ICS 19.020
CCS K 85

团　体　标　准

T/CSEE 0319.1—2022

电力通信切片分组网络（SPN）
第 1 部分：网络架构总体技术要求

Power communication slice packet network (SPN) —
Part1: General technical requirements for network architecture

2022–12–05 发布　　2023–03–01 实施

中国电机工程学会　发布

T/CSEE 0319.1—2022

团 体 标 准

电力通信切片分组网络（SPN）

第 1 部分：网络架构总体技术要求

T/CSEE 0319.1—2022

*

中国电力出版社出版、印刷、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 http://www.cepp.sgcc.com.cn）

*

2023 年 7 月第一版 2023 年 7 月北京第一次印刷

880 毫米×1230 毫米 16 开本 3.25 印张 101 千字

*

统一书号 155198・4810 定价 **82.00** 元

中国电机工程学会官方微信

155198.4810

目　　次

前　言

本文件按照《中国电机工程学会标准管理办法（暂行）》的要求，依据 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 T/CSEE 0319《电力通信切片分组网络（SPN）》的第 1 部分。T/CSEE 0319 已经发布以下部分：

——第 1 部分：网络架构总体技术要求。

——第 2 部分：多颗粒度帧结构和切片调度技术要求。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电机工程学会提出。

本文件由中国电机工程学会电力通信专业委员会技术归口并解释。

本文件起草单位：国家电网有限公司信息通信分公司、国网江苏省电力有限公司信息通信分公司、中国信息通信研究院、中国电力科学研究院有限公司、国网信息通信产业集团有限公司、云南电网有限责任公司、北京科技大学。

本文件主要起草人：曾京文、赵子岩、丁正阳、李芳、彭元龙、陈智雨、欧清海、韦磊、江凇、赵俊峰、张萌、张书林、马睿、周鸿喜、李伟、束一、戴勇、陈帅、牛佳宁、张洁、蒋承伶、汪大洋、潘娟、陈龙、肖文栋。

本文件为首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条 1 号，100761，网址：http://www.csee.org.cn，邮箱：cseebz@csee.org.cn）。

引　言

T/CSEE 0319《电力通信切片分组网络（SPN）》系列标准拟由 6 部分构成：

——第 1 部分：网络架构总体技术要求。目的在于确立适用于电力通信的 SPN 技术需要遵循的网络分层架构、组网应用方案和各子层网络的具体技术要求。

——第 2 部分：多颗粒度帧结构和切片调度技术要求。目的在于确立适用于电力通信的 SPN 网络需要符合的 $N\times5$ Gbit/s 和 $N\times10$ Mbit/s 两级颗粒度帧结构、开销定义、OAM、保护及切片调度技术要求。

——第 3 部分：设备技术要求。目的在于确立适用于电力通信的 SPN 网络设备需要遵循的基本功能和性能等技术要求。

——第 4 部分：管控系统北向接口技术要求。目的在于确立适用于电力通信的 SPN 网络管控系统需要遵循的基本功能、北向接口和协议等技术要求。

——第 5 部分：互联互通技术要求。目的在于确立适用于电力通信的 SPN 网络实现异厂家组网互通需要遵循的接口、功能和协议等技术要求。

——第 6 部分：设备测试方法。目的在于确立适用于电力通信的 SPN 网络设备研发验证、入网测试和工程验收的测试要求。

电力通信切片分组网络（SPN）
第 1 部分：网络架构总体技术要求

1 范围

本文件规定了面向电力通信的 SPN 网络架构总体技术要求，包括面向电力通信 SPN 网络功能架构要求、SPN 网络的切片分组层技术要求、SPN 网络的切片通道层技术要求、SPN 网络的切片传送层技术要求、SPN 网络的同步技术要求、SPN 网络设备分类和网络接口技术要求、SPN 网络管控系统要求、SPN 网络的网络安全性和可用性要求。

本文件适用于面向电力通信的 SPN 网络规划、工程设计和工程验收等工作。

2 规范性引用文件

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

GB/T 7611—2016 数字网系列比特率电接口特性

GB/T 15941—2008 同步数字体系（SDH）光缆线路系统进网要求

GB/T 25931—2010 网络测量和控制系统的精确时钟同步协议

GB/T 36572—2018 电力监控系统网络安全防护导则

YD/T 1948.4—2010 传送网承载以太网（EoT）技术要求 第 4 部分：以太网运营、管理和维护（OAM）

YD/T 2374—2011 分组传送网（PTN）总体技术要求

YD/T 2397—2012 分组传送网（PTN）设备技术要求

YD/T 2879—2015 基于分组网络的同步网操作管理维护（OAM）技术要求

YD/T 3415—2018 软件定义分组传送网（SPTN）总体技术要求

YD/T 3770—2020 软件定义同步网技术要求

IEEE 802.3 IEEE 以太网标准（IEEE Standard for Ethernet）

IEEE 802.3cn IEEE 以太网标准：50 Gbit/s、100 Gbit/s、200 Gbit/s、400 bit/s 单模光纤和 DWDM 系统运行物理层和管理参数［IEEE standard for ethernet amendment：Physical layers and management parameters for 50 Gbps，100 Gbps，200 Gbps and 400 Gbps operation over single-mode fiber and dense wavelength division multiplexing（DWDM）systems］

IEEE 802.3cp IEEE 以太网：双向 10 Gbit/s、25 Gbit/s 和 50 Gbit/s 光物理层 （IEEE standard for ethernet amendment：Bidirectional 10 Gbps，25 Gbps and 50 Gbps optical access PHYs）

IEEE 1588：2008 网络测量和控制系统的精确时钟同步协议（版本 2）（IEEE standard for a precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems）

IETF RFC 792 互联网控制管理协议（Internet control message protocol）

IETF RFC 2698 双速率 3 色标记（A two rate three color marker）

IETF RFC 4659 BGP-MPLS IP VPN 的 IPv6 扩展［BGP-MPLS IP virtual private network（VPN）extension for IPv6 VPN］

IETF RFC 4664 L2VPN 框架［Framework for layer 2 virtual private networks（L2VPNs）］

IETF RFC 5440　路径计算单元通信协议［Path computation element（PCE）communication protocol（PCEP）］

IETF RFC 5586　MPLS 通用关联信道（MPLS generic associated channel）

IETF RFC 5881　IPv4 和 IPv6 单跳双向检测协议［Bidirectional forwarding detection（BFD）for IPv4 and IPv6（single hop）］

IETF RFC 6020　网络配置协议的数据建模语言［YANG - A data modeling language for the network configuration protocol（NETCONF）］

IETF RFC 6241　网络配置协议［Network configuration protocol（NETCONF）］

IETF RFC 7130　链路聚合组（LAG）接口上的双向检测协议［Bidirectional forwarding detection（BFD）on link aggregation group（LAG）interfaces］

IETF RFC 7752　BGP 北向链路状态发布与流量工程［North-bound distribution of link-state and traffic engineering（TE）information using BGP］

IETF RFC 8184　MPLS 和 MPLS-TP 伪线双归保护［Dual-homing protection for MPLS and the MPLS transport profile（MPLS-TP）pseudowires］

IETF RFC 8185　MPLS 和 MPLS-TP 伪线双归保护协调［Dual-homing coordination for MPLS transport profile（MPLS-TP）pseudowires protection］

IETF RFC 8231　状态 PCE 路径计算单元通信协议扩展（Path computation element communication protocol（PCEP）extensions for stateful PCE）

IETF RFC 8281　状态 PCE 的 LSP 路径建立协议扩展（Path computation element communication protocol（PCEP）Extensions For PCE-Initiated LSP setup in a stateful PCE model）

IETF RFC 8402　段路由架构（Segment routing architecture）

IETF RFC 8664　路径计算单元段路由扩展协议［Path computation element communication protocol（PCEP）extensions for segment routing］

IETF RFC 8667　段路由的 IS-IS 扩展（IS-IS extensions for segment routing）

ITU-T G.703　数字接口的物理电气特性（Physical/electrical characteristics of hierarchical digital interfaces）

ITU-T G.781　同步层功能（Synchronization layer functions）

ITU-T G.8011　以太网业务架构（Ethernet service characteristics）

ITU-T G.8113.1　分组传送网络中 MPLS-TP 的操作管理维护（OAM）机制［Operations，administration and maintenance（OAM） mechanisms for MPLS-TP in packet transport networks］

ITU-T G.8131　MPLS 传送子集的线性保护倒换（Linear protection switching for MPLS transport profile）

ITU-T G.8261　分组网络的定时和同步特性（Timing and synchronization aspects in packet networks）

ITU-T G.8262　同步以太网设备从钟定时特性（Timing characteristics of a synchronous Ethernet equipment slave clock）

ITU-T G.8262.1　增强同步以太设备从钟定时特性（Timing characteristics of an enhanced synchronous equipment slave clock）

ITU-T G.8264　通过分组网络分配定时信息（Distribution of timing information through packet networks）

ITU-T G.8275.1　用于相位/时间同步的精确时间协议电信配置文件，具有来自网络的完全定时支持（Precision time protocol telecom profile for phase/time synchronization with full timing support from the network）

ITU-T G.8331　MTN 线性保护（Metro transport network linear protection）

OIF FLEXE 2.1　灵活以太网协议 2.1 版（Flex ethernet implementation agreement）

OIF FLEXE 2.2　灵活以太网实施协议 2.2 版（Flex ethernet implementation agreement）

ONF TR 502　SDN 架构（SDN architecture）

ONF TR 534　运营商网络中的 SDN 应用架构及体系架构（Framework and architecture for the application of SDN to carrier networks）

3　术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1　灵活以太网

3.1.1

灵活以太网客户信号　FlexE client

灵活以太网接口上承载的一定速率的以太网 MAC 层数据流。该数据流的速率可以是 IEEE 802.3 定义的以太网速率也可以是其他速率，可选的 FlexE 客户信号速率可以是 10 Gbit/s、40 Gbit/s 或 m×25 Gbit/s。

［来源：YD/T 3965—2021，3.1.1，有修改］

3.1.2

灵活以太网实例　FlexE instance

一个由灵活以太网客户信号和开销信息组成的 50 Gbit/s 或者 100 Gbit/s 速率的信号单元。

［来源：YD/T 3965—2021，3.1.2，有修改］

3.2　切片分组网络

3.2.1

切片分组网络　slicing packet network; SPN

一种融合了 L0～L3 层技术的新型综合业务承载网，通过 L0 切片传送层（3.2.4）提供物理媒质的光传输接口，通过 L1 切片通道层（3.2.3）提供端到端硬切片隔离 TDM 管道，通过切片分组层（3.2.2）提供 L2/L3 VPN 业务传送，通过 SDN 架构实现业务集中路由和灵活调度管控，具备高可靠性、低时延、高精度时钟、易运维、严格 QoS 保障等特性。

［来源：YD/T 3826—2021，3.1.2，有修改］

3.2.2

切片分组层　slicing packet layer

基于多协议标记交换传送子集（MPLS-TP）、段路由（SR）和 L2/L3 VPN 技术，为二层和三层分组业务提供具备统计复用能力的传送功能，以及业务传送过程中需要的 OAM 和保护功能。

［来源：YD/T 3826—2021，3.1.3］

3.2.3

切片通道层　slicing channel layer

对应城域传送网段层（3.3.2）和城域传送网通路层（3.3.3）技术，支持 TDM 交叉和端到端 OAM 保障，提供硬切片隔离和端到端连接传送功能，同时通过硬切片隔离构建传送网切片服务。

［来源：YD/T 3826—2021，3.1.4，有修改］

3.2.4

切片传送层　slicing transport layer

基于 IEEE 802.3 以太网物理接口和光媒质层为切片通道层（3.2.3）提供物理层传输服务。

［来源：YD/T 3826—2021，3.1.5，有修改］

3.2.5

细粒度单元　fine granularity unit; FGU

提供基于 66 B 码块（3.3.5）的 TDM 交叉连接、端到端 OAM 功能和保护倒换能力，支持 N×

10 Mbit/s 客户信号分插复用，以及针对客户信号的线性保护机制。

3.2.6

细粒度基本单元　fine granularity basic unit; fg-BU

由 1 个 S 码块、195 个 D 码块和 1 个 T_7 码块组成，包含 24 个 10 Mbit/s 时隙的基本帧结构，若干个固定数量的 fg-BU 构成 1 个 FGU 复帧。

3.2.7

隔离性　isolation

运行在统一的基础设施资源上的切片之间互不影响，切片分组网络（3.2.1）的隔离包括硬切片隔离和软切片隔离。

［来源：YD/T 3973—2021，5.1.1.2，有修改］

3.3　城域传送网络

3.3.1

城域传送网　metro transport network; MTN

ITU-T 针对 5G 等新业务需求定义的新型传送网技术体系，能够实现 TDM 与分组交换的有效融合，由城域传送网段层和城域传送网通路层构成。

［来源：YD/T 3826—2021，3.1.1，有修改］

3.3.2

城域传送网段层　MTN section layer

重用 FlexE 逻辑实现端口绑定、子速率和接口信道化等功能，具备完善的段层 OAM 功能，兼容以太网底层协议栈，支持 50GBASE-R、100GBASE-R、200GBASE-R、400GBASE-R 等以太网接口。

［来源：YD/T 3826—2021，3.1.7，有修改］

3.3.3

城域传送网通路层　MTN path layer

提供基于 66B 码块（3.3.5）的 TDM 交叉连接、端到端 OAM 功能和保护倒换能力。城域传送网通路层能支持任意 *N* 个 5 Gbit/s 客户信号复用和解复用，以及针对客户信号的子网通道连接（SNCP）保护机制。

［来源：YD/T 3826—2021，3.1.6，有修改］

3.3.4

MTN 接口组　MTN group

绑定多个物理 PHY 层链路的一组接口。

［来源：YD/T 3826—2021，3.1.12，有修改］

3.3.5

66B 码块　66 bit block

IEEE 802.3 定义的一种物理编码子层的编码，由 2 bit 的同步头和 64 bit 数据载荷构成，是 MTN 中 TDM 时隙交叉的数据单元。

［来源：YD/T 3826—2021，3.1.2］

3.3.6

66B 码块序列　66 bit block sequence

在传输过程中维护的码块排列顺序，但无须保证时间间隔的 66B 码块（3.3.5）组合。

［来源：YD/T 3826—2021，3.1.9］

3.3.7

S-XC　sequence cross connect

66B 码块序列（3.3.6）通过设备 TDM 交叉矩阵进行以太网序列交叉连接的行为。

［来源：YD/T 3826—2021，3.1.10］

3.3.8

MTN 通道　MTN channel

在 SPN 网络中传送的一条硬切片隔离通道，由路径上的各网元节点 S-XC（3.3.7）和各 MTN 接口组（3.3.4）链路中若干个时隙组成的端到端通道。

［来源：YD/T 3826—2021，3.1.11，有修改］

4　符号、代号和缩略语

下列符号、代号和缩略语适用于本文件。

1DM：单向时延测量（one-way delay measurement）

1PPS：1 秒脉冲（1 pulse per second）

2DM：双向时延测量（two-way delay measurement）

ACL：访问控制列表（access control list）

AF：确保转发（assured forwarding）

AIS：告警指示信号（alarm indication signal）

APP：应用（application）

APS：自动保护倒换（automatic protection switch）

ARP：地址解析协议（address resolution protocol）

ATM：异步传输模式（asynchronous transfer mode）

BC：边界时钟（boundary clock）

BDU：基本数据单元（basic data unit）

BE：尽力而为（best effort）

BER：误码率（bit error rate）

BFD：双向转发检测（bidirectional forwarding detection）

BGP-LS：边界网关协议-链路状态（border gateway protocol-link state）

BIP：比特间插奇偶校验（bit interleaved parity）

BMC：最佳主时钟算法（best master algorithm）

CAC：连接允许控制（connection admission control）

CAR：承诺访问速率（committed access rate）

CBR：固定比特速率（constant bit rate）

CC：连续性检测（continuity check）

CCM：客户时隙配置失配告警（client calendar mismatch）

CEP：分组网承载的 SONET/SDH 电路仿真（SONET/SDH circuit emulation over packet）

CES：电路仿真业务（circuit emulation service）

CIR：承诺信息速率（committed information rate）

CORBA：公共对象请求代理体系结构（common object request broker architecture）

CRC：循环冗余校验（cyclic redundancy check）

CS：客户信号（client signal）

CSF：客户信号故障（client signal fail）

CSPF：约束的最短路径算法（constrained shortest path first）

CS_LF：客户信号本地失效（client signal_local fail）

CS_LPI：客户信号低功耗指示（client signal_low power indication）

CS_RF：客户信号远端失效（client signal_remote fail）

CV：连通性验证（connectivity verification）

DEI：丢弃合格指示（drop eligible indicator）
DHCP：动态主机配置协议（dynamic host configuration protocol）
DiffServ：区分服务（differentiated service）
DM：时延测量（delay measurement）
DNI：双节点互连（dual node interconnection）
DSCP：区分业务编码点（diffServ code point）
DWRR：差额加权轮询队列（deficit weighted round robin）
EF：加速转发（expedited forwarding）
EI：误码指示（error indication）
E-LAN：以太网局域网（业务）[ethernet-local area network（service）]
E-Line：以太网线型（业务）[ethernet-line（service）]
ESMC：以太网同步消息信道（ethernet synchronous message channel）
ETH：以太网（ethernet）
E-Tree：以太网树型（业务）[ethernet-tree（service）]
EXP：实验性使用（experimental use）
FDI：前向缺陷指示（forward defect indication）
FE：快速以太网（fast ethernet）
FGU：细粒度单元（fine gruanuarity unit）
FlexE：灵活以太网（flex ethernet）
FRR：快速重路由（fast reroute）
GAL：G-ACh 标签（G-ACh label）
GE：千兆以太网（gigabit ethernet）
GNM：组编号失配（group num mismatch）
ICMP：互联网控制消息协议（internet control message protocol）
ID：标识符（identification）
IETF：互联网工程任务组（internet engineering task force）
IGMP：互联网组播协议（internet group multicast protocol）
IGP：内部网关协议（interior gateway protocol）
INM：实例编号失配告警（instance_ number_mismatch）
IP：互联网协议（internet protocol）
IPv4：互联网协议第四版（internet protocol version 4）
IPv6：互联网协议第六版（internet protocol version 6）
IS-IS：中间系统到中间系统（intermediate system-to-intermediate system）
IVL：独立 VLAN 学习（independent vlan learning）
L2：二层（layer two）
L2VPN：二层虚拟专用网（layer 2 virtual private network）
L3：三层（layer three）
L3VPN：三层虚拟专用网（layer 3 virtual private network）
LACP：链路聚合控制协议（link aggregation control protocol）
LAG：链路聚合组（link aggregation group）
LB：环回功能（loopback function）
LCK：信号锁定功能（lock signal function）
LM：丢包测量（loss measurement）

LOF：MTN 段层开销帧丢失告警（loss of MTN section overhead frame）
LOGA：组定位丢失告警（loss of group alignment）
LOMF：MTN 段层复帧丢失告警（loss of MTN section overhead multiframe）
LOS：信号丢失（loss of signal）
LSP：标签交换路径（label switched path）
LT：链路踪迹（link trace）
MAC：媒质接入控制（media access control）
MC-LAG：跨设备链路聚合组（multi-chassis link aggregation group）
MIP：MEG 中间节点（MEG intermediate point）
MPLS：多协议标记交换（multi-protocol label switching）
MPLS-TP：MPLS 传送子集（MPLS transport profile）
MSP：复用段保护（multiplex section protection）
MTBF：平均故障间隔时间（mean time between failure）
MTN：城域传送网（metro transport network）
MTN MM：MTN map 失配告警（MTN map mismath）
MTOSI：多技术操作系统接口（multi-technology operations system interface）
MTTR：平均修复时间（mean time to repair）
ND：邻居发现（neighbor discovery）
Netconf：网络配置协议（network configuration protocol）
NNI：网络-网络接口（network-network interface）
NPE：网络侧 PE 设备（network provider edge）
OAM：运营、管理和维护（operation，administration and maintenance）
OC：普通时钟（ordinary clock）
OMC：操作维护中心（Operation and Maintenance Center）
OSS：运行支撑系统（operation support system）
OTN：光传送网络（optical transport network）
P2P：点到点（point to point）
PCC：路径计算客户端（path computation client）
PCE：路径计算单元（path computation element）
PCEP：通路计算单元协议（path computation element protocol）
PCP：优先权代码点（priority code point）
PDH：准同步数字体系（plesiochronous digital hierarchy）
PDU：净荷数据单元（payload data unit）
PE：运营商边缘（设备）（provider edge）
PHB：每跳行为（per-hop behavior）
PHY：物理层设备（physical device）
PIR：峰值信息速率（peak information rate）
PMA：物理媒介附加（physical medium attachment）
PMD：物理媒介相关层（physical media dependent）
PMU：电源管理单元（power management unit）
PRI：优先级（priority）
PTN：分组传送网（packet transport network）
PTP：精确时间协议（precision time protocol）

PW：伪线（pseudowire）
PWE3：端到端伪线仿真（pseudowire emulation edge to edge）
QoS：服务质量（quality of service）
RDI：远端缺陷指示（remote defect indication）
REI：远端误码指示（remote error indication）
Resv：预留（reservision）
RPC：远过程调用协议（remote procedure call）
RPF：远端 PHY 故障（remote PHY fault）
SC：同步配置（Synchronization Configuration）
SCL：切片通道层（slicing channel layer）
SD：信号劣化（signal degrade）
SDH：同步数字体系（synchronous digital hierarchy）
SDN：软件定义网络（software-defined networking）
SF：信号失效（signal fail）
SLA：服务等级协议（service-level agreement）
SN：序列号（sequence number）
SNMP：简单网络管理协议（simple network manage protocol）
SPE：上层核心侧 PE 设备（superstratum provider edge）
SPL：切片分组层（slicing packet layer）
SPN：切片分组网（slicing packet network）
SR：段路由（segment routing）
SR-BE：基于尽力转发的段路由（segment routing-best effort）
SR-TP：基于流量工程的段路由传送子集（segment routing transport profile-traffic engineering）
STL：切片传送层（slicing transport layer）
STM：同步传输模式（synchronous transfer module）
SVL：共享 VLAN 学习（shared vlan learning）
S-VLAN：运营商 VLAN（service VLAN）
TC：流量类别（traffic class）
TCM：串联连接监视（tandem connection monitoring）
TDM：时分复用（time division multiplexing）
TI-LFA：拓扑无关的无环冗余替代（topology independent loop free alternate）
TLV：类型、长度、值（type-length-value）
ToD：当前时刻（time of day）
trTCM：双速率三色标识算法（a two rate three color marker）
TST：测试（PDU）[test（PDU）]
UNI：用户网络接口（user network interface）
UPE：用户侧 PE 设备（user-end provider edge）
VC：虚通道层（virtual channel）
VLAN：虚拟局域网（virtual local area network）
VP：虚通路（virtual path）
VPLS：虚拟专用局域网业务（virtual private lan service）
VPWS：虚拟专用线路业务（virtual private wire service）
VRF：虚拟路由转发（virtual routing and forwarding）

VS：虚段层（virtual section）
VSI：虚拟交换实例（virtual switching instance）
WFQ：加权公平队列（weighted fair queue）
WRED：加权随机早期探测（weighted random early detected）
WTR：等待恢复（wait to restore）

5 面向电力通信 SPN 网络功能架构要求

5.1 SPN 网络的分层模型和技术要求

5.1.1 SPN 网络的分层模型

SPN 网络同时具备基于 TDM 通道的硬切片和基于分组隧道的软切片能力，可在一张物理网络上实现资源切片隔离，为多种业务提供差异化（如带宽、时延、抖动等）的传输服务能力。SPN 网络由切片分组层（SPL）、切片通道层（SCL）、切片传送层（STL）、时间/时钟同步功能模块和管理/控制平面共同组成。SPN 网络的分层协议模型如图 1 所示。

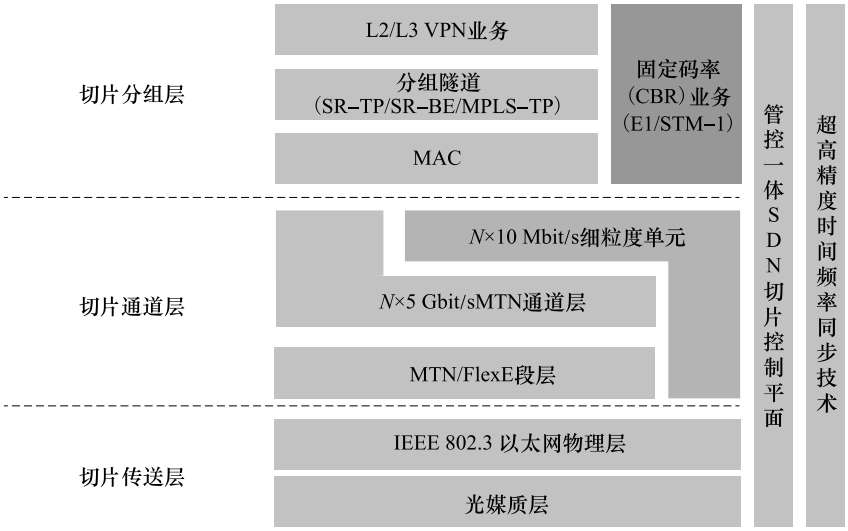


图 1 SPN 网络的分层协议模型

5.1.2 SPN 网络的基本技术要求

SPN 网络应支持以下基本技术要求：

a） 基于切片通道层实现端到端的 TDM 时隙通道交叉连接。通过基于 66B 码块的序列交叉连接提供不同类型业务之间的硬切片、低时延转发和带宽保障，通过 MTN 通道层和小颗粒通道层的端到端 OAM 和保护机制提供硬切片的电信级运维能力。

b） 基于切片分组层实现面向连接和面向无连接业务的统一承载。支持多种高质量分组业务转发处理，包括客户业务信号，对客户业务的封装处理（L2VPN 或 L3VPN），SR-TP、SR-BE 或 MPLS-TP 隧道处理，以及分组业务与以太网二层 MAC 映射处理。通过 SR-TP 隧道技术提供面向连接业务的 L2VPN 和 L3VPN 业务承载能力，为点到点或点到多点连接业务提供高质量、易运维的传送服务；同时具备通过 SR-BE 隧道技术提供面向无连接 IP 业务的承载能力，为多点到多点业务提供易部署、可靠的传送服务。面向以太网专线业务连接需求，支持通过 MPLS-TP 隧道技术实现点到点业务的高质量和易运维的传送服务。

c） 基于切片传送层实现大容量传输。用于提供 IEEE 802.3 以太网物理层编解码和光传输媒质处理。

d） 基于 SDN 的集中管理和智能控制架构。支持业务快速开通和业务部署/运维的自动化能力，以及感知网络状态并进行实时优化的网络自优化能力。同时，基于 SDN 的管控融合架构提供简化网络协议、开放网络、跨网络域/技术域的业务协同管控等能力。

e） 电信级的故障检测和性能管理。具备网络级的分层 OAM 故障检测和性能管理能力，支持对网络中各逻辑层次、各类网络连接、各类业务通过 OAM 机制对连通性、丢包率、时延和抖动等属性进行监测和管理。

f） 高可靠的网络保护恢复能力。具备网络级的分层保护能力。支持基于设备转发面预置保护倒换机制，在转发面检测到故障时进行电信级快速保护倒换；支持基于 SDN 控制平面实时刷新网络拓扑状态，在感知到网络状态变化后重新计算业务最优路径。

g） 超高精度的时钟和时间同步机制。支持同步以太网功能，实现稳定可靠的频率同步；支持 PTP 功能，实现超高精度的时间同步。

h） 低时延和低时延变化/抖动的确定性转发。支持设备级物理层超低时延转发能力，匹配时延敏感业务的传送要求。

i） 多业务灵活接入与互通。支持灵活的 L2、L3 分组业务接入，满足与 L2、L3 分组业务 UNI 端口基于以太网/IP 协议互通和组网要求。

j） 兼容 PTN 网络。具备兼容 PTN 网络能力，支持通过 MPLS-TP 线性保护、MPLS-TP 共享环网保护、PW 双归保护、静态 L2VPN/L3VPN 等技术承载集团客户、家庭宽带和 LTE 业务；支持与存量 PTN 网络设备对接和混合组网。

k） SPN 在电力通信的组网应用方案见附录 A，SPN 网络主要用于综合承载本地 110 kV 或 35 kV 及以下配电网的电力通信业务，包括电力生产控制类Ⅰ区、生产非控制类Ⅱ区、生产信息类Ⅲ区和信息管理类Ⅳ区四大类，其安全分区和分级要求应符合 GB/T 36572—2018 的规定。

5.1.3 SPN 的层间复用关系

SPN 可根据应用场景需要选择复用层次，SPN 层间复用关系如图 2 所示，各层映射路径如下：

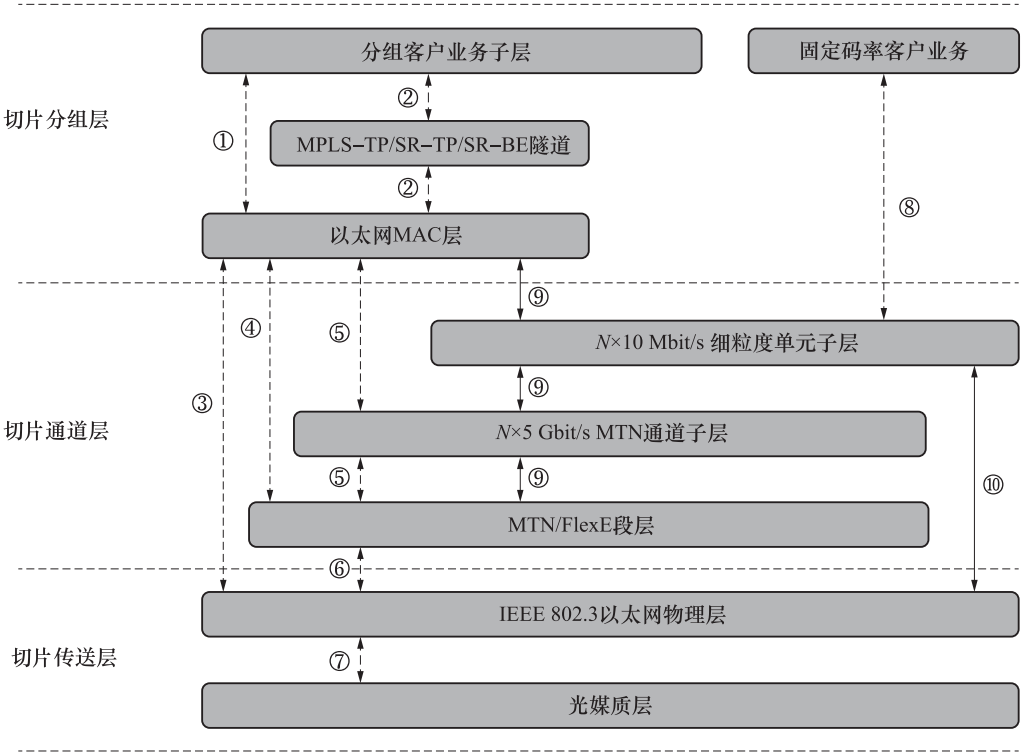


图 2 SPN 层间复用关系

a） SPN 切片分组层（SPL）映射路径：

1） 图 2 中①路径是针对以太网本地业务，经分组客户业务子层和二层交换处理后直接映射进入以太网 MAC（传统 IEEE 802.3 接口 MAC 或 MTN Client 的逻辑 MAC）层。

2） 图 2 中②路径是针对 L2VPN、L3VPN 业务及 CES/CEP 等电路仿真业务，经分组客户业务子层的适配映射进入 MPLS-TP 隧道（针对 L2VPN、CES/CEP 仿真业务）、SR-TP 或 SR-BE 隧道（针对 L3VPN 业务）后，再映射进入以太网 MAC（传统 IEEE 802.3 接口 MAC 或 MTN Client 的逻辑 MAC）层进行处理。

3） 图 2 中⑧路径是针对 CBR 业务，经过比特透明映射、CBR 容器封装与 CBR 容器映射处理后直接进入 FGU 子层。CBR 容器装载 E1 业务时，4 路 E1 业务在 SPN 细粒度切片网络中应保持同源同宿。

b） SPN 切片通道层（SCL）映射路径：

1） 图 2 中③路径是将以太网 MAC 层直接映射进 IEEE 802.3 PHY，不进行 SCL 处理，主要满足传统 IEEE 802.3 以太网接口应用，是兼容传统 PTN 的业务映射路径。

2） 图 2 中④路径是将以太网 MAC 层作为 MTN Client 直接映射进入指定的城域传送网段层接口时隙中，不进行 SCL 的城域传送网通路层的 OAM 和 S-XC 处理。

3） 图 2 中⑤路径是在源宿端点将以太网 MAC 层作为 MTN Client 适配进城域传送网通路层，经过以太网 66B 码块序列交叉处理，并增加城域传送网通路层的 OAM 和保护机制，然后再映射复用到指定的城域传送网段层接口时隙中传送。

4） 图 2 中⑨路径是在源宿端点将以太网 MAC 层作为 MTN 小颗粒 Client 适配进 FGU 层，随后增加 FGU 层的 OAM 和保护机制，然后再映射复用到指定的 FGU 层 Sub-slot 中；再经过城域传送网通路层处理，并增加城域传送网通路层的 OAM 和保护机制，然后再映射复用到指定的城域传送网段层接口时隙中传送。

5） 图 2 中⑩路径是将 FGU 层信号直接映射到 IEEE 802.3 10GE PHY 中，应用于 CPE 场景。

c） SPN 切片传送层（STL）映射路径：

1） 图 2 中⑥路径是将切片通道层的城域传送网段层接口信号映射到 IEEE 802.3 PHY 的 PMD 和 PMA 中。

2） 图 2 中⑦路径是将切片传送层的 IEEE 802.3 PHY 适配到网络侧的光接口来收发业务。

5.2 SPN 网络切片能力要求

5.2.1 SPN 的网络子层构成

SPN 支持硬切片隔离和软切片隔离网络切片能力，由三个网络子层构成：

a） 最上层是负责 L2 和 L3 分组交换转发的 SPL，分组转发隧道支持以太网 MAC 和 VLAN、MPLS-TP 及 SR 技术，基于 L2VPN 和 L3VPN 提供软切片隔离的网络切片服务能力；

b） 中间一层是负责 L1 TDM 时隙转发的 SCL，采用 ITU-T 规范的城域传送网段层和城域传送网通路层构建基于 TDM 管道的硬切片隔离网络切片服务能力；

c） 最底层是负责 L0 光传输的 STL，采用 IEEE 802.3 以太网物理层或 WDM 的光媒质层，可通过不同的以太网物理链路或 WDM 波长提供硬切片隔离的网络切片服务能力。

5.2.2 SPN 网络切片资源

SPN 在 UNI 侧的网络切片资源规划支持基于端口＋VLAN ID 的标识方式。SPN 在 NNI 侧的网络切片资源规划支持以下三类网络切片资源及其组合：

a） STL 支持基于不同 MTN 接口（组）的链路或 WDM 波长，实现基于 L0 的网络资源硬切片

隔离；

b） SCL 支持基于 MTN 接口（组）内不同 MTN 通道（MTN Client），提供基于 L1 TDM 通道的网络资源硬切片隔离，带宽可灵活配置 *N*×5 Gbit/s；

c） 在每个 MTN 通道内部，可基于 SPL 的不同分组转发隧道，实现 L2VPN 或 L3VPN 的网络资源软切片隔离；

d） 在 SPL 的每个分组转发隧道内，支持基于专用或共享的 L2VPN 或 L3VPN 及其内 QoS 调度机制，提供网络资源的软切片隔离。

5.3 SPN 网络设备组网能力要求

根据在城域传送网/本地传输网和接入网的应用位置，SPN 网元可分为城域/本地核心层网元、汇聚层网元、接入层网元和接入网传输网关四类设备形态。SPN 网络应支持环形、环带链、相切环、相交环、双星形、口字形和网状网等组网模型。在环网拓扑下，应支持双节点上联实现对上联节点的保护。

a） 核心设备组网能力：100 GE 核心设备可支持带不少于 2 个 100 GE 汇聚环能力，用于组网的 100 GE 接口应具备线速转发能力；200 GE 核心设备可支持带不少于 2 个 200 GE 接口汇聚环能力，用于组网的 200 GE 接口应具备线速转发能力；400 GE 核心设备可支持带不少于 2 个 400 GE 接口汇聚环能力，用于组网的 400 GE 接口应具备线速转发能力。

b） 汇聚设备组网能力：100 GE 汇聚设备应支持带不少于 8 个 50 GE 接入环，不少于 1 个 100 GE 汇聚环的能力，用于组网的接口应具备线速转发能力；200 GE 接口汇聚设备可支持带不少于 8 个 50 GE 接入环，不少于 1 个 200 GE 接口汇聚环的能力，用于组网的接口应具备线速转发能力。400 GE 接口汇聚设备可支持带不少于 8 个 50 GE 接入环，不少于 1 个 400 GE 接口汇聚环的能力，用于组网的接口应具备线速转发能力。

c） 接入设备组网能力：应支持带环和带链的能力。

d） 小型化接入设备组网能力：小型化接入汇聚设备（HUB 设备）应支持链型、星形组网上联接入设备，用于上联的 10 GE 接口应支持多颗粒度切片能力。HUB 设备间应支持星形、环形组网，并支持带链能力。

5.4 SPN 网络的保护和 OAM 功能要求

5.4.1 网络保护功能总体要求

5.4.1.1 SPN 网络保护

SPN 网络采用分层保护和恢复架构。其中，保护体系包括切片传送层保护、切片通道层保护、切片分组层保护和客户业务层保护、接入链路保护能力；恢复体系依赖控制面实现业务集中路由恢复；SPN 网络应支持交叉、主控等重要板卡的冗余保护能力。

5.4.1.2 SPN 网络保护通用要求

SPN 网络各种保护（除 SR-BE TI-LFA 外）应满足以下通用功能要求：

a） 链路、节点故障和网管外部命令的触发，以及各种倒换请求优先级处理：

1） 故障类型：物理链路、MPLS-TP 或 SR-TP 隧道、PW SF 和中间节点失效、SD；

2） 外部命令：保护锁定、强制倒换、人工倒换和清除命令等网管命令。

b） 保护倒换方式：单向倒换和双向倒换类型，应支持配置为返回或不返回操作模式，默认配置为返回模式，支持 WTR 功能的启动和 WTR 时间的设置。

c） 保护倒换时间：在拖延（Hold Off）时间设置为 0 的情况下，保护倒换引起的业务受损时间不应大于 50 ms（由 SD 触发的保护倒换时间除外）。

d） 拖延时间设置：在服务层网络（如 WDM 和 OTN）配置了保护方式的情况下，为避免本层网络和服务层网络保护的冲突，本层网络保护方式应支持拖延（Hold Off）时间的设置，可设置参数为 50 ms 或 100 ms。

5.4.1.3 SPN 网络恢复通用要求

SPN 网络恢复应满足以下通用功能要求：

a） 通过控制器重路由恢复业务；

b） 通过分布式控制面收敛恢复业务。

5.4.1.4 SPN 切片分组层的网络保护

SPN 切片分组层的网络保护能力根据适用的拓扑模型可分为：

a） 线性保护：MPLS-TP Tunnel APS 1:1，PW APS 1:1，PW 双归保护，SR-TP APS 1:1 保护；

b） 环网保护：MPLS-TP 环网保护；

c） 任意拓扑 SR-BE 保护：TI-LFA 保护。

5.4.2 网络 OAM 功能总体要求

SPN 网络采用分层 OAM 架构，OAM 体系包括分组切片层 OAM、时隙切片层 OAM、物理传输层 OAM 和客户业务层 OAM、接入链路层 OAM。SPN 网络应支持以太网等分组业务流的带内性能检测（In-Band OAM）。

6 SPN 网络的切片分组层技术要求

6.1 切片分组层的总体技术要求

切片分组层的客户业务子层支持点对点、点对多点、多点对多点业务承载需求，支持 L2VPN（E-Line、E-Tree 和 E-LAN）、TDM 仿真业务（CES、CEP 和 ATM 仿真）和 L3VPN 业务模型，以及 L2VPN 和 L3VPN 分段部署，兼容 PTN 处理方式。

切片分组层的网络传送子层分为 VC、VP、VS。其中 VC 对于 L2VPN 业务为 PW 连接；对于 L3VPN 业务为 VPN 标签。VP 对应 SR-TP、SR-BE 或 MPLS-TP 隧道；VS 可选，仅对应 MPLS-TP Section 隧道。其中 SR-TP 隧道用于面向连接的、点到点业务承载，提供基于连接的端到端监控运维能力；SR-BE 隧道用于任意拓扑的面向无连接的业务承载。

6.2 CBR 业务承载技术要求

6.2.1 CBR 业务容器格式和业务承载要求

SPN 细粒度承载 CBR 业务类型应支持 E1、STM-1，可支持其他类型 CBR 业务。承载 CBR 业务时，FGU 层 OAM 客户信号类型（CS）码块 CS_Type 域值为 0010。SPN 细粒度承载 CBR 业务时，应按照固定周期将 CBR 业务流采用比特透明方式映射进入 CBR 业务容器中，再将 CBR 业务容器映射到 FGU 通道的 Sub-slot 时隙净荷中。容器中先收到的 CBR 业务数据先发送。

CBR 业务容器码块应符合 IEEE 802.3 Clause 82 的 64B/66B 编码类型的规定。当 CBR 业务类型为 E1 时，容器总长度固定为 15 个码块，含开始（S_0）码块、13 个数据（D）码块和结束（T_7）码块，装载 E1 业务的容器格式如图 3 所示。容器最多可装载 4 路 E1 业务，不同 E1 业务之间可拥有独立时

钟频率。装载 E1 业务的容器中包含 5 字节的容器开销，104 字节的 E1 业务和 2 字节的填充（默认全零）。4 路 E1 业务按照单字节交织映射进入容器中，且总共只占用 1 个 FGU 层 Sub-slot。容器中每路 E1 业务的第一个字节为负调整机会（NJO），用于适配 4 路 E1 业务数据流接收速率与容器发送速率之间的偏差。

	SH	0 1 2 3 4 5 6 7	8 9 10 11 12 13 14 15	16 17 18 19 20 21 22 23	24 25 26 27 28 29 30 31	32 33 34 35 36 37 38 39	40 41 42 43 44 45 46 47	48 49 50 51 52 53 54 55	56 57 58 59 60 61 62 63
1	1 0	0x78（S_0）	LSB 0x55 MSB	LSB 0x55 MSB	LSB 0x55 MSB	LSB 0x55 MSB	LSB 0x55 MSB	LSB 0x55 MSB	LSB 0xD5 MSB
2	0 1	CBR业务容器开销（5字节）					E1#1 (NJO)	E1#2 (NJO)	E1#3 (NJO)
3	0 1	E1#4 (NJO)	E1#1	E1#2	E1#3	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3
4	0 1	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3
5	0 1	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3
6	0 1	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3
7	0 1	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3
8	0 1	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3
9	0 1	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3
10	0 1	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3
11	0 1	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3
12	0 1	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3
13	0 1	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3
14	0 1	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3
15	1 0	LSB 0xFF（T_7） MSB	E1#4	E1#1	E1#2	E1#3	E1#4	填充（0x0000）	
1	1 0	0x1E	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00

图 3　装载 E1 业务的容器格式

当 CBR 业务类型为 STM-1 时，容器总长度固定为 125 个码块，含开始（S_0）码块、123 个数据（D）码块和结束（T_7）码块，CBR 业务容器格式如图 4 所示。容器最多可装载 1 路 STM-1 业务。装载 STM-1 业务的容器中包含 5 字节的容器开销和 986 字节的 STM-1 业务。1 路 STM-1 业务映射进入容器中，且占用 16 个 FGU 层 Sub-slot。容器中 STM-1 业务的第一个字节为负调整机会（NJO），用于适配 STM-1 业务数据流接收速率与容器发送速率之间的偏差。

	SH	0 1 2 3 4 5 6 7	8 9 10 11 12 13 14 15	16 17 18 19 20 21 22 23	24 25 26 27 28 29 30 31	32 33 34 35 36 37 38 39	40 41 42 43 44 45 46 47	48 49 50 51 52 53 54 55	56 57 58 59 60 61 62 63
1	1 0	LSB 0x78 (S_0) MSB	LSB 0x55 MSB	LSB 0x55 MSB	LSB 0x55 MSB	LSB 0x55 MSB	LSB 0x55 MSB	LSB 0x55 MSB	LSB 0xD5 MSB
2	0 1	CBR业务容器开销（5字节）					NJO		
3	0 1	STM-1（986字节）							
……									
124	0 1								
125	1 0	LSB 0xFF（T_7） MSB							
1	1 0	0x1E	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00
2	1 0	0x1E	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00
3	1 0	0x1E	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00

图 4　CBR 业务容器格式

6.2.2　CBR 业务容器开销

CBR 业务容器内定义了 5 字节的开销，CBR 业务容器开销格式如图 5 所示。

字段的具体含义如下：

a）　容器序列号（SN）：长度为 6 bit，用于标识容器发送顺序。SN 从 0 开始计数，每发送一个容器数值加 1，计数到 63 后从 0 开始重新计数。

Byte1								Byte2								Byte3								Byte4								Byte5							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
LSB SN MSB						LSB Type MSB				CEI	CSF	LSB Timestamp MSB								NJI #1	NJI #2	NJI #3	NJI #4	Res								MSB X^6 CRC7 X^0 LSB							

图 5　CBR 业务容器开销格式

b） 容器净荷类型（Type）：长度为 4 bit，用于指示容器承载的 CBR 业务类型。当容器装载 E1 业务时，Type＝0001。当容器装载 STM-1 业务时，Type＝0010。其他值保留。

c） 容器空载指示（CEI）：长度为 1 bit，用于指示容器是否装载 CBR 业务数据。当容器装载 E1 业务时，CEI 与 SN 联合指示容器中 4 路 E1 业务装载情况，容器装载 E1 业务时 CEI 与 SN 对应关系见表 1。容器装载 STM-1 业务时，当 CEI＝0 时，容器净荷装载 STM-1 业务数据；当 CEI＝1 时，容器净荷不装载 STM-1 数据（全部置 1，包括 NJO）。

表 1　容器装载 E1 业务时 CEI 与 SN 对应关系

SN	CEI＝0	CEI＝1
0，4，8，12，16，20，24，28，32，36，40，44，48，52，56，60	第 1 路 E1 业务净荷区域装载 E1 业务	第 1 路 E1 业务净荷区域不装载 E1 业务（全部置 1，包括 NJO）
1，5，9，13，17，21，25，29，33，37，41，45，49，53，57，61	第 2 路 E1 业务净荷区域装载 E1 业务	第 2 路 E1 业务净荷区域不装载 E1 业务（全部置 1，包括 NJO）
2，6，10，14，18，22，26，30，34，38，42，46，50，54，58，62	第 3 路 E1 业务净荷区域装载 E1 业务	第 3 路 E1 业务净荷区域不装载 E1 业务（全部置 1，包括 NJO）
3，7，11，15，19，23，27，31，35，39，43，47，51，55，59，63	第 4 路 E1 业务净荷区域装载 E1 业务	第 4 路 E1 业务净荷区域不装载 E1 业务（全部置 1，包括 NJO）

d） 客户信号故障（CSF）：长度为 1 bit，用于指示 CBR 业务的客户侧端口状态是否正常。当容器装载 E1 业务时，CSF 与 SN 联合指示容器中 4 路 E1 业务的客户侧端口状态是否正常，容器装载 E1 业务时 CSF 与 SN 对应关系见表 2。容器装载 STM-1 业务时，当 CSF＝0 时，客户侧端口状态正常；当 CSF＝1 时，客户侧端口状态失效，容器净荷全置 1，包括 NJO。

表 2　容器装载 E1 业务时 CSF 与 SN 对应关系

SN	CSF＝0	CSF＝1
SN＝0，4，8，12，16，20，24，28，32，36，40，44，48，52，56，60	第 1 路 E1 业务客户侧端口状态正常	第 1 路 E1 业务客户侧端口客户侧端口状态失效，容器第 1 路 E1 业务净荷区域全部置 1，包括 NJO
SN＝1，5，9，13，17，21，25，29，33，37，41，45，49，53，57，61	第 2 路 E1 业务客户侧端口状态正常	第 2 路 E1 业务客户侧端口客户侧端口状态失效，容器第 2 路 E1 业务净荷区域全部置 1，包括 NJO
SN＝2，6，10，14，18，22，26，30，34，38，42，46，50，54，58，62	第 3 路 E1 业务客户侧端口状态正常	第 3 路 E1 业务客户侧端口客户侧端口状态失效，容器第 3 路 E1 业务净荷区域全部置 1，包括 NJO
SN＝3，7，11，15，19，23，27，31，35，39，43，47，51，55，59，63	第 4 路 E1 业务客户侧端口状态正常	第 4 路 E1 业务客户侧端口客户侧端口状态失效，容器第 4 路 E1 业务净荷区域全部置 1，包括 NJO

e） 时戳（Timestamp）：长度为 8 bit，用于传输 CBR 业务的时钟频率信息。时戳的格式应符合 IEEE 1588：2008 中 5.3.3 的规定，仅传送 nanosecondsField 的 32 bit。时戳域段与 SN 联合指示

32 bit 时戳信息。容器承载 E1 业务时 Timestamp 域段格式见表 3，容器承载 STM-1 业务时 Timestamp 域段格式见表 4。

表 3　容器承载 E1 业务时 Timestamp 域段格式

SN	Timestamp
0，16，32，48	第 1 路 E1 Timestamp［0：7］
1，17，33，49	第 2 路 E1 Timestamp［0：7］
2，18，34，50	第 3 路 E1 Timestamp［0：7］
3，19，35，51	第 4 路 E1 Timestamp［0：7］
4，20，36，52	第 1 路 E1 Timestamp［8：15］
5，21，37，53	第 2 路 E1 Timestamp［8：15］
6，22，38，54	第 3 路 E1 Timestamp［8：15］
7，23，39，55	第 4 路 E1 Timestamp［8：15］
8，24，40，56	第 1 路 E1 Timestamp［16：23］
9，25，41，57	第 2 路 E1 Timestamp［16：23］
10，26，42，58	第 3 路 E1 Timestamp［16：23］
11，27，43，59	第 4 路 E1 Timestamp［16：23］
12，28，44，60	第 1 路 E1 Timestamp［24：31］
13，29，45，61	第 2 路 E1 Timestamp［24：31］
14，30，46，62	第 3 路 E1 Timestamp［24：31］
15，31，47，63	第 4 路 E1 Timestamp［24：31］

表 4　容器承载 STM-1 业务时 Timestamp 域段格式

SN	Timestamp
0，4，8，12，16，20，24，28，32，36，40，44，48，52，56，60	Timestamp［0：7］
1，5，9，13，17，21，25，29，33，37，41，45，49，53，57，61	Timestamp［8：15］
2，6，10，14，18，22，26，30，34，38，42，46，50，54，58，62	Timestamp［16：23］
3，7，11，15，19，23，27，31，35，39，43，47，51，55，59，63	Timestamp［24：31］

f） 负调整指示（NJI）：长度为 4 bit，用于指示容器净荷区域的 NJO 字节是否装载 CBR 业务数据。当容器装载 E1 业务时，NJI#1 指示第 1 路 E1 业务的 NJO 区域是否装载业务数据；NJI#1＝0 时，第 1 路 E1 业务的 NJO 区域装载 E1 业务数据；NJI#1＝1 时，第 1 路 E1 业务的 NJO 区域不装载 E1 业务数据（默认置 0）。NJI#2 指示第 2 路 E1 业务的 NJO 区域是否装载业务数据；NJI#2＝0 时，第 2 路 E1 业务的 NJO 区域装载 E1 业务数据；NJI#2＝1 时，第 2 路 E1 业务的 NJO 区域不装载 E1 业务数据（默认置 0）。NJI#3 指示第 3 路 E1 业务的 NJO 区域是否装载业务数据；NJI#3＝0 时，第 3 路 E1 业务的 NJO 区域装载 E1 业务数据；NJI#3＝1 时，第 3 路 E1 业务的 NJO 区域不装载 E1 业务数据（默认置 0）。NJI#4 指示第 4 路 E1 业务的 NJO 区域是否装载业务数据；NJI#4＝0 时，第 4 路 E1 业务的 NJO 区域装载 E1 业务数据；NJI#4＝1 时，第 4 路 E1 业务的 NJO 区域不装载 E1 业务数据（默认置 0）。当容器装载 STM-1 业务

时，NJI#1 指示 STM-1 业务的 NJO 区域是否装载 STM-1 业务数据；NJI#1＝0 时，STM-1 业务的 NJO 区域装载 STM-1 业务数据；NJI#1＝1 时，STM-1 业务的 NJO 区域不装载 STM-1 业务数据（默认置 0）；NJI#2、NJI#3 和 NJI#4 为预留字段，默认置 0。

g） CRC7（循环冗余校验）：对开销［0：32］进行错误校验。CRC7 多项式：$x^7+x^5+x^4+x^2+x+1$，初始值为 0。CRC7 结果［x6：x0］高位（x6）先发。

h） 预留（RES）：长度为 9 bit，用于未来开销功能扩展使用，默认置 0。

6.2.3 CBR 业务时钟恢复

SPN 细粒度技术承载 CBR 业务（如 E1 业务）时，应提供业务时钟的透明传输，保证发送端和接收端业务时钟具有相同的长期的频率准确度。

一般 SPN 网络具有以下三种 CBR 业务时钟恢复方式：

a） 网络同步：全网处于同步运行状态，业务两端均使用溯源到 PRC 的网络时钟作为业务时钟，在这种时钟恢复方式下，业务时钟不透明。

b） 自适应法：基于码块达到的间隔或缓存区的填充水平来恢复定时。这种方法能够保证业务时钟透明，对外部参考时钟没有要求。

c） 差分法：业务时钟和系统时钟的偏差进行编码并在 SPN 网络中进行传送，业务时钟在远端通过时钟相同的参考时钟进行恢复；这种方法能够保证业务时钟透明，但要求收发端获取公共的参考时钟。

6.3 以太网 L2VPN 业务和 MPLS-TP 分组转发能力要求

6.3.1 L2VPN 业务和 OAM 能力要求

6.3.1.1 L2VPN 业务能力要求

SPN 网络支持的 L2VPN 业务包括 VPWS 和 VPLS，并应支持以下能力要求：

a） 符合 L2VPN 架构，具体要求应符合 IETF RFC 4664 的规定；

b） 支持采用静态配置方式建立 L2VPN；

c） 支持基于 P2P PW 的二层组播业务功能。

SPN 网络应支持采用 L2VPN 技术为 E-Line、E-LAN、E-Tree 业务提供承载能力，具体要求应符合 ITU-T G.8011 的规定。

6.3.1.2 L2VPN 业务要求

SPN 网络支持的 L2VPN 业务应满足以下要求：

a） E-Line 业务要求：基于端口、端口＋VLAN 的方式实现业务与通道/PW 绑定。

b） E-LAN 业务要求：

1） 基于端口、端口＋VLAN 的方式实现 E-LAN 业务。

2） IGMP 组播侦听（IGMP snooping）功能，支持基于 MAC 地址的组播功能；应支持 MAC 地址学习使能、禁止和静态 MAC 地址配置功能；应支持 MAC 地址学习的 IVL 或 SVL 模式；应支持基于 VSI 的 MAC 地址表数量限制功能；应支持 MAC 地址的黑白名单功能。

3） 未知单播报文的过滤；应支持广播报文的限速。

4） 水平分割组功能。

c） E-Tree 业务要求：

1） 基于端口、端口＋VLAN 的方式实现 E-Tree 业务。

2） 叶子节点隔离功能；应支持 IGMP snooping。

SPN 网络应支持 L2VPN OAM 故障管理、性能监视 OAM 功能及报文格式等功能，应符合 YD/T 2374—2011 的规定。

6.3.2 MPLS-TP 的分组转发能力要求

SPN 网络应支持 PTN 的 MPLS-TP 隧道转发能力要求，MPLS-TP 隧道应符合 YD/T 2374—2011 的规定。SPN 网络应支持 PWE3 协议，为以太网业务提供分组转发隧道承载能力。

6.3.3 MPLS-TP 的 OAM 能力要求

MPLS-TP 隧道分为 VS、VP、VC，分别对应段层隧道、LSP 隧道和 PW 隧道，MPLS-TP OAM 应支持的具体功能见表 5。

表 5 MPLS-TP OAM 应支持的具体功能

类型		功能	VS 层 OAM	VP 层 OAM	VC 层 OAM
主动 OAM	故障管理	连续性检测（CC）	必选	必选	必选
		远端缺陷指示（RDI）	必选	必选	必选
		前向缺陷指示/告警指示信号（FDI/AIS）	NA[a]	必选	必选
		锁定（LCK）	可选	可选	可选
		客户信号故障（CSF）	NA	NA	必选
	性能监测	丢包测量（LM）	可选	必选	可选
按需 OAM	故障管理、定位	环回功能（LB）	必选	必选	必选
		链路踪迹（LT）[b]	NA	必选	必选
		锁定（LCK）	可选	可选	可选
		串联连接监视（TCM）[c]	NA	可选	可选
	性能监测	丢包测量（LM）	可选	必选	必选
		时延测量（DM）	可选	必选	必选
		测试（TST）	可选	可选	可选
其他	自动保护倒换（APS）		必选	必选	可选
	管理/信令控制通道		可选	NA[1]	NA[1]
	运营商自定义功能（VS）		NA[1]	可选	可选
	试验用功能（ES）		NA[1]	可选	可选

[a] NA 表示不适用。

[b] LT 功能通过网管的路径管理功能实现，可选通过 LB OAM 报文实现，通过 LT OAM 报文的实现机制待研究。

[c] TCM 功能的具体实现机制待研究；由于目前 IETF 倾向于通过标签堆栈方式实现 TCM，需在开通业务前事先配置 TCM，业务开通后在线配置 TCM 对业务有损伤，其他 TCM 实现机制待研究。

6.3.4 MPLS-TP 的双归保护能力要求

SPN 网络的核心设备应支持 MPLS-TP 保护定义的双归保护功能，防止网络设备单点故障，实现同源不同宿的线性保护。双归保护的失效场景要求和功能要求按 YD/T 2397—2012 中 10.5.1 和 10.5.2 的

规定执行。双归保护具体要求如下：

a） 应支持 PWE3 双归保护机制，实现对落地节点和 AC 链路侧的故障恢复功能。

b） 网络内保护机制：接入节点采用基于 ITU-T G.8131 的 PW APS，双归节点应支持基于 DNI PW 的跨节点 PW APS 保护机制，在网络侧故障情况下，通过 DNI PW 协同，实现业务在双归节点之间的桥接处理。

c） 用户侧保护机制：在用户侧为 STM-1 接口的情况下，应支持通过跨节点 MSP 1＋1/1:1 机制进行保护；在用户侧为 ETH 接口的情况下，应支持通过 MC-LAG 机制进行保护。双归的设备之间通过节点间协议通道进行通信，实现 MC-LAG 和跨节点 MSP 的节点间协同。

d） PWE3 双归保护机制应实现故障的内聚处理，双归 AC 侧故障不能引起接入层设备的倒换，同时网络内的故障也不能引起双归 AC 侧倒换。

e） PWE3 双归保护机制应能实现网络内的单层保护覆盖节点和链路失效恢复场景。

6.3.5 MPLS-TP 的环网保护能力

SPN 网络应支持 MPLS-TP 保护定义的环网保护功能，包括环回（Wrapping）方式和源操作（Steering）方式（可支持），应支持单环保护、环相交、环相切保护功能，实现对节点和链路的单点或多点故障的保护，环网保护机制及倒换报文格式应符合 YD/T 2374—2011 的要求。

6.4 IP L3VPN 业务和 SR 分组转发能力要求

6.4.1 L3VPN 的业务能力要求

SPN 网络支持分层 L3VPN 的组网模型，包括 UPE、SPE 和 NPE 三大类节点类型，SPN 网络支持分层 L3VPN 的组网模型方案如图 6 所示。

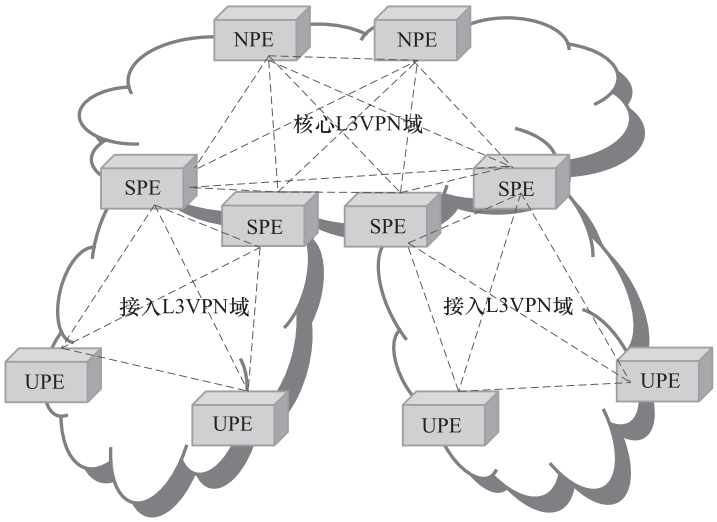


图 6 SPN 网络支持分层 L3VPN 的组网模型方案

SPN 网络支持的分层 L3VPN 应符合以下功能要求：

a） UPE、SPE、NPE 设备间通过公网隧道互连，公网隧道可以是 MPLS-TP、SR-TP 或者 SR-BE 隧道。

b） 分层部署模型要求网络内有且仅有一个核心 L3VPN 域，核心 L3VPN 与多个接入 L3VPN 域邻接，且接入 L3VPN 域间不直接互通。

c） 接入 L3VPN 域、核心 L3VPN 域内私网路由扩散均遵循水平分割原则，实现业务就近转发；

UPE 发布明细路由给接入 L3VPN 域的其他节点，包括 SPE。

d） 同一对 SPE 设备下挂的接入域设备 IP 地址在一个或多个网段内分配，允许用户手动聚合 SPE 下挂接入域内明细路由，并将聚合路由发布给其他 SPE 和 NPE；不向核心域发布 UPE 明细路由。

e） SPE 向接入 L3VPN 域的 UPE 发布默认路由。

f） UPE 至 SPE 或 NPE 设备、SPE/NPE 设备间应通过 VPN FRR 实现节点故障保护。

g） IPv4/IPv6 双栈接入能力，即 L3VPN 用户侧接口（含 L2/L3 桥接接口）同时支持 IPv4 和 IPv6 地址族，具体按 IETF RFC 4659。

h） IPv4/IPv6 双栈路由转发能力，即同一 L3VPN VRF 同支持基于 IPv4 和 IPv6 地址路由转发。

i） 私网用户侧接口 ICMPv4 和 ICMPv6 协议处理，支持包括 ARP、ND 等功能；应支持基于 IPv4 和 IPv6 地址的 Ping、Traceroute 功能。

j） VPN FRR/IP FRR 保护功能。

k） 基于 IPv4 和 IPv6 地址的 Diffserv QoS 功能。

l） 私网用户侧接口配置 DHCPv4 和 DHCPv6 Relay 功能，用于 IPv4 或 IPv6 基站自动获取 IP 地址。

m）基于 L3VPN 用户侧 IPv4 和 IPv6 地址的 BFD 功能。

n） 在 L2/L3 桥接场景，支持 IETF RFC 8184 和 IETF RFC 8185 所规定的 DNI 伪线双归功能，支持基于 IPv4 和 IPv6 地址的 ARP/ND 热备用功能。

6.4.2 L3VPN 的 OAM 能力要求

6.4.2.1 L3VPN 的基本 OAM 功能要求

SPN 网络应支持 L3VPN 的基本 OAM 功能如下：

a） Ping、Traceroute 功能，应符合 IETF RFC 792 的规定；

b） BFD for IP 和 BFD for LAG，相关功能要求应符合 IETF RFC 5881 和 IETF RFC 7130 的规定。

6.4.2.2 L3VPN 的带内 OAM 检测技术

SPN 网络应支持 In-Band OAM 技术，以提供端到端和逐跳性能检测能力。在 SPN 检测域中，SPN 节点确定检测对象（如业务流，通过对象标识确定）和检测任务（如丢包测量、延时测量）。当节点为检测域的头节点时，在接收到的业务流中识别出与检测对象匹配的业务报文，在业务报文的 MPLS 标签中加入预设的引导标签和对象标识，转发包含对象标识的业务报文。引导标签位于对象标识之前，用于指示对象标识在 MPLS 标签的位置。检测域的各节点，按照检测任务，对包含对象标识的业务报文执行检测操作。支持通过 Telemetry 接口与控制器交互性能测量数据。

基于随路检测原理，对实际业务流进行特征标记（染色），基于特征字段识别进行丢包测量、时延测量，提供承载的高优先级业务流的端到端、逐跳性能检测能力，可快速感知网络性能相关故障，并进行精准定界、排障。

6.4.2.3 检测对象

检测对象为业务流，业务流可根据业务特征信息灵活定义，包括业务二层特征信息、三层特征信息等。为了简化业务流标识信息，将业务特征信息映射为一个流标识（Flow ID）。无须额外插入检测 OAM 报文，将检测信息（包括检测指令和检测数据）携带在被检测的业务报文中，实现带内的性能测量。对于 SPN 网络 SR-TP/SR-BE/MPLS-TP 承载的业务流，In-Band OAM 支持对被检测的业务流进行标识，标识通过增加 Flow ID 实现。Flow ID 仅为业务标识，本身并无转发含义。为了解决 Flow ID 在 P 节点的唯一识别业务流，通过增加引导标签的方式和普通 MPLS 标签进行区分，Flow ID 通过管控平

面统一分配保证检测域内全局唯一。

6.4.2.4 丢包测量

丢包测量原理示意图如图 7 所示。

图 7 丢包测量原理示意图

发送端：按照一定周期对被检测的业务流标记字段交替染色，同时统计本周期发送的业务流性能，并上报给管控系统。

接收端：按照发送端相同的周期，统计本周期被检测业务流特征字段为染色的性能，并上报给管控平面。接收端统计的时间应为 1 个～2 个周期，保证乱序报文可被正确统计。

管控平面根据发送端和接收端上报的被检测业务流的信息，计算周期 i 业务流的丢包数：

$$\text{PacketLoss}[i]=T_x[i]-R_x[i] \quad \cdots\cdots (1)$$

为保证发送和接收两端周期同步，应部署时间同步机制。

6.4.2.5 时延测量

时延测量原理示意图如图 8 所示。

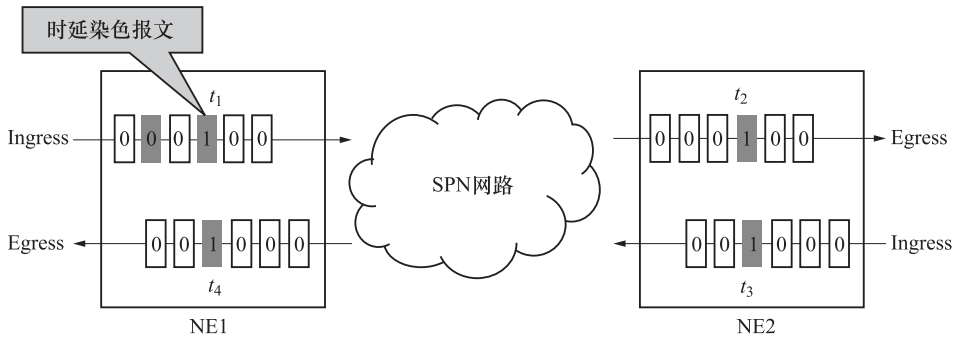


图 8 时延测量原理示意图

发送端：每个测量周期对本周期内被检测业务流的其中一个报文进行时延染色，记录该报文的入口时戳 T_1 / T_3，并上报给管控平面。

接收端：按照发送端相同的周期，记录本周期被检测业务流时延染色报文的出口时戳 T_2 / T_4，并上报给管控平面。

管控平面根据发送端和接收端上报的信息，计算业务流周期 i 的两个方向的单向时延：$\text{Delay}[i]=t_2-t_1$，$\text{Delay}[i]=t_4-t_3$，单向时延要求发送端和接收端部署 PTP 时间同步。

在被检测业务流双向同路径的场景下，管控平面根据发送端和接收端上报的信息，计算业务流周期 i 的双向时延：

$$\text{Delay}[i]=(t_2-t_1)+(t_4-t_3) \quad \cdots\cdots (2)$$

为保证发送和接收两端周期同步，应部署时间同步机制。

6.4.3 L3VPN 的保护能力要求

SPN 网络应支持 L3VPN 组网场景的 VPN FRR/IP FRR 保护，实现 PE 节点冗余保护功能，具体要求如下：

a） 应支持基于 IPv4 和 IPv6 地址相同目的 IP、不同下一跳、不同优先级的 VPN 路由绑定 VPN FRR/IP FRR 保护组。
b） PE 节点应支持隧道侧接口和客户侧形成 VPN 和 IP 地址族之间的 FRR 的保护。
c） 应支持 ITU-T G.8113.1 规定的 OAM 机制触发 VPN FRR 保护。
d） UNI 侧应支持多个链路聚合，并支持 LAG＋IP FRR 保护倒换方式；LAG 应支持最小激活链路数，当 LAG 内激活的端口数量小于最小激活链路数后，LAG 组状态置为 down，触发 IP FRR 快速路由倒换。
e） 应支持 VPN FRR/IP FRR 保护等待恢复时间（WTR）配置。
f） L3VPN 保护倒换时间不应大于 50 ms。

6.4.4 SR-TP 隧道的分组转发能力要求

SPN 网络应支持 SR-TP 隧道的以下功能要求：

a） 通过网管或控制器集中分配 SR 邻接标签及 SR 节点标签。
b） 通过网管或控制器创建、删除、查询 SR-TP 隧道。
c） 通过网管或控制器指定 SR-TP 隧道源、宿节点自动计算端到端隧道路径；应支持指定 SR-TP 隧道约束路径，包括经过或排除节点和链路等约束条件。
d） 严格约束路径 SR-TP 隧道，即 SR-TP 隧道路径由邻接标签栈严格约束。
e） PCEP 的 SR-TP Path Segment 扩展机制，符合 IETF draft-ietf-pce-sr-path-segment 的要求。
f） 双向 SR-TP 隧道功能，且正反向隧道同路，Path Segment 符合 IETF draft-ietf-spring-mpls-path-segment 的规范要求；应支持 PCEP for SR-TP 双向隧道扩展要求。
g） SR-TP 主备隧道路径分离功能。
h） SR-TP 隧道标签粘连（Binding Segment）功能。
i） 标签栈层数不少于 10 层能力（不含 Path Segment 标签）。
j） 用户配置规划 SR-TP 隧道带宽（CIR、PIR），并基于带宽约束的隧道路径计算。
k） SR-TP 隧道 Ping、Traceroute 检测功能，并通过 IGP 控制面和反向 SR-TP 隧道进行应答。
l） SR-TP 隧道采用 ITU-T G.8113.1 定义的 OAM 检测机制。
m） SR-TP 隧道采用 ITU-T G.8131 定义的 APS 保护机制，实现转发面保护；应支持控制器集中重路由机制，实现 IGP 域内和跨 IGP 域 SR-TP 多点失效恢复。
n） Diffserv QoS 机制。
o） 基于 IPv4 控制面和 IPv6 控制面的能力。

6.4.5 SR-BE 隧道的分组转发能力要求

SPN 网络应满足 SR-BE 隧道以下功能要求：

a） 网管或控制器集中分配 SR 节点标签能力。
b） 通过 IS-IS 协议扩散 SR 节点标签自动生成 SR-BE 隧道功能，IS-IS 的 SR 扩展应符合 IETF RFC 8667 的规定。
c） SR-BE 隧道的 TI-LFA 保护功能；保护机制应符合 IETF draft-ietf-rtgwg-segment-routing-ti-lfa 的规定。

d） SR-BE 隧道 Ping、Traceroute 检测功能，并支持通过 IGP 控制面和 SR-BE 隧道进行应答。

e） 基于 IPv4/IPv6 控制面。

6.4.6 SR-TP 隧道的 OAM 能力要求

6.4.6.1 SR-TP 隧道 OAM 报文封装

SR-TP 隧道采用 MPLS-TP 体系的 OAM 机制，SR-TP OAM 支持的具体功能应符合表 6 的规定。

表 6 SR-TP OAM 支持的具体功能

类型		功能	SR-TP OAM
主动 OAM	故障管理	连续性检测（CC）	必选
		远端缺陷指示（RDI）	必选
		客户信号故障（CSF）	NA
	性能监测	丢包测量（LM）	必选
按需 OAM	故障管理、定位	环回功能（LB）	必选
	性能监测	丢包测量（LM）	必选
		时延测量（DM）	必选
		测试（TST）	可选
其他	自动保护倒换		必选

SR-TP 隧道相对 MPLS-TP 隧道不支持 AIS 和 LT 功能，不支持相关的 MIP 的功能。

SR-TP 隧道 OAM PDU 编码定义应遵循 IETF RFC 5586 的 MPLS-TP 通用关联信道（G-Ach）编码格式和 ITU-T G.8113.1 要求。SR-TP 隧道 OAM 封装头应遵循 IETF RFC 8402 要求。此外，为使 SR 隧道具备端到端 OAM 运维能力，在邻接标签栈和 OAM PDU 间增加一层标识业务的端到端 Path Segment 标签。

SR-TP 隧道 OAM 报文封装格式如图 9 所示。OAM 报文采用通用关联隧道标签（GAL）为 13 和关联通道头（ACH）区域的前四个比特为 0001 来标识。

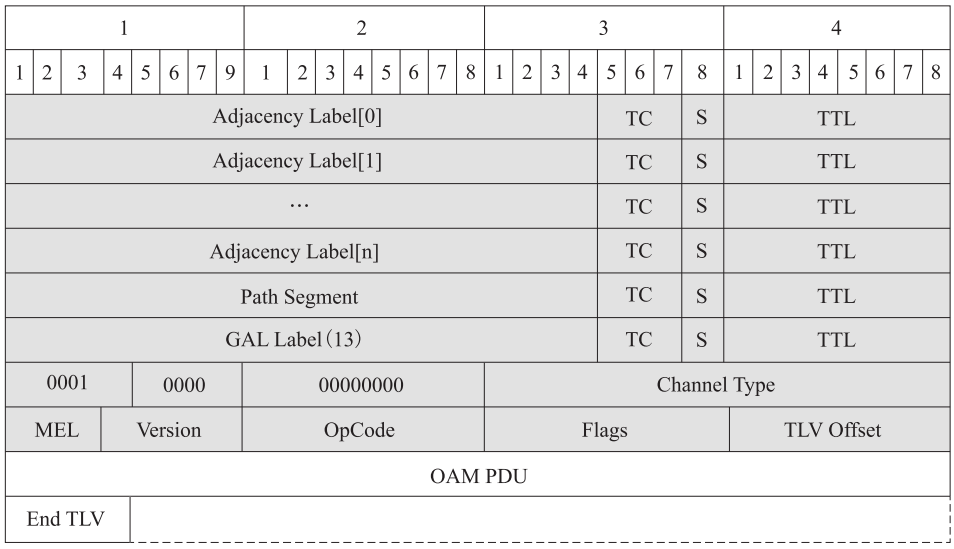


图 9 SR-TP 隧道 OAM 报文封装格式

OAM PDU 其余各字段的定义如下：

a） Adjacency Label：SR 邻接标签，根据链路跳数可“压入”多层标签。SR-TP 隧道由邻接标签栈指示报文转发路径。

b） Path Segment：端到端业务路径标签，有 SR-TP 隧道宿节点分配给源节点，用于端到端性能监控和运维。

c） GAL Label：OAM 标签，值为 13，收发严格匹配。

d） TC：业务优先级。

e） S：栈底标识。

f） TTL：生存时间。

g） Channel Type：OAM 报文类型，为可配置区域，默认值为 0x7FFA 或 0x8902（收发严格匹配）。

h） MEL：MEG 层次，为可配置区域，默认值为 7。

i） Version：标识 OAM 协议的版本。

j） OpCode：编码区域，对 OAM PDU 的报文类型进行定义（收发严格匹配），编码格式应符合表 7 的规定。

k） Flags：与 OAM PDU 的类型有关。

l） TLV Offset：与 OAM PDU 的类型有关，值为 0 指示 TLV 偏置后一个字节。

m）OAM PDU 负荷区域：OAM PDU 报文的内容。

n） End TLV：指示 OAM PDU 报文的结束。

表 7　OpCode 域的编码格式

OpCode		OAM PDU
十进制	十六进制	
1	0x01	CCM PDU
2	0x02	LBR PDU
3	0x03	LBM PDU
33	0x21	FDI（AIS）PDU
35	0x23	LCK PDU
37	0x25	TST PDU
39	0x27	Linear APS PDU
40	0x28	Ring APS PDU
43	0x2B	LMM PDU
42	0x2A	LMR PDU
45	0x2D	1DM PDU
47	0x2F	DMM PDU
46	0x2E	DMR PDU
49	0x31	EXM PDU
48	0x30	EXR PDU
51	0x33	VSM PDU
50	0x32	VSR PDU
52	0x34	CSF PDU

6.4.6.2 VP 层 OAM 扩展报文封装

为实现 SR-TP 隧道中间节点检测到 SD 后，可通过转发面通知宿节点，中间节点发生 SD 后，在 VP 层检测识别 OAM CCM 类型报文，填充其中的一个报文字段作为 EI，并将修改后的 OAM 报文发送给宿节点。VP 层 OAM 扩展报文封装格式如图 10 所示。

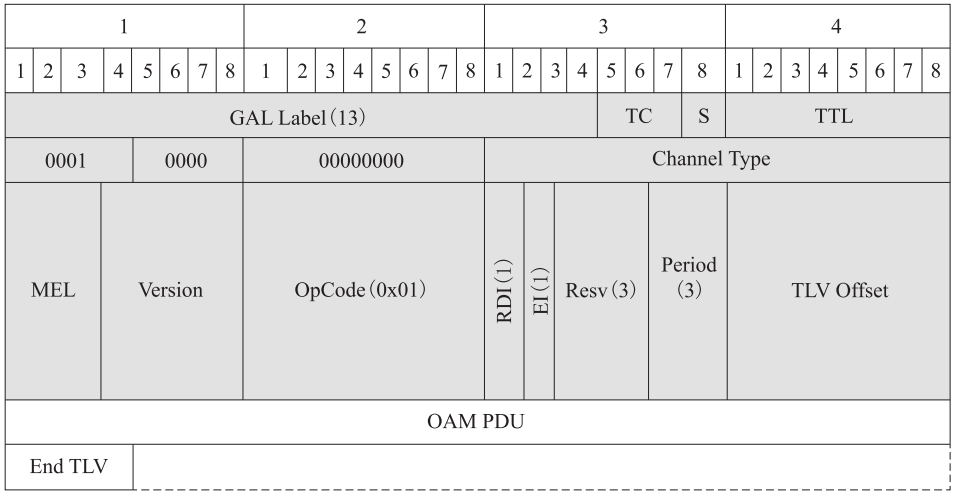


图 10 VP 层 OAM 扩展报文封装格式

OAM PDU 字段定义如下：

a） OpCode 取值 0x01，表示 CCM PDU 报文类型。

b） Flags 字段细分为如下字段：

1） RDI（1bit）：远端缺陷指示。

2） EI（1bit）：误码通告指示，0 表示无误码，1 表示产生误码。SR-TP 隧道用于向下游通告劣化误码。

3） Resv（3bit）：保留位。

4） Period（3bit）：OAM 报文周期。

c）其他字段定义同 CCM 类型报文。

6.4.7 SR-BE 隧道的 OAM 能力要求

SR-BE 隧道采用检测本地端口或链路状态，以触发本地倒换机制（即 TI-LFA 保护）。SR-BE 隧道应支持 Ping、Tracerouter 功能。

为实现 SR-BE 隧道中间节点检测到 SD 通过转发面通知其上游节点，中间节点检测到 SD 后，通过 VS 层扩展 OAM CCM 类型报文字段作为 EI，并将该 VS 层含有 EI 的 OAM 报文发送给其上游节点。VS 层 OAM 扩展报文封装格式如图 11 所示。

OAM PDU 字段定义如下：

a） OpCode 取值 0x01，表示 CCM PDU 报文类型。

b） Flags 字段细分为如下字段：

1） RDI（1bit）：远端缺陷指示。

2） EI（1bit）：误码通告指示，0 表示无误码，1 表示产生误码。SR-BE 用于反向通告误码。

3） Resv（3bit）：保留位。

4） Period（3bit）：OAM 报文周期。

c） 其他字段定义同 CCM 类型报文。

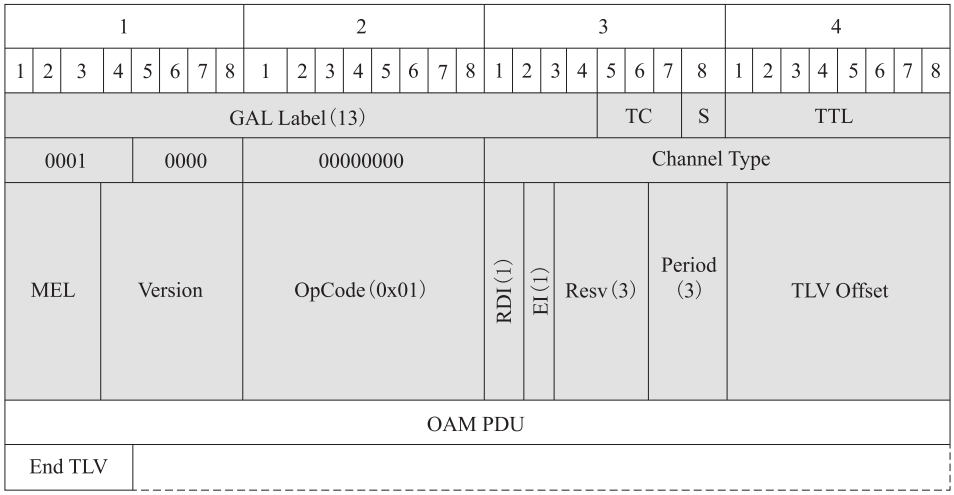


图 11　VS 层 OAM 扩展报文封装格式

6.4.8　SR-TP 隧道的保护能力要求

SR-TP 隧道支持以下组网保护能力：

a） 线性保护：SR-TP APS 1:1 保护；

b） 双归保护：SR-TP 的双归保护（可选）；

c） 基于控制器的重路由：SR-TP 重路由。

6.4.9　SR-BE 隧道的保护能力要求

SR-BE 隧道使用 TI-LFA 保护机制。通过网络设备运行 IGP，扩散节点标签并生成到目的节点的最优转发路径，生成 SR-BE 工作隧道；同时，IGP 为网络每台设备计算生成一条到目的节点的次优转发路径（与主路径不共路）。SR-BE 隧道 TI-LFA 保护机制的优势是无须人工规划部署，适应任意拓扑的 50 ms 倒换，适用于按需 Fullmesh 连接的业务承载。SR-BE 隧道保护要求如下：

a） SR-BE 隧道保护基本能力要求：

1） 应支持转发面 TI-LFA 保护倒换，保护机制遵循 IETF draft-ietf-rtgwg-segment-routing-ti-lfa 要求；

2） TI-LFA 保护倒换性能应小于 50 ms。

b） SR-BE 隧道 TI-LFA 保护倒换支持的触发条件：

1） 设备检测到邻接口 ETH_LOS、Link_Down 等端口级故障；

2） 设备检测到邻接链路状态异常，应通过 BFD 检测链路状态。

SR-BE 隧道应支持 SD 检测机制，具体检测方式同 SR-TP 隧道。下游网元接口入方向检测到 SD 或误码时，应支持将该信息通知上游网元。上游网元接收或判断 SD 后，调整对应接口出方向 IGP Metric 为最大值。对于 MTN 接口，应支持通过基本码块的 REI 通告上游网元并计算 SD。对于以太网接口，建议采用 VS 层 OAM 的 EI 通告上游网元。

6.5　切片分组层的 QoS 要求

6.5.1　基本能力

SPN 网络的切片分组层应支持 DiffServ 定义的管道（Pipe）模型，包括流量分类、流标记、流量

监管（Policing）、CAC、拥塞管理、队列调度、流量整形（Shaping）等。通过对接入的业务流做不同的 QoS，提供有区分的服务。

SPN 网络应实现标准中定义的 BE、AF1、AF2、AF3、AF4、EF、CS6、CS7 八组 PHB（Per-Hop Behavior），提供具有不同服务质量等级的服务保证，实现同时承载数据、语音和视频业务的综合网络。

在不需要 QoS 保证或不进行流分类的情况下，或者报文通过流分类没有相匹配的规则时，对报文作 BE 处理。

在 DiffServ 域的边缘节点上，入方向设备将 DSCP/EXP/VLAN PRI/S-VLAN DEI＋PCP 映射到 CoS 中，出方向设备将 QoS 服务等级映射到 EXP/VLAN PRI/S-VLAN DEI＋PCP 中。

6.5.2 流分类和流标记能力

SPN 网络应支持简单流分类和复杂流分类。

简单流分类直接根据 IP 报文的 DSCP 值或 IP 优先级、MPLS 报文的 TC 域值、VLAN 报文的 PRI 值等，将外部报文和内部报文的优先级相互映射，并对报文进行染色。SPN 网络应支持对 TDM CES 业务基于端口的流分类，以及对以太网业务基于端口、VLAN ID、VLAN 优先级、源 MAC 地址、宿 MAC 地址及其组合的流分类。

复杂流分类根据相对复杂的规则对报文进行分类后，对流的带宽、转发做进一步的处理。SPN 网络应支持基于源 IP 地址、宿 IP 地址、IP 报文的 DSCP 值或 IP 优先级、TCP/IP 端口号（可支持）等的流分类；支持 VLAN ID、VLAN 优先级、源 MAC 地址、宿 MAC 地址、源 IP 地址、宿 IP 地址、IP 报文的 DSCP 值或 IP 优先级、TCP/IP 端口号（可支持）等任意组合的流分类。

SPN 网络应支持对流分类之后的分组指定 PHB 或从 VLAN 优先级映射 PHB 的能力。SPN 网络应支持基于流分类的 ACL 能力，基于流分类设置业务流的允许和禁止。

SPN 网络应支持对流分类后的报文进行服务等级映射和优先级标记的功能，包括：

a） 对流分类之后的报文指定 PHB 的能力或从客户业务优先级（VLAN 优先级、IP DSCP）映射 PHB 服务等级的能力；

b） TDM CES 业务优先级与 PHB 服务等级间的映射；

c） 以太网 VLAN 业务优先级与 PHB 服务等级间的映射；

d） IP DSCP 优先级与 PHB 服务等级间的映射；

e） DiffServ 定义的管道（Pipe）模型，即客户业务优先级与 VP 优先级独立，在网络出口处恢复业务优先级；

f） 可支持客户业务优先级重映射，即在网络出口处重新映射客户业务优先级。

6.5.3 带宽控制能力

SPN 网络应支持 CAR，对报文进行速率限制，实现对每个业务流的带宽控制。由于每个基站或客户有多个业务流，对业务流的带宽控制可实现对每个基站或客户的整体带宽控制。

CAR 一般采用双令牌桶机制实现对带宽的控制，应具备以下两个功能：

a） 染色功能。应支持 Color-Blind（色盲模式）和 Color-Aware（色敏感模式）两种染色模式。采用 IETF RFC 2698 规定的 trTCM，对报文按照令牌桶的 CIR 和 PIR 与报文的当前速率进行比较，超过 PIR 的报文染红色，超过 CIR 但是低于 PIR 的报文染黄色，低于 CIR 的报文染绿色。在 Color-Aware 模式下，对报文进行重标记，若报文本身带有颜色，会与报文本身的颜色比较，取更深的颜色。

b） 基于 PW、LSP、UNI 端口的流量限速功能。对染色后的报文进行是否丢弃行为的处理，从而限定业务流的接入速率，流量限速的默认处理规则为红色报文丢弃，黄色、绿色报文通过。应

支持在不影响现有业务的情况下，在线单个或批量调整 PW、LSP 和 UNI 端口的 QoS 带宽参数 CIR 和 PIR；CIR 和 PIR 带宽参数的调整步长可配置，应支持最小步长 1 Mbit/s。

6.5.4 连接允许控制能力

SPN 网络应支持 CAC 功能，负责对所配置的 CIR、PIR 等带宽参数进行合法性检查，确保不同业务流配置的带宽参数不会超过线路出口带宽，或超过上一级通道的带宽配置，无法满足的业务带宽参数请求将被拒绝。CAC 应满足以下要求：

a） SPN 网络的 CAC 功能应满足对以下条件的检查和允许控制功能：
   1） 所有业务流的 CIR 之和应小于等于其所在服务层的可用带宽（服务层实际带宽减去所需的 OAM 带宽）；
   2） 任何业务流的 PIR 的配置值应小于等于该服务层的可用带宽，所有业务流的 PIR 应能同时设置到该服务层可用带宽的最大值。

b）对于层次化 QoS 机制，CAC 功能在 PW、LSP、线路端口和 MTN 通道层还应满足以下要求：
   1） 每个 PW 内的所有业务流的 CIR 之和应小于等于 PW 的 CIR；
   2） 每个 PW 内的任何业务流的 PIR 的配置值应小于 PW 的 PIR，所有 PW 的 PIR 应能同时设置到该 PW 的 PIR；
   3） 每个 LSP 内的所有 PW 的 CIR 之和应小于等于该 LSP 的 CIR；
   4） 每个 LSP 内的任何 PW 的 PIR 配置值应小于 LSP 的 PIR，所有 LSP 的 PIR 应能同时设置到该 LSP 的 PIR；
   5） 在线路端口或 MTN 通道上，所有 LSP 的 CIR 之和应小于等于该线路端口或 MTN 通道的可用带宽（NNI 实际带宽减去所需的 OAM 带宽）；
   6） 在线路端口或 MTN 通道上，任何 LSP 的 PIR 配置值应小于等于该线路端口或 MTN 通道的可用带宽，所有 LSP 的 PIR 应能同时设置到该线路端口或 MTN 通道可用带宽的最大值。

6.5.5 拥塞控制能力

SPN 网络应支持尾丢弃（Tail Drop）和 WRED，对网络拥塞情况进行缓解，具体要求如下：

a） 尾丢弃采用缓存队列对报文缓存，在缓存过程中不区分报文丢弃级别，当缓存队列满时，固定丢弃后来的报文；

b） WRED 可感知报文的丢弃优先级（颜色），基于不同的丢弃优先级给报文设定丢弃门限和丢弃概率，从而对不同丢弃优先级的报文提供不同的丢弃特性。

6.5.6 队列调度能力

SPN 网络应支持 SP 队列调度模式，支持 WFQ 或 DWRR 队列调度模式，支持优先级队列 SP＋WFQ 或 SP＋DWRR 调度模式，对流分类后的队列进行调度。

6.5.7 层次化 QoS 能力

SPN 网络应支持层次化 QoS 调度能力，基于每用户组、每用户、每用户业务分层实现带宽控制、流量整形和调度策略配置等功能。

7 SPN 网络的切片通道层技术要求

7.1 切片通道层的总体技术要求

SPN 网络的时隙切片层包括 FlexE/MTN 段层、基于 5 Gbit/s 时隙的 MTN 通道层和实现小颗粒切

片的多颗粒度通道层，SPN 切片转发层模型框图如图 12 所示。

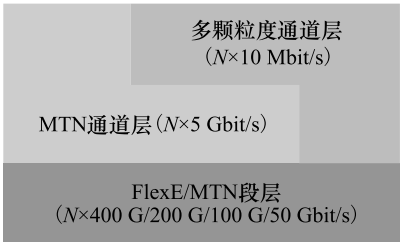


图 12　SPN 切片转发层模型框图

SPN 切片转发层采用基于 TDM 时隙的 MTN 通道层（Path）和 FlexE/MTN 段层（Section）技术，为多业务承载提供基于 L1 的低时延、硬离切片通道，包括以太网 66B 码块序列交叉连接（S-XC）技术、城域传送网段层和城域传送网通路层帧结构及其 OAM 开销技术。

在小颗粒切片的实现上，10 GE 接口多颗粒度切片帧结构不包含 FlexE/MTN 段层和基于 5 Gbit/s 时隙的 MTN 通道层。

7.2　FlexE/MTN 段层的转发能力技术要求

7.2.1　FlexE/MTN 段层基本数据单元

FlexE/MTN 段层位于 MTN 通道层和物理传输层的 IEEE 802.3 以太网 PHY 之间，实现 MTN 通道层接入数据流的速率适配，实现数据流在 MTN 段层上的映射与解映射、复用与解复用、帧开销插入与提取功能，提供硬切片隔离及 OAM 监视技术，重用 OIF FlexE 2.2 的实现逻辑，具体技术要求包括：

a） 支持 *N* 个 PHY 成员绑定到一个 MTN 接口组，*N*≥1，当 MTN 接口组中成员数大于 1 个时，要求支持能容忍的各绑定 PHY 时延差不小于 2 μs；

b） MTN 接口组内 *N* 个成员的对齐，以及丢失对齐的检测机制；

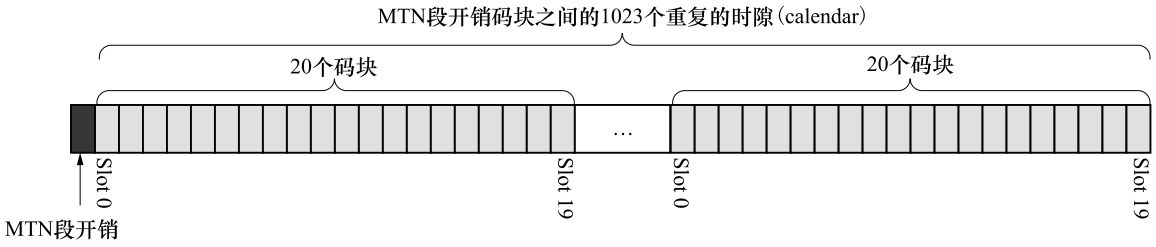
c） 支持 PHY 成员物理层检测告警和错误通知到 MTN 接口组的机制；

d） 支持 MTN Client 和 MTN 段层、MTN 接口之间的频偏与速率适配；

e） 支持 MTN Client 接入到 MTN 接口内的任意一个或以上的成员的相关时隙；

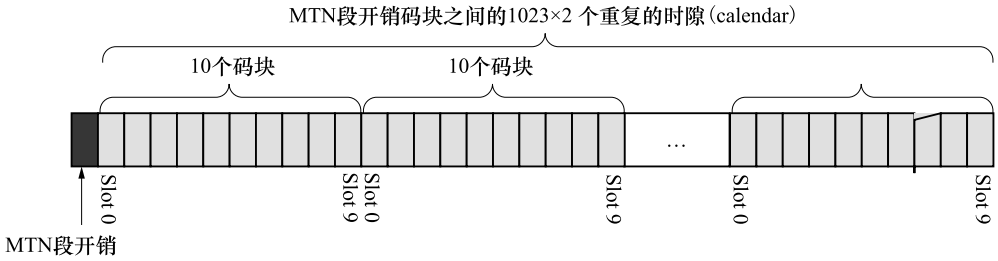
f） 支持 Calendar（时隙分配表）的静态配置和动态协商两种模式。

MTN 段层基本数据单元的格式定义如图 13 所示。MTN 段层的基本数据单元帧格式（BDU）由一个开销的 64B/66B 码块加上 20460 个有效载荷的 64B/66B 码块组成。其中，基于 100 Gbit/s 灵活以太网实例的 MTN 段层的有效载荷有 20×1023 个码块，见图 13a）；基于 50 Gbit/s 灵活以太网实例的 MTN 段层的有效载荷有 10×1023×2 个码块，见图 13b）。



a）MTN段层基于100 Gbit/s灵活以太网实例的BDU格式

图 13　MTN 段层基本数据单元的格式定义



b）MTN段层基于50 Gbit/s灵活以太网实例的BDU格式

图 13　MTN 段层基本数据单元的格式定义（续）

对由单个 100 Gbit/s 或 50 Gbit/s 灵活以太网实例组成的 MTN 段层，其实例帧结构由 8 个 BDU 组成，是一个 8×20461×66B 帧，MTN 段层的实例帧格式定义如图 14 所示。

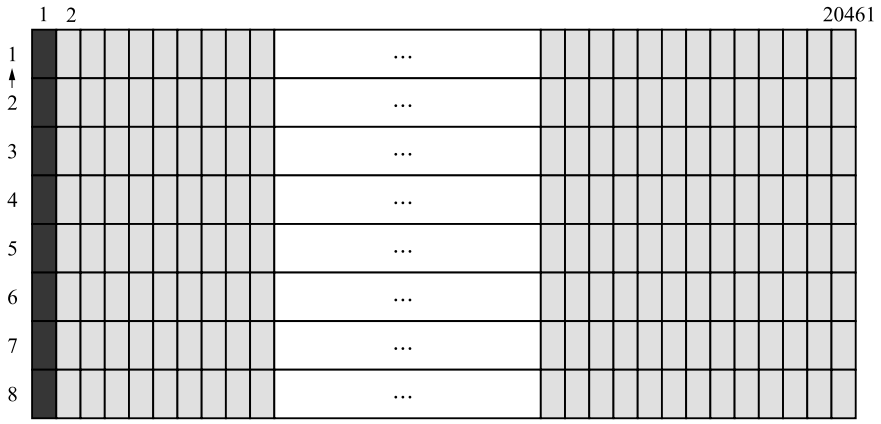


图 14　MTN 段层的实例帧格式定义

基于 100 Gbit/s 灵活以太网实例的复帧由 32 个实例帧组成，是一个 8×20461×32×66B 的信息结构，应符合图 15a）；50 Gbit/s 灵活以太网实例复帧由 16 个实例帧组成，是一个 8×20461×16×66B 的信息结构，应符合图 15b）。

7.2.2　Calendar 配置

Calendar 静态配置是指互通的两个 MTN 接口组对应接收端 MTN Client 的业务恢复配置选择，完全根据本端控制器下发的配置信息进行 MTN Client 提取，而不是根据接收端从 MTN 接口开销 Client Calendar A/B 字段中提取的配置信息，Client 互通配置的正确性通过控制器保证，Client Calendar 提取的配置信息可用于一致性校验。

Calendar 动态协商遵循 OIF FlexE 2.2 中 7.3.4 的规定，Calendar 动态协商是指互通的两个 MTN 接口对应 MTN Client 的业务恢复，完全根据 MTN 接口开销 C、CR、CA、Client Calendar A/B 信息进行协商实现 Client 提取。

Calendar 动态协商处理流程如图 16 所示。当 MTN 接口组 A 发送 Client 配置采用的是 Client Calendar A，对应 C＝0，CR＝0；Client 配置动态协商的具体操作步骤如下：

a） MTN 接口组 A 更新发送端的 Client Calendar B 配置信息；

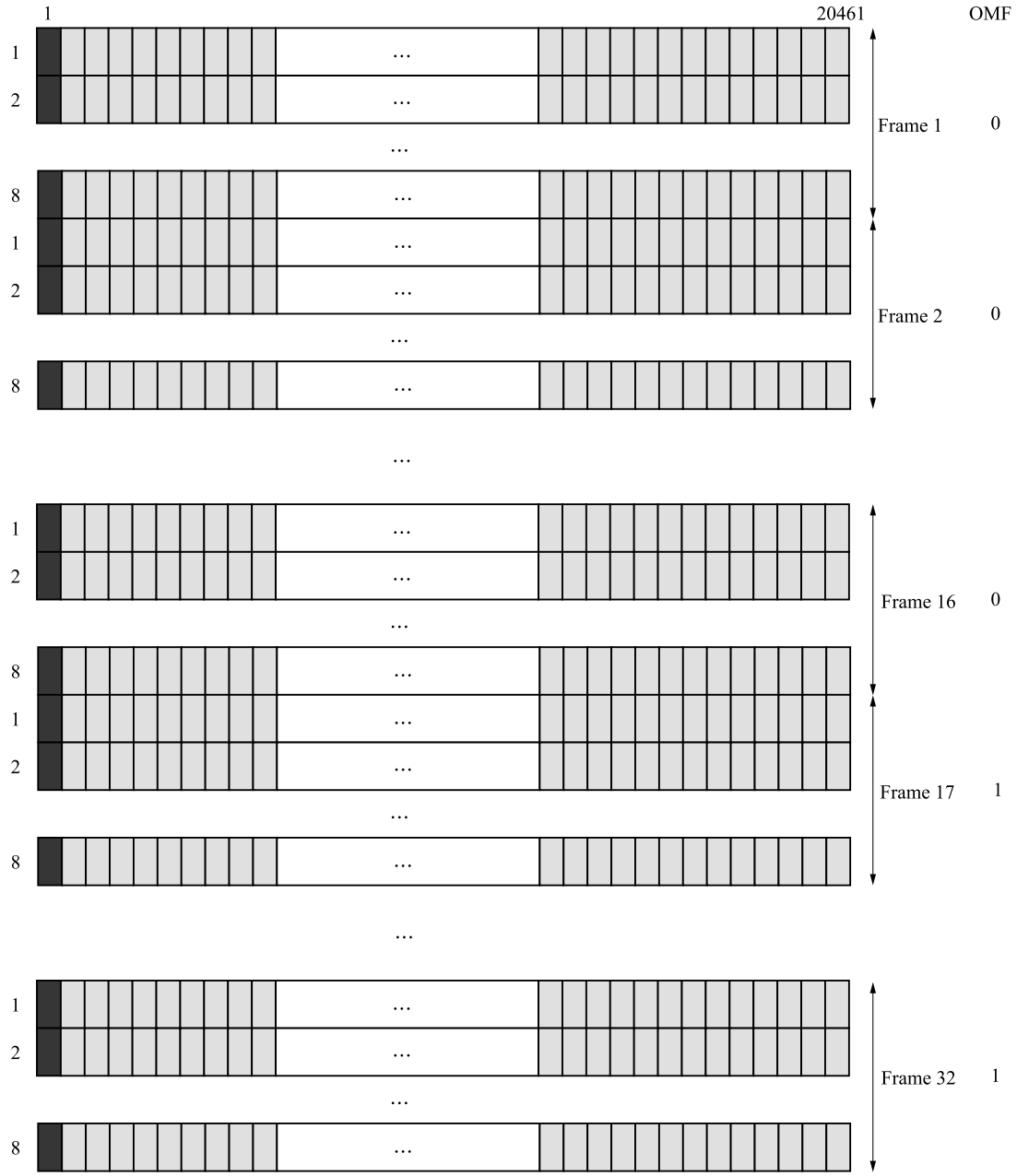
b） MTN 接口组 A 设置发送端 CR＝1，等待 MTN 接口组 B 反馈 CA 信息；

c） MTN 接口组 B 接收到 CR＝1，检查从 Client Calendar B 提取的配置信息合法性，符合规则，则设置 CA＝1；

d） MTN 接口组 A 接收到 CA＝1 后，设置 C＝1 发送；

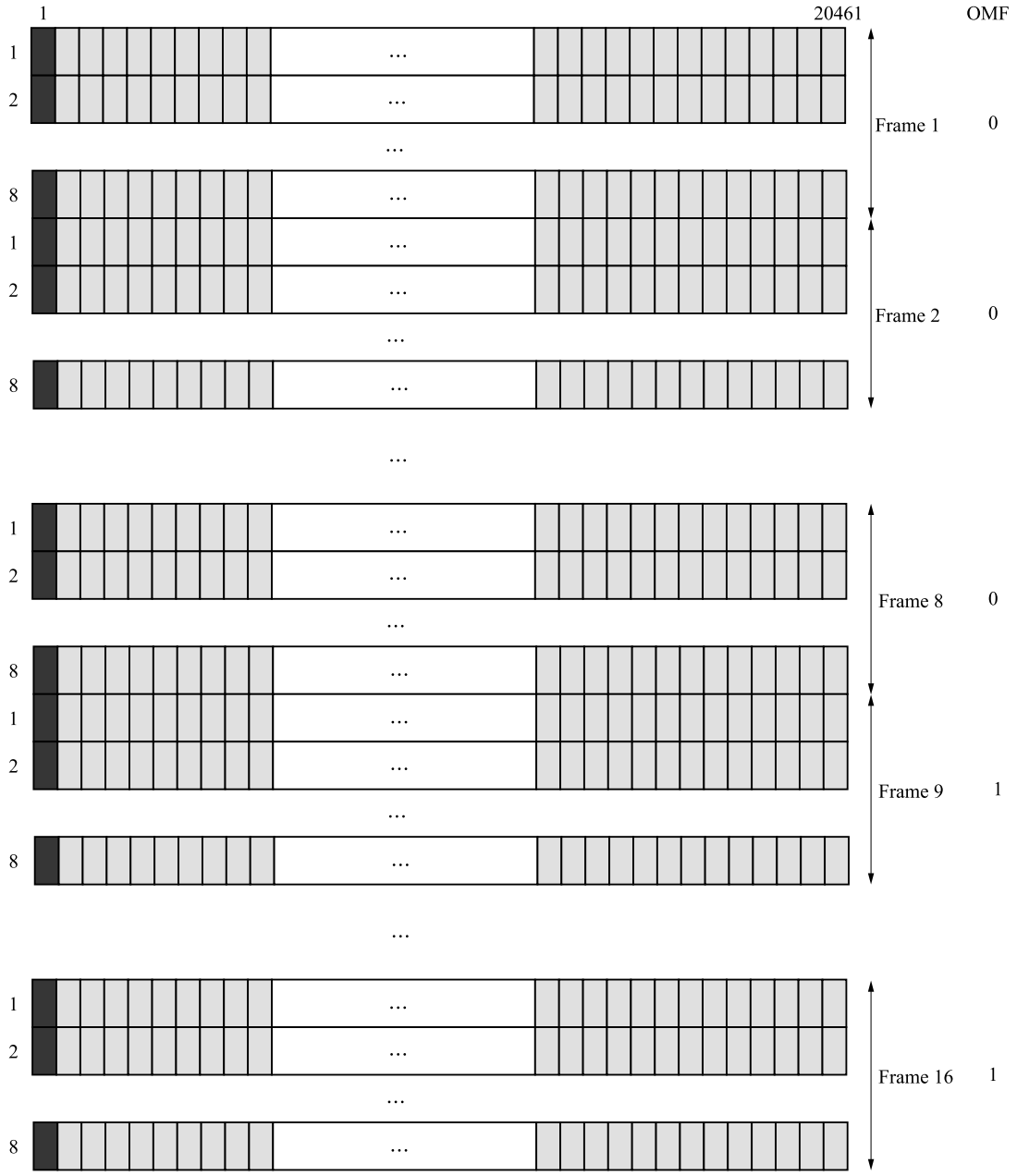
e） MTN 接口组 A 切换 FlexE Client 业务配置，启用 Client Calendar B 的配置信息进行业务发送，MTN 接口组 B 启用 Client Calendar B 的配置信息进行业务提取。

注：建议 b）引入超时处理机制，用于确认 CA 反馈的时效性避免异常，超时时间默认建议为 1 s，超时时间可配置。另外，建议超时未收到 CA 信息上报告警，便于运维维护。



a）基于100 Gbit/s灵活以太网实例的MTN段层复帧结构

图 15　MTN 段层的实例复帧格式定义



b）基于50 Gbit/s灵活以太网实例的MTN段层复帧结构

图 15　MTN 段层的实例复帧格式定义（续）

7.3　MTN 的 *N*×5 Gbit/s 通道层的转发能力技术要求

SPN 网络应支持 MTN Channel，满足以下功能要求：

a） 通过网管或者控制器创建 MTN Channel：

1） MTN Channel 的端到端建立、拆除和维护操作；

2） 指定 MTN Channel 的头节点和尾节点自动算路建立一条 MTN Channel；

3） 指定 MTN Channel 建立必须经过和必须不经过节点、接口的约束路径 MTN Channel；

4） MTN Channel 与承载时隙的绑定，一条 MTN Channel 可绑定一个或多个 MTN 时隙。

b） MTN Channel 的时隙或带宽配置调整功能支持：

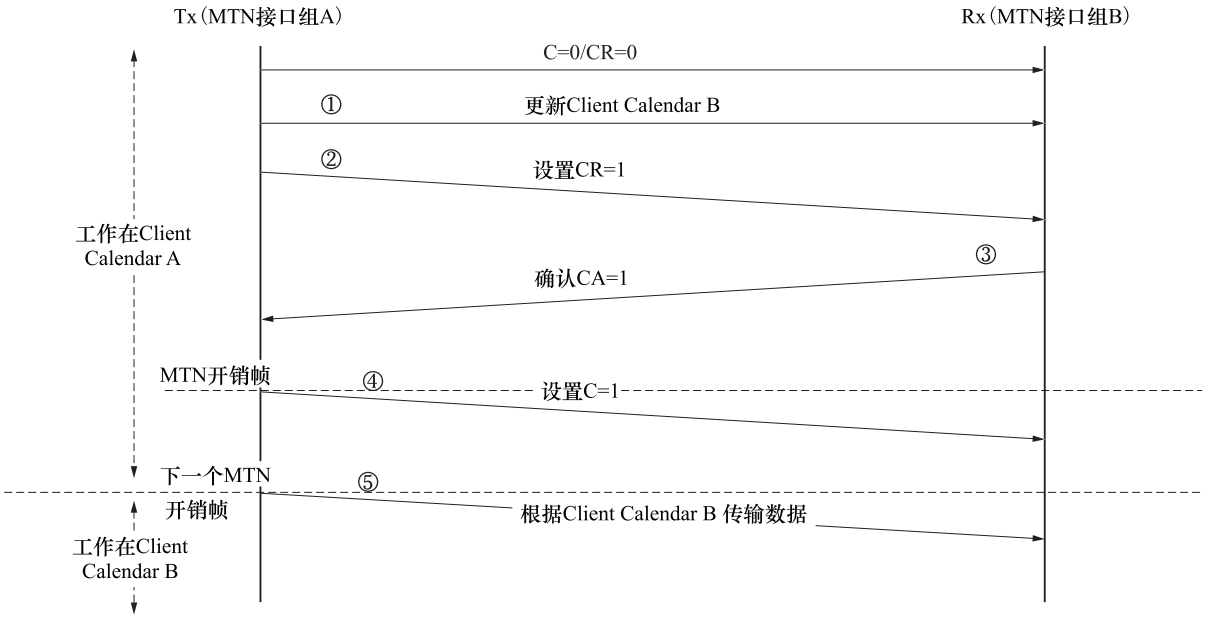


图 16　Calendar 动态协商处理流程

1） MTN Channel 最小 5 Gbit/s 带宽粒度配置；

2） N×5 Gbit/s（N≥1）为颗粒的任意 MTN Client。

c） MPLS-TP 隧道和 SR-TP 隧道承载在 MTN Channel 上，支持：

1） MTN Channel 的 OAM 机制；

2） MTN Channel 的保护机制。

d） MTN Channel 的中间节点支持非介入式 OAM 检测，包括：

1） 在中间节点对 MTN Channel 进行连通性检测，支持上报连通性丢失告警。

2） 在中间节点对 MTN Channel 进行 BIP 误码检测，支持上报 BER 性能，支持上报 SF 和 SD 告警。

3） MTN Channel 中间节点 OAM 检测应支持使能和去使能。

7.4　MTN 的 *N*×10 Mbit/s 小颗粒切片转发能力技术要求

MTN 接口应支持 MTN 多颗粒度通道，具体技术要求包括：

a） 应支持通过网管或者控制器创建 MTN 多颗粒度通道，包括：

1） 应支持 MTN 多颗粒度通道的端到端建立、拆除和维护操作；

2） 应支持指定 MTN 多颗粒度通道的头节点和尾节点自动算路；

3） 应支持指定 MTN 多颗粒度通道建立必需经过和必需不经过节点、接口的约束路径。

b） MTN 多颗粒度通道应支持最小 10 Mbit/s 颗粒度配置。

c） 应支持 MTN 多颗粒度通道与承载时隙的绑定，一条 MTN 多颗粒度通道可绑定一个或多个 MTN 时隙，实现 N×10 Mbit/s 通道带宽（N≥1）。

d） 应支持 N×10 Mbit/s（N≥1）的多颗粒度 Client，与 MTN 多颗粒度通道对应。

e） 应支持 MTN 多颗粒度通道承载时隙或带宽配置调整，调整时应支持无损调整机制。

f） 应支持 MTN 多颗粒度通道的 OAM 机制和保护机制。

g） 应支持 MTN 多颗粒度通道承载 SR-TP 隧道、SR-BE 隧道和 MPLS-TP 隧道功能。

7.5　10 GE 接口支持小颗粒切片的转发能力技术要求

10 GE 接口应支持多颗粒度切片通道，不仅应满足本文件 7.4 对 MTN 多颗粒度切片转发技术的要

求，还应满足下面要求：

a） 应支持创建 10 GE 接口多颗粒度切片到 MTN 接口多颗粒度切片的端到端多颗粒度切片通道；

b） 应支持 10 GE 接口多颗粒度通道与 MTN 接口多颗粒度通道交叉功能；

c） 包含 10 GE 接口和 MTN 接口的多颗粒度切片通道在进行时隙或带宽配置调整时，应支持无损调整机制；

d） 应支持 10 GE 接口多颗粒度通道与 MTN 接口多颗粒度通道 OAM 机制和保护机制的互通。

7.6 SPN 网络的切片通道层 OAM 能力要求

SPN 切片转发层包括 FlexE/MTN 段层、MTN 通道层和多颗粒度通道层三个子层。

MTN 段层子层的 OAM 功能、OAM 帧格式、OAM 机制应符合 OIF FlexE 2.1 的规定，应支持的告警包括 MTN 接口 GNM、LOGA、MTN MM、INM、LOF、LOMF、RPF 和 CCM，MTN 段层子层应支持的告警要求见表 8。

表 8 MTN 段层子层应支持的告警要求

告警名称	告警功能	告警对象
GNM	MTN 接口组编号失配告警	MTN Group
LOGA	组定位丢失告警	MTN Group
MTN MM	MTN MAP 失配告警	MTN Group
INM	实例编号失配告警	MTN PHY
LOF	MTN 段层开销帧丢失告警	MTN PHY
LOMF	MTN 段层复帧丢失告警	MTN PHY
RPF	远端 PHY 故障	MTN PHY
CCM	客户时隙配置失配告警	MTN Client
注：此要求对单接口或多接口的 MTN 接口组均适用。告警上报应对次要告警做告警抑制处理。		

MTN 通道层子层 OAM 应支持以下功能：

a） 连续性检测（CC）；

b） 连通性验证（CV）；

c） 比特间插奇偶校验（BIP）；

d） 远端误码指示（REI）；

e） 远端缺陷指示（RDI）；

f） 时延测量（1DM/2DM）；

g） 自动保护倒换（APS）；

h） 客户信号类型（CS）；

i） 客户信号失效指示（CS_LF/CS_RF/CS_LPI）。

除上述基于源宿节点的 OAM 检测功能外，MTN 通道层 OAM 还应支持中间节点检测，支持进行逐段的连通性检测和 BIP 误码检测。

对于 MTN 接口和 10 GE 接口的多颗粒度通道层子层，OAM 机制与 MTN 通道层 OAM 机制一致，也应支持 MTN 通道层子层 OAM 功能，并在中间节点设备支持多颗粒度通道中间节点非介入式 OAM 检测。

7.7 SPN 网络的切片通道层保护能力要求

7.7.1 SPN/MTN 接口组保护能力要求

当 FlexE/MTN Group 绑定多个物理 PHY 层链路时，应支持：

a） 当部分 PHY 链路故障时，与故障 PHY 链路无关的 MTN Client 应能通过隔离故障链路后正常传送且无业务损伤，与故障 PHY 链路相关的 MTN Client 应满足业务损伤不大于 50 ms；

b） 当故障 PHY 恢复正常时，与故障 PHY 链路相关的 MTN Client 应满足业务损伤不大于 50 ms，与故障 PHY 链路无关的 MTN Client 应无业务损伤。

7.7.2 MTN 通道层保护能力要求

MTN 通道层应支持单向/双向 1＋1 路径保护、双向 1:1 路径保护，并支持 SD 触发保护倒换、SF 触发保护倒换，倒换时间不大于 50 ms。单向/双向 1＋1 路径保护应符合 ITU-T G.8331 的规定。

MTN 接口和 10 GE 接口的多颗粒度通道层保护机制与 MTN 通道层保持一致，应符合 MTN 通道层保护能力要求。

7.8 E1/STM-1 CBR 业务的 OAM 和保护能力要求

E1/STM-1 CBR 业务支持 LOS 告警和 AIS 告警检测和上报能力；基于 *N*×10 Mbit/s 小颗粒的 MTN 通道实现网络侧 OAM 和保护能力。

8 SPN 网络的切片传送层技术要求

8.1 切片传送层的总体技术要求

SPN 网络的切片传输层支持以太网接口物理层编解码和传输媒介处理，并符合 IEEE 802.3 的规定，支持 25 GE、50 GE、100 GE、200 GE、400 GE 等速率的光接口链路连接，各速率接口应符合 IEEE 802.3 的相关要求。SPN 的以太网光接口相关的 IEEE 802.3 标准见表 9。

表 9 SPN 的以太网光接口相关的 IEEE 802.3 标准

传输距离	速率					
	25GE	50GE	50GE BiDi	100GE	200GE	400GE
10 km	IEEE 802.3	IEEE 802.3	IEEE 802.3cp	IEEE 802.3	IEEE 802.3	IEEE 802.3
40 km	IEEE 802.3	IEEE 802.3cn	IEEE 802.3cp	IEEE 802.3	IEEE 802.3cn	IEEE 802.3cn
80 km	—	—	—	IEEE P802.3ct	—	IEEE P802.3cw

8.2 切片传送层的 OAM 功能要求

以太网物理接口应支持物理端口链路故障（PHY_LINKDOWN），可支持物理端口 AM 码块信号劣化（PHY_AM_SD）和 MTN 物理端口 AM 码块信号失效（PHY_AM_SF）。

8.3 FlexE/MTN 接口组的能力要求

SPN 网络应支持 MTN 端口绑定功能，对于 320 Gbit/s 及以上容量的接入设备应支持最少 2 个 50 GE 端口绑定能力；汇聚、核心及骨干设备应支持最少 2 个 50 GE 端口绑定、最少 4 个 100 GE 端口绑定。

8.4 接入链路的 OAM 能力要求

链路 OAM 主要指以太网链路 OAM 与 SDH/PDH 链路开销、告警和性能监测，以太网接入链路 OAM 应符合 YD/T 1948.4—2010 的要求，SDH/PDH 链路开销、告警和性能监测应符合 GB/T 15941—2008 的规定。

8.5 接入链路的保护能力要求

SPN 网络应支持以太网接口 LAG 保护的手工捆绑方式和基于 LACP 的静态捆绑方式，可支持基于 LACP 的动态捆绑方式；应支持跨单板的链路聚合保护功能；应支持多端设备间 MC-LAG 保护功能；应支持端口或双向链路故障条件下的保护倒换时间不大于 200 ms。

SPN 接入设备应支持的链路聚合保护组不少于 2 个保护组；SPN 汇聚设备应支持的链路聚合保护组不少于 8 个保护组；SPN 核心和骨干设备应支持的链路聚合保护组不少于 40 个保护组。SPN 核心、汇聚设备的每个链路聚合保护组的组内成员不应少于 8 个。

STM-1 接口应支持 MSP 1＋1 保护功能。

9 SPN 网络的同步技术要求

9.1 总体要求

SPN 网络应支持同步以太网频率同步、CES 业务时钟恢复和时间同步功能。SPN 网络应支持通过 PTP 实现超高精度时间同步，每跳最大时间偏差 max|TE|不大于 5 ns。此外，SPN 网络应支持 1PPS 时间输出接口，对于 SPN 核心汇聚设备，应支持 2 路同步专用的 GE 光接口。

9.2 频率同步要求

9.2.1 物理层同步

SPN 网络应支持通过 FE、GE、10 GE、25 GE、40 GE、50 GE、100 GE、200 GE、400 GE 等以太网端口，以及 50 GE、100 GE、200 GE、400 GE 等 MTN 接口恢复时钟，核心汇聚设备应至少支持 1 路 2048 kbit/s 或 2048 kHz 外定时输入和 1 路 2048 kbit/s 或 2048 kHz 外定时输出，可支持从 E1 端口（PDH 端口）恢复时钟。2048 kbit/s 和 2048 kHz 外定时输入/输出接口的物理/电气参数特性应符合 GB/T 7611—2016 的规定。接入设备不要求 2048 kbit/s 或 2048 kHz 外定时输入和输出接口。

SPN 网络应支持定时源优先级设置和自动选择定时源的功能，同步以太网时钟源选择机制符合 ITU-T G.781 的规定，并支持参考源失效条件的检测和上报。应支持同步以太网 ESMC 报文的处理，ESMC 报文协议应符合 ITU-T G.8264 的规定。MTN 接口对 ESMC 报文的承载方式应符合 OIF FlexE 2.2 的规定。

SPN 网络的频率准确度、牵引入/牵引出范围、漂移/抖动噪声产生、保持特性、漂移/抖动噪声输入容限、漂移噪声传递特性、相位瞬变等时钟性能应符合 ITU-T G.8262.1 的规定，相位不连续性应符合 ITU-T G.8262 的规定。

SPN 网络的频率同步状态处理、频率同步操作管理维护等功能均应符合 YD/T 2879—2015 的规定；频率同步规划、配置检测、故障性能管理等功能均应符合 YD/T 3770—2020 的规定。

9.2.2 E1/STM-1 业务同步

SPN 网络应支持自适应法、差分法或网络同步时钟等方式恢复 E1/STM-1 业务时钟，漂动限值应符合 ITU-T G.8261 的规定。

9.3 时间同步要求

9.3.1 时间同步接口要求

SPN 网络应支持通过 FE、GE、10 GE、25 GE、40 GE、50 GE、100 GE、200 GE、400 GE 等以太网端口，以及 50 GE、100 GE、200 GE、400 GE 等 MTN 接口对 PTP 报文发送接收和处理，PTP 报文协议的格式和处理应符合 IEEE 1588：2008 及 ITU-T G.8275.1 的规定。

SPN 网络应支持通过 MTN Group 链路层开销承载 PTP 报文，MTN 开销帧结构中第 6 行的完整 66B block 用于同步报文填写，采用 MTN 复帧方式对 PTP 报文进行传输。MTN 开销帧结构第 1 行 66B block 中的 SC 比特用于指示该 MTN PHY 是否支持同步信息传送。MTN Group 支持绑定多个物理 PHY 层链路，PTP 报文在 MTN Group 的第一个物理 PHY 的开销中进行传递，传送同步信息 PHY 的 SC 比特设置为 1。当检测到用于传输同步信息的 PHY number 最小的物理 PHY 链路失效时，将所述同步信息按照原 MTN Group 链路编号顺序依次倒换至其他 PHY 链路进行传输，倒换至的 PHY 链路将 SC 比特设置为 1。当原 Group PHY number 最小的物理 PHY 链路恢复正常时，同步信息倒换回原 Group PHY number 最小的物理 PHY 链路传送。同步信息通过同一个 MTN Group 中不同物理 PHY 链路传送时，同步信息中携带的源端口 ID 应填写一样的数值。

PTP 时戳以 PTP 报文前导码所在的 MTN/FlexE 复帧开销的帧头经过打戳平面时的时间作为 PTP 时戳。如果 MTN/FlexE 接口一个物理 PHY 内部如果存在多个 Lane，PTP 报文打戳需要多 Lane 之间的延时对齐，以延时最长（最晚到达）的 Lane 的 PTP 时戳为准。

除了使用业务接口和监控通道传递同步外，为了支持和时间同步设备的局内连接及同步测试，SPN 网络应具备专用的时间同步接口。专用的时间同步接口包括：

a） 专用的 GE 光接口：SPN 核心汇聚层设备应支持 2 路同步专用的 GE 光接口，用于连接时间服务器或用于时间同步测试。

b） 1PPS 时间输出接口：该接口主要用于 SPN 超高精度时间输出性能测试。SPN 网络应至少支持 1 路 1PPS 时间输出接口。1PPS 接口的物理接头建议采用 SMA，阻抗为 50 Ω，应符合 ITU-T G.703 的规定。对于 1PPS，采用上升沿作为准时沿，10%～90%的上升时间不应大于 5 ns，脉宽应为 100 ns～500 ms。为了保证超高精度测试精度，1PPS 接口的传输距离建议不超过 3 m。

9.3.2 时间同步功能要求

SPN 网络应支持 OC 和 BC 时钟模型。在实现 PTP 功能时，应支持下列基本功能：

a） PTP 参数设置功能；

b） PTP 优先级的设置功能；

c） PTP 报文的发送间隔设置功能；

d） 时延补偿设置功能；

e） BMC 算法。

以上功能的具体要求应符合 GB/T 25931—2010、ITU-T G.8275.1 的规定。SPN 网络同步状态处理、同步操作管理维护、非对称补偿、PTP 时钟等级参数设置、ToD 秒脉冲状态参数设置等功能均应符合 YD/T 2879—2015 的规定，时间同步规划、配置检测、故障性能管理等功能均应符合 YD/T 3770—2020 的规定。

9.3.3 时间同步性能要求

SPN 网络每跳的最大时间偏差 max|TE|不应大于 5 ns。

10 SPN 网络设备分类和网络接口技术要求

10.1 SPN 网络设备的分类

SPN 网络根据网络应用的物理位置可分为核心设备、汇聚设备、接入设备，分别对应传送网络核心层、汇聚层、接入层的网元节点。

对于客户业务的末端接入和汇聚由小型化接入设备来完成，分为 CPE 设备和 HUB 设备。

CPE 设备主要放置在客户驻地，用于接入各种类型的客户业务，上联至 HUB 设备或者传送网络的接入设备。

HUB 设备用于汇聚多个客户业务或接入客户，采用 10 GE 上联至传送网络接入设备。

10.2 SPN 网络接口技术要求

SPN 设备以太网接口应支持 100 Mbit/s、GE、10 GE、25 GE、50 GE、100 GE、200 GE、400 GE。MTN 接口应支持 50 GE、100 GE、200 GE、400 GE。SPN 设备应支持 E1 和 STM-1 接口。

SPN 设备管理及辅助接口主要是用于监控/管理机房环境、设备调试等功能，包括管理接口、辅助接口。

11 SPN 网络管控系统要求

11.1 SPN 网络管控系统总体技术要求

SPN 网络采用基于 SDN 的集中管控架构，符合 ONF TR 502、ONF TR 534 和 YD/T 3415—2018 的规定。SPN 网络应支持集中式管理面、集中式控制面和简化的分布式设备控制面，且集中管控系统应支持开放的南向、北向接口。

SPN 网络集中管理面提供网络设备和业务规划、部署、维护、故障、性能监控等功能。SPN 网络集中控制面基于 SDN 技术实现对 SR-TP 隧道路径实时闭环控制，包括网络拓扑状态搜集/反馈、集中算路和算路结果更新等功能；SPN 网络分布式控制面是通过 IGP IS-IS 协议，提供网络拓扑状态发现和 SR-BE 隧道控制能力。SPN 网络集中闭环控制系统如图 17 所示。

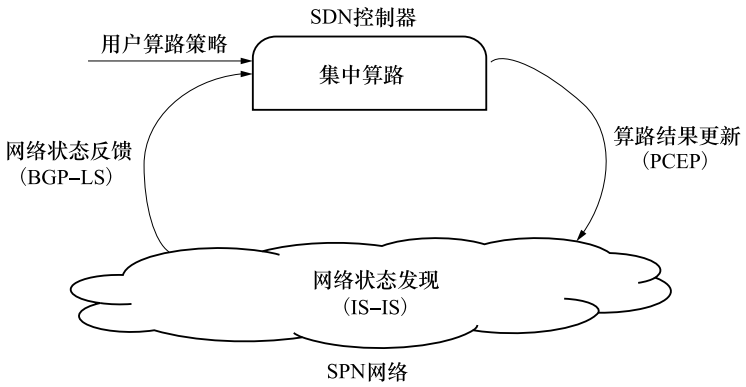


图 17 SPN 网络集中闭环控制系统

SPN 管控系统架构和功能模块如图 18 所示，包括：

a） 统一云化平台（图 18 中①）：依托统一的基础平台，支持统一的安装、升级及补丁管理机制；支持统一的控制器系统监控和维护；支持统一鉴权管理。

b） 统一数据管理（图 18 中②）：统一的数据资源模型，统一的数据资源分配系统，统一的数据库

系统，统一的存储格式和存取接口，统一的数据备份和恢复机制。

c） 统一南向接口（图 18 中③）：统一南向接口框架，统一南向协议连接，统一南向数据模型。

d） 统一 Portal 界面和统一北向 Restconf（图 18 中④）：统一的界面入口和界面风格；统一的北向协议连接及数据建模。

e） 管理子系统（图 18 中⑤）：统一业务管理、拓扑管理、网络维护、监控、告警排障等管理功能。

f） 控制子系统（图 18 中⑥）：集中、动态控制的算路能力。

g） 切片管控（图 18 中⑦）：切片生命周期管理、切片运维、切片状态监测能力。

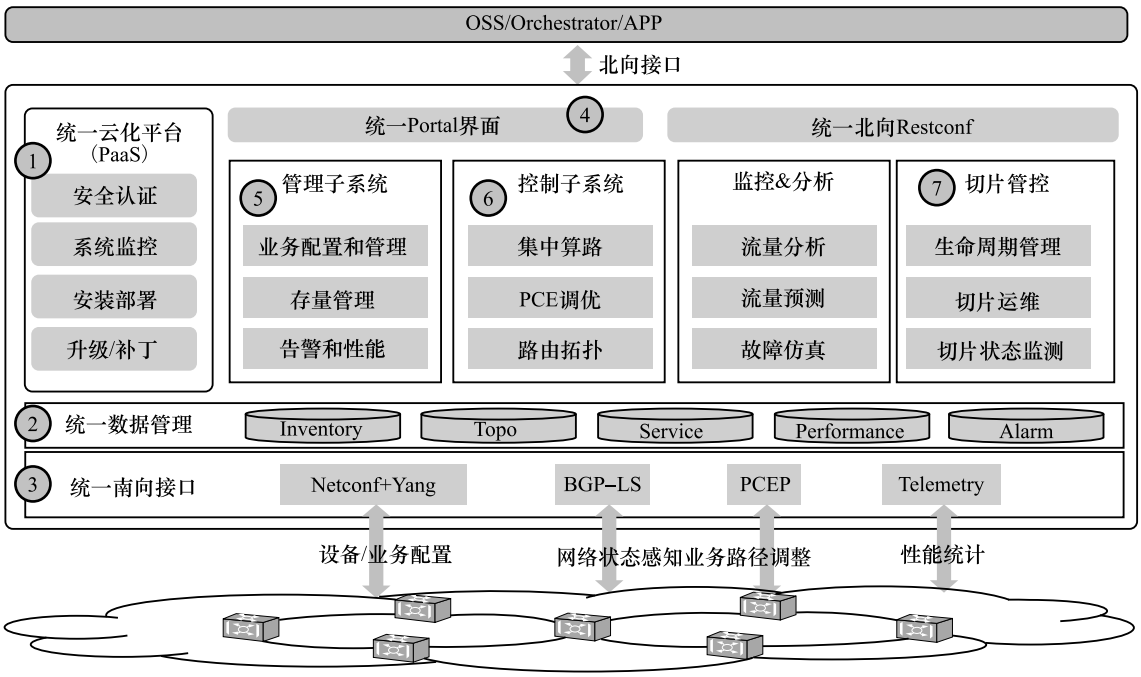


图 18　SPN 管控系统架构和功能模块

SPN 网络管控系统支持集中式的管理子系统、控制子系统和监控分析功能。对于 TDM 仿真业务和 L2VPN 业务的管控功能应符合 YD/T 2374—2011 的相关规定；MTN Channel 对于 L3VPN 业务，SPN 网络的集中式管控系统支持对网络拓扑的自动发现和更新能力，对 SR-TP 采用集中式的静态路由发布、标签配置等管控方式，对 SR-BE 支持基于 IGP 的 IS-IS 协议的分布式动态管理方式。

11.2　管控系统功能要求

SPN 管控系统应具备如下能力：

a） 支持网络拓扑管理功能，包括拓扑发现、拓扑布局、拓扑浏览和拓扑编辑等功能。其中网络拓扑包括物理拓扑、分组业务拓扑、MTN Channel 拓扑、网络保护拓扑、时钟拓扑 DCN 拓扑等。支持基于 BGP-LS 协议收集的网络拓扑、拓扑状态、SR 标签更新网络拓扑及拓扑状态，并基于最新拓扑进行 SR-TP 隧道路径调整。BGP-LS 协议应遵循 IETF RFC 7752 和 draft-ietf-idr-bgp-ls-segment-routing-ext 的要求。

b） 支持网络配置管理功能，管理对象包括网络基础配置（设备、接口、MTN 接口组、控制切议等）、端到端隧道路径配置管理（MPLS-TP、SR-TP 等）、端到端业务配置管理（L2VPN、L3VPN 等）、MTN Channel 管理、业务模板配置管理等功能。支持 SR-TP 隧道路径计算，支持的 SR-TP 隧道算路策略包括：

1） 最短路径；
2） 带宽约束（CSPF）；
3） 必经路径/节点，排除路径/节点；
4） 双向隧道共路；
5） 主备隧道不共路。

SDN 控制器应能从北向接口获取上层系统（如控制器、APP、OSS 或协同器）下发的 SR-TP 隧道算路策略，以便用户基于应用场景灵活定制算路算法。支持基于 PCEP 的隧道路径下发，PCEP 应遵循 IETF RFC 5440、IETF RFC 8231、IETF RFC 8281 及 IETF RFC 8664 的要求。

c） 支持网络故障管理功能，包括告警参数管理、告警抑制关系管理、告警根因分析、历史告警数据管理等。SPN 告警对象包括物理设备、物理端口、MTN 接口组、端到端业务、隧道路径、MTN Channel、OAM 和保护等，网络故障管理系统应能将故障告警关联到受影响的管理对象，且能分析全网上报的告警信息，定位出可能的根源告警。

d） 支持网络性能管理功能，包括性能监测参数管理、性能监测实例管理、性能数据管理、性能趋势分析等功能。SPN 性能监控对象包括物理设备、物理端口、端到端业务、隧道路径、MTN Channel、OAM 和保护等，以及支持 15 min、24 h、分钟/秒级性能监测周期。

e） 支持网络安全管理功能，包括用户管理、权限控制、操作日志管理、登录日志管理等功能。

f） 支持网络系统管理功能，包括系统自身管理、软件管理、数据管理等。

g） 支持网络切片管理，即将一张物理网络虚拟出多个独立的逻辑切片网络，并为逻辑切片网络分配网络资源，以实现对所承载业务的 SLA 隔离。

11.3 管控系统接口技术要求

11.3.1 北向接口

SPN 集中管控系统应提供与上层 OSS 或 APP 系统间的北向接口功能，通过该接口开放网络编程能力，便于灵活定制、开通业务。应满足如下要求：

a） 提供兼容传统 MTOSI、CORBA、性能文本、SNMP 接口的 OMC 北向接口，满足存量网络 OMC 系统平滑演进至 SPN 网络集中管控系统能力要求；

b） 提供 Restconf 北向接口，并通过 Yang 数据模型规范北向接口。

11.3.2 南向接口

SPN 集中管控系统应提供与被管理网元之间的南向接口功能，通过该接口可对网元进行管理。SPN 集中管控系统南向接口要求见表 10。

表 10 SPN 集中管控系统南向接口要求

接口协议	接口作用	遵循标准
Netconf/ Yang	a）Netconf 提供了一种网管和网络设备之间通信的机制，网络管理员可以利用这套机制在网管上增加、修改、删除网络设备的配置，以及获取网络设备的配置和状态信息； b）Yang 语言是专门为 Netconf 服务的数据建模语言，对 Netconf 中的配置数据和状态数据、RPC 进行建模的数据建模语言	IETF RFC 6241、 IETF RFC 6020
BGP-LS	BGP-LS 是在 BGP 报文中携带 IGP 的链路状态数据库。使用该机制能够将网络拓扑和状态信息传递给集中控制器	IETF RFC 7752 draft-ietf-idr-bgp-ls-segment-routing-ext

表 10（续）

接口协议	接口作用	遵循标准
PCEP	PCEP 是 PCE 与 PCC 之间的通信协议，可以用于计算 SPN 网络的 SR-TP 隧道路径控制	RFC 5440、RFC 8664
Telemetry	网络设备和业务性能采集	Openconfig 开源组织等

12 SPN 网络的安全性和可用性要求

12.1 SPN 网络管理的安全性要求

SPN 网络应具备生成和保存详细操作日志、登录日志、任务操作日志记录和系统错误日志等信息的能力。所产生的日志能够在运营商所部署的审计策略之下进行有效的审计。

SPN 网络应支持提供一种机制审计与安全性相关的故障与冲突，其中包括：

a） 授权（Authorization）失败：差错通行字，无效的 SNMP 通信，无效的授权令牌；

b） 对控制策略的违反：禁止的源路由，被过滤掉的目的地；

c） 授权通过：正确通行字，远程登录带内访问、控制台访问等。

SPN 网络应提供一种机制审计用于记录并监控设备配置信息的改变，记录内容包括登录时间、账号、实施的操作和时间等信息。

SPN 网络应支持“存在远端 Server 的操作审计功能”，即将设备上进行的所有操作在远端 Server 上都进行实时备份。

12.2 SPN 网络设备的安全性要求

SPN 网络应具备 ACL、CAR 等机制进行登录受限管理。应支持通过网管将未用到的端口去使能，同时启动 ACL。

SPN 网络应该支持热补丁升级功能，可以及时安装系统补丁，并确保补丁安装后的系统配置符合安全要求。应定期检查设备的配置信息，并保证设备操作系统、数据库的系统安全，及时修补系统漏洞。SPN 网络应支持 MAC 地址白名单。应支持未知单播抑制。

SPN 网络不允许存在未记载于文档的访问后门或通用密码。厂商应确保这种用于调试或者开发产品的访问途径在产品分销到客户之前已删除。

12.3 SPN 网络可用性要求

SPN 网络可用性应满足 99.999%的要求。应提供 MTBF 和 MTTR 指标。应具备管理及辅助接口，包括管理接口、外时钟接口和告警接口。

SPN 汇聚及核心设备应具备电信级、模块化、可扩展性、冗余特性。SPN 网络电源单元应支持热插拔功能。

当 SPN 网络加电运行时，插入或拔出板卡不应引起任何元件的损坏和缩短使用寿命，且不影响已有业务。

SPN 网络应支持软件防误加载、升级失败回滚，升级过程可逆。SPN 网络应支持 trouble-shooting 和性能监控、故障跟踪能力。SPN 网络应支持热插拔硬件的不间断业务，软件升级不影响业务，删除、增加配置不影响不跑业务的板卡。

附 录 A
（资料性）
SPN 网络在电力通信的组网应用方案

A.1 SPN 在电力通信的应用场景

电力通信网承担着源、网、荷、储各个环节的信息采集、网络控制等重要业务，为能源互联网基础设施与各类能源服务平台提供安全、可靠、高效的信息传送通道，实现电力生产、输送、消费各环节（包括发电、输电、配电和用电）的信息流、能量流及业务流的贯通，促进电力系统整体高效协调运行。电力通信网的总体概览如图 A.1所示。

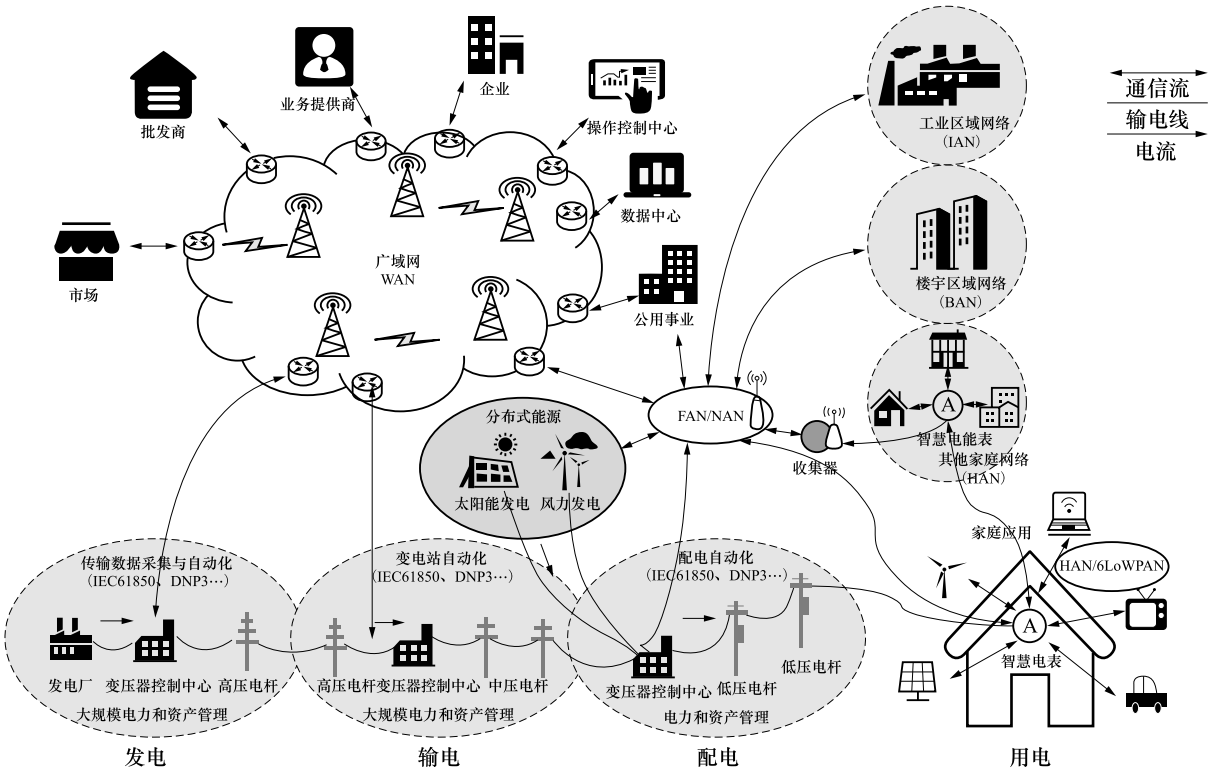


图 A.1 电力通信网的总体概览

电力通信网的基本组成包括电力骨干通信网、电力厂站实时监控网及电力通信接入网等，各类网络均需要在一定程度上满足电力业务的时间同步、通信服务质量保障、网络冗余、网络安全等确定性通信需求，具体包括：

a） 电力骨干通信网：由传输网、业务网和支撑网三部分组成。传输网为整个电力通信网提供底层的数据传输能力，多以光纤通信为主，微波、PLC、卫星通信等为辅，多种传输技术并存，可分为省际、省级和地市 3 个层级。省际传输网连接国家电网有限公司总部、分部、直属单位和各省公司，省级骨干传输网则连接省电力公司及其直属单位、地市公司、省调直调发电厂及变电站等。省际传输网和省级传输网均按照双平面建设，A 平面承载生产控制类业务，采用 SDH 技术，B 平面承载管理信息类业务，采用 OTN 技术。地市级传输网按单平面建设，采用 SDH 技术，主要覆盖地市级公司及其下属单位等。业务网建立在传输网基础上，分别为电网的各种不同业务应用提供服务，包含数据通信网（综合数据网和调度数据网）、调度交换网、

行政交换网和电视电话会议系统。支撑网则为电力通信网的运行维护提供辅助支撑，主要包括同步网、网管系统和应急通信系统。

b） 电力厂站实时监控网：部署于发电厂和变电站内，用于监控系统与控制设备间、控制设备间及控制设备和感知设备间的通信，承载实时性、确定性和可靠性要求最高的电力实时控制业务。电力厂站实时监控网一般采用工业以太网技术，星形或环形拓扑，重要场合网络冗余配置，在传输距离较远或电磁干扰较强的场合则采用光纤作为通信介质。

c） 电力通信接入网：用于电力物联网中海量传感器和智能物联终端的接入通信，通常采用 Wi-Fi、微功率无线和电力线载波等通信技术。

SPN 网络主要适用于电力通信的本地传输网和接入网层面，并可作为电力厂站出口的综合传输网关设备。支持 FlexE 链路接口的 IP 路由器网络主要应用于电力通信中数据调度通信网。支持 FlexE 链路接口的 IP 路由器网络主要应用于电力通信中数据调度通信网，用于实现基于 5 Gbit/s 颗粒度的网络接口级别的硬切片隔离能力，为生产信息类Ⅲ区、信息管理类Ⅳ区及其他信息类业务之间提供具有硬切片隔离的链路接口传输能力。

基于 FlexE/MTN 的 SPN 主要用于综合承载本地 110 kV 或 35 kV 及以下配电网的电力通信业务，包括电力生产控制类Ⅰ区、生产非控制类Ⅱ区、生产信息类Ⅲ区和信息管理类Ⅳ区共四大类。生产控制类Ⅰ区的典型业务包括配电网差动保护、智能分布式配电自动化、用电负荷精准需求响应控制及分布式能源调控等，该类业务是电力生产的重要环节，直接实现对电力一次系统的实时监控，该类业务具有严格的安全隔离和自助管理要求，对时延和抖动等网络性能要求高；生产非控制类Ⅱ区的典型业务包括配电网高级计量、配电网 PMU、应急现场自助网综合应用等；生产信息类Ⅲ区的典型业务包括变电站巡检、输电线路巡检、配电房视频综合监控等；信息管理类Ⅳ区的典型业务包括视频会议和办公信息化等业务。SPN 网络应用在电力通信四大区典型业务的通信指标需求见表 A.1。

表 A.1　SPN 网络应用在电力通信四大区典型业务的通信指标需求

<table>
<tr><th rowspan="2">业务
类别</th><th rowspan="2">业务名称</th><th colspan="4">通信需求指标分析</th></tr>
<tr><th>时延</th><th>带宽</th><th>可靠性</th><th>安全隔离</th></tr>
<tr><td rowspan="3">生产
控制类
Ⅰ区</td><td>智能分布式配电自动化</td><td>≤15 ms</td><td>≥2 Mbit/s</td><td>100.00%</td><td>物理隔离</td></tr>
<tr><td>用电负荷需求响应控制</td><td>≤200 ms</td><td>10 kbit/s～
2 Mbit/s</td><td>100.00%</td><td>物理隔离</td></tr>
<tr><td>分布式能源调控</td><td>采集类：≤3 s
控制类：≤1 s</td><td>≥2 Mbit/s</td><td>100.00%</td><td>物理隔离</td></tr>
<tr><td rowspan="5">生产
非控制类
Ⅱ区</td><td>高级计量
（低压集抄）</td><td>≤3 s</td><td>1 Mbit/s～
2 Mbit/s</td><td>99.90%</td><td>物理隔离</td></tr>
<tr><td>同步相量测量（PMU）</td><td>50 ms</td><td>≥2 Mbit/s</td><td>100.00%</td><td>物理隔离</td></tr>
<tr><td>移动现场施工作业管控</td><td>视频：≤200 ms</td><td rowspan="2">20 Mbit/s～
100 Mbit/s</td><td rowspan="2">99.90%</td><td rowspan="2">物理隔离</td></tr>
<tr><td>应急现场自组网应用</td><td>控制类：≤100 ms</td></tr>
<tr><td rowspan="3">生产
信息类
Ⅲ区</td><td>变电站巡检
输电线路巡检
配电房视频综合监控</td><td>视频：≤200 ms
控制类：≤100 ms</td><td>4Mbit/s～
10 Mbit/s</td><td>99.90%</td><td>与Ⅰ/Ⅱ区物理隔离，区内 VPN 隔离</td></tr>
<tr><td rowspan="2">管理
信息类
Ⅳ区</td><td>视频会议</td><td>视频和语音：≤200 ms</td><td>10 Mbit/s～
100 Mbit/s</td><td>99.90%</td><td rowspan="2">与Ⅰ/Ⅱ区物理隔离，区内 VPN 隔离</td></tr>
<tr><td>办公信息化</td><td>≤1 s</td><td>10 Mbit/s～1 Gbit/s</td><td>99.90%</td></tr>
</table>

A.2 SPN 网络的两级层次化切片能力

由于电力通信网中四个大区的业务具备不同的安全隔离和通信指标要求，例如，Ⅰ区和Ⅱ区业务需要高可靠性传输，与其他分区业务实现物理隔离或 TDM 通道硬切片隔离，Ⅲ区和Ⅳ区业务对安全隔离性要求相对较低。

针对电力通信业务中四个大区业务的差异化需求，SPN 网络提供两级层次化的软硬切片复用的综合承载方案。面向电力通信业务的 SPN 网络层次化切片应用方案示意图如图 A.2 所示。其中，基于 FlexE/MTN 接口的 SPN 网络不仅支持承载Ⅰ-Ⅱ区业务的两级硬切片隔离的切片能力，包括 5 Gbit/s 大颗粒 MTN 切片和 10 Mbit/s 小颗粒 MTN 切片，也支持承载Ⅲ-Ⅳ区及实时音视频业务的两级软硬组合的切片能力，包括硬切片隔离 5 Gbit/s 大颗粒 MTN 切片和基于标签隔离的分组软切片；而采用 FlexE/MTN 链路接口的数据调度通信网主要支持承载Ⅲ-Ⅳ区及实时音视频业务的接口硬切片隔离级别的 5 Gbit/s 大颗粒 MTN 切片，内嵌基于标签隔离的分组软切片，如图 A.2 所示。切片应用方案具体介绍如下：

a） 对Ⅰ/Ⅱ区生产类业务：由于该两类业务主要是小带宽颗粒业务，并且需要基于 TDM 时隙通道的硬切片隔离机制，因此采用两级 MTN 通道的硬切片复用方案，首先端到端业务采用 *N*×10 Mbit/s 小颗粒的端到端 MTN 通道，在每个节点的线路侧复用到预先为Ⅰ/Ⅱ区业务规划好的 *N*×5 Gbit/s MTN 大颗粒通道上承载。

b） 对Ⅲ/Ⅳ区的信息管理类业务：由于这两类业务之间一般不需要基于 TDM 通道的硬切片隔离机制，主要是普通音/视频类型和信息管理类型的分组业务，并且业务带宽颗粒差异较大，因此采用硬切片内的软切片方案，即为Ⅲ/Ⅳ区业务预规划 *N*×5 Gbit/s 大颗粒的 MTN 通道，在 MTN 通道内采用基于 MPLS-TP、SR-TP 或 SR-BE 的分组隧道实现软切片传送服务。

c） 对于Ⅲ/Ⅳ区的实时音视频业务（或称为Ⅴ区业务）：可按需规划一个独立的 5 Gbit/s 大颗粒 MTN 通道，内部采用基于 MPLS-TP 的 L2VPN 方案实现重要音视频业务的高可靠传送和高服务质量保障。

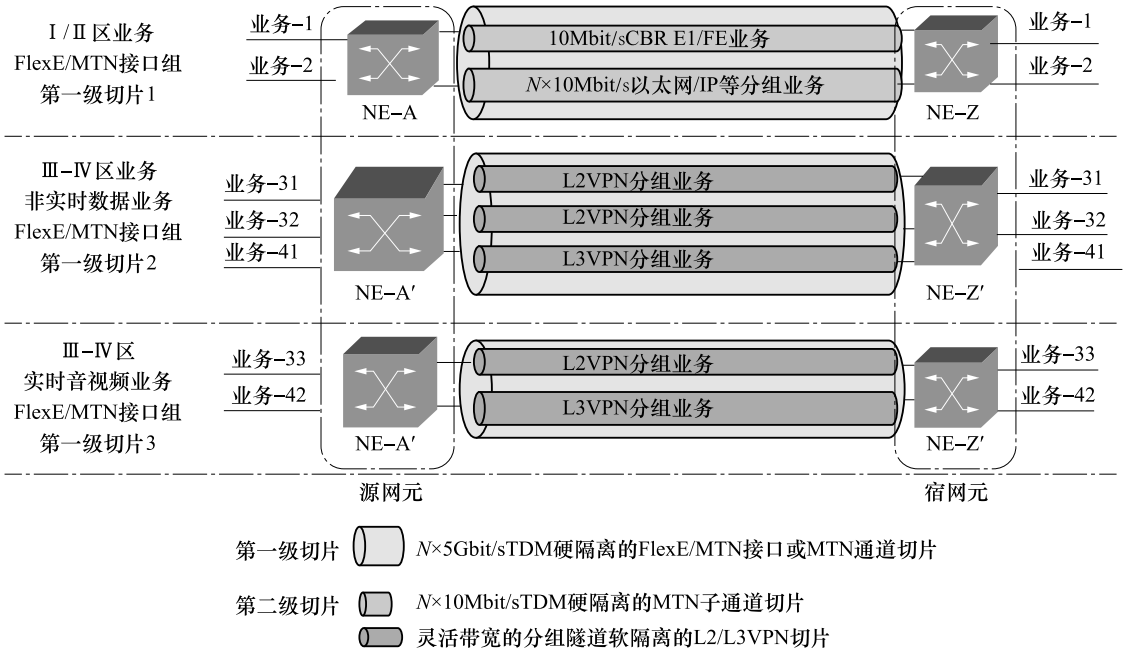


图 A.2 面向电力通信业务的 SPN 网络层次化切片应用方案示意图

A.3 SPN 网络的多业务安全隔离承载方案

面向电力通信的四个分区业务的典型应用场景，基于 FlexE/MTN 两级层次化切片能力，实现多业务安全隔离的综合承载。SPN 网络的多业务安全隔离承载技术方案如图 A.3 所示。该方案具体介绍如下：

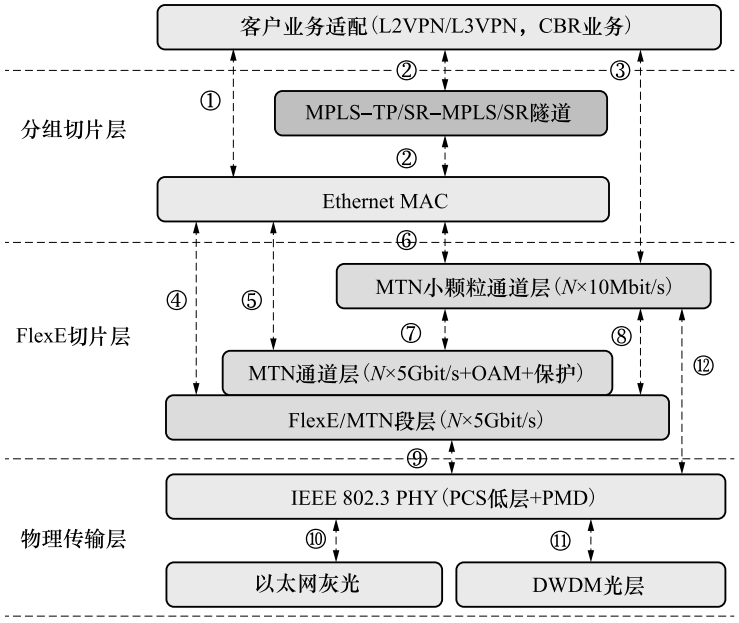


图 A.3 SPN 网络的多业务安全隔离承载技术方案

a） 大带宽以太网端到端透传专线：图 A.3 中①—④—⑨—⑩或⑪，适用于数据中心高速互连业务场景。

b） 汇聚型大带宽 L2VPN 或 L3VPN 业务：图 A.3 中②—④—⑨—⑩，适用于有统计复用需求、逻辑隔离要求的管理信息大区业务场景，如视频采集监控。

c） 大带宽且高安全隔离 L2VPN/L3VPN 业务：图 A.3 中②—⑤—⑨—⑩，适用于带宽且有安全隔离要求的生产Ⅰ/Ⅱ区业务或多安全区业务综合承载场景。

d） 小带宽且高安全隔离的 L2VPN/L3VPN 业务：图 A.3 中②—⑥—⑦—⑨—⑩，适用于小带宽且有安全隔离要求的生产Ⅰ/Ⅱ区的 TSN 等业务直接接入 50 Gbit/s/100 Gbit/s 等 SPN 网络场景。

e） 小带宽且高安全隔离的 CBR 业务：图 A.3 中③—⑥—⑦—⑨—⑩，适用于有高安全隔离要求的生产Ⅰ/Ⅱ区的 2M/STM-1 业务接入 50 Gbit/s/100 Gbit/s SPN 网络场景。

f） 小带宽且高安全隔离的 CBR 业务仅通过 10 Gbit/s SPN 网络设备承载和终结落地：图 A.3 中③—⑫—⑩，适用于有安全隔离要求的生产Ⅰ/Ⅱ区的 2M/STM-1 业务接入承载场景。

参 考 文 献

［1］YD/T 3826—2021　切片分组网络（SPN）总体技术要求
［2］YD/T 3965—2021　灵活以太网（FlexE）链路接口技术要求
［3］YD/T 3973—2021　5G 网络切片　端到端总体技术要求