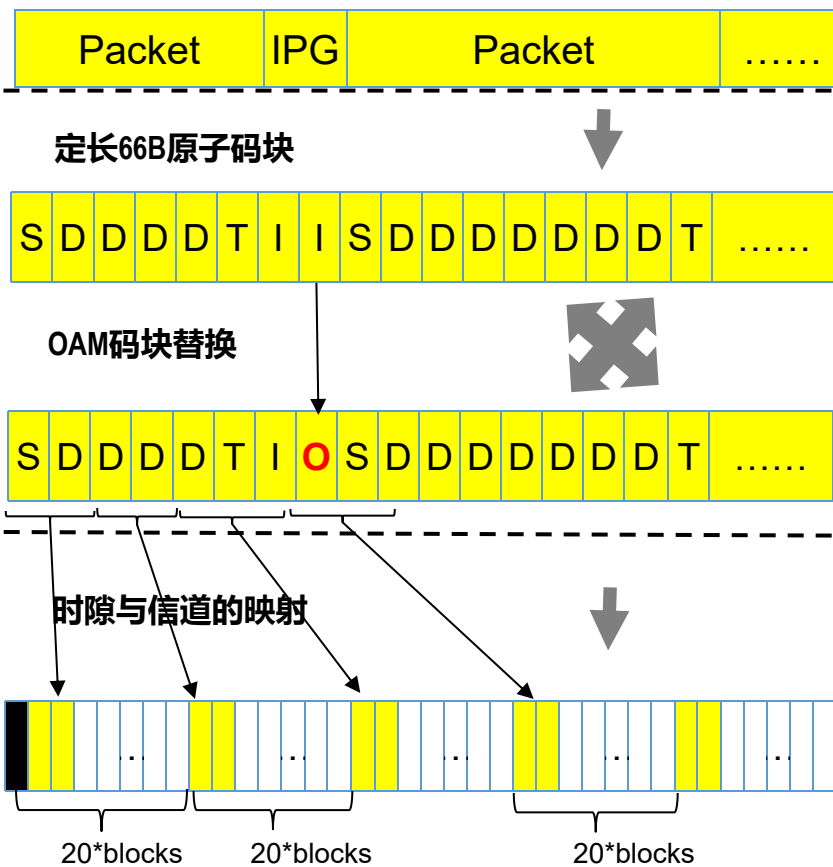
SPN层网络架构

IEEE 模型802.3



层网络帧处理

变长的以太网报文



层网络基本原理

MAC层与以太网完全兼容

□ 如何在**不改变以太网信号结构**情况下进行TDM交叉连接：提出基于PCS层66B码块为原子交换单元以及时隙与信道的映射机制实现TDM和分组融合，同时也保证了低时延

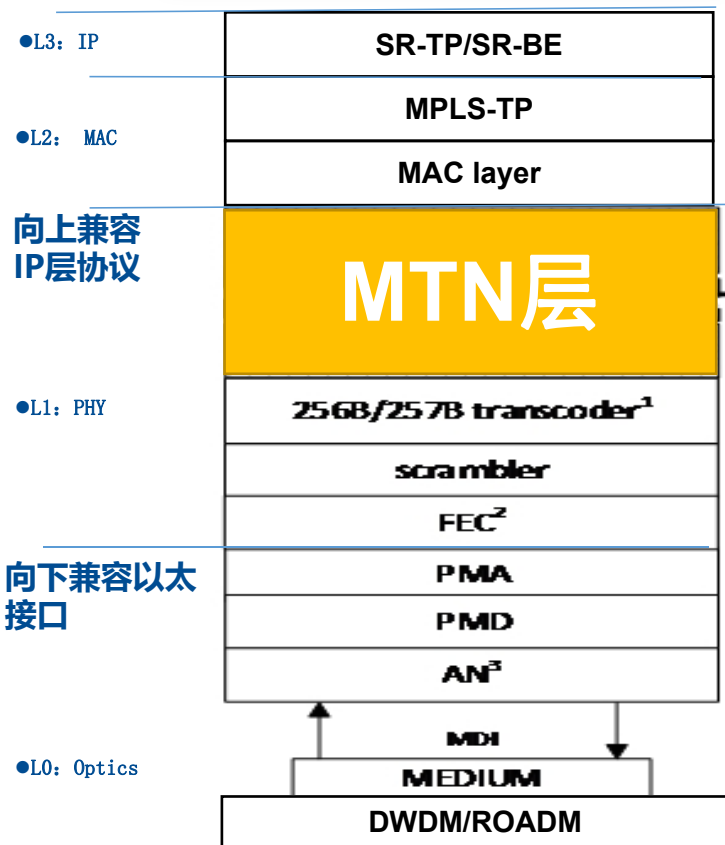
□ 如何在**不增加速率**情况下构建开销：提出OAM码块替换IDLE码块的开销机制

□ 段层开销机制：重用FlexE 5Gbps颗粒的帧开销，实现物理接口的隔离、绑定及子速率功能



提出基于0x4B+0xC为特征的OAM码块标识方法；提出以N*16k为准周期的MTN帧结构，解决了IDLE码块随机出现与OAM码块需要确定位置的问题；提出BABL的OAM帧结构，实现了开销信息可扩展

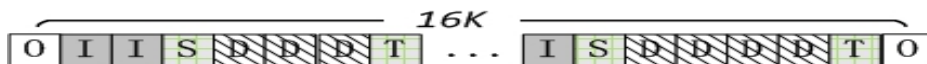
新的协议栈



交换及OAM机制

MTN接口+帧结构

提出以N×16k为准周期的MTN帧结构，解决了以太变长帧与TDM确定周期协同调度问题



MTN时隙+66B码块交换

提出以N×20x5Gbps为循环的时隙交换机制，确保任意以太网速率接口可统一交叉调度



OAM码块标识+复帧结构

提出BABL OAM复帧机制，使用O码块承载OAM，基于0x4B+0xC为特征标识OAM码块，形成了高效、灵活的OAM机制



新的技术效果

低时延

- 66Bit交换单元，远短于传统TDM
- 码块既来即发，本地存储时间短

确定性

- 基于TDM交换，确保链路0丢包
- 可预知入/出时隙，避免拥塞

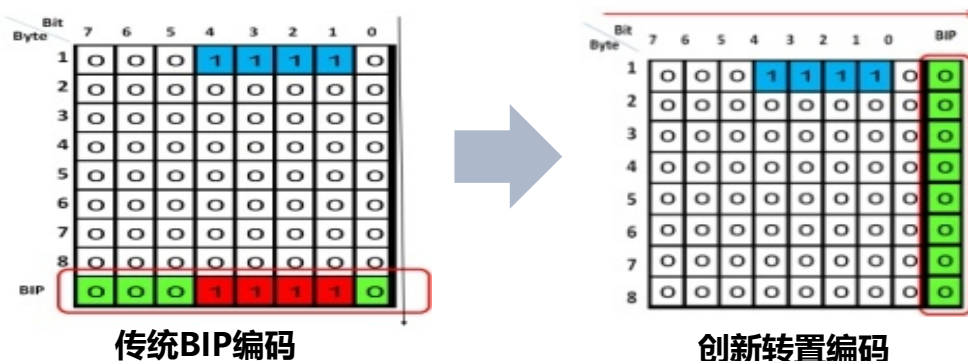
OAM简单

- 开销码块替换空闲码块，链路利用率高
- 0x4B+0xC标识OAM码块，经济简单
- BABL复帧机制承载OAM，灵活可扩展

创新物理层误码检测及误码扩散抑制机制

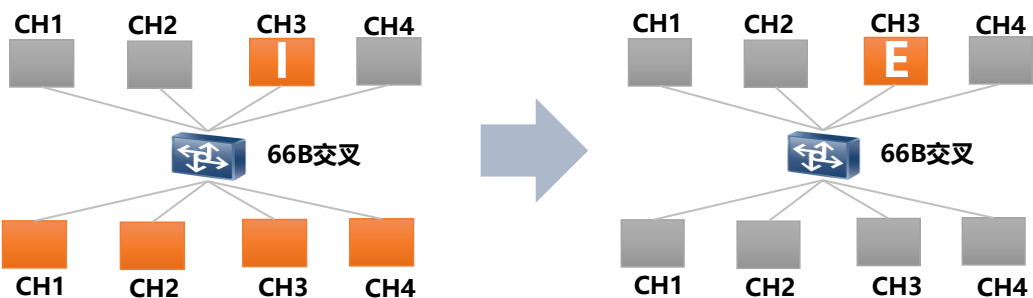
□ **数据流误码检测**：解决了因IDLE块的增删而无法采用BIP进行校验的问题，能够普遍用于物理层64B/66B码流的数据完整性检测

□ 64B/66B转置BIP算法



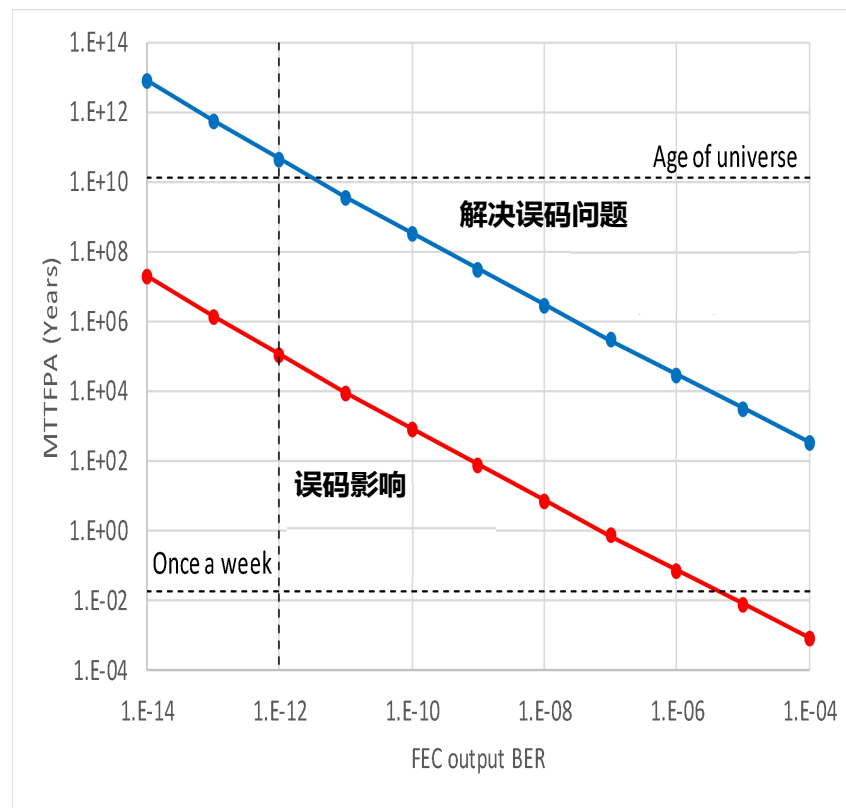
□ **通道误码扩散抑制**：通过E码块替换FEC无法纠错的codeword的码块，解决了因66B码块跨channel交换造成的误码扩散问题

□ 针对FEC无法纠错的66B码流，提出基于E码块的误码抑制机制



实现了100亿年MTTFPA可靠性

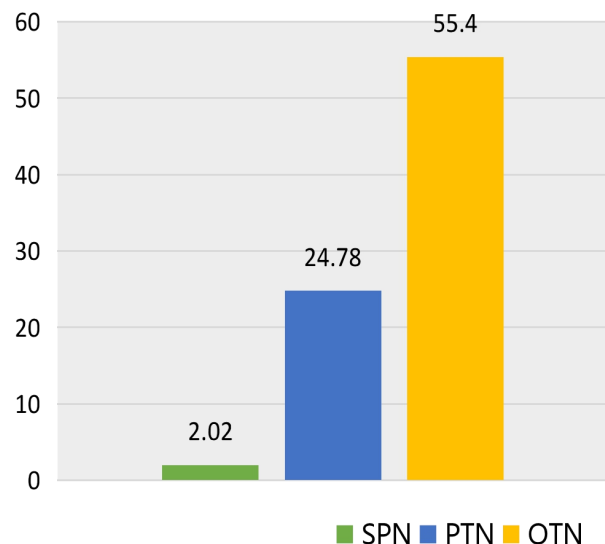
□ 通过物理层数据流误码检测和通道误码扩散抑制，将SPN层网络的MTTFPA提升至100亿年（宇宙年限）之上，满足了端到端网络可靠性要求



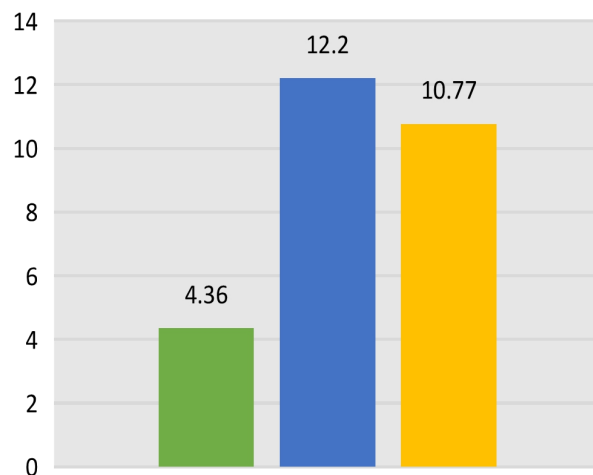


- SPN是中国移动**原创技术**，是目前业界**唯一既支持硬切片又支持软切片**的5G承载技术
- SPN**低时延、超高精度同步、硬切片特性**，实现了多项性能突破，较传统传输技术性能显著提升，达到**业界最优，且网络质量稳定**

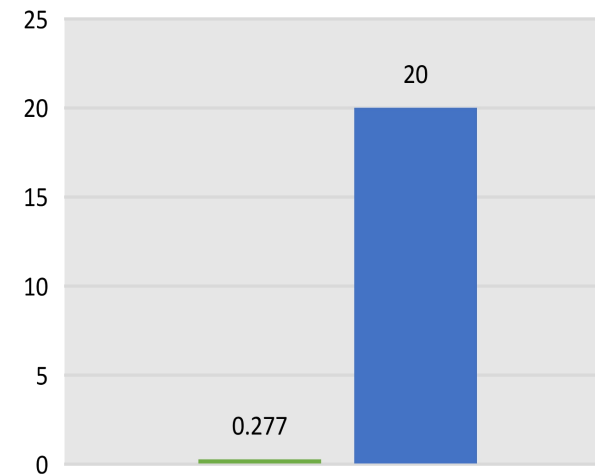
单节点转发时延 (us)



单节点时间精度 (ns)



拥塞后的时延变化 (us)



中国移动SPN网络已覆盖全国县级以上城区，有力支撑5G商用。
自2019年建网至今，运行质量良好，性能稳定。



- SPN作为中国提出的**原创性**技术体系，已成为**ITU-T新一代传送网国际标准体系**
- 在ITU-T MTN系列标准的基础性技术方案中，中国原创性占比**超过70%**
- **首次实现**ITU-T标准对CCSA行业标准的引用

	1989	1999	2019	
	SDH	OTN	MTN	
✓ 接口	G.707	G.709	G.8312	✓ 已发布(2020年12月)
✓ 架构	G.803	G.872	G.8310	✓ 已发布(2020年12月)
✓ 管理	G.784	G.874	G.8350	✓ 已发布(2022年11月)
✓ 设备	G.783	G.798	G.8321	✓ 已发布(2022年11月)
✓ 保护	G.841	G.873.1	G.8331	✓ 已发布(2022年2月)
✓ 演进			G.Suppl.69	✓ 已发布(2020年10月)
✓ 同步			G.mtn-sync	计划2023年报批
✓ 小颗粒			G.fgMTN	新立项 (2022年9月)

■ **体系化**：截至目前，已有**6项**MTN国际标准发布（G.8312、G.8310、G.Sup69、G.8331、G.8350、G.8321），标志着**SPN/MTN新一代传送网国际标准体系基本完成**

■ **完整的SPN行标标准体系，共20本行业标准**：《总体》、《SPN设备》2本、《细粒度承载技术》2本、《南向》2本、《北向》2本、《同步》5本、《SPN端到端切片》、《SPN切片管理》2本、《互通》、《PTN/SPN管控融合网管系统》、《节能技术》



1

SPN设计理念及基本架构

2

SPN小颗粒技术

3

总结



5G+垂直行业和政企专线提出业务**带宽 $\leq 1\text{Gbps}$ 、硬隔离、端到端时延（含无线和核心网） $\leq 10\text{ms}$ 、可靠性99.999%**的承载要求，促使SPN向**更小颗粒、更小容量、更小体积**演进

5G+垂直行业场景

5G+智能电网

带宽 $\leq 10\text{Mbps}$ 、端到端时延 $\leq 15\text{ms}$ 、
可靠性99.999%、物理隔离

5G+智慧港口

带宽 $\leq 30\text{Mbps}$ 、端到端时延 $\leq 18\text{ms}$ 、
可靠性99.999%、低抖动

5G+智慧医疗

带宽 $\leq 20\text{Mbps}$ 、端到端时延 $\leq 20\text{ms}$ 、
可靠性99.999%、低抖动

政企专线场景

政务专线

带宽 $\leq 1\text{Gbps}$ 、端到端时延10~20ms、
可靠性99.99%、硬隔离

金融专线

带宽 $\leq 40\text{Mbps}$ 、端到端时延 $\leq 10\text{ms}$ 、
可靠性99.99%、硬隔离

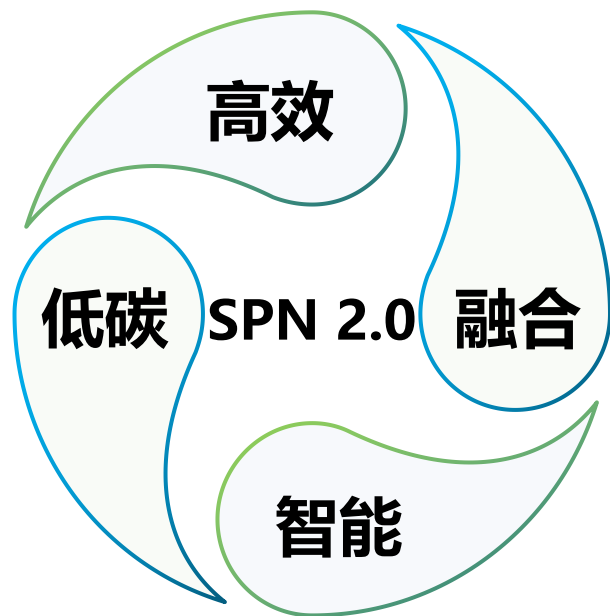
大企业专线

带宽 $\leq 100\text{Mbps}$ 、端到端时延10~100ms、
可靠性99.99%、硬隔离



- SPN 1.0时代，SPN已实现40万端部署，覆盖全国所有县级以上城市，为5G承载和应用打下了坚实基础
- SPN 2.0时代，面向**5G+垂直行业、政企专线、云网业务**等场景需求，致力于将SPN打造为“**高效、融合、智能、低碳**”的新一代综合业务承载网
- 与**电力行业**深度合作，充分挖掘和分析电力专网业务特征与需求，**联合发布白皮书、共签ITU-T文稿**，共同推进SPN向2.0时代演进

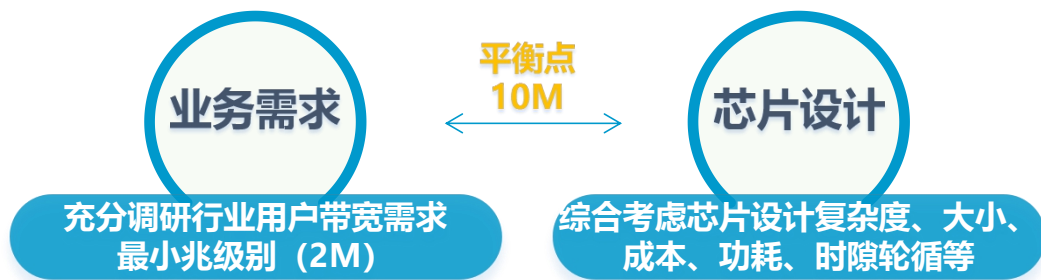
联合电科院等15家院所/公司联合发布 《SPN 2.0技术白皮书》和《SPN小颗粒技术白皮书》





SPN小颗粒技术 (FGU, Fine Granularity Unit) 能够提供 **$N*10Mbps$ 硬切片**, 聚焦构建**端到端高效、无损、柔性带宽、灵活可靠**的通道和承载方式

为何选择10Mbps颗粒



5座



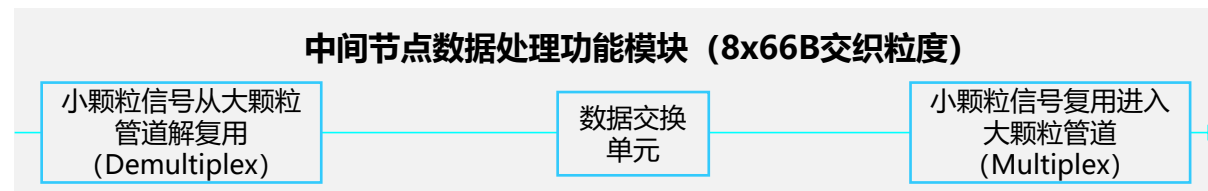
7座

● **2Mbps颗粒度**: 芯片复杂度提升、成本提高、时延变大

✓ **10Mbps颗粒度**: 综合考虑业务需求和芯片设计因素之后的平衡选择

- 采用10M (大) 容器承载2M, P节点转发相比SDH时延低5倍
- 2M业务进10M通道采用4进1

如何保证低时延



TDM时延取决于通道带宽: P 节点时延 \approx 交织单元长度 / 通道带宽



汽车周期性出发

如何设计每次发车人数?

✓ **8x66B交织粒度保证低时延**

- 8x66B交织粒度与数据总线位宽保持匹配, 避免等待总线“拼车”时延
 - 如果交织粒度过大, “每次发车人数过多”, 则等待时间过长
 - 如果交织粒度过小, 需额外“总线拼包”, 占用额外芯片资源
- FGU通过入和出时隙相位对齐进一步优化了时延



- 创新构建**FGU帧结构**，**解决**在以太网体系下TDM小颗粒难以大规模组网的问题，**提高带宽利用率**
- 创新**FGU OAM机制**，采用**66B控制码块**和**替换IDLE**方案，**节约**业务带宽，为每条小颗粒提供独立完善的OAM

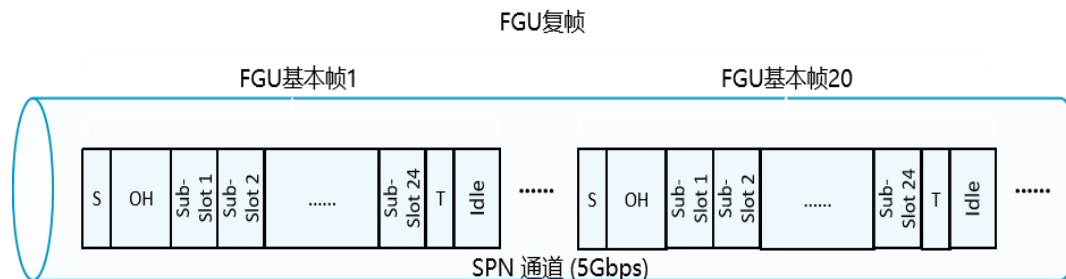
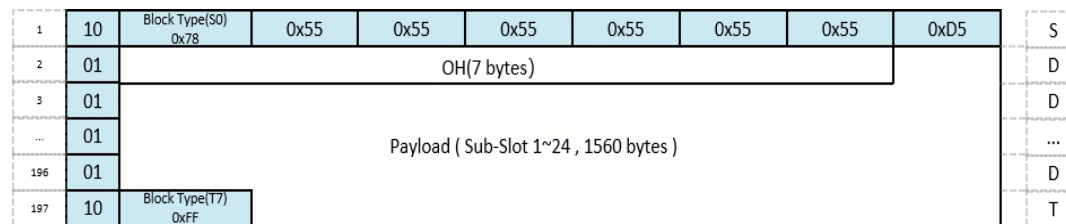
1 构建容器和全新帧结构

①采用TDM机制，端到端硬隔离，实现低时延低抖动

- 与以太网PCS兼容的“S+D+T”码块序列10Mbps容器，兼容现有SPN和10M以太网接口
- 采用64/66B编码格式，将开销和净荷编码后封装到定长的“S+D+T”序列中，FGU基本单元帧(单帧)=1*开始码块(S0)+195*数据码块(D)+1*结束码块(T7)
- 固定发送周期、固定时隙数量、固定位置，独享时隙资源

②设计复帧机制，精细化带宽，高效利用带宽

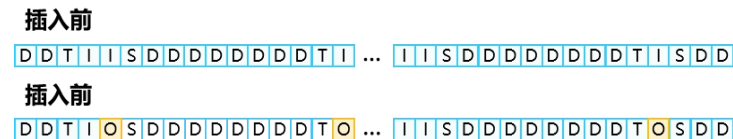
- 1个5Gbps颗粒以20个基本帧为1个复帧，共支持480个时隙
- 1个10GE以太网接口以40个基本帧为1个复帧，支持960个时隙
- 5Gbps颗粒可达**97%**的高带宽利用率



2 完善的OAM机制

重用SPN 1.0随路OAM机制，分为基础码块和非基础码块（APS及低优先级码块）

- 采用66B控制码块，在包间隔IPG替换IDLE插入，不占用业务带宽，为每条小颗粒提供独立、完善的端到端/逐段OAM



SPN小颗粒帧结构和OAM机制已得到至少6个设备商、4个芯片商的支持，写入CCSA行标，成功实现ITU-T核心标准G.fgMTN立项，获ITU-T认可

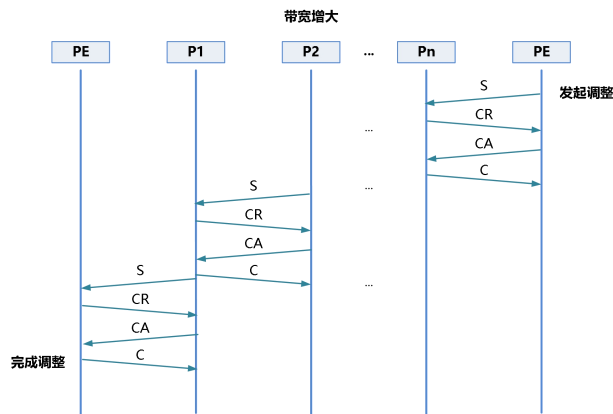


- 带宽调整一般需要在业务量少的夜间进行，且会有**业务损伤**
- SPN2.0小颗粒**创新采用逐跳方案**，可实现带宽**及时、无损调整**，大幅提升网络可靠性和运维能力

3 在线无损带宽调整能力，进一步提升网络高可靠性

FGU支持端到端带宽与时隙无损调整功能，调整带宽时不会丢失数据报文，资源分配更加灵活

- 带宽增大调整：先调增通道带宽，再调增业务有效带宽
 - ①网管向路径所有节点下发调整信息-->②自宿PE节点向上游节点逐跳（直至源PE节点入口）调增通道带宽-->③调增业务有效带宽
- 带宽增减调整：先调减业务有效带宽，再调减通道带宽
 - ①网管向路径所有节点下发调整信息-->②调减业务有效带宽-->③自源PE节点向下游节点逐跳（直至宿PE节点出口）调减通道带宽

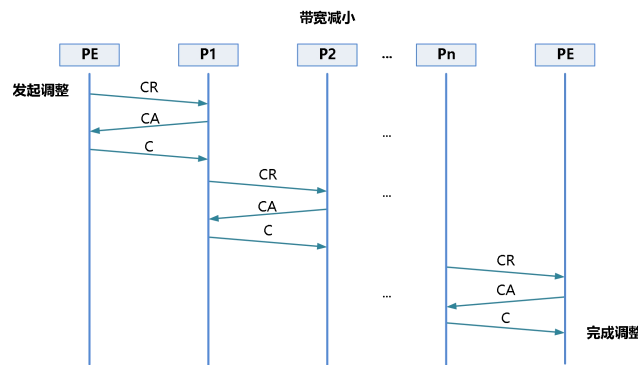


机制简化（四比特信令）

- 重用FlexE/MTN开销信令
- C、CR、CA、S四比特用于调整

逐段独立调整方式

- 每相邻两节点逐段调整
- 不依赖于上下游调整时间



调整步长灵活

- 支持一次调整多个10M时隙
- 不限制调整带宽

只传递变化时隙信息

- 只传递增加或者减小的时隙
- 原有占用时隙信息不再传递

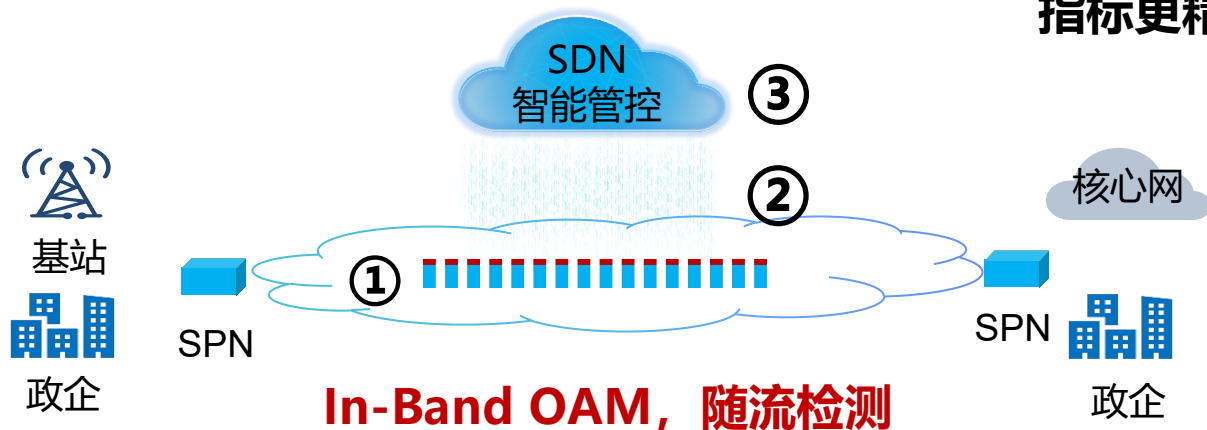
在线无损带宽调整功能已**纳入SPN集采**，**逐跳**技术方案得到ITU-T一致认可



传统检测手段仅支持探针式主动测量，无法真实反馈客户实际流量性能。

SPN提出In-Band OAM精确性能检测技术，**主动检测**业务质量，性能指标**实时上报并可视**

指标更精确



	时延(ms)	抖动(ms)	丢包率
业务1	500	300	0.0001%
业务2	100	30	0
业务3	10	10	0

毫秒级检测

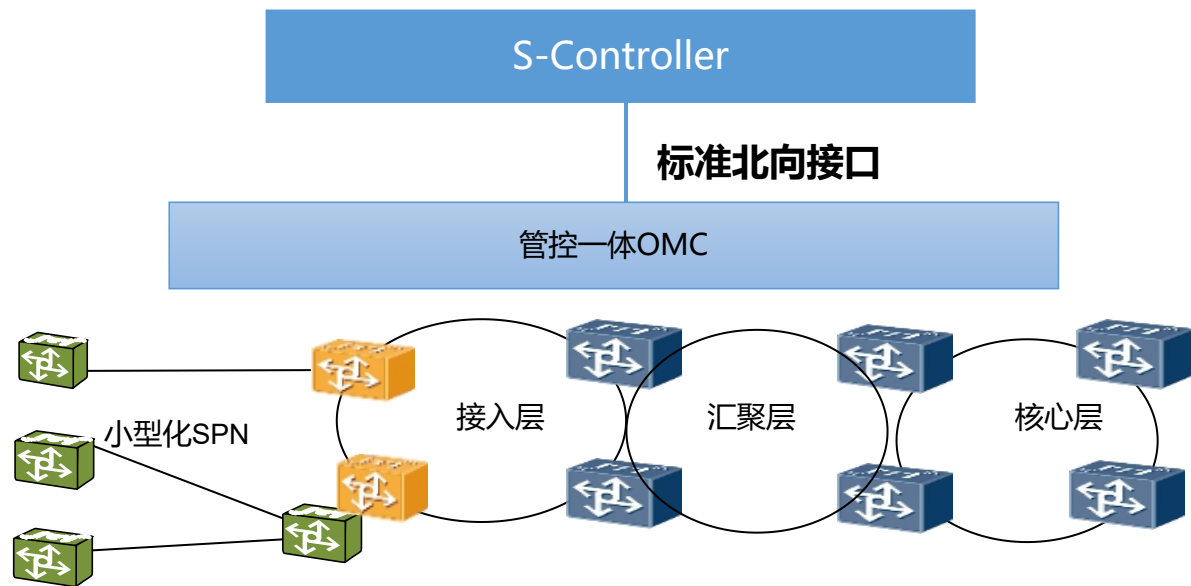
- ① **端到端**：不感知中间业务的转发通道，首末两端直接检测
- ② **故障定位**：支持逐跳方式检测，准确定位故障段落
- ③ **业务流级**：针对业务特征信息进行匹配和下发实例

- ④ **精准度高**：OAM流嵌入在数据流中，观测数据流本身
- ⑤ **大规模网络**：首节点自学习、动态流实时感知及配置
- ⑥ **标准化**：功能及配置上报接口均纳入CCSA，推进IETF标准

SPN In-Band OAM已规模应用于中国移动现网，提升SPN链路、节点日常检测效率以及故障快速定位能力，并为客户提供更加准确、实时性高的可视化SLA呈现。



基于标准北向接口，屏蔽异厂家设备差异，通过两级架构，实现多域网络端到端管控
通过S-Controller集中控制，实现业务端到端高效控制、高可靠，网络资源智能运维，可管可视

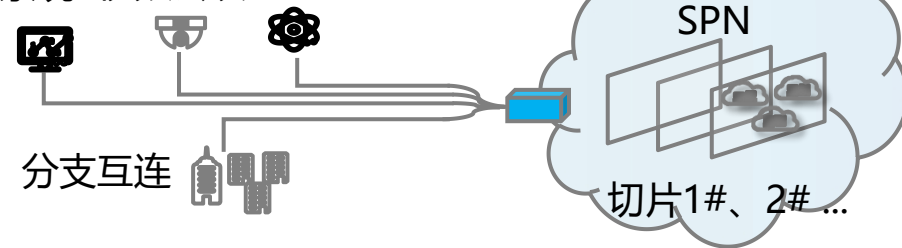


灵活开通：切片业务自定义

✓ 多业务差异化承载

✓ 基于切片按需定制

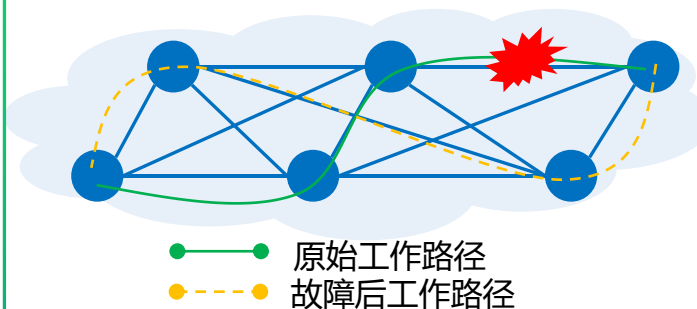
生产系统 视频会议



安全可靠：主备保护 + 3rd 逃生路由

✓ 抗网络多点故障

✓ 业务不中断



- ✓ 风险感知预警
- ✓ 主动重路由
- ✓ 有路即通

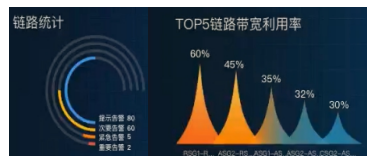
开通进度可视



网络拓扑可视



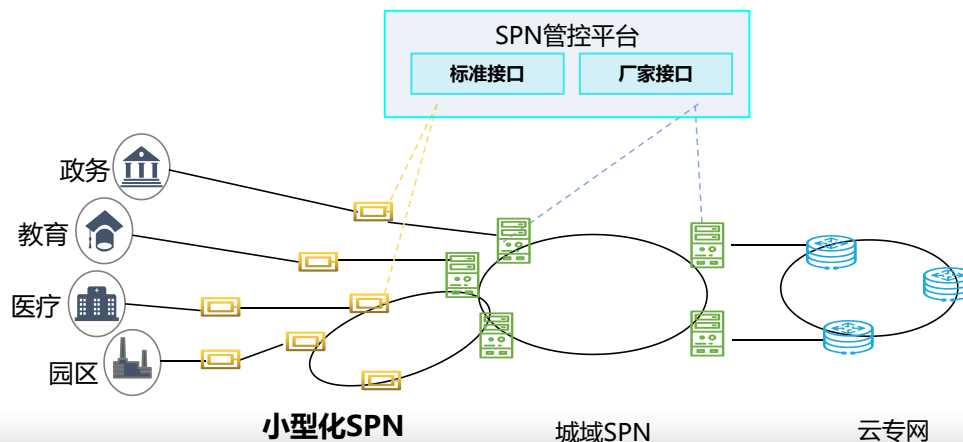
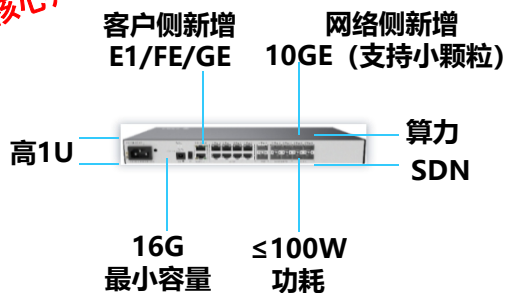
业务指标可视





小型化接入SPN设备支持**10GE接口小颗粒技术**，将**N*10Mbps硬通道**延伸至客户办公桌，更小容量**减少电量消耗**，更小体积**提升部署灵活性**，更加开放融合**降低部署难度**，加入算力**增强数据安全性**

SPN2.0体系
核心产品



类SDH的TDM能力

- ✓ 对10GE以太网接口做10Mbps颗粒度的时隙划分及复用
- ✓ 将城域小颗粒硬切片延伸至客户侧

更小容量

- ✓ 最小16G交换容量
- ✓ 满足ToB末端接入需求，降低功耗

更小体积

- ✓ 1U高度，可放至办公桌
- ✓ 体积小，灵活部署

更加开放融合

- ✓ 小S之间、小S与城域SPN之间均可实现异厂家灵活NNI组网
- ✓ 业务可跨小S、大S端到端管控

加入算力

- ✓ 集成Sigma Lite轻量级边缘计算平台，实时数据采集与分析，数据不出园区

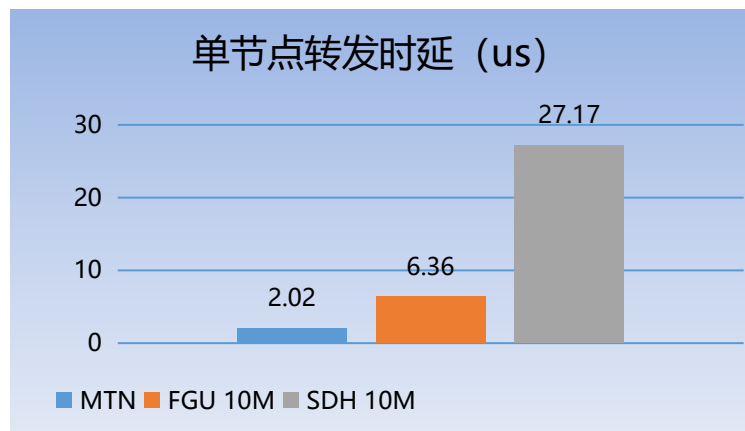
小S标准和产业链逐渐成熟，产业伙伴逐渐壮大

- **CCSA行标**：已立项，正在制定中
- **芯片**：盛科正在积极研发小S定制化芯片，demo已完成异厂家互通测试，预计23年流片
- **设备**：5家已推出设备(华为、中兴、烽火、初灵、瑞斯康达)，均参与实验室测试，其中4家已现网试点；不少于5家公司等待进场测试。



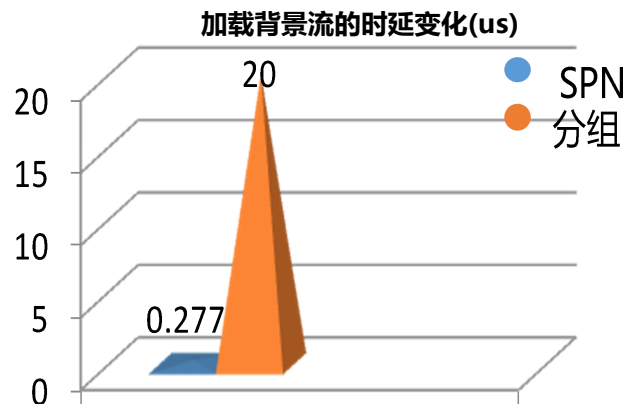
小颗粒技术将SPN硬切片粒度**从5Gbps精细化为10Mbps**，P节点转发时延较SDH 10M (2M*5) 降低**76.6%**，较分组业务，抖动降低**99%**，同步精度达到**5ns**，**性能达到业界领先**

单节点转发时延



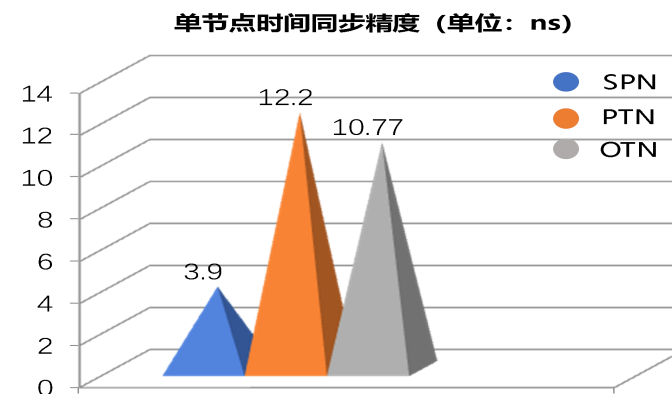
- SPN FGU较传统2M通道的P节点转发时延**降低76.6%**

切片抖动 (确定性和隔离性)



- SPN硬切片抖动是分组切片的**1/100**，时延确定性和业务隔离性高

时间同步精度



- SPN单节点时间同步精度**小于5ns**，**达到业界领先水平**

SPN小颗粒技术助力SPN硬切片从5Gbps到10Mbps，硬切片能力大幅提升，且网络性能业界领先



1

SPN设计理念及基本架构

2

SPN小颗粒技术

3

总结

- SPN是中国移动**原创技术**，是目前业界**唯一既支持硬切片又支持软切片**的5G承载技术
- 秉持“**分组内生TDM**”的设计理念，SPN将**TDM交叉**和**分组交换**有机融合，兼容以太网协议栈、**共享以太网产业链**，实现对多种业务的**灵活、无损、高效**承载
- SPN/MTN已成为**ITU-T新一代传送网国际标准体系**
- SPN小颗粒技术将SPN硬切片粒度**从5Gbps精细化为10Mbps**，P节点转发时延较传统2M降低**5倍**，较分组业务，抖动降低**99%**，同步精度达到**5ns**，**性能达到业界领先**
- SPN能够实现电网**生产大区与管理大区**之间的**硬隔离**，以及**大区内的软硬隔离**，助力**高品质5G智慧电网建设**



中国移动
China Mobile

感谢聆听!



中国移动研究院公众号



中移智库公众号

www.10086.cn



SPN在电力行业的应用试点**案例逐渐增多**，试点**规模不断增大**，**性能优异**，助力5G智慧电网建设

福建电力、孝感电力案例

- **福建电力**：采用MTN、MTN小颗粒切片、VPN实现对各大区的软硬隔离，可靠性达99.999%，端到端时延达9ms，实现0丢包，性能优异

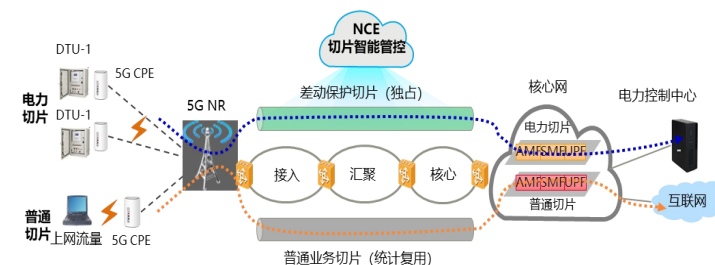


- **孝感电力**：5G智慧电网采用MTN硬切片方案承载三遥业务，荣获2021年第四届“绽放杯”5G智慧电网安全评测服务全国优秀奖



南方电网快速差动保护案例

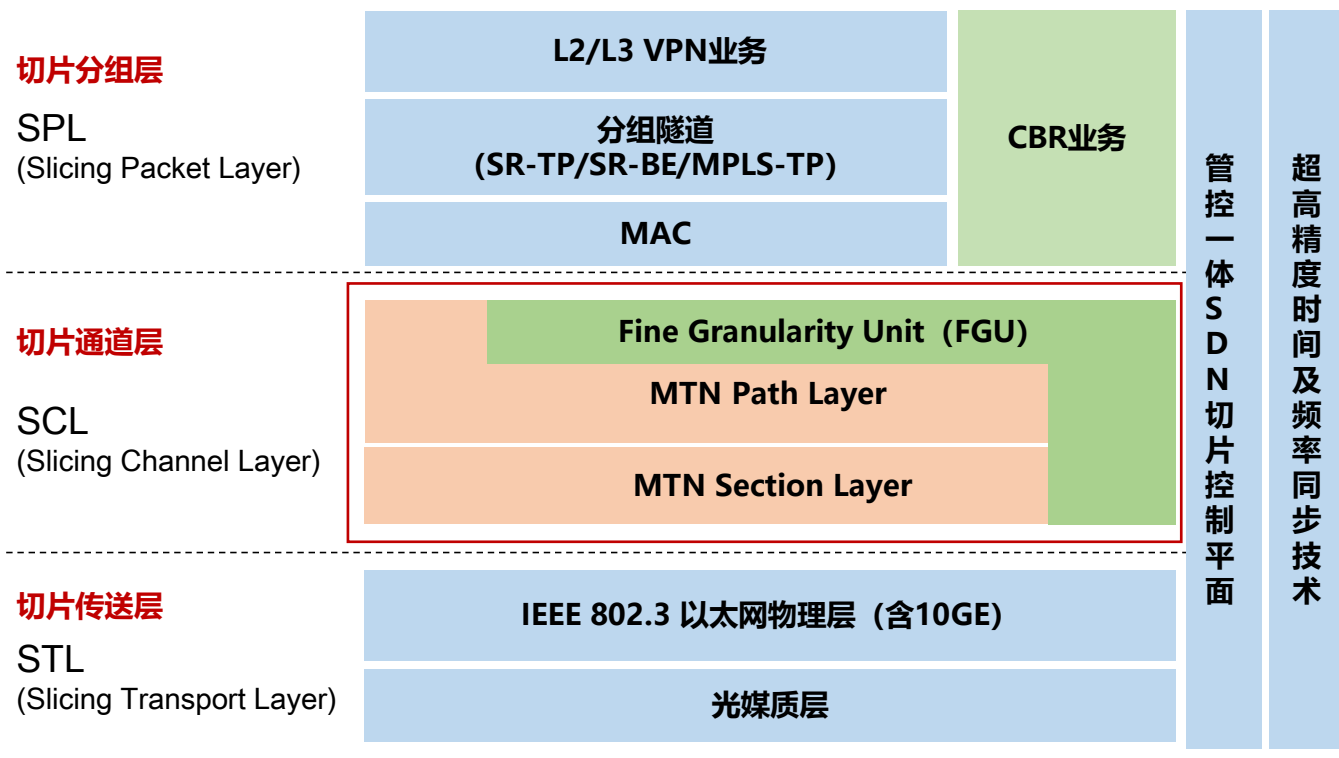
- **解决方案**：MTN切片承载配网差动保护业务，利用5G承载网对终端进行高精度授时，实现信息超低时延传输，快速隔离故障线路，切换备用路线，保障线路安全
- 深圳移动南方电网项目是国内首个5G网络差动保护外场测试，时延能满足，并**通过国家发改委验收**；
- 广州已规划10000+广域业务点；深圳已小规模商用，新规划4000+广域业务点



负载	FlexE-EF (时延: us)	FlexE切片-AF4 (时延: us)	G.mtn-EF (时延: us)	G.mtn-AF4 (us)
91%	172.84	179.81	58.706	57.572
96%	173.08	180.37	56.984	59.494
101%	179.42	180.49	58.262	59.28
106%	179.42	180.49	57.8	57.806



- 中国移动提出“无损+高效灵活”的承载理念，提出**全新SPN技术和架构**，无缝融合分组和TDM
- SPN分为**切片分组层 (SPL)**、**切片通道层 (SCL)** 和**切片传送层 (STL)**，将**分组交换和TDM交叉**融为一体，实现对不同业务的**软硬切片**



切片分组层 (SPL)：用于分组业务处理，**创新提出Path Segment (路径标识)**，构建面向连接的端到端段路由隧道 (SR-TP)

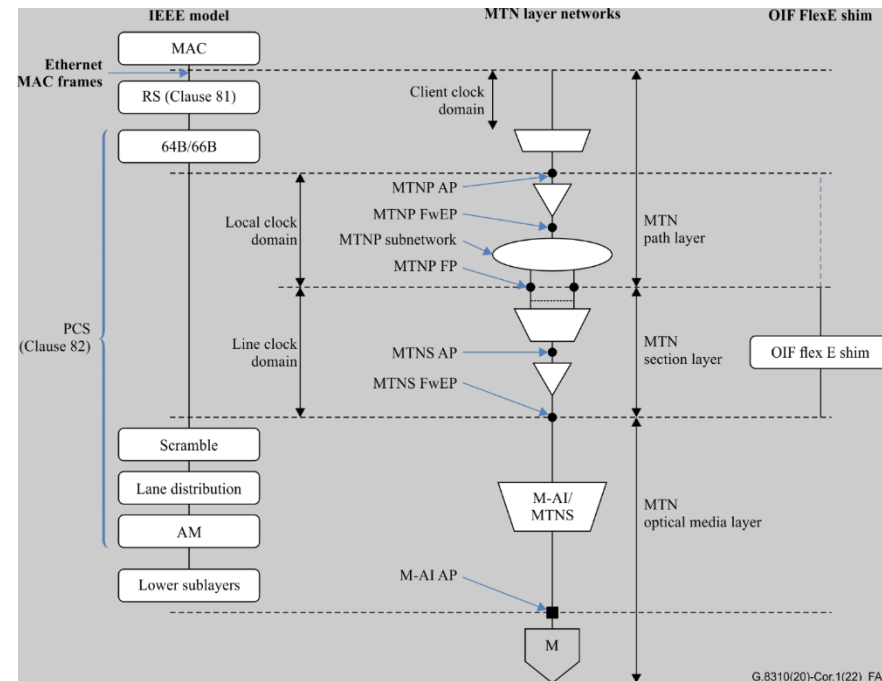
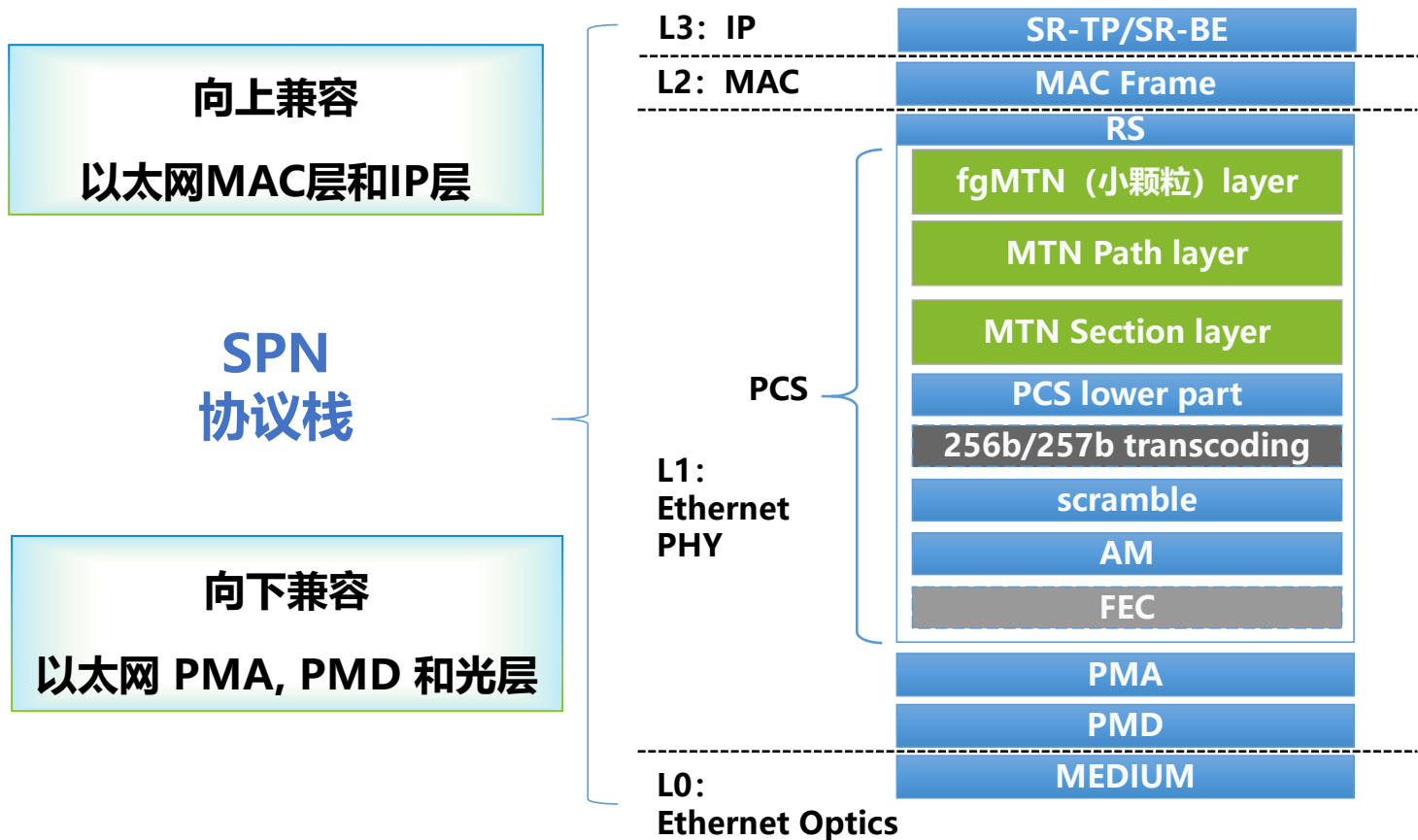
切片通道层 (SCL)：**基于64B/66B码块为原子单元的交换机制**，采用基于TDM时隙的MTN Path和MTN Section技术，以及FGU技术，提供硬管道交叉连接能力；**包间隙替换空闲码块作为开销，O码块插入**实现OAM功能

切片传送层 (STL)：用于提供IEEE802.3以太物理层编解码和光传输媒质处理。

SPN支持L0-L3层能力，共享以太网产业链



SPN在以太网协议栈中**增加MTN层**，实现**TDM和分组的有机融合**，支持**L0至L3层能力**，**兼容**以太网协议栈，**共享**以太网产业链，实现**低成本**



图来源：ITU-T G.8310 MTN架构