



HUAWEI

Tencent 腾讯



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



DIGITAL DOMAIN  
数字王国

# 网络切片分级白皮书

2020年3月

# 目录

---

## 1 引言

## 2 分级原则及架构

## 3 分级方案

### 3.1 5G网络切片隔离能力

#### 3.1.1 无线切片隔离方案

#### 3.1.2 传输切片隔离方案

#### 3.1.3 核心网切片隔离方案

### 3.2 5G网络切片安全能力

### 3.3 运营运维模式

## 4 典型用例分级建议

### 4.1 公众网切片用例

#### 4.1.1 公众网切片场景及需求

#### 4.1.2 云游戏网络切片组网

### 4.2 行业网切片用例

#### 4.2.1 行业网切片场景和需求

#### 4.2.2 超高清直播回传切片组网方案

### 4.3 行业网（特需行业）切片用例

#### 4.3.1 特需行业切片场景和需求

#### 4.3.2 电网切片组网方案

## 5 成本分析

## 6 产业应用建议

## 7 总结及展望

## 8 附录

5G不仅是无线技术的一次升级换代，更将带来网络服务架构的变革。“网络切片”是5G区别于4G的标志技术之一，通过逻辑“专网”服务垂直行业，是运营商拓展行业客户、催生新型业务、提高网络价值的有力抓手。目前，电力、媒体、银行、工厂和交通等很多行业伙伴已经对网络切片技术表现出极大的热情，希望借此培育创新业务、实现产业升级。

当前网络切片技术在R15版本中（3GPP是制定5G标准的主要标准开发组织，并于2019年6月冻结了其首个支持切片的版本，即Rel-15版本。）已经初步实现网络切片的基本功能和基本流程的定义，为第一波5G部署和网络切片业务商用奠定了坚实的基础。但切片作为一个按需定制的端到端的逻辑网络涉及到无线、传输、核心网和管理域，如果完全按照各个领域的能力进行排列组合将会形成非常多的选择。在商用初期，如何能让行业更清晰的认识切片的能力并能最优匹配到大部分的行业应用是一个亟需解决的问题。

本文聚焦于5G网络切片的分级，基于当前标准定义、产业在商用初期产品实现上的进展以及结合垂直行业需求经验给出当前5G端到端网络切片的5个能力等级；详细分析包括无线、传输、核心网的具体实现的不同能力等级以及安全、运营能力等影响切片分级的重要因素；基于上述的给出的能力及切片等级进行成本分析，给出不同级别切片的商业价格参考；根据几个典型垂直行业应用场景归纳垂直行业对5G网络及切片的需求并进行切片级别匹配，为行业应用提供定制化服务参考；最后，总结5G网络切片在产业的成熟度并展望未来应用趋势。

总之，5G网络切片分级的划定，对垂直行业能够选择到更合适的切片网络具有重大参考意义。网络切片分级是垂直行业引入网络切片的前提，只有对网络切片所能提供的能力更加了解，才能更好的推动切片技术在各行各业的应用和推广，为垂直行业打造更加适配的逻辑“专网”和服务。

## 2. 分级原则及架构

不同于传统的4G网络“一条管道、尽力而为”形式，5G网络切片旨在基于统一基础设施和统一的网络提供多种端到端逻辑“专用网络”，最优适配行业用户的各种业务需求。从性能指标、功能差异、对网络的需求、运维模式等方面分析后，可以将用户对5G需求归纳为2大类：

- 1. 公众网用户需求：全面继承4G时为用户提供业务，保证一致甚至更好的用户体验。
- 2. 行业网用户需求：
  - 1) 普通行业需求：面向普通行业用户，存在一定的隔离、业务质量保障需求，在连接管理等方面有定制化差异。
  - 2) 特需行业需求：面向电网、党政军等具有高度隔离、或者高业务质量保障等特殊需求的用户，安全等级要求极高。

5G公众网与行业网既有共享，又有区隔。公众网与行业网共享核心网硬件资源池、传输资源、无线资源，充分发挥网络规模效应；此外，公众网与行业网用户层面可以分别采用物联网码号和公众网码号进行隔离，又可独立网元、独立资源、独立基站等，提供多样的灵活架构和配置方式。

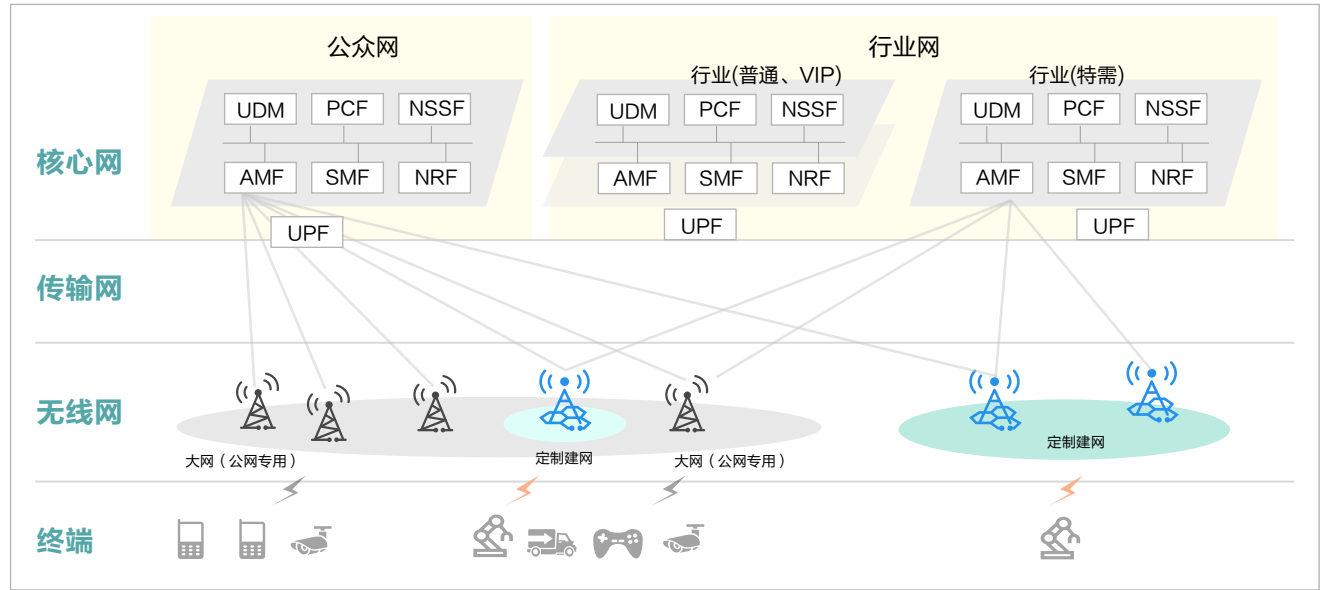
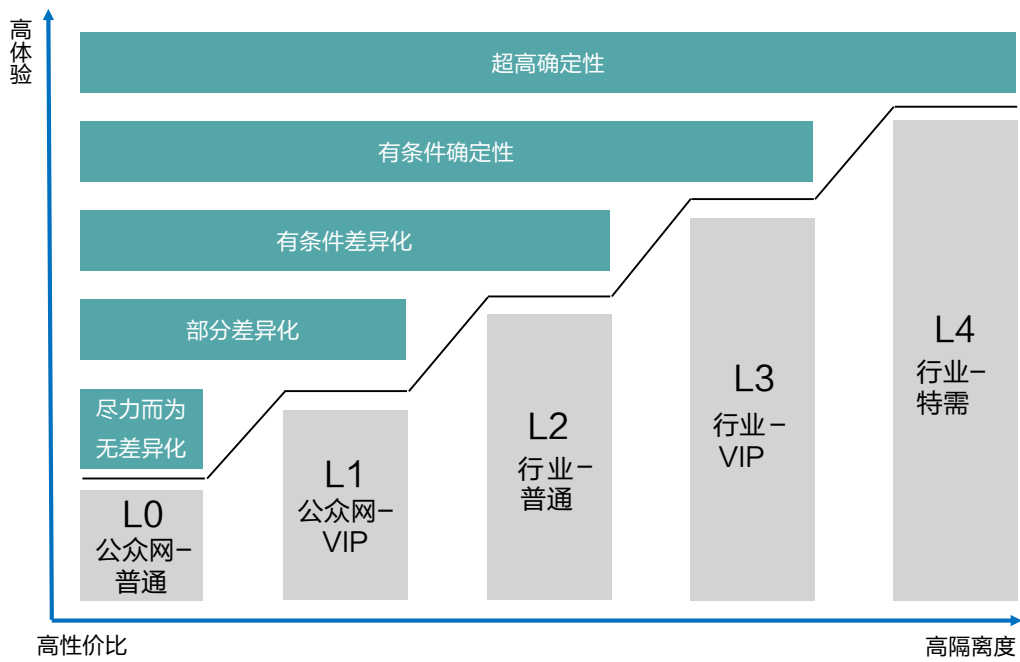


图 1 行业网和公众网组网方式

总之，为应对上述两大类5G网络切片需求，综合考虑隔离性以及部署运营要求，5G网络切片分为公众网切片、行业网切片两个相对独立的网络。本文针对性的推出不同能力的多等级切片解决5G用户的差异化需求。

根据网络现有能力，在不同切片等级内组合无线、传输、核心网和安全及运营等能力，匹配网络最有可能的部署策略，总共形成5种切片能力等级满足5G三大类需求。能力分级示意图如下图所示：



网络切片分级说明如下表所示：

表1 网络切片分级

切片等级	网络类型	等级划分	定义	资源定制	业务体验		
				资源隔离	安全	运营运维	定制化服务
L0	公众网	普通	基于5G公众网基础设施构建，无特殊需求	完全共享	基本安全	无	默认
L1		VIP	基于5G公众网基础设施构建，叠加定制化需求	完全共享（或部分独占）	eMBB增强安全	无	定制化
L2	行业网	普通	基于5G行业网基础设施构建，提供增值服务	完全共享（或部分独占）	业务特性安全	可视	定制化
L3		VIP	基于5G行业网基础设施构建，提供部分资源独占及高级服务	部分独占	业务特性高阶安全	可管	定制化
L4		特需	基于5G行业专网设施构建，提供全部资源独占能力及可靠性服务。	完全独立	全面高阶安全	可管	定制化

- 1、切片等级：一共五个切片等级：L0–L4
- 2、网络类型：一共两种网络类型：公众网，行业网
- 3、等级划分：公众网有两种等级：普通、VIP；行业网有三种等级：普通、VIP和特需
- 4、切片分级定义：为每一种切片等级进行具体的定义。
- 5、资源定制：一共三种选项：完全共享、部分独占和完全独立。建设初期会将公众网和行业网区分开，具有天然隔离的优势。资源定制指的是无线、传输及核心网的资源隔离程度，具体分类说明详见3.1章。

## 6、业务体验：

1) 安全：一共五种选项：基本安全、eMBB增强安全、业务特性安全、业务特性高阶安全和全面高阶安全，根据不同切片等级及网络类型配套不同的安全能力，具体分类说明详见3.2章。

2) 运营运维：一共三种选项：无运营运维，行业可视和行业可管，具体分类说明详见3.3章。

3) 定制化服务：除公众网普通用户无特殊需求外，从L1-L4均需要不同的质量保障能力，需根据不同场景按需提供。

除上述几大网络基础能力（网络资源、隔离性、运营运维、安全和SLA）外，不同的垂直行业还会有各自的定制化需求，需要网络切片提供定制化能力，如支持Non-IP传输、支持时钟同步、支持设备高处理速度等，都可以在上述每种能力等级基础上额外叠加。

当前切片分级白皮书主要针对eMBB和低时延切片，后续uRLLC及mMTC场景根据标准完善情况和现网成熟度再进行等级优化。

### 3. 分级方案

根据第二章的描述，我们已经将5G网络切片根据三种类型需求分为L0-L4五种能力等级，主要通过四个维度：网络资源隔离性、运营运维、安全和定制化服务来区分每种能力等级。本章将基于上述维度，从各个域分析，给出五种分级能力的详细方案。

#### 3.1 5G网络切片隔离能力

##### 3.1.1 无线切片隔离方案

无线侧当前能提供4组组合能力，根据切片等级划分原则进行映射。以下是无线侧组合划分及映射原则：

无线切片隔离方案主要实现网络切片在NR RAN部分的资源隔离和保障。根据业务的时延，可靠性，和隔离要求，可以分为切片级QoS保障、空口动态预留、静态预留。

结合不同业务场景的不同需求，这里给出典型的无线侧切片分级建议，以及每级隔离度可对应的典型行业和业务场景划分如下表。

表2 5G无线网络切片分级建议

切片等级映射	无线切片类型	无线空口	应用行业
L0 L1 L2	组合1：RB资源共享，QoS区分切片	按QoS优先级保障	公众网、通用行业：企业宽带
L3 / L4 ( 按需提供 )	组合2：RB资源部分预留，动态共享切片	RB资源动态共享	对业务要求一定基础保障，如电网智能巡检类业务，媒体直播等
	组合3：资源独享切片	RB资源静态预留	对业务隔离度及带宽要求高，如电网配电自动化业务、政府、公安专网
	组合4：载频独享切片	在行业尊享专网载频独立基础上使用切片	适合矿区、工厂生产类业务及对安全要求极高部门（如政府安全部门）

在无线空口保障中，绝大部分都是通过差异化QoS优先级方式进行业务保障，以提升频谱这类稀缺资源的使用效率，但随着5G逐步渗透到各行各业的生产和管理环节，就需要无线侧提供不同等级保障；

**（一）无线空口资源调度可能的方式包括QoS（5QI）优先级、RB资源预留和载波隔离。**

**1、基于QoS的调度：**可以确保在资源有限的情况下，不同业务“按需定制”，为业务提供差异化服务质量的网络服务，包括业务调度权重、接纳门限、队列管理门限等，在资源抢占时，高优先级业务能够优先调度空口的资源，在资源拥塞时，高优先级业务也可能受影响；

**2、RB资源预留：**允许多个切片共用同一个小区的RB资源。根据各切片的资源需求，为特定切片预留分配一定量RB资源。RB预留分为静态预留和动态共享。

1) 动态共享方式：为指定切片预留的资源允许一定程度上和其他切片复用。在该切片不需要使用预留的RB资源时，该切片预留的RB资源可以部分或全部用于其它切片数传。在上下行有数传时，可以及时调配所需资源。

2) 静态预留方式：为指定切片预留的资源在任何时刻都不能分配给其他切片用户使用。确保任何时刻有充足资源随时可用。

**3、载波隔离：**不同切片使用不同的载波小区，每个切片仅使用本小区的空口资源，切片间严格区分确保各自资源。

### 3.1.2 传输切片隔离方案

RAN与CN之间的移动传输网络根据对切片安全和可靠性不同诉求，分为硬隔离和软隔离，根据业务要求隔离度、时延和可靠性不同需求，传输承载技术包括：FlexE/MTN接口隔离、MTN交叉隔离和VPN+Qos隔离不同技术。

#### (一) 硬隔离(Hard Isolation)技术

**1、FlexE接口隔离：**FlexE/MTN接口是基于时隙调度将一个物理以太网端口划分为多个以太网弹性硬管道，在网络接口层面基于时隙进行业务接入，在设备层面基于以太网进行统计复用。

**2、MTN交叉隔离：**基于以太网64/66B码块的交叉技术，在接口及设备内部实现TDM（时分复用）时隙隔离，从而实现极低的转发时延和隔离效果。单跳设备转发时延最低5~10us，较传统分组交换设备较大提升。

FlexE/MTN接口隔离技术可以组合MTN交叉隔离技术或分组转发技术进行报文传输，每个FlexE/MTN接口的Qos调度是隔离的。

#### (二) 软隔离(Soft Isolation)技术

VPN+Qos隔离：VPN实现多种业务在一个物理基础网络上相互隔离。VPN+Qos软隔离不能实现硬件、时隙层面的隔离，无法达到物理隔离效果。

传输侧当前能提供4组通道能力，根据切片等级划分原则进行映射。以下是传输侧通道划分及映射：



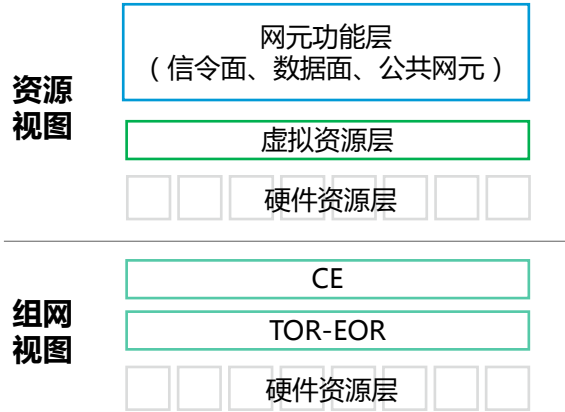
表3 5G传输网络切片分级建议

切片等级映射	传输切片类型	传输业务	应用行业
L0	VPN共享+Qos调度	5G 2C个人流量套餐业务	上网，OTT视频
L1	VPN共享+FlexE/MTN接口隔离(隧道隔离)	5G 2C个人游戏，CloudVR流量套餐业务，移动接入区域不固定的行业应用	云游戏，家庭CloudVR，行业应用：移动救护，无人机，移动监控等
L2	VPN隔离+FlexE/MTN接口隔离（隧道隔离）	固定接入区域的5G 2B垂直行业生产类业务	电网，制造，医疗，矿山，港口,车联网
L3	VPN隔离+FlexE/MTN接口隔离（隧道隔离）或者端到端MTN通道(MTN接口+MTN交叉,E2E物理隔离)	固定接入区域的5G 2B垂直行业生活类业务	政企专线，抄表采集类，视频监控，媒体直播
L4	端到端MTN通道(MTN接口+MTN交叉,E2E物理隔离)	固定2B白金专线业务（一跳直达）	政府/党政军/金融/证券专线，电网

- 1、VPN共享+Qos调度：组合VPN 共享+Qos调度技术,转发基于IP包转发，流量参与 Qos调度；
- 2、VPN共享+FlexE/MTN接口隔离：组合FlexE/MTN接口+Qos调度，业务接入基于时隙隔离，转发基于IP包转发，VPN共享，流量参与Qos调度，较传统分组交换设备隔离效果提升，但弱于MTN通道转发；
- 3、VPN隔离+FlexE/MTN接口隔离：组合FlexE/MTN接口隔离+Qos调度，业务接入基于时隙隔离，转发基于IP包转发，VPN隔离，流量参与Qos调度，较传统分组交换设备隔离效果提升，但弱于MTN通道转发；
- 4、端到端MTN通道：组合MTN接口和MTN交叉隔离技术，业务接入基于时隙隔离，转发基于MTN交叉技术，业务为物理隔离，单跳设备转发时延最低5~10us，较传统分组交换设备有较大提升。

3.1.3 核心网切片隔离方案

核心网切片隔离方案主要实现网络切片在5G CORE部分的资源和组网隔离与SLA保障。其中资源视图主要针对为切片隔离分配的5G核心网硬件资源层、虚拟资源层和网元功能层；而组网视图则主要针对5G核心网数据中心内的交换机/路由器设备的隔离性。



基于上述5G核心网的资源和组网两个视图，结合不同业务场景的不同隔离性需求，这里给出典型的隔离度分级建议，以及每级隔离度可对应的典型行业和业务场景如下表：

表4 5G核心网络切片分级建议

切片等级映射	核心网切片类型	关键隔离技术				应用行业	典型业务场景
		硬件资源层	虚拟资源层	网元功能层	DC内传输		
L0	公众网-普通	完全共享				NA	默认2C基础业务（上网、视频等，尽力而为）
L1	公众网-VIP	共享或部分独占				NA	公众网优享业务：运营商自营游戏加速、视频加速类业务
L2	行业网-普通	共享或部分独占				游戏、视频、教育	游戏加速、4K/AR/VR直播、AR/VR教育
L3	行业网-VIP	共享或部分独占				医疗、工业	医院本地网、工业园区本地网
L4	行业网-特需	按需独占				公安、电力	公安应急网络、电力I/II区业务

- 1、**硬件资源层**：主要指基于X86或者ARM架构的各种服务器，可支持“共享”和“独占”两种隔离模式，其中独占模式也就是我们常说的“物理隔离”；
- 2、**虚拟资源池**：亦即网络功能虚拟化基础设施（NFVI：Network Functions virtualisation Infrastructure），通过虚拟机、容器等虚拟化技术，在通用性硬件上承载传统通信设备功能的软件处理，从而实现新业务的快速开发、部署和弹性扩容。虚拟资源池同样可支持“共享”和“独占”两种隔离模式，其中独占模式也就是我们常说的“逻辑隔离”；
- 3、**网元功能层**：如上所述，得益于3GPP标准定义的网络虚拟化（NFV：Network Functions Virtualisation）和服务化架构（SBA：Service Based Architecture），5G核心网的网络功能/虚拟网络功能层（NF/VNF：Network Function/Virtual Network Function）同样可以支持不同层级的按需隔离模式，保证不同切片间的业务独立性：独立性：
- 1）**完全共享模式**：能力等同于2/3/4G网络的“一条跑道、尽力而为”，通常适用于公众网的普通消费者业务，对于安全隔离性无任何特殊需求；
- 2）**部分独占模式**：结合行业实际需求，通过共享大部分网元功能+少量网元功能独占专享的方式，在安全隔离性需求和成本之间做到最佳平衡，从而能够满足大多数通用行业的网络切片分级需求。
- 3）**完全独占模式**：能力等同于建设一张完整的行业专用核心网，安全隔离性最好、但建设和运营成本也最高。因此仅适用于极个别需要超高安全隔离性而对成本不敏感的特殊行业。

表5 5G核心网网元功能层隔离模式示意图



3.2 5G网络切片安全能力

为支持不同业务的端到端安全保护，需要灵活的安全架构，提供多层次的切片安全保障，当垂直行业用户有特定的安全需求时，可向运营商定制不同等级安全保护的网路切片。差异化安全能力包括管理安全能力、网络设备资源安全能力，如图所示。

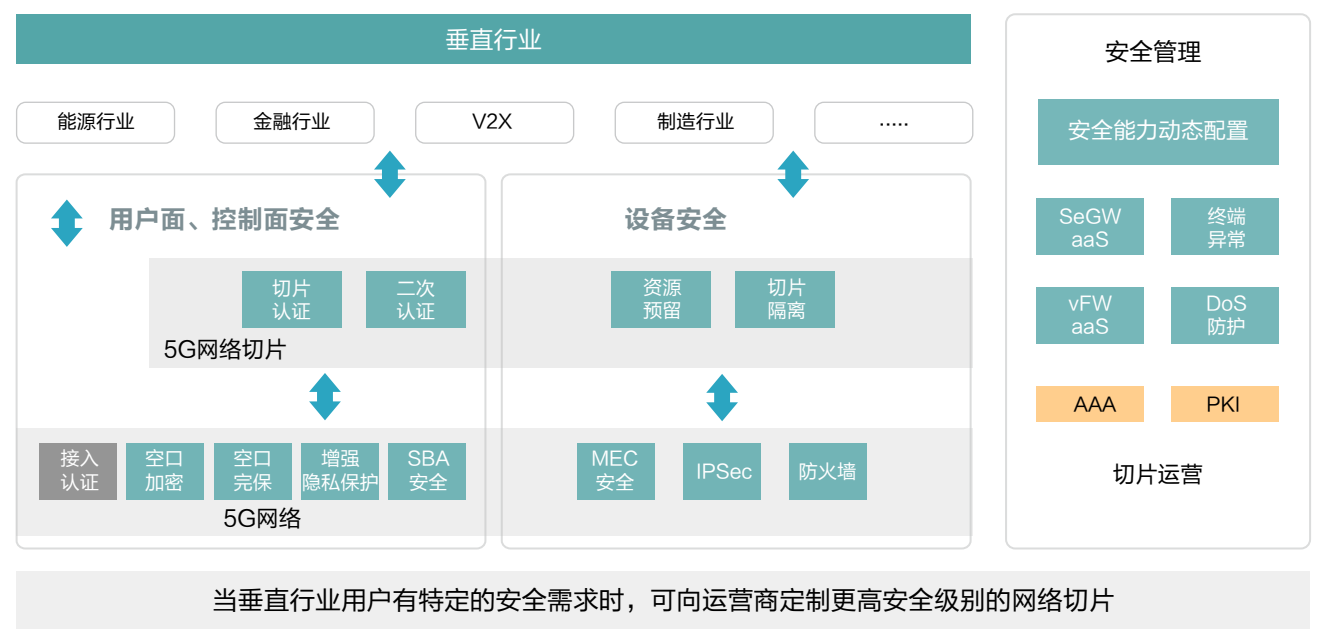


图4 5G网络切片安全能力

1、安全管理能力：

1) 5G网络的安全态势可视能力：包括应用层安全、基础设施安全、用户面/信令面/管理面的安全监控可视，实现人工+自动化的快速响应闭环，保障运营商网络和数据不受来自外部和内部用户的入侵和破坏，同时对内部人员误操作和非法操作进行审计监控，作为事后追溯的可靠证据来源，便与事后责任追踪。可为行业客户提供切片安全态势感知portal。

2) 安全服务：针对不同行业用户的差异化安全诉求，网络切片提供可分级的安全运维能力和安全服务，例如：企业可选择异常终端检测能力，可提供网络流量清洗，恶意网址检测，网络封堵服务。此外，在客户有需求时，还可提供安全测试、安全培训、代码审计、等保测评、安全集成等安全服务。

2、网络协议安全能力：

1) 接入鉴权：5G切片可利用5G系统所提供的基础鉴权能力，即首次认证及统一认证框架（默认能力）实现用户接入鉴权并建立独立于接入技术的统一的密钥体系，5G同时提供可选的切片认证和二次认证机制，实现灵活的支持各种应用场景的身份鉴权。

- 2) 信令面及数据面保护：终端和 gNB 之间、终端和AMF 之间提供对信令的强制完整性保护和可选的加密保护，对用户数据可选的加密保护和可选的完整性保护。对于语音、视频以及普通用户数据，空口不启用用户面完整性保护；对于物联网数据业务，以及可靠性要求较高的特殊数据业务，空口启用用户面完整性保护。
- 3) 隐私保护：使用临时用户识别（5G-GUTI 或5G-TMSI）替代国际移动用户识别号（SUPI）进行保护，为解决UE初始接入消息用户信息泄露的风险，可使用增强空口隐私保护，即SUPI加密（SUCI）机制。
- 4) SBA安全：5GC功能模块间可通过NRF发现及授权服务，可选使用HTTPS保护传递信息安全并通过TLS双向身份认证防止假冒NF接入网络，实现SBA架构下的安全能力。

### 3、设备资源安全能力：

- 除了计算、存储、无线网络及承载网络资源的有效隔离和资源预留外，5G切片也强化了安全机制，满足安全分级诉求：
- 1) 传输安全：接入网与核心网之间N2/N3接口，UPF与企业云的N6接口，以及基站间Xn接口的传输安全继承了4G的IPSec安全保护方案，防止传输网络的数据泄密和非法篡改攻击。
- 2) 外网设备访问安全：在切片内NF与外网设备间，部署虚拟防火墙或物理防火墙，保护切片内网与外网的安全。企业也可以选择部署智能防火墙，智能分析并识别N4消息和OM消息，仅相关的数据流量才能流入流出。
- 3) 边缘计算安全：当UPF下沉到行业用户的园区时，可提供边缘计算平台安全、通信安全、管控及监管等，高阶安全可提供边缘计算数据安全，能力开放安全等措施。

表6 5G切片安全分级建议

切片等级映射	切片安全等级	切片安全能力（分类依据）	管理安全能力	网络协议安全能力	设备资源安全能力
L0	公众网-普通	5G网络基本安全	运营商视图：端到端5G网络的安全态势可视能力，最终用户不感知。	3GPP基础鉴权 基础隐私保护 信令完整性保护	资源共享安全
L1	公众网-VIP	提供eMBB专属安全能力		3GPP基础鉴权 基础隐私保护 增强空口隐私防护 信令完整性保护 用户面加密保护 SBA安全 切片传输安全	资源共享安全 外网设备访问安全
L2	行业网-普通	满足行业特性的基本安全需求	切片安全态势感知portal	3GPP基础鉴权 基础隐私保护 信令完整性保护 用户面加密和完整性保护	资源预留，共享安全 外网设备访问安全 边缘计算安全
L3	行业网-VIP	提供满足行业特性的高级安全需求，可选的接入控制能力	切片安全态势感知portal安全服务	3GPP基础鉴权 基础隐私保护 增强空口隐私防护 加密及完保 切片认证/二次认证 SBA安全 切片传输安全	资源预留，共享安全 企业智能防火墙 边缘计算高阶安全
L4	行业网-特需	高阶专网隔离+加密，数据不出园	切片安全态势感知portal边缘计算安全安全服务	3GPP基础鉴权 基础隐私保护 增强空口隐私防护 加密及完保 切片认证/二次认证 SBA安全 切片传输安全	资源专享 企业智能防火墙 IPSec加密 边缘计算安全

3.3 运营运维模式

切片运营运维按运营运维难度和系统开放性可将租户需要的运营管理活动分为2种场景，如下表格所示。

表7 切片运维运营场景

切片等级	场景	能力开放程度	可监控	可管理
L2	行业网-普通	租户Portal（KPI可视化）	通过租户Portal查看切片状态、查看UE信息、查看账单、获取SLA报表等	不涉及
L3	行业网-VIP	租户Portal（KPI可视化+业务自助）	通过租户Portal查看切片状态、查看UE信息、查看账单、获取SLA报表等	通过自服务Portal实现： 1、业务订购、修改、终止等； 2、UE生命周期管理（UE开销户、停复机等） 3、简单故障诊断。如实时诊断、历史信息关联诊断（非实时诊断）、位置服务等
L4	行业网-特需	API能力开放（KPI可视化+业务自助）	通过开放API，租户自己用APP实现切片业务监控	通过开放API，租户自己用APP实现切片业务管理

租户自服务Portal提供的功能如下：

- 1、切片业务监控。租户自运营Portal支持租户监控和查看切片相关的各种信息，主要包括：
- 1) 切片业务信息查询：包括切片状态查询、切片SLA报表等。
  - 2) 切片账单查询：与切片业务相关的账单信息。
  - 3) UE基本信息查询：包括UE状态查询、UE生命周期信息查询、UE套餐业务查询、UE群组信息查询等。
- 2、切片业务办理。租户自运营Portal支持租户自助进行业务办理，主要包括：
- 1) 切片业务自助办理：如申请开通新的切片业务，或者在已开通切片中调整套餐内容，或者申请暂停/停止切片业务等。
  - 2) UE生命周期管理：包括UE的开户销户、停机复机、UE的业务套餐修改等。
  - 3) 业务自动化策略管理：租户可对业务自助处理的策略进行设置，包括消息通知、业务变更、数据采集设置等。
- 3、切片业务保障。租户自运营Portal支持租户自助做一些简单的故障诊断，包括：
- 1) 实时诊断：支持在线查询UE信息，根据UE实时状态信息来诊断切片业务故障。
  - 2) 非实时诊断：支持关联查询相关历史信息（如UE状态信息、UDM等5GC网元开放的信息），用于综合评估故障原因。【备注：具体保障能力依赖于运营商BSS或CSMF系统的实际支持能力。】
  - 3) 位置信息服务：支持查看UE或UE群的位置，辅助进行故障诊断。
- 4、切片API能力开放场景，对于希望自己开发APP的租户，可通过调用CSMF的能力开放API，自行实现上述所有运营能力。
- 1) 监控能力：包括运营能力开放、切片网络数据开放。租户所需的网络能力可统一由CSMF接口。
  - 2) 业务办理能力：包括租户自助服务所需的API。

注：租户选择建议：对期望聚焦于切片使用而不希望自己做太多运维投入的中小租户，建议优先选择租户自运营PORTAL完成自助服务或运营；对于希望对切片业务有更多掌握，且有较多运维预算的大型租户，可通过切片API能力开放自建APP。

当前切片开放能力主要包括切片监控、管理及订购，针对具体哪些用户及业务能接入切片的能力，仍在进一步规划中，会根据切片租户的需求进一步进行能力提升。

# 4. 典型用例分级建议

## 4.1 公众网切片用例

### 4.1.1 公众网切片场景及需求

在5G第一波商用中，语音、无线上网依然是典型用户需求，从资源需求、业务保障等角度看，这类业务与4G没有本质区别，可以考虑基于公众网普通切片部署。另外，新的5G消费者应用也将凸显：IHS市场分析显示2022年移动游戏的全球市场规模将达到830亿美元，并可能通过云游戏的方式向用户提供服务。云游戏具备终端准入门槛低、免下载/免安装、跨平台/跨OS、免终端适配优化、研发周期快等优势，而受到微软、谷歌、腾讯、苹果等平台运营商的关注。

云游戏部署的一个先决条件是达到媲美主机游戏的用户体验，这需要将手机端、pc端（带5G芯片）、ipad或者电视大屏等采集的超高清图像、视频及时上传到云端的游戏服务器，并将云端计算、渲染的数据结果实时推送到手机端。从以下的分析可以看出，云游戏不要求与普通公众网业务硬性隔离，但对低时延、用户体验有很多定制化需求，因此我们建议采用公众网VIP切片方式部署。

**【游戏切片网络需求】：**研究显示，高清/超高清游戏的用户终端速率可达到12.5~25Mbps，多人实时竞技手游时延在4G环境下<80ms，最优<50ms;在5G环境下，可依托更低时延提升操作帧率，所以对时延要求更低。VR互动游戏的带宽与时延需求更加苛刻，IHS Markit数据显示基本的8K分辨率、有限互动的VR游戏需要达到40~60Mbps带宽和20~30ms的时延。

表 9 VR游戏体验网络要求

	基本VR体验 (有限互动)	高级VR体验 (有限互动)	基本VR体验 (高互动性)	高级VR体验 (高互动性)
分辨率/ 制式	8K, 2D, 3D	12K, 3D	8K, 2D, 3D	12K, 3D
带宽要求	40 – 60 Mbps	340 Mbps	120 – 200 Mbps	1.4 Gbps
时延要求	20 – 30 ms	20 ms	10 ms	5 ms

数据来源：IHS Markit

**【游戏切片安全需求】：**在安全方面，游戏加速切片的需求主要体现在面向用户的标识及认证：通过唯一的切片标识，将游戏应用与上网、视频、语音聊天等其他业务区别，通过 5G的网络切片选择功能网元选择接入相应的切片业务。

在基于终端SIM卡凭证的认证体系之外，互联网娱乐应用通常具备一套面向客户的标识和认证体系，使客户接入服务网络及应用与终端解耦。



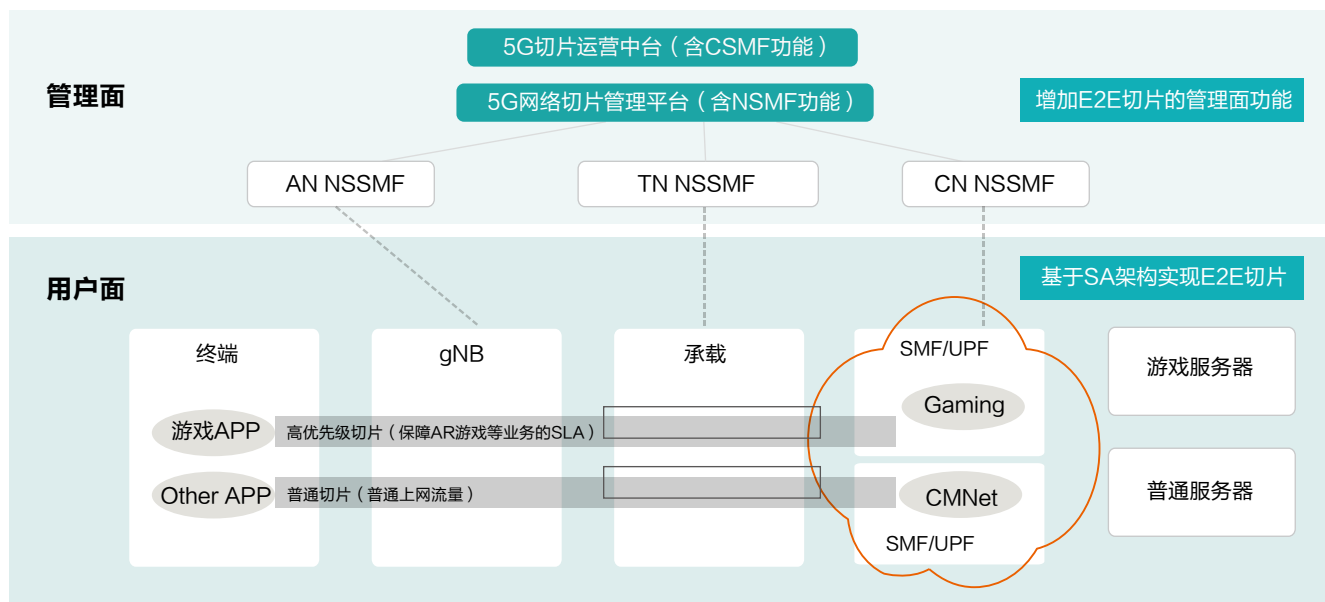


图 5 2C游戏场景切片测试组网

## 4.1.2 云游戏网络切片组网

基于5G切片分级能力可为云游戏用户提供区别于普通上网业务的游戏加速服务，包括：

- 无线侧采用QoS优先级保障方案为游戏用户提供高业务等级服务，针对专业级玩家和电竞选手，可考虑采用RB资源预留技术这一定制化能力进一步提升游戏低时延和确定性保障。
- 核心网侧针对游戏的低时延特点，可为游戏用户开辟独立的UPF，提升服务转发效率和时延体验。

针对云游戏等对公众网有更高需求业务体验的切片用户，除公众网VIP切片的基本保障能力之外，还会根据具体行业客户的需求提供进一步定制化服务，最优保障行业客户的业务体验。

## 4.2 行业网切片用例

### 4.2.1 行业网切片场景和需求

相比于普通公众网业务，企业的通信服务需求具有鲜明的行业特征。但自建专网对很多企业来说不具备可操作性：首先是建设专网所需的基础设施、资金和频段；其次，车联网、超高清等对网络连续覆盖需求是专网在短时间内难以达到的。因此，基于运营商公网的行业通用切片在未来5G商用中将扮演重要角色。下面我们以超高清视频为例剖析典型的行业通用切片部署。

典型4K超高清视频具备3840x2160分辨率、高帧率、高色深、宽色域、HDR动态范围和全景声特性，给观众带来如临其境的沉浸体验。视频回传是超高清直播制作的关键环节，4K视频的带宽和帧率通常达到40Mbps和50fps以上，因此对回传速率、时延和抖动提出了更高要求。目前的卫星和互联网专线基本满足一路4K信号的传输，而超高规格4K/8K视频（>100fps）或者多路超高清信号回传则需要超大带宽和更好保障的VIP切片方案。

超高清直播还将触发VR“第二现场”等媒体运营模式的创新。IHS 预测中国VR“第二现场”到2025年可达到18亿美元的总体规模。而为第二现场部署专网耗时耗力，在非演出的时段使用效率很低，因此更适合通过行业通用切片保障。VR内容对传输带宽要求更高，双向交互的第二现场需要将严格控制端到端时延，这需要相应的网络切片贴近现场部署。业务运营方面第二现场类切片租户通常也要求能灵活配置、自动开通，尽可能覆盖体育赛事、商业演出和娱乐主题等市场。

4.2.2 超高清直播回传切片组网方案

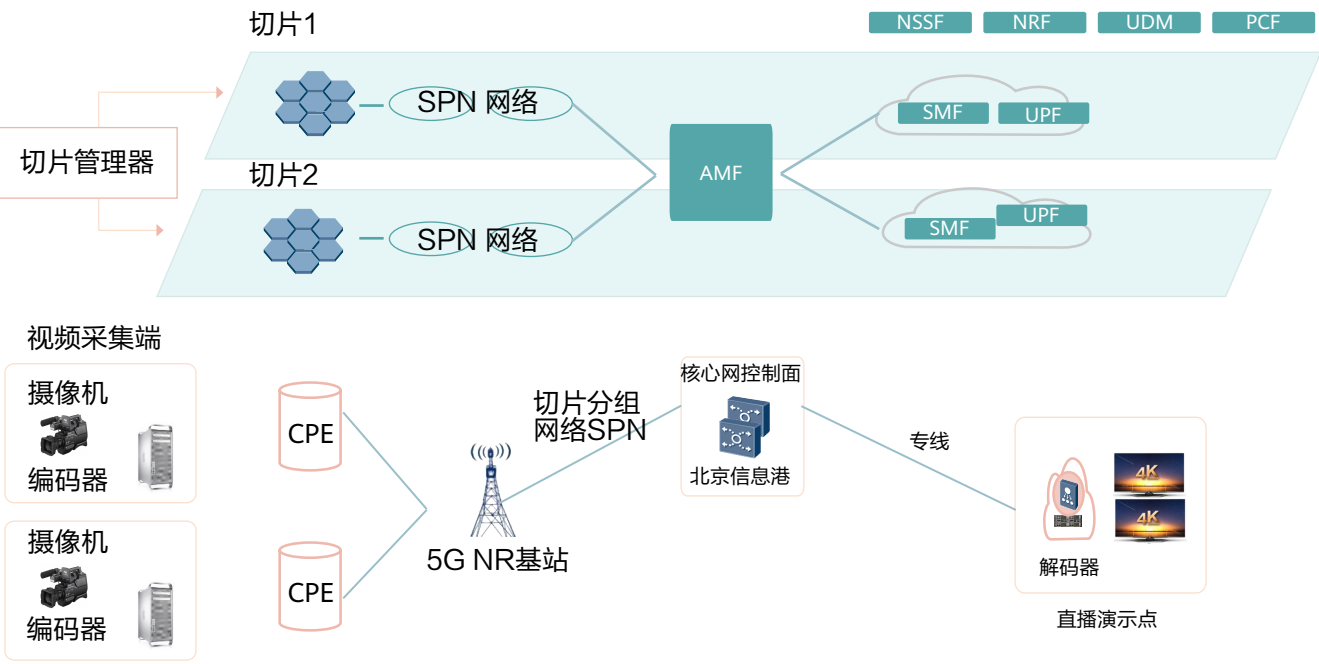


图 6 央视5.17 5G SA网络超高清切片测试图

- 超高清直播切片可在无线侧基于业务需求做QoS优先级调度保证回传信号质量；而在某些重大国事活动、大型庆典和体育赛事的直播现场，则需要预留无线RB资源保障高规格4K/8K 直播信号的传输质量。
- 承载转发可通过QoS调度或者独享VPN通道，保障直播信号无间断传送。
- 核心网侧也可为超高清直播通道划分逻辑独占的SMF和UPF。



4.3 行业网（特需行业）切片用例

4.3.1 特需行业切片场景和需求

在以绿色、安全、可靠、高效为目标的智慧电网部署中，有丰富的5G专用切片业务场景，包括：

eMBB大带宽需求，通过高清视频实现对输电线路、变电站监测及应急现场的实时监控，这些场景通常要求多路10M级别的带宽。

uRLLC低时延业务，主要为电网控制类业务，包括配网继电保护、精准负荷控制、配网三遥、配电网同步相量测量等时延敏感类业务提供服务。

mMTC大连接业务，包括用电信息采集/高级计量业务，通过对海量电力计量终端用电信息分钟级的深度采集，满足智能用电和个性化客户服务需求。

为应对上述多种定制化业务，同时满足电网在安全性、数据隔离、业务自主可控等特殊需求，建议以特需行业切片方式部署。

4.3.2 电网切片组网方案

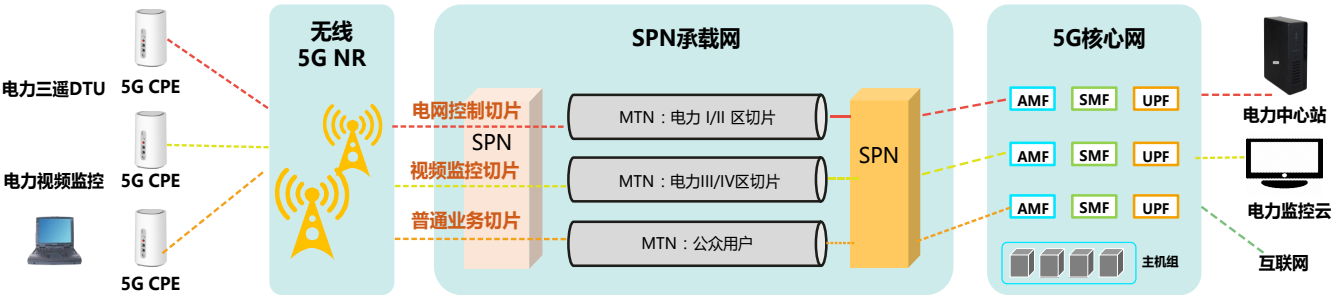
















图7 电网切片组网

图所示包含电网专用切片的一个三层组网方案，其中控制类切片承载电力生产业务，如差动保护、三遥和精准负荷控制，电力终端装置通过5G CPE接入5G网络，5G核心网出口交换机配置路由互通，连接配电自动化主站系统。控制类业务通过网络切片技术与信息采集类业务（电力III/IV区业务）、移动应用类业务形成端到端隔离：

- 切片接入子网：基于切片和5QI进行调度优先级设置，控制类切片配置优先级5QI=X，信息采集类切片配置优先级5QI=Y，移动应用类切片配置优先级5QI=Z；随着电力控制需求不断上升，还可考虑采用分配独立频点保障配电业务
- 切片传输子网：传输侧配置3个MTN通道，根据不同切片标识映射到不同VLAN进入传输不同MTN通道
- 核心网切片：3个切片分配独占的AMF、UPF、SMF以达到完全隔离

# 5. 成本分析

5G网络切片服务根据不同行业及用户的差异化需求，从定制化服务、资源独占和租户自运营维度给出定性成本分析如下表。

切片等级	名称	定制化服务	资源独占	租户自运维运营	综合成本
L0	公众网-普通	NA	NA	NA	NA
L1	公众网-VIP		NA	NA	
L2	通用行业-普通				
L3	通用行业-VIP				
L4	特需行业				

上述成本分析表格根据不同网络切片等级占比程度给出综合成本示意图。由图上可知，每叠加一种网络能力，运营商的网络成本就会叠加，这会很大程度上影响网络切片的最终定价。

## 6. 产业应用建议

和3GPP协议Release 15、Release 16和Release 17的标准演进节奏类似，端到端网络切片解决方案的发展同样不是一蹴而就的，而是会不停迭代、逐步成熟。与此同时，不同网络切片提供的服务等级不同、其所需付出的网络成本和代价也势必存在差异，因此对于不同行业的客户而言，能够根据自身的应用场景和需求特点、按需选择和定制最适宜等级的网络切片才是明智之举，要避免一味追求最高等级服务而带来的需求过剩。

综上，基于5G网络切片的隔离性、SLA/QoS保障、切片运维运营这三个核心能力，结合标准技术具备度与行业客户原始需求之间的匹配关系，5G网络切片的整体产业节奏可以分为如下3个阶段：



Phase1（已ready）：如前文所述，在隔离性上，5G承载网和5G核心网均已经可以支持不同的软、硬隔离方案，而5G NR侧则主要依托于5QI（QoS调度机制）实现广域场景下的软隔离，或通过园区行业专用5G NR（包括微站、室分等多形态小型无线基站）实现局域场景下的硬隔离。在业务体验保障上，主要通过5QI实现不同切片间的差异化SLA保障。而在切片运维运营能力上，可以实现网络切片的端到端KPI可视化管理。这也意味着，自2020年起，面向公众网普通客户、公众网VIP客户、行业网-普通客户（如超高清直播上行、AR广告等应用场景）已经具备E2E切片的商用交付能力，针对行业网-VIP及行业网特需客户则需要针对性的沟通可交付能力。

Phase2（预计2021年可以ready）：在隔离性上，5G NR侧增强支持无线RB资源预技术（包括静态预留和动态预留两种模式），从而可以实现广域场景下的E2E网络资源隔离切片。在业务体验保障上，通过增强支持5G LAN、5G TSN等特性，可以进一步实现不同切片间的差异化+确定性的SLA保障。而在切片运维运营能力上，则在切片租户级KPI可视化的基础上，可进一步支持行业对于所租用切片的有限自助服务。在该阶段，运营商可以具备完善的服务行业网-VIP客户（如AR/VR云游戏、无人机巡检等）、行业网特需客户（如电力控制类业务、工业园区及公安等）的能力。

Phase3（预计2022+后ready）：在该阶段，5G网络切片可以实现真正基于AI和负向反馈机制的SLA动态闭环，实现网络自优化，从而可以更好的服务于具有强移动性、强漫游性、强业务延续性需求的行业（如5G V2X）。同时，面向行业的综合服务能力也会得到进一步增强和演进。

## 7. 总结及展望

网络切片作为5G的标志性技术，通过差异化的网络能力服务于大网及行业用户的不同网络需求，对于不同行业及场景，提供不同网络能力的组合，所以，对于不同等级网络能力以及资源能力的划分和定义的统一，对于网络切片服务的提供者以及消费者都至关重要。

本白皮书通过分析无线、传输、核心网的不同能力，以及安全、运营能力等因素，定义五类网络切片等级，对应不同的公众网、通用行业以及专用行业的应用场景，从质量保障、资源占有以及网络运维方面给出成本的分析，能够使网络切片技术更方便直观地为公众网客户、垂直行业客户、运营商以及设备厂商了解及所用。此分级可作为运营商网络切片商品设计的基础模板，在不同等级的网络切片基础上进行网络切片商品的设计及包装，也可为用户提供网络切片商品的整体视图及不同网络切片间的比较参考，推进网络切片产业商用步伐，为网络切片的应用和推广提供可靠的参考依据。

## 8. 附录

### 附：缩略语清单：

NFV: Network Function Virtualization网络功能虚拟化

SBA: Service Based Architecture服务化架构

NFVI: Network Function Virtualization Infrastructure网络功能虚拟化基础设施

NF/VNF: Network Function/Virtual Network Function网络功能/虚拟网络功能

AMF: Access and Mobility Function接入和移动管理功能

SMF: Session Management Function会话管理功能

UPF: User Plane Function用户面功能

UDM: Unified Data Manager统一数据管理平台

PCF: Policy Control Function策略控制功能

NSMF: Network Slice Management Function网络切片管理功能

SPN: Slicing Packet Network 切片分组网

MTN: Metro Transport Network城域传送网