

《传输 SPN 专业知识培训》课程大纲

1. 课程背景：

我国在 2020 年将实现 5G 网络规模化商用。5G 网络在带宽，时延，切片，管控，同步等方面提出新的要求，现有传输网络无法满足，需要一种新的传输网络技术。在这种背景下，中国移动提出了切片分组网 SPN (Slicing Packet Network) 技术，SPN 是一种新的传输网技术体制，其转发面基于 SR-TP over SE over DWDM，控制面采用 SDN，分别在物理层，链路层和转发控制层采用创新技术，来满足 5G 及未来传输网络需要。

2. 培训目标及要求：

(1) SPN 网络新建方案：包含管理/控制平面方案，网络业务模型及 OAM 可靠性设计，QOS 部署，时钟时间同步规划部署等；

(2) SPN 硬件产品介绍：包含 6700-32/24、6180H/6190H 和高速率光模块产品介绍，安装规范注意事项等；

(3) SPN 相关技术原理：包含 Flex-E，SR、IPV6 及 6VPE、ISIS-多进程、In-band OAM 和 1588V2 时间同步等；

(4) SPN 网管业务配置：包含 spn ume 网管部署方案，ume 网管使用和 L3VPN 业务配置等；

(5) SPN 网络运维：包含网络改造、设备替换，MPLS ping 和 trace 典型维护操作，SR 相关配置告警查询等。

3. 培训主要内容：

本课程主要培训内容：传输 SPN 专业知识，具体内容包括：

模块一：概念篇：SPN 的基本概念与技术特点

模块二：网络篇：SPN 的网络架构及新建方案

模块三：技术篇：SPN 的关键技术原理与应用

模块四：设备篇：SPN 厂家设备硬件产品介绍

模块五：网管篇：SPN 网管业务配置操作方法

模块六：运维篇：SPN 网络运维管理维护操作

4. 培训时间及安排：3 天/期，6 小时/天

授课时间		授课内容	授课时长
第一天	上午	模块一：概念篇：SPN 的基本概念与技术特点	1 小时
		模块二：网络篇：SPN 的网络架构及新建方案	2 小时
	下午	模块三：技术篇：SPN 的关键技术原理与应用 (1)	3 小时
		课程小结、答疑、交流讨论与互动环节	0.5 小时

第二天	上午	模块三：技术篇：SPN 的关键技术原理与应用 (2)	3 小时
	下午	模块四：设备篇：SPN 厂家设备硬件产品介绍	3 小时
		课程小结、答疑、交流讨论与互动环节	0.5 小时
第三天	上午	模块五：网管篇：SPN 网管业务配置操作方法	3 小时
	下午	模块六：运维篇：SPN 网络运维管理维护操作	3 小时
		课程总结、答疑、交流讨论与互动环节	0.5 小时

5. 培训对象：

省公司技术管理人员，地市技术管理和专业管理人员。

6. 课程详细大纲：

模块一：概念篇：SPN 的基本概念与技术特点

1. SPN 的基本概念与技术特点

1.1 SPN 的基本概念

1.2 SPN 技术的关键特征

1.3 SPN 的目标与要求

1.3.1 带宽要求

1.3.2 时延要求

1.3.3 分片要求

1.3.4 管控要求

1.3.5 同步要求

1.4 SPN 技术的标准与规范

1.5 SPN 与 PTN 技术的比较

1.6 SPN 与 SPTN 技术的比较

1.7 SPN 在 5G 承载网组网中的应用

模块二：网络篇：SPN 的网络架构及新建方案

2. SPN 的分层网络架构与功能描述（垂直分层）

2.1 SPN 网络总体架构概述

2.2 SPN 的分层网络架构

2.2.1 切片分组层（SPL）

2.2.2 切片通道层（SCL）

2.2.3 切片传送层（STL）

2.3切片分组层功能描述

2.3.1 切片分组层的功能-分组数据路由处理

2.3.2 SR-TP 功能及实现

2.3.3 双向 SR-TP 隧道

2.3.4 面向连接与无连接管道

2.3.5 面向连接 OAM

2.3.6 业务与网络解耦

2.3.7 基于 SDN 实现 L3VPN

2.3.8 集中式路由控制

2.4切片通道层功能描述

2.4.1 切片通道层功能-切片以太网通道组网处理

2.4.2 端到端切片通道 L1 组网-SC : SPN Channel

2.4.3 以太网 L1 通道化交叉技术-EXC : Ethernet Cross Connect

2.4.4 SPN ChannelOAM 功能-SCO : SPN Channel Overhead

2.5切片传送层功能描述

2.5.1 切片传送层功能

2.5.2 切片物理层编解码

2.5.3 DWDM 光传送处理

3. 基于 SDN 统一控制的 SPN 分层架构 (垂直分层)

3.1业务协同层

3.1.1 SDN 编排器 : SDN-O

3.1.2 NFV 编排器 : NFV-O

3.2网络控制层

3.2.1 超级控制器

3.2.2 域控制器 (管控融合)

3.3设备转发层

3.3.1 接入层

3.3.2 汇聚层

3.3.3 核心层

3.3.4 骨干层

4. SPN 网络新建方案

4.1接入层组网方案

- 4.2** 汇聚层组网方案
- 4.3** 核心层组网方案
- 4.4** 骨干层组网方案
- 4.5** 业务接入解决方案
 - 4.5.1** 边缘云（边缘 DC）接入
 - 4.5.2** 本地云（本地 DC）接入
 - 4.5.3** 中心云（中心 DC）接入
- 4.6** SPN 管理/控制平面方案
- 4.7** SPN 网络业务模型
- 4.8** SPN 网络 OAM 可靠性设计
- 4.9** SPN 网络 QOS 部署方案
- 4.10** SPN 网络时钟时间同步规划部署方案

模块三：技术篇：SPN 的关键技术原理与应用

5. SPN 的关键技术原理与应用

- 5.1** SPN 的关键技术概述
 - 5.1.1** 5G 承载关键接口技术与协议
 - 5.1.2** 超大带宽传输技术
 - 5.1.3** FlexE 技术（低时延技术）
 - 5.1.4** 分段路由 SR 技术（灵活连接技术）
 - 5.1.5** IPV6 及 6VPE
 - 5.1.6** ISIS-多进程
 - 5.1.7** 网络分片技术
 - 5.1.8** 高精度时间同步（eClockSync）技术-1588V2 时间同步
 - 5.1.9** SDN 统一管控技术
 - 5.1.10** 网络保护技术
 - 5.1.11** OAM 技术- In-band OAM
- 5.2** 5G 承载关键接口技术与协议
 - 5.2.1** SPN 承载网关键接口技术 50G/100G FlexE
 - 5.2.2** eCPRI-25G
 - 5.2.3** Bidi 光模块-25G/50G PAM4 单纤双向模块
- 5.3** 超大带宽传输- SPN 新的光接口与光模块技术

- 5.3.1** 25GE 光接口与光模块
- 5.3.2** 25G 的灰光和彩光模块技术
- 5.3.3** 50GE 光接口与光模块
- 5.3.4** 200GE 光接口与光模块
- 5.4** FlexE 技术 (低时延技术)
 - 5.4.1** FlexE 技术的概念及功能
 - 5.4.2** FlexE 技术的演进与发展
 - 5.4.3** FlexE 技术的标准
 - 5.4.3.1** IEEE 802.3bs
 - 5.4.3.2** FlexE2.0
 - 5.4.3.3** FlexE 支持高速率标准：200GE/400GE
 - 5.4.4** 切片以太网 SE-FlexE (灵活以太网) 技术
 - 5.4.4.1** 切片以太网要求
 - 5.4.4.2** FlexE 技术实现网络切片的原理
 - 5.4.4.3** FlexE 实现 Client 间物理隔离的方法
 - 5.4.5** Shim 时隙交换优化时延
- 5.5** 分段路由 SR 技术 (灵活连接技术)
 - 5.5.1** SPN 中的路由转发功能需求
 - 基本路由转发功能的需求 (IP 层的报文处理和转发、IP QoS、OSPF、IS-IS、BGP、SR 等)
 - 5.5.2** 基本路由转发与动态路由协议
 - 5.5.3** 动态路由与路由信息交换
 - 5.5.4** 面向传送的分段路由技术-SR-TP
 - 5.5.4.1** 增强路由转发功能—SR-TP 原理与应用
 - 5.5.4.2** IP/MPLS-TP over ODUk 技术原理与功能
 - 5.5.4.3** L2 VPN 技术原理与应用
 - 5.5.4.4** L3 VPN 技术原理与应用
 - 5.5.4.5** IPV6 及 6VPE 技术原理与应用
 - 5.5.4.6** MPLS-TP 隧道技术原理与应用
 - 5.5.4.7** SRTP-TE 隧道技术原理与应用
 - 5.5.4.8** SRTP-BE 隧道技术原理与应用
 - 5.5.5** SR 的部署方式—集中式部署与分布式部署

5.6 SPN 统一管控技术-软件定义网络 SDN

5.6.1 SPN 承载网引入 SDN 的必要性

5.6.2 SDN 的概念及特征

5.6.2.1 SDN 的定义

5.6.2.2 SDN 技术的核心特点

5.6.2.3 SDN 技术的优势

5.6.3 SDN 网络基本架构及组成

5.6.3.1 SDN 网络的分层架构

5.6.3.2 数据转发层及组成

5.6.3.3 控制层及组成

5.6.3.4 应用层及组成

5.6.3.5 SDN 架构的特征分析

5.6.3.6 SPN 承载网 SDN 应用架构与模型

5.6.4 SDN 核心技术

5.6.4.1 交换机及南向接口技术

5.6.4.2 控制器及北向接口技术

5.6.4.3 应用编排和资源管理技术

5.6.5 SDN 实现方案

5.6.5.1 基于专用接口的方案

5.6.5.2 基于叠加网络的方案

5.6.5.3 基于开放协议的方案

5.6.5.4 SDN 实现方案分析

5.6.6 SDN 的关键功能部件及功能

5.6.6.1 SDN 控制器

5.6.6.2 SDN 协同器

5.6.7 SPN 承载网 SDN 的应用

5.6.7.1 全局计算

5.6.7.2 业务配置

5.6.7.3 保护恢复

5.6.7.4 资源管理

5.7 高精度时间同步-eClockSync 技术

5.7.1 承载网同步技术演进方向

- 5.7.2 SPN 承载网端到端同步要求**
- 5.7.3 SPN 承载网同步技术分类**
 - 5.7.3.1 时间同步技术**
 - 5.7.3.2 时钟同步技术**
- 5.7.4 1588V2 时间同步-时间同步通用网络模型**
 - 5.7.4.1 时钟源：GNSS 与原子钟**
 - 5.7.4.2 时间服务器**
 - 5.7.4.3 承载网**
 - 5.7.4.4 5G 承载被授时设备**
 - 5.7.4.5 5G 时间同步精度提升要素**
- 5.7.5 时钟同步架构模型及关键要素**
 - 5.7.5.1 eBC 增强型边界时钟**
 - 5.7.5.2 eEEC 增强型同步以太设备时钟**
- 5.7.6 SPN 网络保护技术原理与应用**
 - 5.7.6.1 SPN 承载网网络保护技术方案**
 - 5.7.6.1.1 切片传送层保护技术方案**
 - 5.7.6.1.2 切片通道层保护技术方案**
 - 5.7.6.1.3 切片分组层网络传送子层保护技术方案**
 - 5.7.6.2 切片分组层网络传送子层保护技术原理与应用**
 - 5.7.6.2.1 线性保护技术原理与应用**
 - 5.7.6.2.2 转发面线性保护原理与应用**
 - 5.7.6.2.3 控制面线性保护原理与应用**
 - 5.7.6.2.4 环网保护技术原理与应用**
 - 5.7.6.2.5 任意拓扑 SRTP-BE 保护原理与应用**
 - 5.7.6.3 切片分组层客户业务子层保护技术原理与应用**
 - 5.7.6.3.1 VPN FRR 保护技术原理与应用**
 - 5.7.6.3.2 用户侧 LAG 保护技术原理与应用**
- 5.7.7 OAM 技术原理与应用**
 - 5.7.7.1 SPN 承载网 OAM 架构模型**
 - 5.7.7.2 SPN 承载网 OAM 技术方案- In-band OAM**
 - 5.7.7.3 OAM 相关协议—Ping、IPFPM**
 - 5.7.7.4 MPLS-TP OAM 技术原理与应用**

5.7.7.5 SRTP OAM 技术原理与应用

5.7.7.6 SRTP-TE OAM 技术原理与应用

模块四：设备篇：SPN 厂家设备硬件产品介绍

6. SPN 的厂家设备及组网介绍

6.1SPN 的厂家设备及组网概述

6.2SPN 设备的类型

6.2.1 接入层设备

6.2.2 汇聚层设备

6.2.3 核心层设备

6.3SPN 中传、回传设备关键架构

6.3.1 SPN 电层交换

6.3.1.1 SPN 电层交换功能

6.3.1.2 TDM 交换

6.3.1.3 Packet 交换

6.3.1.4 Slicing Ethernet 交换

6.3.2 SPN 光层交换

6.3.2.1 SPN 光层交换功能

6.3.2.2 光层交换：ROADM

6.4SPN 厂家设备组网方案介绍

7. SPN 的厂家设备及组网介绍

7.1SPN 的厂家设备及组网概述

7.2SPN 设备的类型

7.2.1 接入层设备

7.2.2 汇聚层设备

7.2.3 核心层设备

7.3SPN 中传、回传设备关键架构

7.3.1 SPN 电层交换

7.3.1.1 SPN 电层交换功能

7.3.1.2 TDM 交换

7.3.1.3 Packet 交换

7.3.1.4 Slicing Ethernet 交换

7.3.2 SPN 光层交换

7.3.2.1 SPN 光层交换功能

7.3.2.2 光层交换：ROADM

7.4 SPN 厂家设备组网方案介绍

8. 华为公司 SPN 设备硬件及特性介绍

8.1 华为公司 SPN 设备硬件及特性概述

8.1.1 华为公司 PTN7900E 系列设备介绍

8.1.1.1 PTN7900E-32

8.1.1.2 PTN7900E-24

8.1.1.3 PTN7900E-12

8.1.2 PTN 900 系列产品介绍

8.1.3 SPN 设备的基本功能介绍

8.1.3.1 25GE/50GE/200GE 光接口

8.1.3.2 SE 交叉

8.1.3.3 多业务隔离

8.1.3.4 超低时延转发

8.1.3.5 SE 与分组混合组网

8.1.3.6 多厂家互通

8.2 华为公司 PTN7900E-32 设备介绍

8.2.1 PTN7900E-32 设备机架、机框、硬件及单板介绍

8.2.2 PTN7900E-32 单板功能与应用

8.2.3 PTN7900E-32 设备保护特性

8.2.4 PTN7900E-32 常见功能指标

8.2.5 PTN7900E-32 系统端到端性能指标

8.2.6 PTN7900E-32 设备安装部署

8.2.7 PTN7900E-32 设备调试

8.3 华为公司 PTN7900E-24 设备介绍

8.3.1 PTN7900E-24 设备机架、机框、硬件及单板介绍

8.3.2 PTN7900E-24 单板功能与应用

8.3.3 PTN7900E-24 设备保护特性

8.3.4 PTN7900E-24 常见功能指标

8.3.5 PTN7900E-24 系统端到端性能指标

8.3.6 PTN7900E-24 设备安装部署

8.3.7 PTN7900E-24 设备调试

8.4 华为公司 PTN7900E-12 设备介绍

8.4.1 PTN7900E-12 设备机架、机框、硬件及单板介绍

8.4.2 PTN7900E-12 单板功能与应用

8.4.3 PTN7900E-12 设备保护特性

8.4.4 PTN7900E-12 常见功能指标

8.4.5 PTN7900E-12 系统端到端性能指标

8.4.6 PTN7900E-12 设备安装部署

8.4.7 PTN7900E-12 设备调试

8.5 华为公司 PTN 900 设备介绍

8.5.1 PTN 900 设备机架、机框、硬件及单板介绍

8.5.2 PTN 900 单板功能与应用

8.5.3 PTN 900 设备保护特性

8.5.4 PTN 900 常见功能指标

8.5.5 PTN 900 系统端到端性能指标

8.5.6 PTN 900 设备安装部署

8.5.7 PTN 900 设备调试

8.6 华为公司 SPN 设备组网与应用

9. 中兴公司 SPN 设备硬件及特性介绍

9.1 中兴公司 SPN 设备硬件及特性概述

9.1.1 中兴公司 ZXCTN 6700-32/24 系列设备介绍

9.1.2 ZXCTN 6180H/6190H 系列产品介绍

9.1.3 25GE/50GE/200GE 高速率光模块产品介绍

9.1.4 SPN 设备的基本功能介绍

9.1.4.1 25GE/50GE/200GE 光接口

9.1.4.2 SE 交叉

9.1.4.3 多业务隔离

9.1.4.4 超低时延转发

9.1.4.5 SE 与分组混合组网

9.1.4.6 多厂家互通

9.2 中兴公司 ZXCTN 6700-32/24 设备介绍

9.2.1 ZXCTN 6700-32/24 设备机架、机框、硬件及单板介绍

9.2.2 ZXCTN 6700-32/24 单板功能与应用

9.2.3 ZXCTN 6700-32/24 设备保护特性

9.2.4 ZXCTN 6700-32/24 常见功能指标

9.2.5 ZXCTN 6700-32/24 系统端到端性能指标

9.2.6 ZXCTN 6700-32/24 设备安装规范注意事项

9.2.7 ZXCTN 6700-32/24 设备调试

9.3中兴公司 7.1.2 ZXCTN 6180H/6190H 设备介绍

9.3.1 ZXCTN 6180H/6190H 备机架、机框、硬件及单板介绍

9.3.2 ZXCTN 6180H/6190H 单板功能与应用

9.3.3 ZXCTN 6180H/6190H 设备保护特性

9.3.4 ZXCTN 6180H/6190 常见功能指标

9.3.5 ZXCTN 6180H/6190 系统端到端性能指标

9.3.6 ZXCTN 6180H/6190 设备安装规范注意事项

9.3.7 ZXCTN 6180H/6190 设备调试

9.4中兴公司 SPN 设备组网与应用

模块五：网管篇：SPN 网管业务配置操作方法

10.SP N 网管业务配置操作方法

10.1 中兴 ElasticNet UME R22 承载网络管理系统（UME 网管系统）介绍

10.1.1 中兴 UME 网管系统架构-基于集群、微服务架构

10.1.2 虚拟化和裸金属部署方案

10.1.3 云化资源合理利用

10.1.4 资源的有效均衡利用

10.1.5 网络运维管理能力-超级规模（30 万+等效网元）

10.2 SPN UME 网管部署方案

10.2.1 云化集群弹性部署

10.2.2 基于微服务架构弹性伸缩

10.2.3 UME 网管系统弹性扩缩原理

10.3 UME 网管使用与操作

10.4 L3 VPN 业务配置举例

模块六：运维篇：SPN 网络运维管理维护操作

11.SP N 网络运维管理维护操作

11.1 PTN/SPN 网络改造

11.2 PTN/SPN 设备替换

11.3 MPLS ping 和 trace 典型维护操作

11.3.1 Detailed Discussion on MPLS LSP Ping/Trace

11.3.1.1 Existing Ping /Trace

11.3.1.2 LSP Ping/Trace

11.3.2 MPLS Loop Detection

11.4 SR 相关配置告警查询

11.4.1 告警查询入口

11.4.2 告警查询使用

11.4.3 告警屏蔽及预投入

11.4.4 常用告警模板

12.课程总结：

- (1) 重点知识回顾与总结；
- (2) 互动与讨论：问与答。

就学员提出的问题进行分析、讨论、模拟演练和点评。

7. 讲师介绍

李文耀：副教授，硕士生导师，全国优秀教师。1991年毕业于北京邮电大学，国内通信行业精通各种通信网络与技术的网络专家、技术专家，全国通信行业资深讲师，高级网络架构师、高级咨询师，工业和信息化部通信行业职业技能鉴定中心考评员，中国 NB-IoT 产业联盟专家组成员，中国物联网产业应用联盟专家组成员，中国通信工业协会物联网分会专家组成员、原邮电部武汉邮电科学研究院情报中心高级研究员，武汉邮电科学研究院·烽火科技集团高级培训师，华为公司杭州培训中心电力行业物联网培训特约讲师，华为杭州研究院运营业务培训与认证部特聘智慧城市领域专家，上海诺基亚贝尔培训中心 5G 技术培训特约讲师，工信部人才交流中心 5G 产业发展特约讲师，工信部职业技能鉴定中心人工智能特约讲师，中国通信工业协会物联网分会 5G 物联网、工业互联网专业特约讲师。《中国光电》杂志、中国光电网 (www.optochina.net) 编委会成员，《通信世界》杂志特邀撰稿人，被评为 2011-2012 年度通信产业先锋技术人物，2012 年全国通信行业“金牌培训讲师”。在 5G、NB-IoT、物联网、工业互联网、云计算、大数据、人工智能、区块链、边缘计算、互联网、移动互联网、智慧城市、智慧社区、智能小区、智能家居等领域有一定的造诣和工程建设实践经验。

长期从事电信运营商的通信技术咨询、交流与培训，研究生、本专科生、通信企业员工培训、用户培训和援外培训的教学与科研工作；多次参与工业和信息化部通信行业职业技能鉴定中心有关通信行业职工通信技术技能鉴定工作；多次参与国内外主要设备制造商、中国电信、中国移动与中国联通三大电信运营商、通信网络规划与设计单位、通信网络工程建设与维护单位、广电与电力行业通信部门等的通信新技术交流、咨询与培训工作。多次代表工信部人才交流中心、工信部职业技能鉴定中心、烽火通信、华为、上海诺基亚贝尔、中国通信工业协会物联网

分会、中国移动通信联合会的对外培训工作。

诚实做人，学识渊博、知识结构全面、亲和力强、在业界有一定影响。既有雄厚而扎实的理论基础、精湛而熟练的技术、又有丰富的理论及实践教学经验和技巧、做过项目课题、产品研发、还参加过通信网络的规划与设计、通信工程建设、网络运维及新业务开发等工作。

在长期的教学与培训实践中形成了独具特色、自成体系的教学风格和教学方法，最大特点在于以人文的思想与方法进行教学，生动活泼，富于激情与感染力；教学针对性强，知识全面、思路清晰、逻辑严密、结合丰富的案例进行教学，深入浅出、诙谐幽默；通过互动教学，解决学员在实际工作中遇到的各种问题，让学员在短时间内取得较大收获。学员上万人，遍及国内外通信行业，广电与电力行业，学员对教学效果评估，满意率均达 90%以上。

曾主持并参与部级科研课题 5 项，省级科研项目 10 项，与他人合著技术参考书 2 部，在国内外刊物上发表论文 20 多篇，多次获奖。