

The background features a light gray geometric pattern of interconnected lines and nodes, resembling a network or circuit. The lines are thin and gray, while the nodes are small circles in various colors (blue, purple, dark blue). The overall style is modern and technical.

SDN与NFV概述

主讲人：鲍婷婷

目录

1

SDN概述

- 传统网络的缺点
- SDN定义
- iMaster NCE解决方案

2

NFV概述

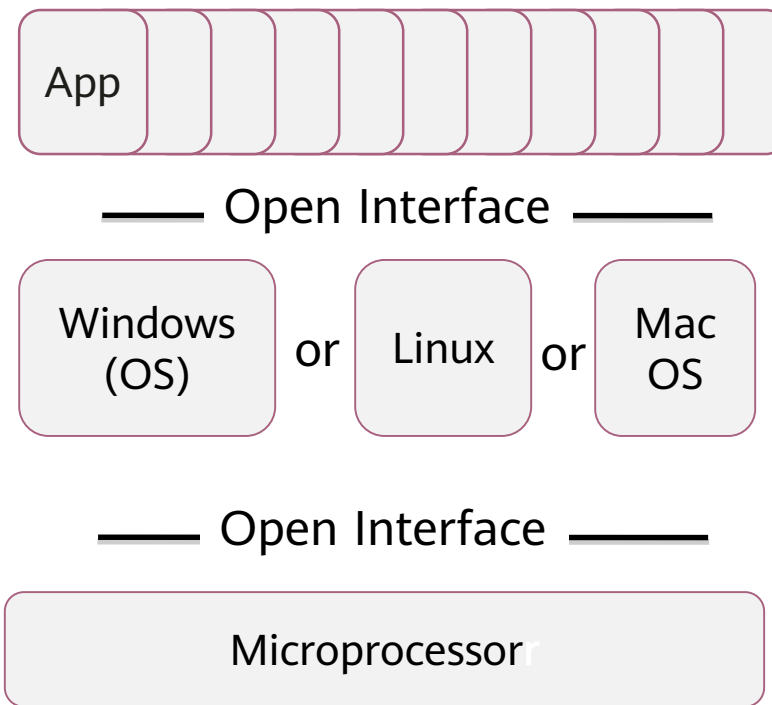
计算机时代的演进

大型机 (Mainframe)



垂直集成，封闭接口。
小规模行业应用。

PC (兼容机)



水平集成，开放的接口。
大规模跨产业应用。

网络产业发展：来自IT行业的启示

- IT产业的变革引发了网络产业的思考。业界开始提出SDN（Software Defined Networking）的概念，并不断在其商用化进程上作出尝试。目的是希望网络变得更开放、灵活和简单。

计算产业开放，促进生态蓬勃发展

云服务



云主机



云硬盘

丰富的云服务...

数据库

中间件

操作系统

虚拟化

服务器、存储、
PC

通用

硬件

DeLTA



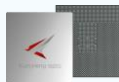
FusionSphere

丰富的虚拟化技术、操作系统、中间件、数据库软件...



X86/ARM架构服务器

存储阵列 PC ...



X86/ARM架构芯片

内存 硬盘 ...

网络产业会如何变化？



网络应用

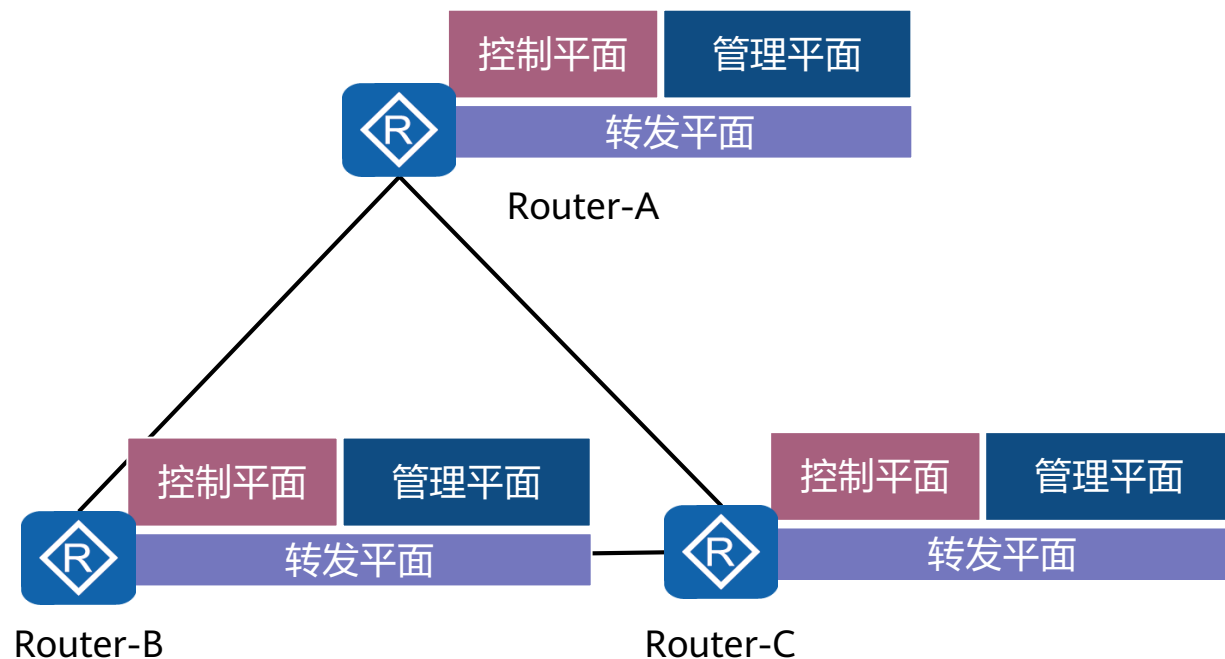
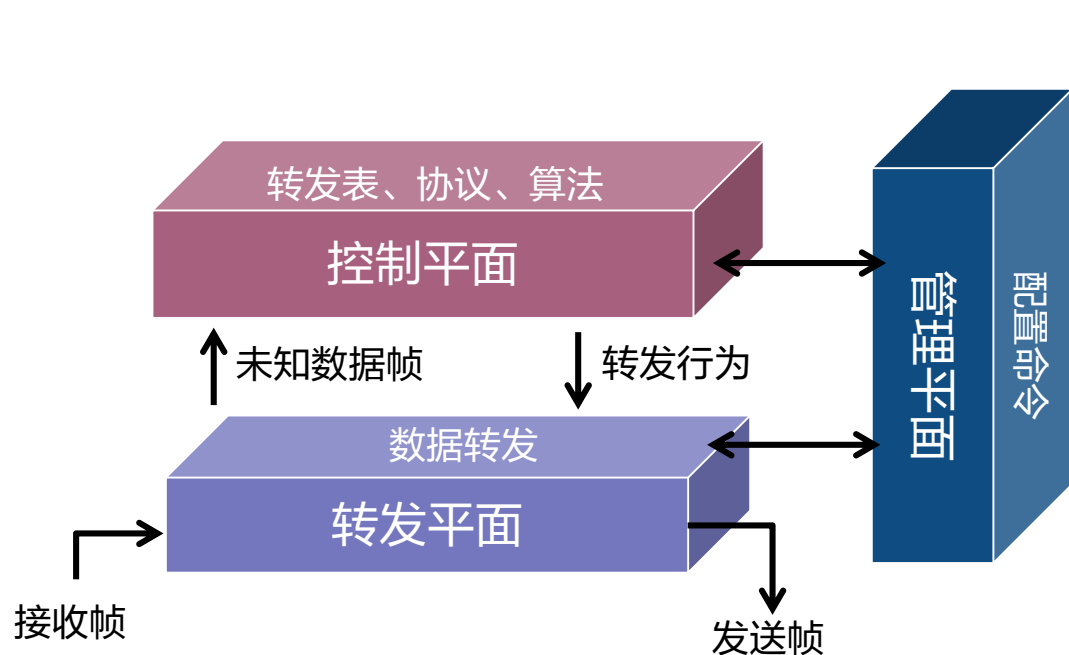
SDN控制器

硬件网络设备

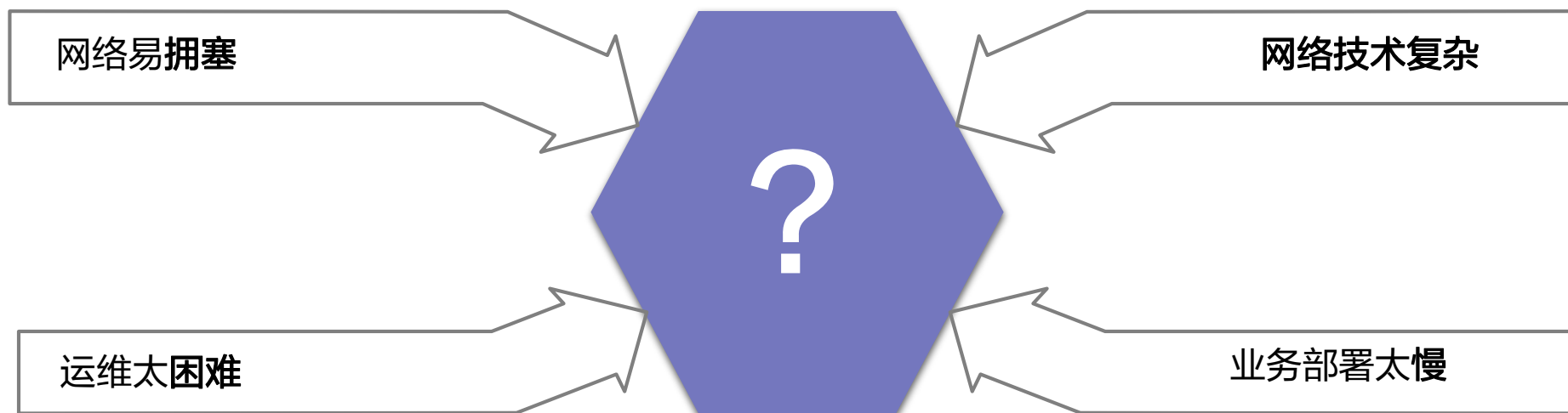
- 网络产业是否参考计算产业，打造分层、开放的生态架构？

网络界的现状：经典IP网络 - 分布式网络

- 经典的IP网络是一个分布式的、对等控制的网络。每台网络设备存在独立的数据平台、控制平面和管理平面。设备的控制平面对等的交互路由协议，然后独立的生成数据平面指导报文转发。
- 经典IP网络的优势在于设备与协议解耦，厂家之间兼容性较好且故障场景下协议保证网络收敛。

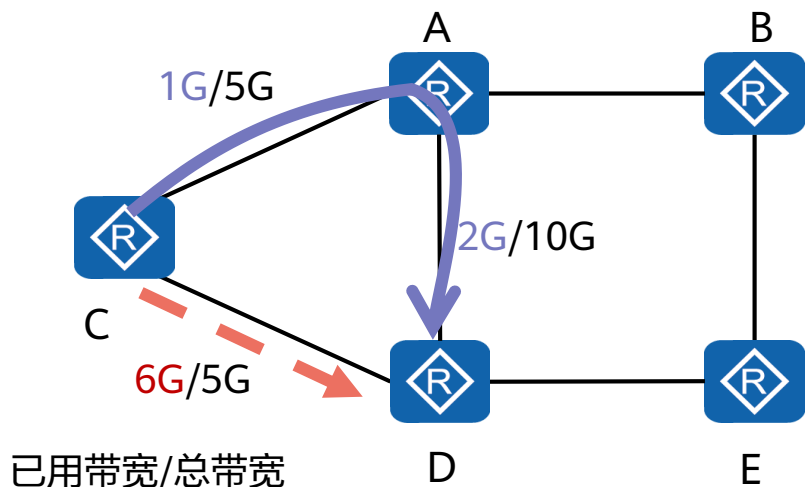


网络界的思考：经典网络面临的问题



网络易拥塞

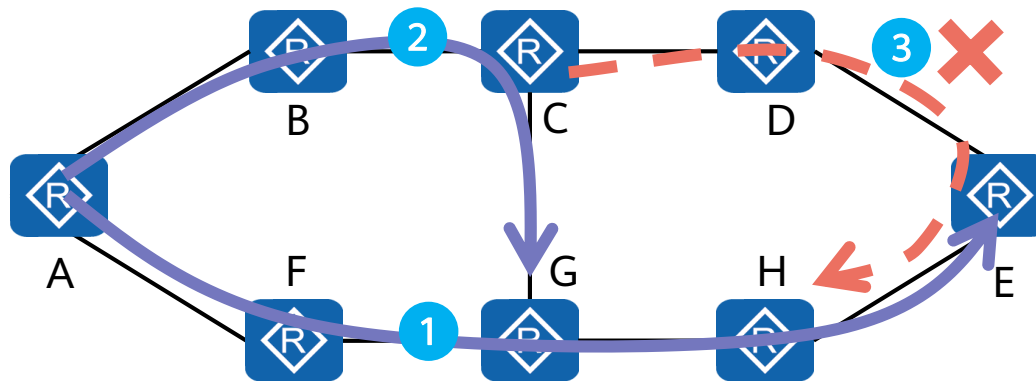
基于带宽固定选路的问题和解决思路



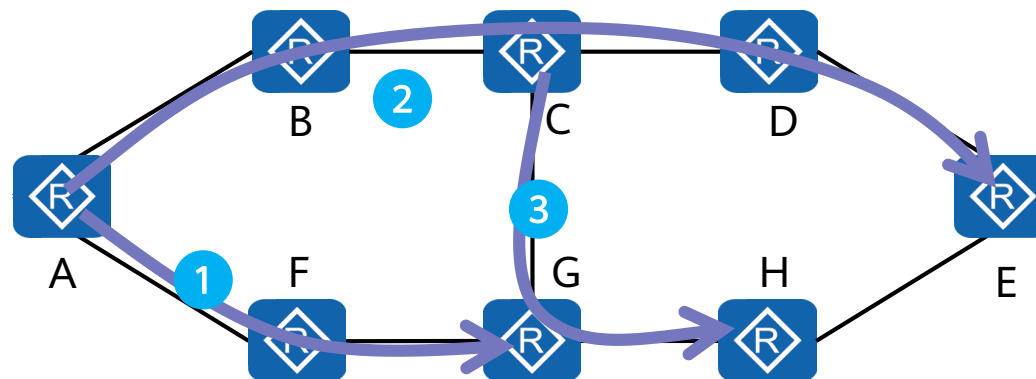
网络基于带宽计算转发路径。路由器C到路由器D的链路为最短转发路径。C-D的业务流量开始超过带宽出现丢包现象。虽然其他链路空闲，但是算法依然选择最短路径转发。如果可以全局考虑，此时最优的流量转发路径为C-A-D。

基于固定顺序建立隧道的问题和解决思路

顺序建立隧道：1. A-E；2. A-G；3. C-H。带宽不足隧道3建立失败。



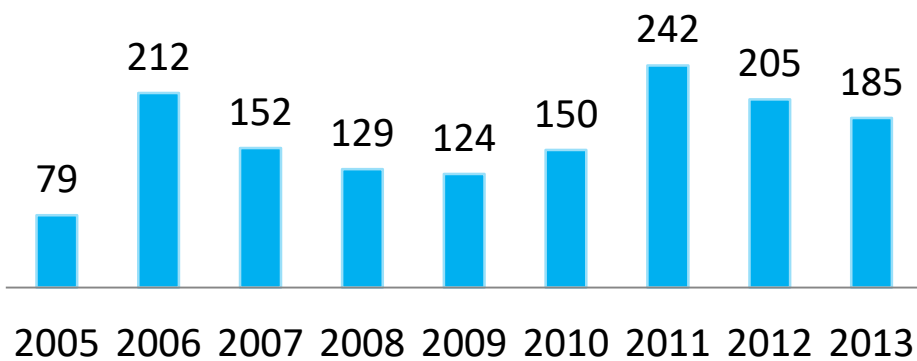
全局计算，最优调整隧道路径：



网络技术太复杂

网络协议多：如果您准备成为一名网络技术专家，您需要阅读网络设备相关RFC 2500篇。如果一天阅读一篇，需要长达6年时间，而这只是整个RFC的 1/3，其数量还在持续增加。

网络设备相关RFC增长数量



网络配置难：如果您准备成为某个设备商设备的百事通，您需要掌握的命令行超过10000条，而其数量还在增加。



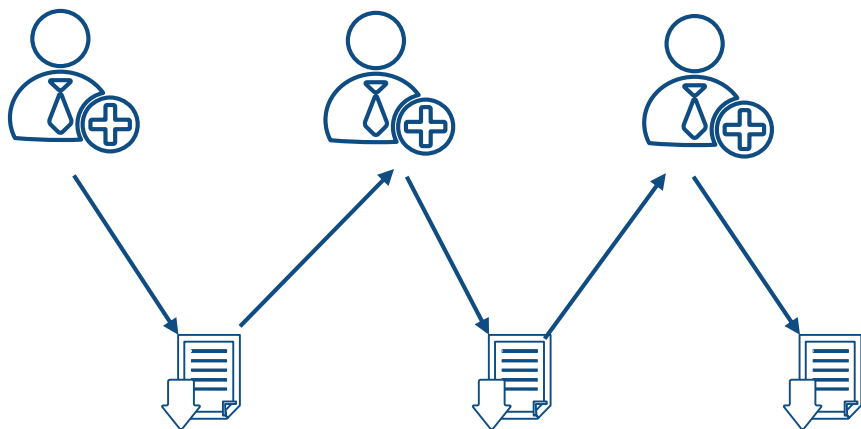
网络故障定位、诊断困难

故障发现难

人工故障识别

人工抓包定位

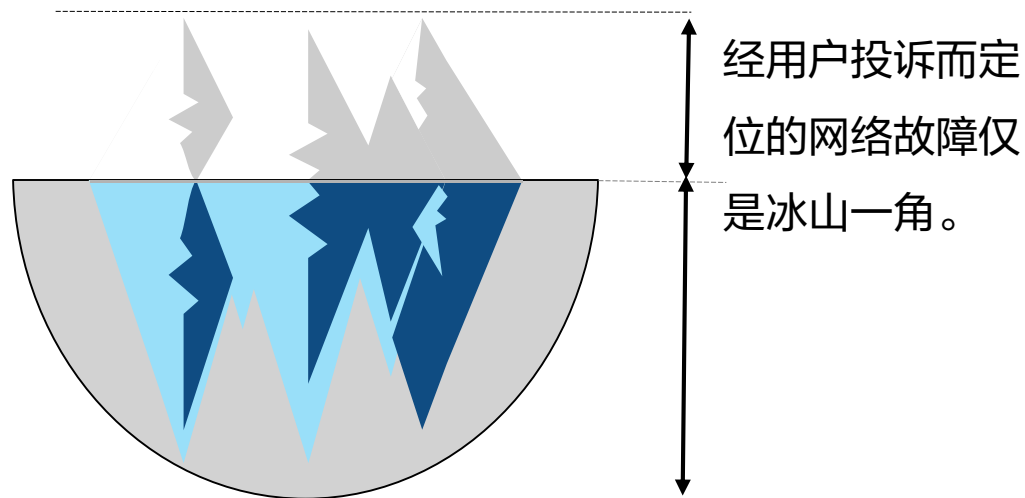
人工问题诊断



- 传统运维网络故障依靠人工故障识别、人工定位和人工诊断。
- 超过85%的网络故障业务投诉后才发现。无法有效主动识别、分析问题。

故障定位难

异常流占全网流3.65%



- 传统运维仅监控设备指标，存在指标正常，但用户体验差的情况。缺少用户和网络的关联分析。
- 数据中心网络统计，一个故障定位平均耗时76 min。

网络业务的部署速度太慢

网络策略

访问策略

带宽策略

QoS策略

其他策略 ...

网络策略变更复杂、不灵活：

网络策略无法细化到用户。策略变更复杂，无法灵活调整。

基于IP、位置固定、
命令行配置

业务网络

办公虚拟网

科研虚拟网

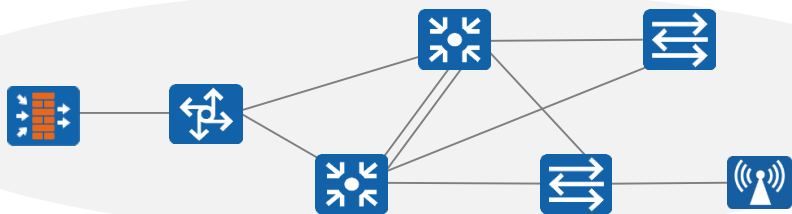
视频监控虚拟网

新业务部署周期长：

新业务部署涉及端到端设备配置修改。

命令行端到端配置

物理网络



物理网络部署效率低：

物理网络无零配置部署能力。

设备逐台命令行配置

目录

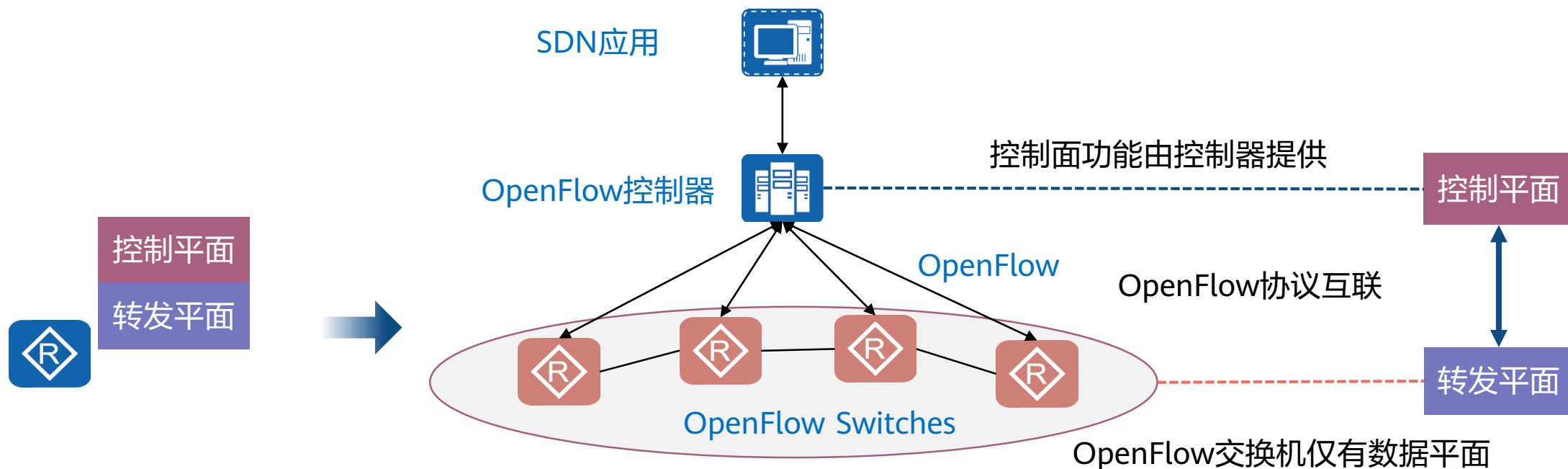
1 SDN概述

- 传统网络的缺点
- SDN定义
- iMaster NCE解决方案

2 NFV概述

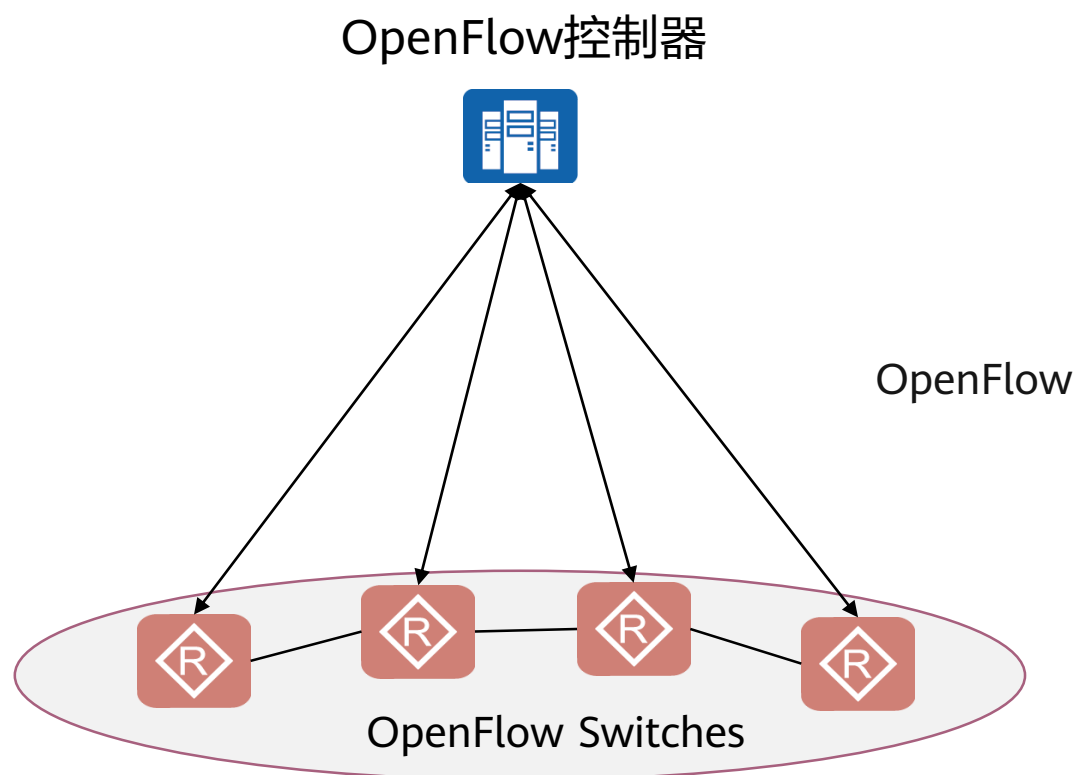
SDN的起源

- SDN（Software Defined Networking）即软件定义网络。是由斯坦福大学Clean Slate研究组提出的一种新型网络创新架构。其核心理念通过将网络设备控制平面与数据平面分离，从而实现了网络控制平面的集中控制，为网络应用的创新提供了良好的支撑。
- SDN起源提出了三个特征，“转控分离”、“集中控制”和“开放可编程接口”。



OpenFlow基本概念

- OpenFlow是控制器与交换机之间的一种南向接口协议。它定义了三种类型的消息，Controller-to-Switch、Asynchronous 和 Symmetric。每一种消息又包含了更多的子类型。



Controller-to-Switch

该消息由Controller发送。用于管理Switch和查询Switch的相关信息。

Asynchronous

该消息由Switch发起。当Switch状态发生改变时，发送该消息告诉Controller状态变化。

Symmetric

该消息没有固定发起方，可由Switch或者Controller发起。例如Hello、Echo、Error等。

Flow Table简介

- OpenFlow交换机基于流表（Flow Table）转发报文。
- 每个流表项由匹配字段、优先级、计数器、指令、超时、Cookie、Flags这七部分组成。其中关于转发的关键的两个内容是**匹配字段**和**指令**。
 - 匹配字段是匹配规则，支持自定义。
 - 指令是用来描述匹配后的处理方式。

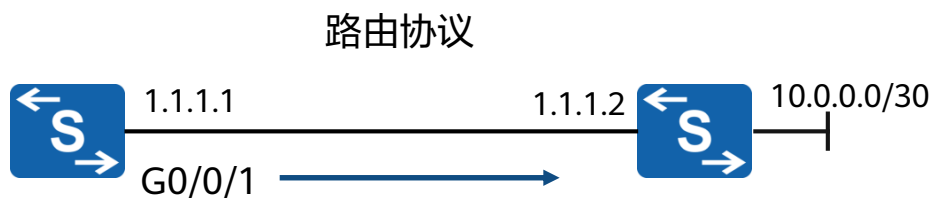
匹配域	优先级	计数	动作	Timeout	Cookie	Flags
-----	-----	----	----	---------	--------	-------

流表字段支持自定义，例如本例匹配项字段：

Ingress Port	Ether Source	Ether Dst	Ether Type	VLAN ID	VLAN Priority	IP Src	IP Dst	TCP Src Port	TCP Dst Port
3	MAC1	MAC2	0x8100	10	7	IP1	IP2	5321	8080

转发方式对比

经典路由协议基于路由表转发

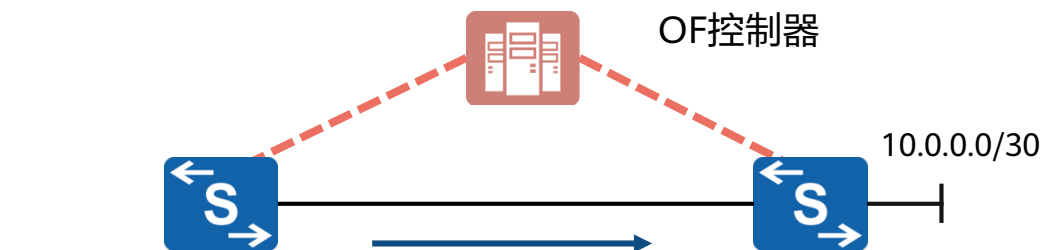


路由表

目的网络	来源	下一跳	出接口
10.0.0.0/30	OSPF	1.1.1.2	G0/0/1

- 经典的网络转发方式是网络设备通过查询路由表指导流量转发。
- 路由表的条目由网络设备之间运行路由协议而计算生成。
- 路由表是定长的。路由表通过最长匹配原则执行报文转发。一台网络设备只有一张路由表。

OpenFlow基于流表转发



流表匹配过程：



流表

匹配域	优先级	计数	动作	Timeout	Cookie
-----	-----	----	----	---------	--------

- OpenFlow是一个网络协议。运行OpenFlow的交换机通过查询流表指导流量转发。
- 流表一般是由OF控制器统一计算，然后下发到交换机。
- 流表是变长的，拥有丰富的匹配规则和转发规则。一台网络设备有多张流表。

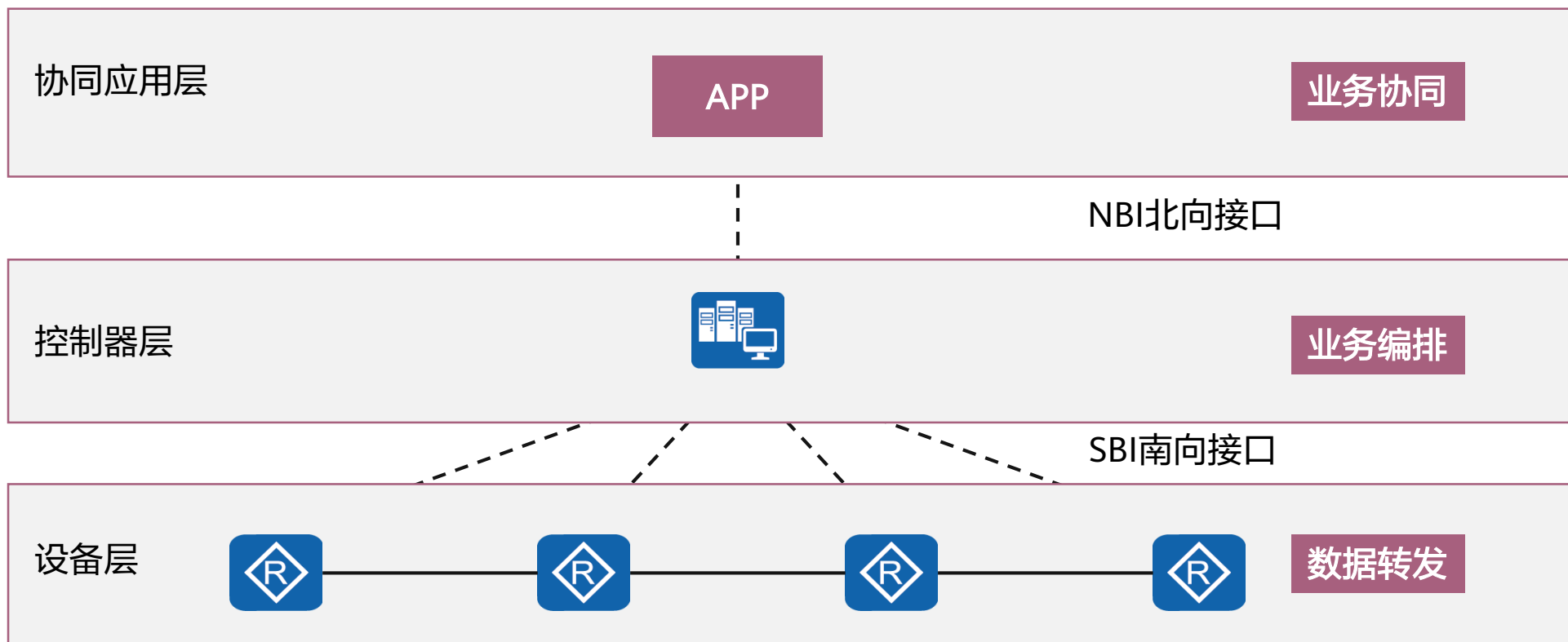
SDN的本质诉求

- SDN的本质诉求是让网络更加开放、灵活和简单。它的实现方式是网络构建一个集中的大脑，通过全局视图集中控制，实现或业务快速部署、或流量调优、或网络业务开放等目标。
- SDN的价值是：
 - 集中管理，简化网络管理与运维；
 - 屏蔽技术细节，降低网络复杂度，降低运维成本；
 - 自动化调优，提高网络利用率；
 - 快速业务部署，缩短业务上线时间；
 - 网络开放，支撑开放可编程的第三方应用。

SDN带来了网络架构的变革。

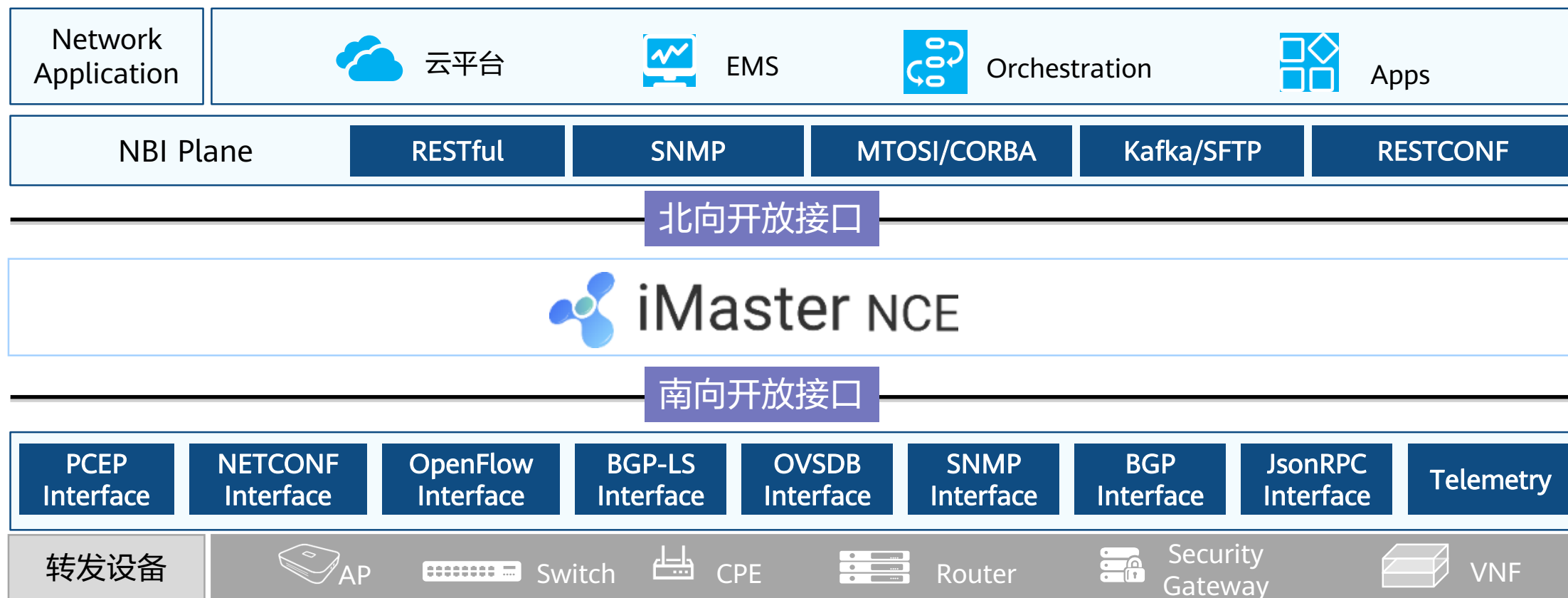
SDN网络架构

- SDN网络架构分为协同应用层、控制器层和设备层。不同层次之间通过开放接口连接。以控制器层为主要视角，区分面向设备层的南向接口和面向协同应用层的北向接口。OpenFlow属于南向接口协议的一种。

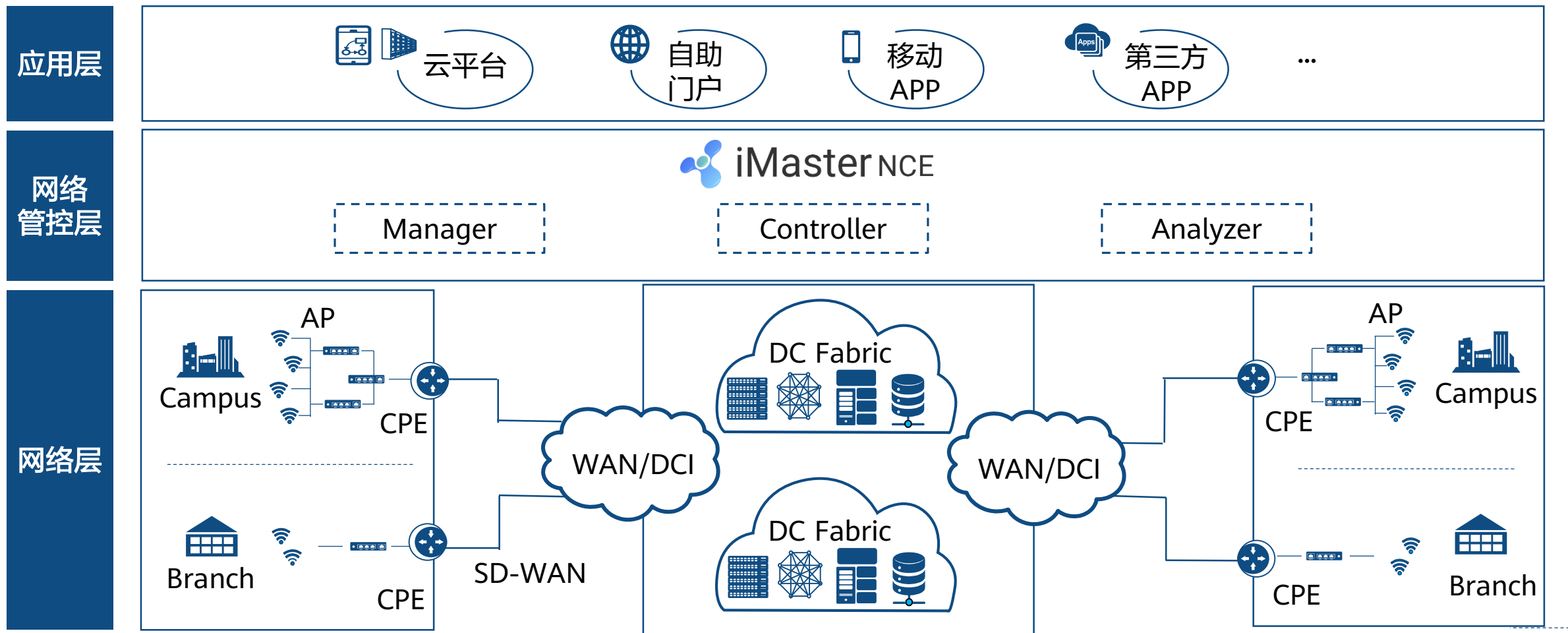


华为SDN网络架构

- 华为SDN网络架构支持丰富的南北向接口，包括OpenFlow、OVSDB、NETCONF、PCEP、RESTful、SNMP、BGP、JsonRPC、RESTCONF等。



华为SDN解决方案 - 管、控、析构建智简网络



目录

1

SDN概述

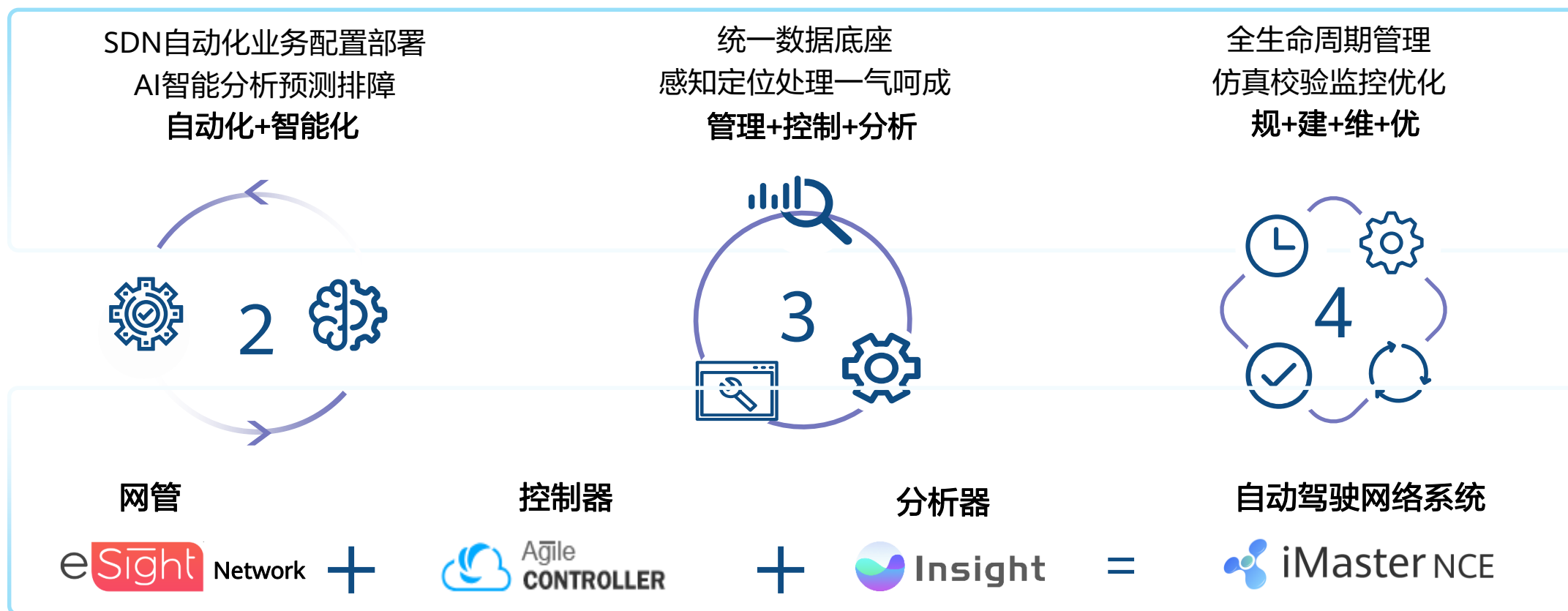
- 传统网络的缺点
- SDN定义
- iMaster NCE解决方案

2

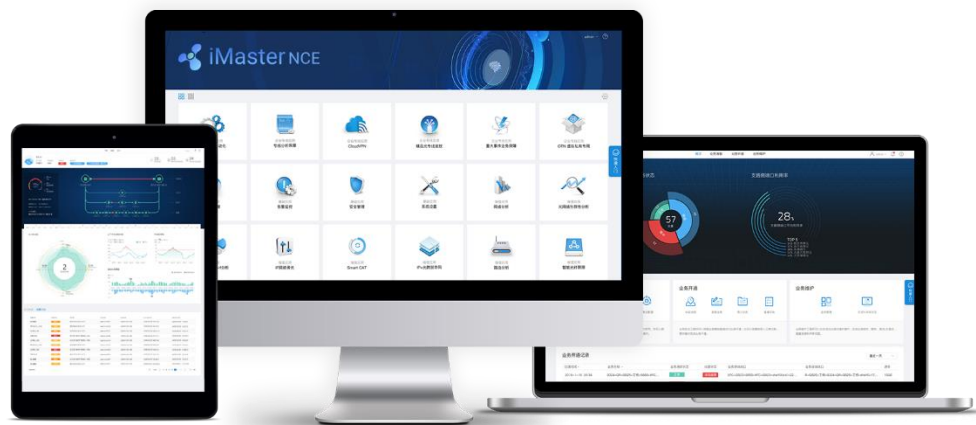
NFV概述

什么是iMaster NCE ?

- iMaster NCE，自动驾驶网络管理与控制系统，是华为集管理、控制、分析和AI智能功能于一体的网络自动化与智能化平台。



iMaster NCE全新启航



数据中心

iMaster NCE-Fabric *



企业园区

iMaster NCE-Campus *



SD-WAN

iMaster NCE-WAN



广域IP

iMaster NCE-IP



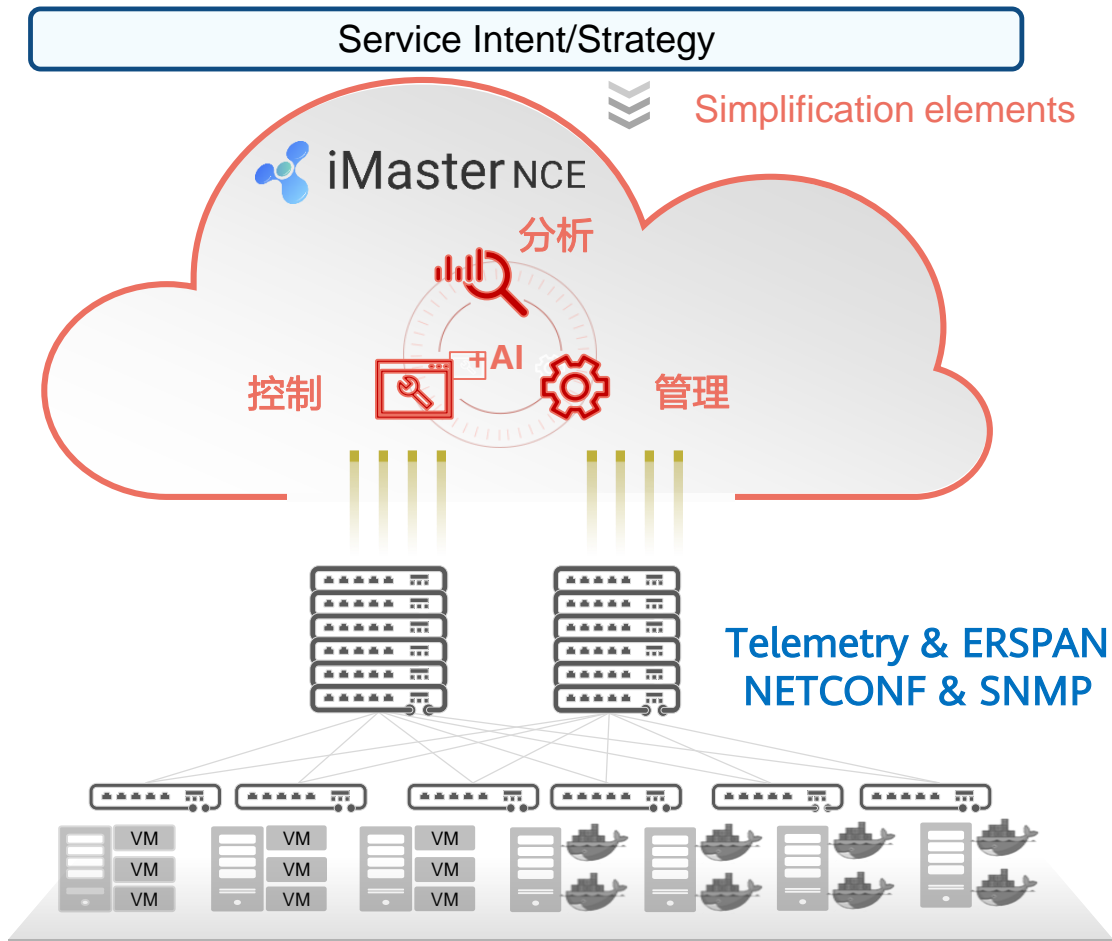
广域传输

iMaster NCE-T

* 本课程介绍

华为数据中心CloudFabric自动驾驶解决方案

- 基于iMaster NCE-Fabric，为数据中心网络提供从规划-建设-运维-调优全生命周期服务。



规建一体:

- 规划工具对接NCE，实现规划建设一体化。
- ZTP (Zero Touch Provisioning, 零配置开局)

极简部署:

- 业务意图自理解和转换部署。
- 网络变更仿真评估，杜绝人为错误。

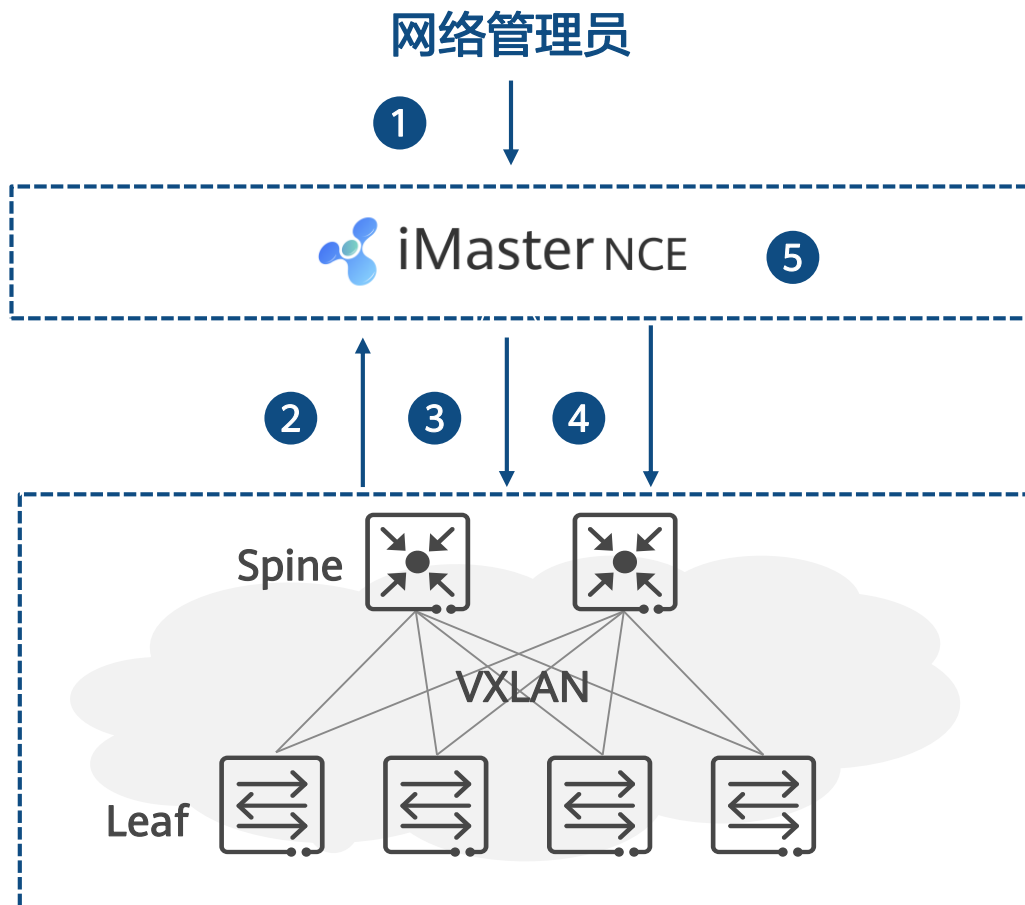
智能运维:

- 基于知识图谱和专家规则的快速故障发现定位
- 基于专家规则和仿真分析的快速故障恢复

实时调优:

- 面向AI-Fabric的流量本地推理，在线模型训练调优
- 用户行为预测、资源调优建议

关键特性：极简ZTP部署



ZTP部署流程：

1. 网络管理员点击启动ZTP任务。
2. 设备自动获取IP地址访问控制器。
3. 控制器判断设备角色（Spine or Leaf），对上线设备下发管理IP、SNMP、NETCONF等配置，并通过管理IP纳管设备。
4. 控制器全局下发互联配置及OSPF、BGP等配置。
5. 设备上线成功，管理员NCE查看全网信息。

注：Spine-Leaf是数据中心网络架构

关键特性：网络意图自理解，业务快速部署

网络设计

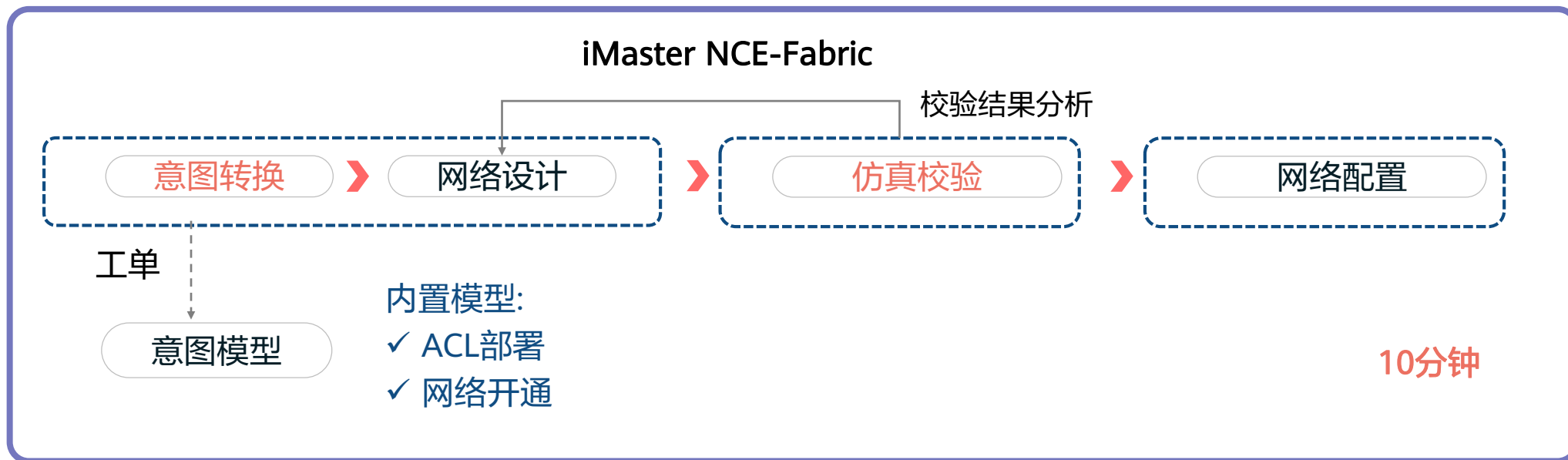
2~3天

配置下发

10分钟

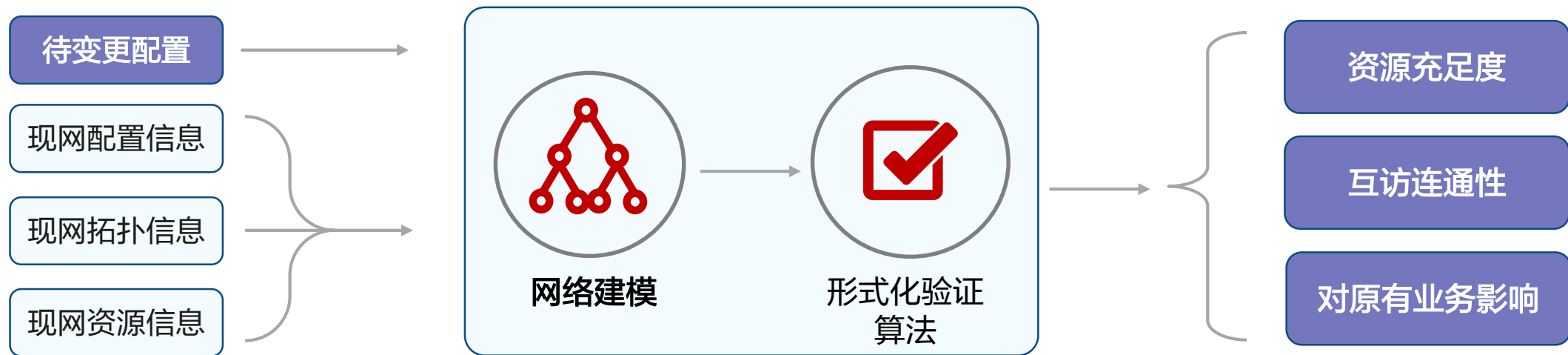
业务验证

1~2天



华为iMaster NCE-Fabric支持虚拟化、云计算和容器网络的自动化快速部署。

关键特性：网络变更仿真，预判变更风险



数据收集/上传

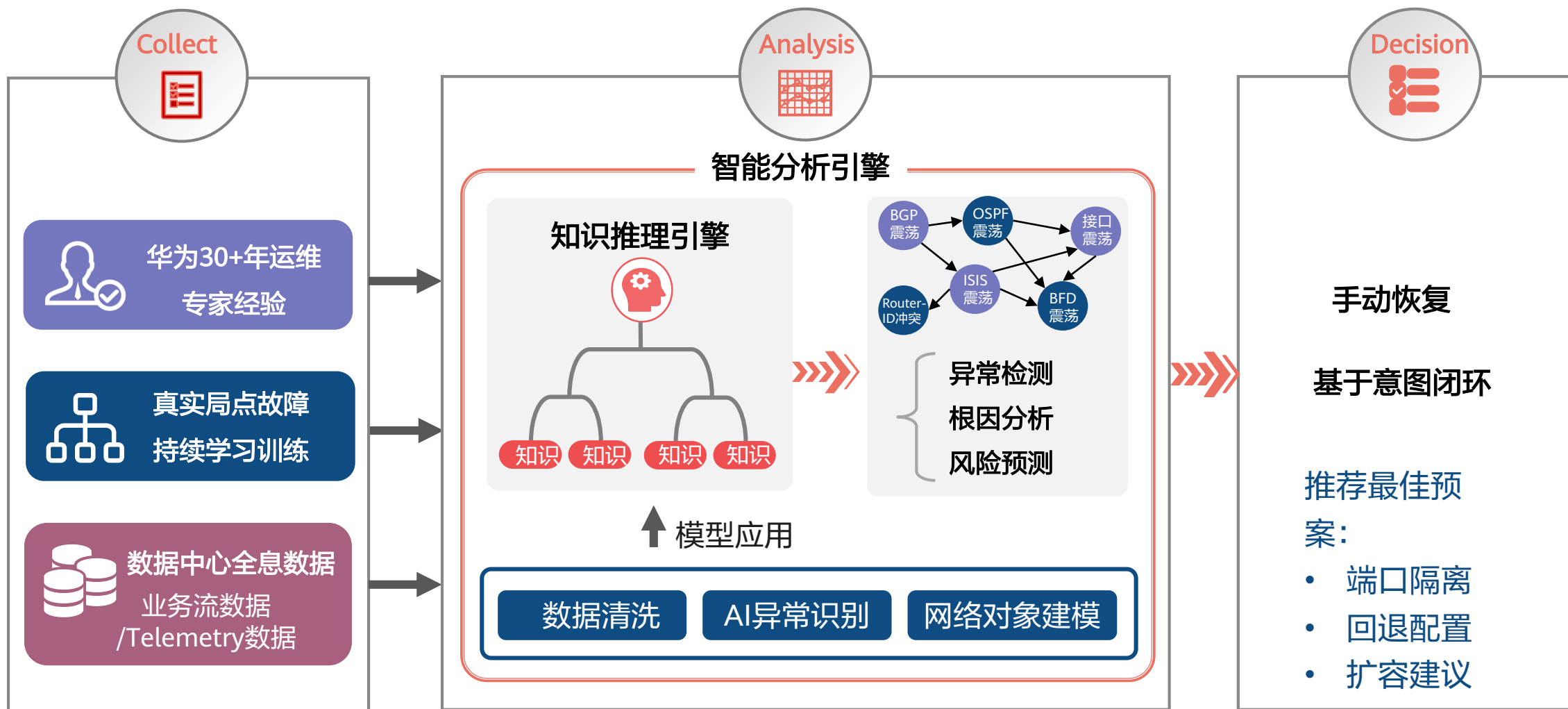
建模求解

校验结果

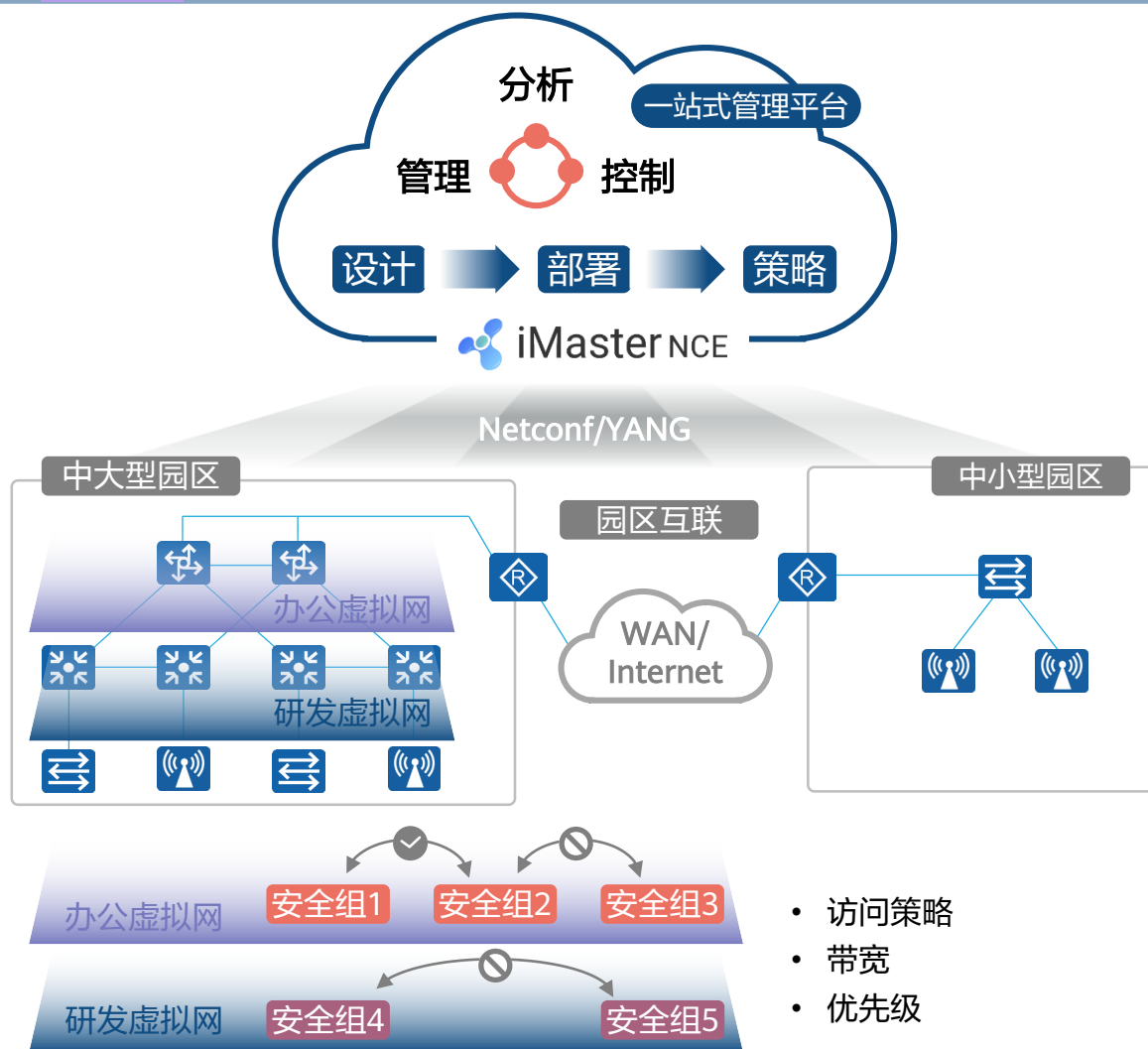
- 建立物理/逻辑/应用网络模型
- 通过形式化验证算法求解

- 校验现网资源是否足够、连通性等
- 变更对原有业务影响分析和呈现

关键特性：数据中心网络AI智能运维



华为园区网络CloudCampus自动驾驶解决方案



网络开通“快”，部署效率提升600%

- 设备即插即用：设备极简开局，场景导航，模板配置
- 网络极简部署：网络资源池化，一网多用，业务自动化发放

业务发放“快”，用户体验提升100%

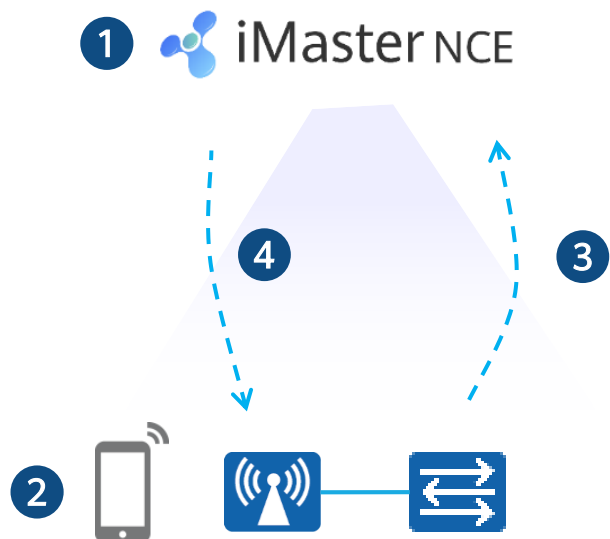
- 业务随行：图形化策略配置，用户随时随地接入，漫游权限不变，体验不变
- 终端智能识别：终端接入防仿冒，终端智能识别准确率95%+
- 智能HQos：基于应用调度和整形，带宽精细化管理，保证关键用户业务体验

智能运维“快”，整网性能提升50%+

- 实时体验可视：基于Telemetry的每时刻、每用户、每区域的网络体验可视
- 精准故障分析：主动识别85%的典型网络问题并给出建议，实时数据对比分析故障预测
- 智能网络调优：基于历史数据的无线网络预测性调优，整网性能提升50%+（来源：Tolly认证）

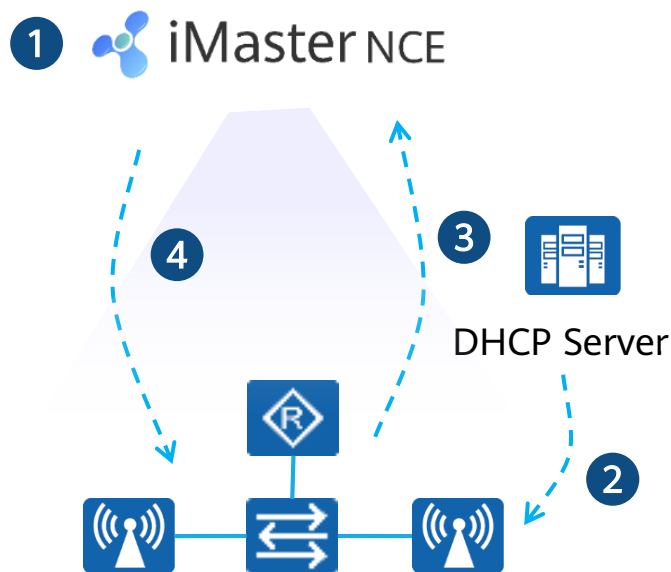
关键特性：设备即插即用

APP扫码开局



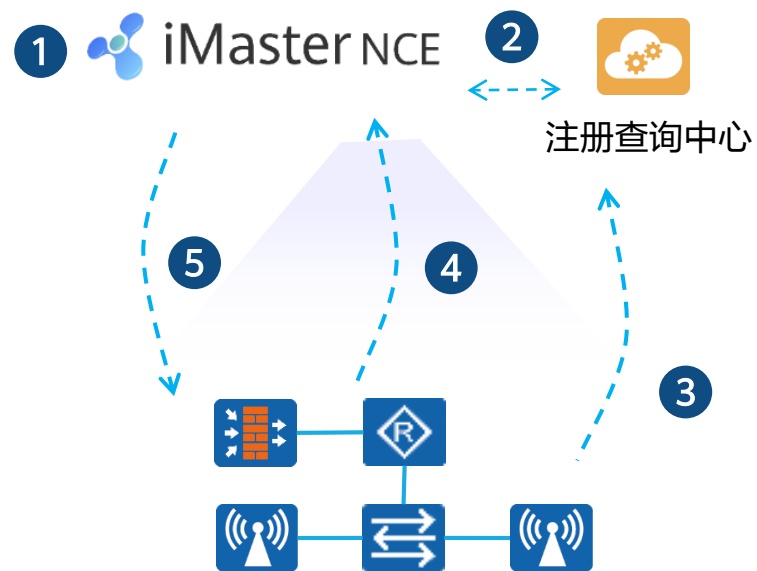
1. 预配置
2. APP扫码部署
3. 设备自动注册上线
4. 配置自动化下发

DHCP开局



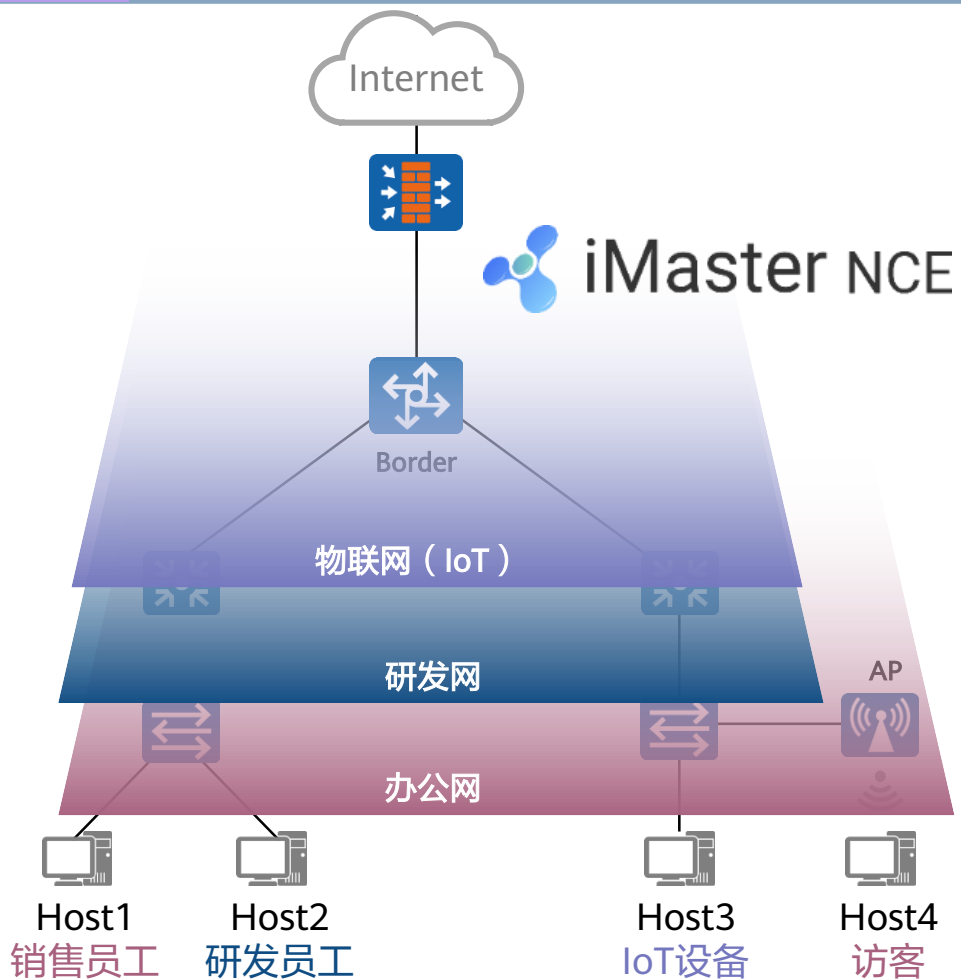
1. 预配置
2. 通过DHCP server获取注册信息
3. 设备自动注册上线
4. 配置自动化下发

注册查询中心方式



1. 预配置
2. 同步信息
3. 通过注册查询中心获取注册信息
4. 设备自动注册上线
5. 配置自动化下发

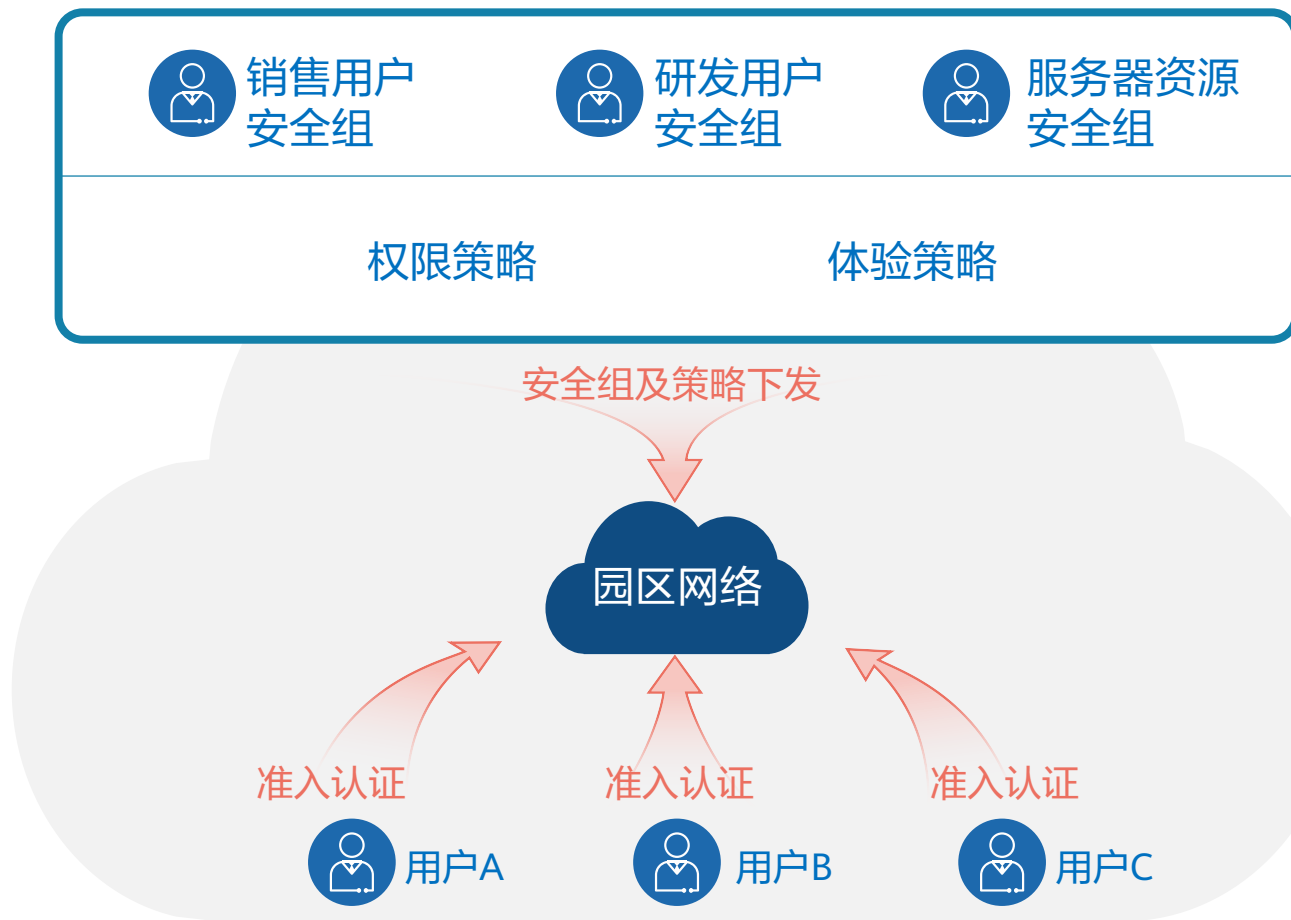
关键特性：构建一网多用的虚拟化园区



- 通过引入虚拟化技术，在园区网络中，基于一张物理网络创建多张虚拟网络（VN，Virtual Network）。不同的虚拟网络应用于不同的业务，例如办公、研发或物联网等。
- 通过iMaster NCE实现全网设备集中管理，管理员通过图形化界面实现网络配置。
- iMaster NCE将管理员的网络业务配置意图“翻译”成设备命令，通过NETCONF协议将配置下发到各台设备，实现网络的自动驾驶。

关键特性：业务随行，基于安全组的策略管理

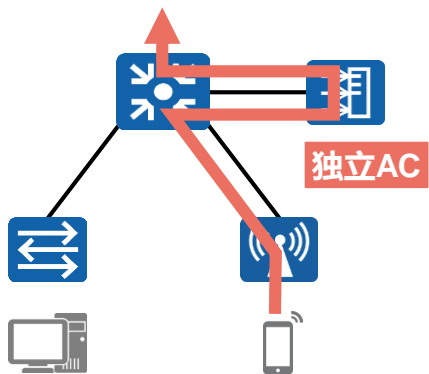
- 业务随行：不管用户身处何地，使用哪个IP地址，都保证该用户拥有相同的网络权限和一致的用户策略。



- 1 引入安全组。安全组即拥有相同网络访问策略的一组用户。
- 2 定义基于安全组的权限控制策略、用户体验策略，将策略下发到网络设备。
- 3 用户执行准入认证后，获得授权的安全组。
- 4 用户的流量进入网络后，网络设备根据流量所述的源、目的安全组执行策略。

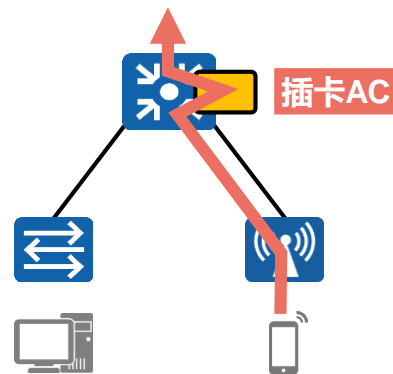
关键特性：有线与无线融合

无线网络构建方式1：独立AC



- 独立AC存在无线流量瓶颈并增加故障节点；
- 有线及无线管理上独立；
- 有线、无线认证点分离。

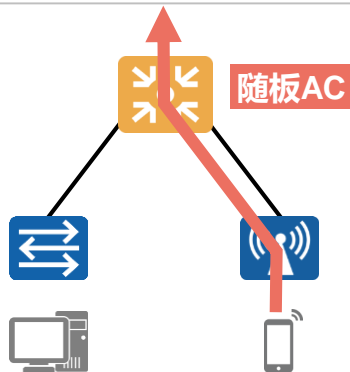
无线网络构建方式2：插卡AC



- AC作为交换机的一块插卡，安装在交换机上；
- 仅仅是硬件层面的融合。

有线及无线认证点分离、策略控制分散、流量转发分离、故障排除困难、管理困难

有线无线融合（随板AC，Native AC）



交换机融合AC功能，无线流量转发无瓶颈，并且减少故障点，有线无线集中管理：

- 有线及无线业务统一管理、融合转发
- 有线及无线用户融合管理、网关融合
- 有线及无线认证点融合
- 有线及无线统一策略执行

关键特性：终端智能识别，安全接入

需求&挑战

某高校

50+类
智能终端

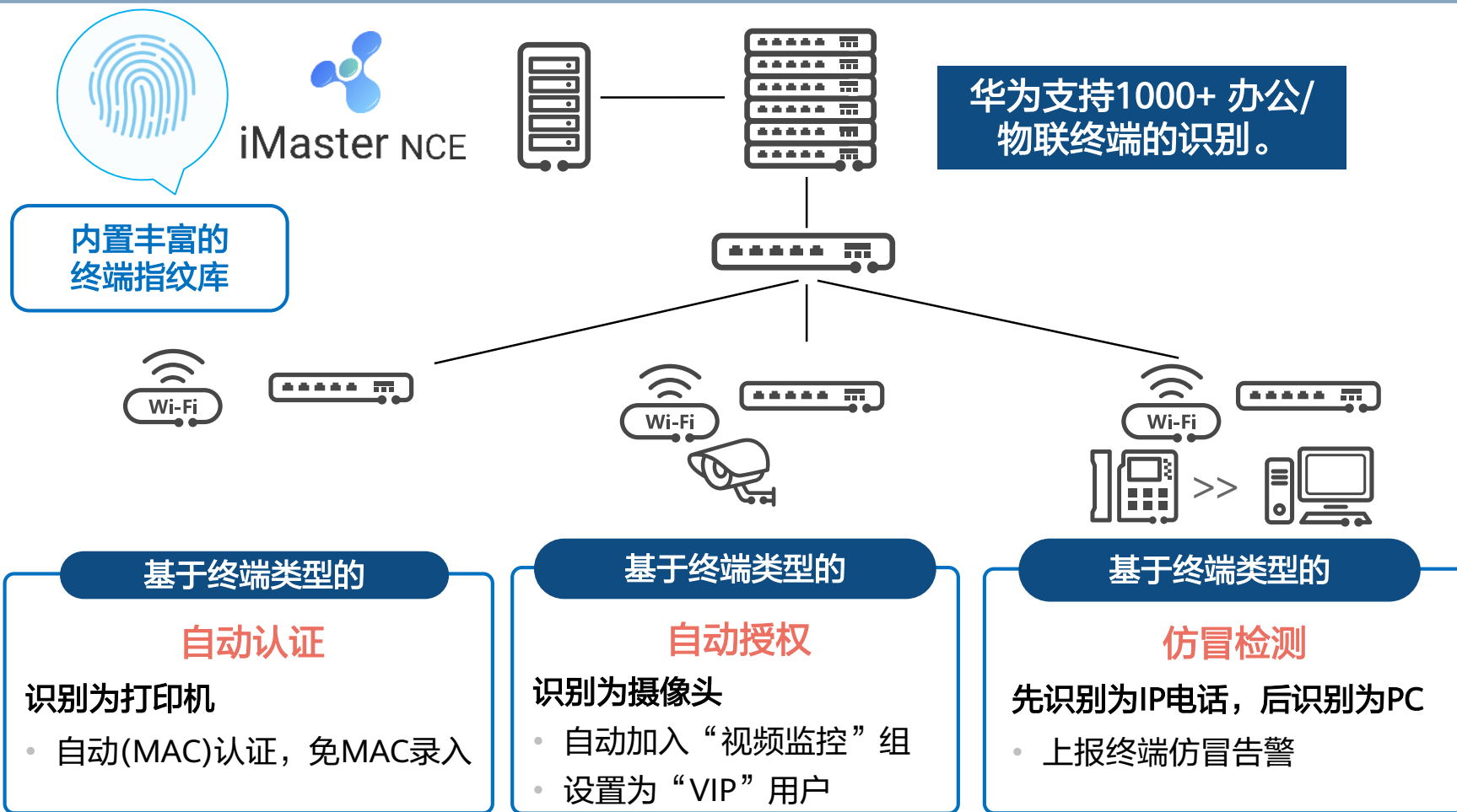
终端由学院采集：
MAC采集难、易错

某企业

100+/天
认证报错

接入仿冒难定位

>>



关键特性：园区网络AI智能运维

AS-IS：以设备为中心的网络管理



- 以设备为中心，无法感知用户体验
- “救火式”响应，无法识别潜在故障
- 依靠专业工程师现场定位故障



TO-BE：以用户体验为中心的AI智能运维



Telemetry

秒级网络数据采集

网络智能分析器

- 体验可视化管理
- 用户旅程回放
- 潜在故障识别
- 故障根因定位
- 网络预测性调优



体验可视化：基于Telemetry秒级数据采集，每用户每应用每时刻体验可视
分钟级潜在故障识别和根因定位

- 基于动态基线、大数据关联等识别潜在故障
- KPI关联分析和协议回放，精准定位问题根因

网络预测性调优：通过AI 智能分析AP的负载趋势，完成无线网络的预测性调优闭环

利用算法提升效率，通过场景化的持续学习和专家经验，智能运维将运维人员从复杂的告警和噪声解放出来，使运维更加自动化和智能化。

目录

1 SDN概述

2 NFV概述

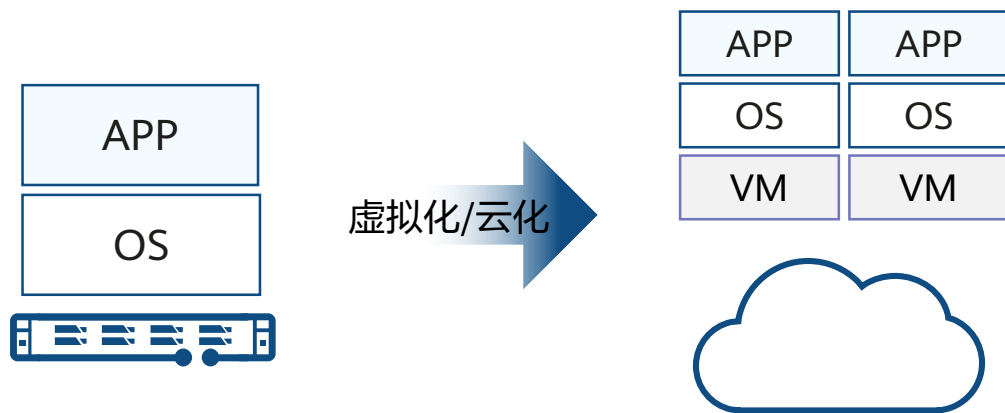
- NFV概述

NFV的背景：同样来自IT行业变革的启示

- 来自IT界的启示，给网络产业带来了**网络架构**和**设备架构**两个层面的思考。网络架构层面引入对SDN控制器的思考，设备架构层面引入对设备部署形态的思考。

IT产业的变革

- 近年虚拟化和云计算等IT技术蓬勃发展，传统部署于硬件的应用逐渐云化。应用以软件的方式部署于私有云、公有云或者混合云上。



网络?

- 网络产业思考：能否以软件化的方式部署网络应用呢？
- 这些思考引发了**NFV (Network Functions Virtualization, 网络功能虚拟化)**。

NFV的起源

- 2012年10月，13家Top运营商（AT&T、Verizon、VDF、DT、T-Mobile、BT、Telefonica等）在SDN和Open Flow世界大会上发布NFV（Network Functions Virtualization）第一版白皮书，同时成立了ISG（Industry Specification Group）来推动网络虚拟化的需求定义和系统架构制定。
- 2013年，ETSI下NFV ISG（行业规范工作组）进行第一阶段研究，已完成相关标准制定。主要定义网络功能虚拟化的需求和架构，并梳理不同接口的标准化进程。



NFV的价值

- NFV（ Network Functions Virtualization ）是运营商为了解决电信网络硬件繁多、部署运维复杂、业务创新困难等问题而提出的。NFV在重构电信网络的同时，给运营商带来的价值如下：
 - 缩短业务上线时间
 - 降低建网成本
 - 提升网络运维效率
 - 构建开放的生态系统

NFV关键技术：虚拟化

- 在NFV的道路上，虚拟化是基础，云化是关键。
- 传统电信网络中，各个网元都是由专用硬件实现，成本高、运维难。虚拟化具有分区、隔离、封装和相对于硬件独立的特征，能够很好匹配NFV的需求。运营商引入此模式，将网元软件化，运行在通用基础设施上。

分区



在单一物理服务器上同时运行多个虚拟机

隔离



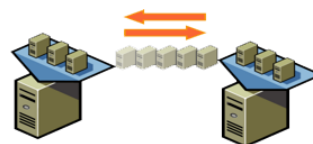
在同一服务器上的虚拟机之间相互隔离

封装



整个虚拟机都保存在文件中，而且可以通过移动和复制这些文件的方式来移动和复制该虚拟机

相对于硬件独立



无需修改即可在任何服务器上运行虚拟机

NFV关键技术：云化

- 美国国家标准与技术研究院（NIST）定义：云计算是一种模型，它可以实现随时随地，便捷地，按需应变地从可配置计算资源共享池中获取所需的资源（例如，网络、服务器、存储、应用、及服务），资源能够快速供应并释放，使管理资源的工作量和与服务提供商的交互减小到最低限度。
- 云计算拥有诸多好处。运营商网络中网络功能的云化更多的是利用了资源池化和快速弹性伸缩两个特征。

云计算的特征

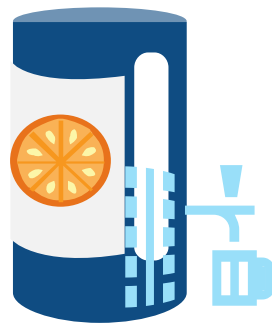
① 按需自助服务



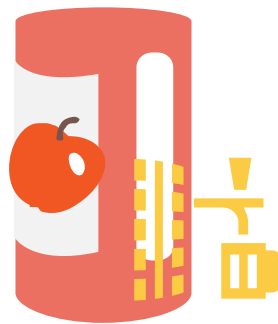
② 广泛网络接入



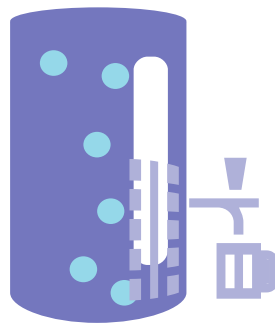
③ 资源池化



④ 快速弹性伸缩



⑤ 可计量服务



NFV架构简介

- NFV架构分**NFVI**（ Network Functions Virtualization Infrastructure，基础设施层 ）、 **VNF**（ Virtualized Network Function，虚拟化网络功能层 ）和**MANO**（ Management and Orchestration，管理编排域 ）， 同还要支持现有的BSS/OSS（ Business support system/ Operation support system ）。

OSS/BSS：现有的运营/运维支撑系统

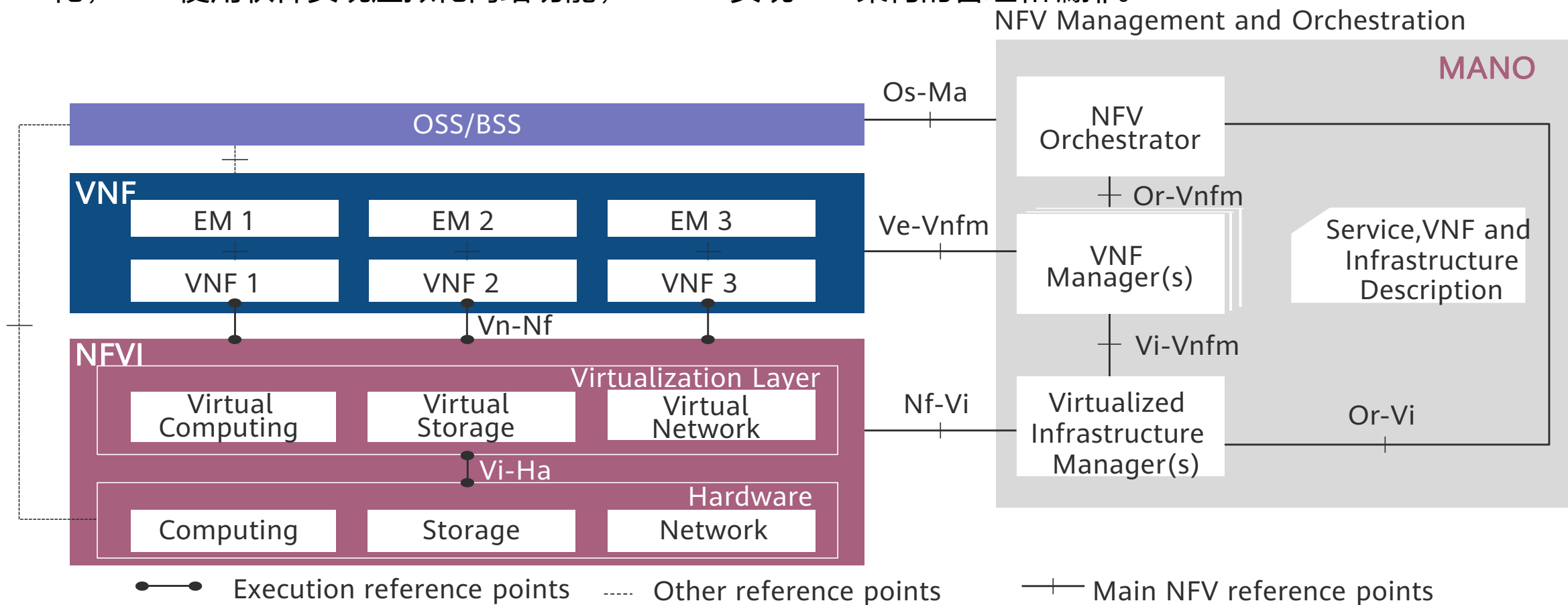
VNF：利用云资源构建软件网元

NFVI：提供云化资源池

MANO：
提供业务编排、业务管理和资源管理等功能

NFV的标准架构

- ETSI定义了NFV标准架构，由NFVI、VNF以及MANO主要组件组成。NFVI包括通用的硬件设施及其虚拟化，VNF使用软件实现虚拟化网络功能，MANO实现NFV架构的管理和编排。



NFV架构功能模块

- NFV标准架构定义的主要功能模块：

OSS/BSS 服务提供商的管理功能，不属于NFV框架内的功能组件，但MANO和网元需要提供对 OSS/BSS 的接口支持。

MANO NFV管理和编排。包括VIM，VNFM及NFVO，提供对VNF及I层统一的管理和编排功能。

- **VIM**: Virtualized Infrastructure Managers, NFVI管理模块，通常运行于对应的基础设施站点中，主要功能包括：资源的发现、虚拟资源的管理分配、故障处理等。
- **VNFM**: VNF Managers，VNF管理模块，主要对VNF的生命周期（实例化、配置、关闭等）进行控制。
- **NFVO**: NFV Orchestration，实现对整个NFV基础架构、软件资源、网络服务的编排和管理。

VNF 指虚拟机及部署在虚拟机上的业务网元、网络功能软件等。

NFVI NFV基础设施，包括所需的硬件及软件。为VNF提供运行环境。

- **Hardware**: 硬件层，包括提供计算、网络、存储资源能力的硬件设备。
- **Virtualization Layer**: 虚拟化层，主要完成对硬件资源的抽象，形成虚拟资源，如虚拟计算资源、虚拟存储资源、虚拟网络资源。其虚拟化功能由Hypervisor^[1]实现。

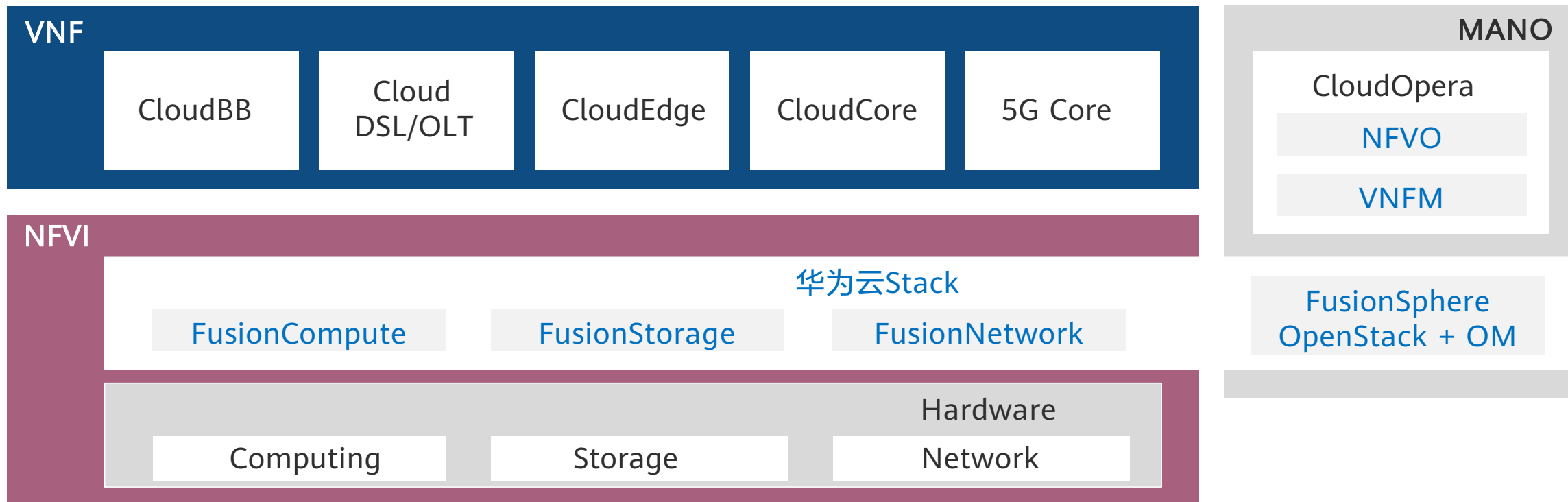
NFV架构接口

- NFV标准架构的主要接口：

接口类型	功能描述
Vi-Ha	虚拟化层与基础硬件之间的接口。虚拟化层满足基础硬件兼容性要求。
Vn-Nf	虚拟机（VM）与NFVI之间的接口。它确保虚拟机可以部署在NFVI上，满足性能、可靠性和可扩展性要求。NFVI满足虚拟机操作系统兼容性要求。
Nf-Vi	虚拟化层管理软件与NFVI之间的接口，提供NFVI虚拟计算、存储和网络系统管理；提供虚拟基础架构配置和连接；提供系统利用率、性能监控和故障管理。
Ve-Vnfm	VNFM与VNF之间的接口，实现VNF生命周期管理、VNF配置、VNF性能和故障管理。
OS-Ma	实现网络服务生命周期管理，VNF生命周期管理。
Vi-Vnfm	提供业务应用管理系统/业务编排系统与虚拟化层管理软件之间交互接口。
Or-Vnfm	给VNFM发送配置信息，对VNFM进行配置，完成Orchestrator与VNFM的对接；分配给一个VNF的NFVI资源的交互；VNF信息的交换。
Or-Vi	Orchestrator需要的资源预定及资源分配的请求；虚拟硬件资源配置及状态信息的交换。

华为NFV解决方案

- 华为NFV架构中，虚拟化层及VIM的功能由华为云Stack NFVI平台实现。华为云Stack可以实现计算资源、存储资源和网络资源的全面虚拟化，并能够对物理硬件虚拟化资源进行统一的管理、监控和优化。
- 华为提供运营商无线网、承载网、传输网、接入网、核心网等全面云化的解决方案。



本章总结

- SDN（Software Defined Networking）软件定义网络
- NFV（Network Functions Virtualization）网络功能虚拟化
- SDN是网络架构的革新，以控制器为主体，让网络更加开放、灵活和简单。
- NFV是电信网络设备部署形态的革新，以虚拟化为基础，云计算为关键实现电信网络的重构。

更多信息

- 更多OpenFlow相关问题请参考 <https://www.opennetworking.org/> 。
- 更多华为SDN解决方案内容请参考HCIP课程。



学习推荐

- <https://e.huawei.com/cn/talent/#/home>